

UNION INTERNATIONALE  
POUR LA  
CONSERVATION DE LA NATURE  
ET DE SES RESSOURCES

INTERNATIONAL UNION  
FOR  
CONSERVATION OF NATURE  
AND NATURAL RESOURCES

SEPTIÈME RÉUNION TECHNIQUE  
SEVENTH TECHNICAL MEETING

ATHÈNES - ATHENS, 11-19 SEPT. 1958

VOLUME II.



**Conservation du Sol et de l'Eau**  
**Soil and Water Conservation**

LA VÉGÉTATION CONTRÔLE L'ÉROSION  
VEGETATION CONTROLS EROSION  
BARRAGES ET PAYSAGES - DAMS AND LANDSCAPES  
ÉCOLOGIE ET PAYSAGES  
ECOLOGY AND LANDSCAPE

1960

UNION INTERNATIONALE  
POUR LA  
CONSERVATION DE LA NATURE  
ET DE SES RESSOURCES

INTERNATIONAL UNION  
FOR  
CONSERVATION OF NATURE  
AND NATURAL RESOURCES

SEPTIÈME RÉUNION TECHNIQUE  
SEVENTH TECHNICAL MEETING

ATHÈNES - ATHENS  
11-19 SEPT. 1958

VOLUME II.



**Conservation du Sol et de l'Eau**  
**Soil and Water Conservation**

**LA VÉGÉTATION CONTRÔLE L'ÉROSION**  
**VEGETATION CONTROLS EROSION**

**BARRAGES ET PAYSAGES - DAMS AND LANDSCAPES**

**ÉCOLOGIE ET PAYSAGES**  
**ECOLOGY AND LANDSCAPES**

31. Rue Vautier  
BRUXELLES 4 - BRUSSELS 4  
1960



THÈME I *a*

**UTILISATION DE LA VÉGÉTATION  
DANS LE CONTRÔLE DE L'ÉROSION**

---

THEME I *a*

**THE USE OF VEGETATION  
IN EROSION CONTROL**



## **Thème I. — CONSERVATION DU SOL ET DE L'EAU**

### **a) Utilisation de la végétation dans le contrôle de l'érosion.**

#### **PLAN DE TRAVAIL**

- A. — Rôle de la végétation naturelle ou non dans la conservation du sol et de l'eau. Exposé de synthèse.
- B. — Causes, spécifiques au XX<sup>e</sup> siècle, poussant partout l'homme moderne à détruire la végétation naturelle :
- a)* consommation du bois;
  - b)* défrichement pour extension des cultures;
  - c)* développement de l'élevage, overstocking;
  - d)* intensification, entre les tropiques, du recours aux incendies de végétation.
- C. — Possibilités d'agir sur certaines contingences du XX<sup>e</sup> siècle de manière à les rendre moins pesantes pour les couverts végétaux de la Planète :
- a)* consommation du bois : succédanés, problème de la pâte;
  - b)* défrichements pour extension des cultures : action en faveur du better farming;
  - c)* développement de l'élevage : aménagements pastoraux, amélioration de l'élevage;
  - d)* lutte contre les incendies.
- D. — Utilisation de la végétation dans le contrôle de l'érosion.
- I. — Établissement, sur des étendues de quelque importance, de couverts végétaux aptes à protéger le sol et l'eau de ces surfaces :
- a)* restauration des couverts forestiers dégradés (régénération forestière, enrichissements forestiers);
  - b)* boisements et reboisements;
  - c)* établissement et restauration de couverts végétaux autres que la forêt (cas de la régénération des pâturages, etc.).
- II. — Utilisation de la végétation pour obtenir des effets locaux de protection :
- a)* contre l'érosion hydrologique;
  - b)* contre l'érosion éolienne (banquettes, plantations dans les ravines, haies, shelterbelts).

## **Theme I. — SOIL AND WATER CONSERVATION**

### **a) The use of vegetation in erosion control.**

#### **OUTLINE**

- A. — The role of vegetation in soil and water conservation. General review.
- B. — Considerations, particularly applicable to the XXth century, which cause man to destroy the natural cover :
  - a)* wood consumption;
  - b)* clearing to extend cultivation;
  - c)* increased animal husbandry, overstocking;
  - d)* increased resort to burning of vegetation in inter-tropical regions.
- C. — Means whereby action can now be taken to relieve the demands being made on the earth's plant cover :
  - a)* wood consumption : substitutes, pulp;
  - b)* clearing to extend cultivation : better farming;
  - c)* increased animal husbandry : range management, stock breeding improvement;
  - d)* control of fire.
- D. — Use of vegetation to control erosion, by means of :
  - I. — Establishment, over extensive areas, of a plant cover to protect soil and water by :
    - a)* restoring degraded forest cover (forest regeneration, forest improvement);
    - b)* afforestation and reafforestation;
    - c)* formation and improvement of plant cover other than forests (for instance, pasture regeneration, etc.).
  - II. — Provision of vegetation to provide local protection :
    - a)* against water erosion;
    - b)* against wind erosion (earth banks, gully planting, hedges, shelterbelts).

# UTILISATION DE LA VÉGÉTATION DANS LE CONTRÔLE DE L'ÉROSION

## RAPPORT GÉNÉRAL

PAR

JEAN-PAUL HARROY

Secrétaire général honoraire de l'U.I.O.N.  
Vice-Gouverneur Général  
Gouverneur du Ruanda-Urundi, Usumbura

Les rapports déposés, au nombre total de vingt et un, se répartissent en quatre groupes : trois groupes préliminaires (1 à 7) et un groupe véritablement en liaison avec le strict sujet proposé : utilisation de la végétation dans le contrôle de l'érosion. Ce dernier groupe compte 14 rapports et se scinde en deux sous-groupes : emploi de la végétation soit pour des effets concernant de vastes étendues, soit au contraire pour des actions très locales, principalement en des points particulièrement menacés ou dégradés par l'érosion.

Les trois rubriques préliminaires couvrent les idées ci-après :

- a) comment la végétation, naturelle ou non, contribue-t-elle à empêcher l'érosion, alias à assurer la conservation du sol et de l'eau ?
- b) pourquoi le XX<sup>e</sup> siècle a-t-il tellement incité l'humanité à réduire le couvert végétal du globe, au point d'y accélérer partout l'érosion ?
- c) comment pourrait-on agir pour minimiser à la base l'incidence de ces facteurs modernes qui ont à ce point accéléré l'érosion ?

Ces trois idées méritent d'être quelque peu analysées au cours des réunions d'Athènes, mais pas au point de couvrir la majorité du temps des débats. Il est proposé, au contraire, de ne consacrer à leur discussion qu'un bon tiers des heures disponibles pour ce thème Ia, laissant le reste à l'examen des rapports directement en liaison avec le sujet en cause. Beaucoup de participants le regretteront, vu l'intérêt extrême de ces considérations préliminaires et les possibilités remarquables qu'elles offrent aux échanges de vues.

Il appartiendra au discussion-leader de se montrer ferme, de faire abrégé la présentation des sept rapports de ce prologue, d'en écouter au besoin la discussion en renvoyant à la deuxième partie des débats l'énoncé de certaines considérations les concernant.



Les participants auront, d'ailleurs, reçu ces textes en temps utile pour les lire attentivement et se créer ainsi le cadre approprié pour situer correctement les données des rapports 8 et suivants. En voici l'essentiel :

A. — Le rôle de la végétation (naturelle ou non) dans la conservation du sol et de l'eau.

*Rapporteurs:* Rapport 1 : F. R. Fosberg (U.S.A.).

Rapport 2: W. Robyns (Belgique).

Énumération et description des divers facteurs d'érosion.

La végétation les entrave ou les combat :

- elle lie les particules de terre grâce à ses organes vivants : racinaires, etc.;
- elle diminue l'énergie cinétique du ruissellement hydrique et du passage du vent;
- elle amortit la force d'impact des gouttes de pluie;
- elle forme isolant contre les changements de température;
- elle favorise l'infiltration par ameublissement des couches superficielles;
- elle stimule la pédogénèse, notamment en favorisant l'action des microorganismes des sols.

B. — Causes, spécifiques au XX<sup>e</sup> siècle, poussant partout l'homme moderne à détruire la végétation naturelle.

*Rapporteur:* Rapport 3: J.-P. Harroy (Ruanda-Urundi).

Quatre causes principales :

- Consommation du bois;
- Extension des cultures;
- Augmentation numérique du cheptel domestique;
- Feux courants.

C. — Possibilité d'agir sur certaines contingences du XX<sup>e</sup> siècle de manière à les rendre moins pesantes pour les couverts végétaux de la planète.

Quatre rapporteurs, correspondant aux quatre causes principales énumérées au point B précédent : consommation du bois, agriculture, élevage, incendies de végétation.

Rapport 4 : F.A.O. : Bois.

Rapport 5 : L. Virelizier (Maroc) : Agriculture.

Rapport 6 : D. Adamantidis (Ruanda-Urundi) : Élevage.

Rapport 7 : T. Lasser (Venezuela) : Feux.

1. Comment agir pour que les besoins de l'Humanité en matériaux ligneux entraînent une moindre destruction des couverts forestiers naturels ? (Rapport F.A.O.)

Principale possibilité d'action : rationalisation accrue des méthodes de foresterie et d'exploitation forestière.

Cette rationalisation implique :

a) des études scientifiques (écologiques, génétiques, etc.) toujours plus poussées;

b) une éducation incessante du public sur les dangers de la dénudation du sol et de l'exploitation forestière non respectueuse des possibilités de régénération.

Elle se traduit par :

- le réenrichissement qualitatif et quantitatif des couverts exploités;
- le perfectionnement des techniques d'abattage, de débardage, de traitement, de conservation, de transport, etc.

Autres possibilités :

- organisation améliorée de l'approvisionnement en combustible de certaines populations (problème du charbon de bois);
- recherche de produits industriels pouvant se substituer au bois, tant comme matériau que comme matière première (N.B. : cet aspect du problème n'est pas traité par le rapport n° 4).

2. Comment faire en sorte que l'agriculture, par ses défrichements et ses opérations successives, constitue pour les sols cultivés un moindre risque d'érosion ? (Rapport Virelizier.)

Trois principes :

- Restitution;
- Reconstitution du complexe absorbant argilo-humique;
- Économie de l'eau.

Le deuxième principe conditionne fondamentalement les systèmes d'exploitation et les méthodes culturales. Le deuxième et le troisième, ensemble, conduisent à quelques impératifs de base :

- maintenir une bonne structure dans les champs;

- y limiter le ruissellement;
- lutter contre l'évaporation directe (méthodes diverses);
- le cas échéant, irriguer.

3. Comment remédier au rôle pathogène que joue l'overstocking dans l'érosion du sol ? (Rapport Adamantidis.)

Par la rationalisation des méthodes d'élevage (application des principes de la zootechnie, de la zooéconomie, de l'anthropologie sociale).

Quelques principes :

- choisir le genre d'élevage (ranching, paddocking, etc.);
- choisir les animaux élevés (gros bétail, petit bétail);
- respecter le potentiel fourrager du sol (charge pastorale) (lutte contre l'érosion en nappe);
- combattre l'érosion de ravinement (clôture des sentiers vers les abreuvoirs, etc.).

4. Comment combattre l'effet funeste des feux courants ? (Rapport Lasser.)

En incitant les populations (éducation) à ne brûler qu'au minimum et avec des précautions, autant que possible à ne pas brûler;

En interdisant certains types d'incendie et en faisant respecter cette interdiction (législation, police);

En combattant efficacement les incendies (organisation).

Quelques conditions d'une prévention efficace :

- étudier les diverses causes des feux;
- connaître les époques où ces feux sont le plus ou le moins funestes;
- repérer les régions à protéger spécialement;
- cartographier le pays en fonction du problème des feux.

Développement de l'éducation du public : à l'école, à l'église, etc.

Législation : interdictions ou obligations à édicter ;

- le feu volontaire;
- les imprudences;
- l'obligation de combattre le feu;
- les précautions (coupe-feu, etc.) en cas de feu autorisé.

Extinction :

- les ligues contre le feu;

- les techniques d'extinction;
- les facteurs à connaître pour prévoir et combattre le développement d'un incendie.

\*  
\* \*

Viennent alors les rapports sur le sujet de base proposé : *l'Utilisation* de la végétation dans le contrôle de l'érosion.

Comme rappelé ci-contre, ces rapports se répartissent en deux catégories, selon que la végétation est utilisée pour produire des effets généraux (rapports de 8 à 15) ou locaux (16 à 21).

Après qu'ait encore été rappelée l'idée que le meilleur usage qui se puisse concevoir de la végétation pour préserver les sols et les eaux est encore celui qui évite la destruction des couverts végétaux naturels préexistants, il est proposé de sérier les discussions selon trois thèmes successifs :

- a) effets généraux :
  - 1° restauration du couvert ancien,
  - 2° emploi d'un couvert nouveau;
- b) effets locaux;
- c) mesures diverses susceptibles de conduire à de tels résultats.

#### Effets généraux.

1. Restauration du couvert ancien.
  - i) Couvert forestier :
    - par mise en défens (feu, pacage, coupe);
    - recours à stade intermédiaire (Margaropoulos);
    - semis appropriés en sous-bois (Storey).

Méthodes à varier selon facteurs écologiques en jeu (Margaropoulos).
  - ii) Couvert non forestier :
    - choix soigneux des espèces locales à favoriser (Stehlé);
    - idem mise en défens (feu, pacage).
  - iii) Cas des cultures :
    - les jachères spontanées (Tondeur).
2. Utilisation d'un couvert non naturel.
  - i) Couvert forestier :
    - choix des espèces à employer (Barry, Aliev : cas de Bakou, Williams, Donis, etc.);

recours à stade transitoire (Barry, Maclagan Gorrie);  
problème du sous-bois (Aliev, Storey, etc.);  
travail du sol, combinaison avec terrassements, fossés  
aveugles, etc. (Maclagan Gorrie, Goor, Storey, Ton-  
deur, Donis);  
aspects techniques divers : pépinières, coupe-feu et sentiers,  
surveillance incendie, emploi des engrais, etc. (Goor,  
etc.).

ii) Couvert non forestier en dehors des cultures : choix des espè-  
ces, selon système racinaire, valeur de couverture, etc.  
(Stehlé, Williams, Storey).

iii) Cultures :

3 cas (Tondeur) si la culture constitue un couvert insuf-  
fisant :

— la plante mêlée à la culture (plante de couverture,  
d'ombrage);

— la plante de protection alternant dans l'espace avec la  
plante cultivée (strip cropping avec haies);

— la plante de protection alternant dans le temps avec la  
plante cultivée (diverses jachères plantées);

préférence donnée aux cultures constituant par elles-mêmes  
un couvert satisfaisant : cultures arbustives (Bonnet-  
Vidal, Tondeur) cas des bananeraies;

importance des méthodes employées, travail du sol (Bonnet-  
Vidal), de la longueur de la pente, etc.;

dangers de la mécanisation.

#### **Effets locaux.**

Protection d'un bassin versant déterminé, pour combattre les inon-  
dations catastrophiques ou les envasements par érosion excessive :

d'une ville (Maclagan Gorrie);

d'un cours d'eau;

d'un réservoir derrière un barrage;

d'un port;

etc. (Goor, Aliev, Williams).

Protection spéciale des sources (Storey, etc.).

Protection des abords des routes (Aliev, Goor, Storey).

Protection des canaux (Williams, Hussain).

Protection des dunes (Williams, Hussain).

Abat-vents. Lutte contre l'érosion éolienne — Shelterbelts (Aliev, Williams, etc.).

Lutte contre le ravinement. Restauration des ravines (haies, etc.) (Goor, Hussain).

Recolonisation de zones dénudées par les fumées industrielles (Storey).

#### **Organisation de cette utilisation de la végétation**

Conditions liminaires :

Études scientifiques :

- connaissance des phénomènes à combattre;
- connaissance des processus à favoriser;
- connaissance des espèces à utiliser (Stehlé);
- classification des sols, cartographie, etc. (Goor, Storey).

Formation de personnel qualifié : rôle de l'enseignement supérieur, technique.

Éducation des dirigeants,  
des usagers,  
du public,  
des enfants.

Adaptation systématique des mesures envisagées au milieu social où elles devront s'appliquer (cf. Tondeur).

Aspect accessoire : combinaison du rôle de protection de la végétation utilisée avec des possibilités de production (rôle économique, social, fiscal) (Williams).

Aspect juridique et réglementaire :

Nécessité de porter atteinte au droit absolu de propriété.

Possibilité pour les pouvoirs publics d'investir librement sur le domaine privé. Imposition aux propriétaires de certaines obligations (Goor, Williams).

Intervention de l'État :

Examen des divers services officiels pouvant avoir à réaliser ou à susciter ces travaux.

Création de services spéciaux : Soil Conservation Service.

Création d'unités administratives ou politiques particulières : special areas (Goor), Soil Conservation Districts (Williams), etc.

Problème du financement de ces travaux : par le budget général, local, par des prestations des bénéficiaires immédiats, en argent ou en travail, par une fiscalité spéciale, etc.

## COMPTE RENDU DES DISCUSSIONS SUMMARY OF DISCUSSIONS

*Président — Chairman :* M. H. H. BENNETT (U.S.A.).  
*Vice-Président — Vice-Chairman :* M. G. ALIEV (U.R.S.S.).  
*Secrétaire — Secretary :* M. H. STEHLÉ (Antilles françaises).

**1<sup>re</sup> SÉANCE, lundi 15 septembre 1958, 9 h.**  
**1st SITTING. Monday 15 September, 1958, 9 a. m.**

Le président ouvre la séance et demande au rapporteur général de bien vouloir assumer la direction des débats.

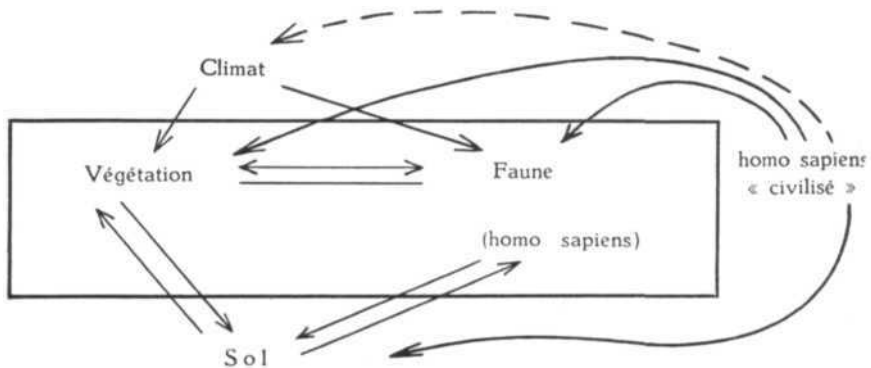
M. J.-P. Harroy expose d'abord les grandes lignes du sujet. Se référant à son plan de travail et à son rapport général (voir ci-dessus), il rappelle qu'avant d'aborder le cœur même de ce sujet, il a jugé utile de passer en revue un certain nombre de notions préliminaires groupées sous 3 rubriques : A., B., C. Sept rapports concernent ces rubriques. Quatorze rapports traitent du thème central.

Le rapporteur général propose de suivre, pour les exposés et les discussions en séance, le plan selon lequel ont été groupés les rapports.

### A. — Le rôle de la végétation (naturelle ou non) dans la conservation du sol et de l'eau.

M. J.-P. Harroy demande à M. W. Robyns (Belgique) de bien vouloir présenter les deux rapports concernant cette rubrique [F. R. Fosberg (U.S.A.) et W. Robyns].

M. Robyns fait au tableau le schéma suivant des corrélations qui existent dans la biosphère entre les biocénoses, le climat et le sol :



Il oppose l'action de l'homme primitif — comparable à celle des animaux — à l'action de l'homme civilisé qui prend une importance déterminante à la fois sur la végétation, la faune et le sol (ce qui commence même à influencer directement sur le climat). La conclusion générale qui ressort des deux rapports peut être formulée ainsi : celui qui conserve la végétation protège à la fois la faune qui l'habite et le sol qui la porte.

Sans vouloir ouvrir une discussion générale sur ce point préliminaire, M. Harroy demande aux participants s'ils ont des remarques à formuler.

M. J. Guilloteau (France) se lève pour critiquer l'opposition — trop facile à son sens — faite entre l'homme civilisé et l'homme primitif. Certaines populations très primitives ont modifié profondément leur habitat par l'emploi du feu. Pour tracer une démarcation entre les hommes qui conservent la nature et ceux qui la détruisent, il vaudrait donc mieux choisir celle qui sépare les hommes utilisant le feu et ceux qui ne peuvent pas — ou ne veulent pas — l'utiliser comme moyen d'exploitation des ressources naturelles. M. Guilloteau souligne que ses travaux au Bureau Interafricain des Sols et de l'Économie rurale ont montré que, dans 99 % des cas, l'usage du feu conduit à des méthodes de culture et d'élevage extensives, donc destructives, alors qu'au contraire l'utilisation modérée et surtout la non-utilisation du feu conduit toujours à la mise au point de méthodes de culture et d'élevage intensives, donc conservatrices.

M. H. Stehlé (Antilles françaises) fait remarquer que l'importance du feu — qu'il ne conteste pas — dépend cependant du climat. Ainsi dans la forêt humide (rain forest), il n'y a pas de feu, dans la forêt sèche, au contraire, son rôle est capital.

Revenant d'autre part au schéma établi par M. Robyns, M. Stehlé voudrait qu'il soit complété par une flèche indiquant une action possible de la végétation sur le climat.

M. Robyns répond à ces deux interventions :

- pour M. Guilloteau, il précise que l'homo sapiens primitif qu'il a considéré dans son schéma est celui qui se contentait de cueillettes et de chasse et n'utilisait pas encore le feu. Il reconnaît que l'emploi du feu est un facteur puissant de destruction par l'homme; mais il ne faut pas oublier qu'il existe des feux « naturels » provoqués par la foudre dont l'action est bien antérieure aux feux anthropiques;
- en ce qui concerne les rapports végétation-climat, M. Robyns estime que la végétation est le résultat de l'action du climat et que l'inverse n'est pas vrai. Et il se réfère aux travaux de M. C. Bernard sur



le climat et la forêt équatoriale congolaise par lesquels M. Bernard a montré que si l'on supprimait cette forêt, la pluviométrie ne serait pas diminuée.

M. P. Bellouard (Afrique occidentale française) intervient pour critiquer l'affirmation que la forêt n'a aucune influence sur le climat. Il est certainement inexact de prétendre que la forêt attire la pluie, mais elle a une influence incontestable sur le microclimat (régularité des précipitations, état hygrométrique de l'air), et cette influence peut être déterminante à la limite des associations végétales qui correspondent aux grandes zones climatiques. Ainsi, en A.O.F., le recul de la grande forêt, qui est un phénomène récent et qui se poursuit de nos jours, porte sur une zone large de 150 à 200 km, où certaines cultures (café, cacao) sont devenues aléatoires, sinon impossibles, par suite de la péjoration des microclimats. D'autre part, la forêt semble jouer un rôle de relai pour transporter vers l'intérieur des terres l'humidité apportée par les vents de mer.

Il serait utile de poursuivre des études sur cette question controversée du rôle de la forêt sur le climat.

M. Robyns demande alors à M. C. Bernard, dont il a cité les travaux, de faire lui-même le point de la question.

M. Bernard souligne que, dans son schéma général, M. Robyns n'a voulu certainement considérer que les grands climats régionaux et non les microclimats. L'action de la végétation sur ces derniers est évidente mais elle ne peut pas être admise pour les climats régionaux. La dépendance purement passive des formations végétales du globe par rapport aux climats est prouvée :

1° par la frappante similitude qu'offrent les cartes de classifications climatiques avec les cartes phytogéographiques;

2° par le synchronisme (mis en évidence par les études paléontologiques) qui a existé au cours des époques géologiques — et spécialement au quaternaire — entre les variations climatiques et les oscillations des formations végétales de part et d'autre de l'Équateur.

Le rapporteur général remercie les divers orateurs et passe à l'étude du point suivant.

**B. — Causes spécifiques au XX<sup>e</sup> siècle, poussant partout l'homme moderne à détruire la végétation naturelle.**

Ce point fait l'objet d'un rapport rédigé par M. J.-P. Harroy, dont il présente lui-même un bref résumé.

Les causes principales de destruction sont au nombre de quatre : la consommation du bois, l'extension des cultures, l'augmentation du cheptel domestique, l'action des feux courants.

C'est la forêt qui est la plus affectée par ces destructions. Il existe encore d'énormes massifs intacts en Afrique et en Amérique du Sud, mais les exploitations s'y développent rapidement grâce à un outillage perfectionné, et les défrichements y étendent aussi leurs trouées.

C'est surtout dans la zone intertropicale que se développe à l'époque actuelle l'extension des cultures, sous l'impulsion de l'expansion démographique. Cette extension va souvent de pair dans cette région avec l'augmentation du cheptel, rendue possible par les progrès de la médecine vétérinaire, avec comme conséquence un surpâturage dévastateur. Enfin, dernier péril moderne, limité cette fois à la seule région intertropicale : l'accentuation fréquente du passage des feux courants (notamment pour faciliter la culture, le pacage ou la chasse).

Renvoyant la discussion de son exposé à la fin de la séance, M. Harroy passe aussitôt à la dernière des trois rubriques préliminaires.

**C. — Possibilités d'agir sur certaines contingences du XX<sup>e</sup> siècle de manière à les rendre moins pesantes pour les couverts végétaux.**

Quatre rapports concernent ce point de l'étude.

a) Le rapporteur général demande à M. G. G. Watterson (F.A.O.) de bien vouloir présenter le premier de ces rapports, préparé par le Département Forestier de la F.A.O. et relatif *aux problèmes de production forestière en face des exigences actuelles de la consommation en bois*. M. Watterson insiste sur le double rôle des forêts :

- le rôle de protection (protection du sol, conservation de l'eau);
- le rôle de production.

Les pratiques rationnelles de foresterie se sont de tout temps efforcées de concilier ces deux rôles, notamment en appliquant à l'exploitation forestière le principe du « rendement soutenu » qui conduit à sauvegarder toujours le fonds producteur (c'est-à-dire le sol forestier et le pouvoir de régénération de la forêt). Cette conciliation ne permet pas toujours de satisfaire aux besoins croissants de la consommation (exemple des pays dont les forêts naturelles très dégradées ne peuvent donner que de faibles rendements en bois). Aussi la tendance actuelle est-elle de différencier de plus en plus deux catégories de forêts :

- les forêts de protection, où la considération de rendement devient

secondaire, et celle de conservation du sol et de l'eau prépondérante. Les produits d'exploitation devront seulement permettre l'existence d'une population suffisante pour assurer le minimum des travaux nécessaires à l'entretien de la forêt.

- les forêts de production, créées le plus souvent de manière artificielle, avec, si besoin est, recours à l'irrigation, et dont le traitement vise à la production de la plus grande quantité possible de bois. Cette haute production permet d'adopter pour ces forêts des méthodes de « culture » intensive (travail du sol, emploi d'engrais) qui garantissent contre les risques d'érosion.

L'exemple de l'Irak illustre cette tendance : en montagne, forêts de protection sur sols pauvres occupant le haut des bassins versants. La production ne pourra pas dépasser  $0,5 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{an}$ . En plaine, plantation irriguée de peupliers sur bons sols, à proximité des centres industriels d'utilisation. La production peut atteindre  $40 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{an}$ . Une telle solution permet de mieux satisfaire aux exigences respectives du rôle protecteur et du rôle producteur de la forêt.

b) Le second rapport (M. Virelizier, Maroc) concerne *les problèmes posés par l'extension des cultures*.

Le rapporteur général demande à M. Brick (Maroc) de présenter ce rapport.

M. Brick se réfère au résumé qui figure en tête du rapport précité et qui expose les trois principes du « better farming », notamment dans les régions méditerranéennes : fertilisation minérale, fertilisation organique, conservation de l'eau.

Il apporte cependant les précisions complémentaires suivantes :

1° le défrichement pour l'extension des cultures est une nécessité absolue (200.000 habitants de plus chaque année au Maroc);

2° le principe de la fertilisation organique exposé dans le rapport met en jeu le système d'exploitation (assolements — association culture-élevage) et les méthodes culturales (emploi du fumier — engrais verts — amendements calciques). M. Brick signale à ce propos que les constatations faites à l'occasion de l'opération « labour » au Maroc conduisent à remettre en question la valeur et la nécessité de l'assolement pour une meilleure exploitation du sol. Ce ne sont que des constatations provisoires mais qui ont cependant porté sur de vastes surfaces: 162.000 ha en 1957-1958; 350.000 ha sont prévus pour 1958-1959.

3° la vulgarisation agricole est un des outils les plus efficaces pour améliorer les techniques d'utilisation des terres. M. Brick souhaite que ce thème soit inscrit à un prochain congrès de l'U.I.C.N.

M. J.-P. Harroy remercie les deux orateurs et présente lui-même brièvement les deux rapports relatifs aux points suivants :

c) *Comment remédier aux méfaits de l'overstocking* (rapport Adamantidis);

d) *Comment combattre l'effet funeste des feux courants ?*

Les grandes lignes de l'exposé de M. J.-P. Harroy peuvent être retrouvées dans son rapport général.

M. Harroy ouvre alors la discussion en commentant les derniers rapports présentés [points (B) et (C) du plan de travail].

The first speaker was Mr. K. Faegri (Norway) who said that to the four factors referred to by Mr. Harroy as causing the destruction of natural vegetation, a fifth, less important but not insignificant, should be added. This was the use of peat, in the widest sense of the word and including forest bottom humus. He said that part of the peat (or humus) might sometimes be returned to the soil. Often, however, especially when it was used as fuel, it was a complete loss for the soil. Furthermore, once the peat was cut, it was possible that the remaining soil could not even be used for cultivation. In some cases, the land was lost because the water table was too high and could not be lowered, or, as in Norway, only hard rock is left. The problem of replacing peat by other fuels entails both forestry and hydro-electricity problems.

M. J.-P. Harroy remercie M. Faegri de sa remarque. Le problème de l'exploitation des tourbières lui est familier : il se pose au Ruanda-Urundi où le climat contrasté nécessite l'utilisation d'un moyen de chauffage. Or la population (3 à 4 millions d'habitants) est pauvre et la tourbe locale est économique. Un spécialiste, M. Deuze, étudie en ce moment cet important problème.

M. A. Georgopoulos (Grèce) cite l'exemple de la Grèce où les principales causes de la destruction des forêts sont dans l'ordre d'importance :

- la consommation de bois de chauffage par les usagers;
- le pâturage;
- les incendies.

M. Bellouard (A.O.F.) expose qu'en Afrique tropicale française (A.O.F. et A.E.F.) le déboisement n'est pas dû aux besoins en bois de la population mais bien aux défrichements. Le bois de chauffage n'est qu'un sous-produit du défrichement et il suffit largement à couvrir les besoins locaux. En ce qui concerne le bois d'œuvre, son exploitation revêt jusqu'à présent la forme d'une cueillette, d'un écrémage, portant sur de grandes surfaces : elle laisse le couvert forestier intact mais la forêt appauvrie en essences de valeur. Des essais de sylviculture intensive montrent que la production peut atteindre  $10 \text{ m}^3$  de bois d'œuvre/ha/an. Ainsi, toute la production en bois d'œuvre du Gabon et de la Côte d'Ivoire (1 million de  $\text{m}^3$ ) au lieu de porter sur 20 millions d'ha pourrait être concentrée sur 100.000 ha. Mais une telle transformation de la sylviculture demandera beaucoup d'argent et d'efforts.

M. J.-P. Harroy retient de cette intervention de M. Bellouard, faisant suite aux principes exposés par M. Watterson sur la sylviculture intensive, que la solution technique au problème de la consommation de bois est en bonne voie d'élaboration. Mais pour le problème de la conservation des forêts, de grands efforts d'éducation et de vulgarisation resteront nécessaires.

Madame E. Ebers (Allemagne) signale qu'en Europe centrale, le feu n'est pas un facteur important de destruction de la forêt. Mais elle se demande si certaines pratiques récentes (notamment l'application d'engrais chimiques, l'utilisation de véhicules lourds pour l'exploitation) ne risquent pas d'avoir une influence défavorable sur la structure du sol forestier (structure qui est d'une importance primordiale pour sa conservation, ainsi que l'ont encore démontré récemment les travaux du Prof<sup>r</sup> Kuron). Y a-t-il eu des études sur ce sujet ?

M. J.-P. Harroy prend note de cette question.

M. Robyns prend alors la parole au sujet du rapport rédigé par le Département des Forêts de la F.A.O. et présenté par M. Watterson.

Il note d'abord que le tableau des consommations de bois par habitant annexé à ce rapport ne montre pas un parallélisme net entre cette consommation et le standard de vie (par exemple, Belgique  $50 \text{ m}^3/1.000$  habitants et Finlande  $4.770 \text{ m}^3/1.000$  habitants). Ce parallélisme existe peut-être en ce qui concerne les régions tropicales (Afrique). Il serait utile de faire figurer au tableau les exportations de bois.

M. Robyns attire ensuite l'attention sur le danger de l'introduction des essences exotiques, qui risquent de devenir des fléaux dans leur nouvel habitat (exemple du *Psidium Guyana* à Hawaï et du *Cassia Siamea* et espèces voisines en Afrique).

Replying first to a question raised by Mrs. Ebers, Mr. G. Watterson (F.A.O.) declared that F.A.O. had begun work on a survey to determine the influence of various processes used in the treatment of forests and their effect on soil structure. The effect of the continuous use of the same species (conifers for example) over a number of rotations would be one of the points to which particular attention would be given. He added that a study tour for the purpose of research into this subject had been conducted in Czechoslovakia a few years ago.

In answer to a question raised by Mr. Robyns, Mr. Watterson went on to say that the figures given in the table dealing with the consumption of wood per inhabitant included imported timber. While the figures related to fire-wood could not be taken as a criterion of living standards, those relating to the consumption of wood-pulp were more interesting in this respect.

Dealing with the introduction of exotic species, Mr. Watterson recalled the F.A.O. sponsored world conference on Eucalyptus and its valuable contribution to research on the subject. There could be no doubt that research on species adapted to existing ecological conditions should also include local species. Mr. Watterson drew the attention of the meeting to the fact that the F.A.O. encouraging research on new uses to which species existing in natural forests could be put. He stressed the special importance of this aspect for tropical forests, of which the economic value could be considerably enhanced in this way.

M. Bellouard, revenant sur la question posée par M<sup>me</sup> Ebers, signale que l'action des tracteurs et instruments aratoires puissants n'est pas défavorable pour les sols forestiers à condition qu'elle soit passagère. Il cite l'exemple du Gabon et de l'A.O.F. où des plantations d'okoumés et de tecks sur d'anciennes forêts naturelles défrichées au moyen de tracteurs à chenille ont parfaitement réussi. On a constaté aussi qu'après les coupes, les chemins de vidanges et de débardage plus ou moins bouleversés par le passage des tracteurs à chenilles sont souvent envahis de semis d'arbres, ce qui montrerait que le travail du sol ainsi réalisé est plutôt favorable.

Le président remercie M. Harroy et tous les orateurs. Il donne rendez-vous à tous pour la seconde séance d'étude.

2<sup>e</sup> SÉANCE, mardi, 16 septembre 1960, 9 h.  
2d SITTING, Tuesday, 16 September, 1960, 9 a. m.

Le président ouvre la séance et à nouveau demande à M. J.-P. Harroy de bien vouloir diriger la discussion.

M. Harroy rappelle que cette séance sera consacrée à l'étude du thème proprement dit de la réunion (point D du plan de travail).

D. — **Utilisation de la végétation dans le contrôle de l'érosion.**

Deux cas sont distingués selon que la végétation est utilisée pour produire des effets généraux ou des effets locaux de protection.

I. — Effets généraux.

*Présentation des rapports relatifs à cette rubrique (rapports n° 8 à 16).*

Le rapporteur général passe brièvement en revue, dans l'ordre, ces différents rapports, donnant la parole à l'auteur lorsqu'il est présent dans la salle (voir ci-dessous le résumé de ces rapports).

Mr. R. Maclagan Gorrie (U.K.) author of the report on « Maintenance or restoration of natural plant cover in the Middle East » showed a number of colour still photographs illustrating his report on nomadic grazing and untterraced upland cultivation in Pakistan, Iraq, and Turkey. He recommanded that two resolutions should be submitted to the governments concerned :

1° that special personal be recruited and trained as agricultural « monitors » (extension workers) for work with nomadic and itinerant graziers.

2° that the introduction and development of mechanized cultivation should be accompanied by teaching of effective soil conservation measures, as the use of machinery and the deeper furrows in which it results increases the danger of erosion.

Mr, Maclagan Gorrie also expressed the hope that techniques developed in the Alps to control torrents and restore slopes would be introduced into the Middle East. He was aware that the FAO had formed a study-group for research into these questions but nothing was known in the East of the results of the Group's work and often of its very existence was ignored.

Mr. Watterson, then rose to say that the study-group referred to by Mr. Gorrie and which was called : « Working group on torrent control and protection from avalanches » had been appointed by the *European* Forestry Commission. But it was open to non-European countries interested in this question, Japan, Pakistan, Turkey for example. Mr. Watterson added that he would arrange for countries outside the European area which were interested in the group's activities to receive the technical information and the reports dealing with their work.

Mr. G. A. Aliev (U.S.S.R.) author of the report on « Development of erosion in mountainous regions of the Azerbaïdjan S.S.R. and an attempt to check this process », addressed the Assembly in the name of the Soviet Delegation. He stressed the importance, in the present era, of the preservation of nature and the attention it was receiving in the Soviet Union. The Science Academy of each Soviet Republic included a special commission for the preservation of Nature and green plantations. A society called « Friends of the Forest » had been formed. Soviet film studios produced topical films on the subject of Nature Preservation. He stressed the educational effort which had been undertaken among the youth of the country.

It was the hope of the Soviet Delegation that the informal meetings which had taken place between representatives of the different delegations would develop into a fruitful collaboration. The members of the Soviet Delegation would be glad to correspond with other scientists and arrange for an exchange of information by any other means.

Mr. Aliev said in conclusion that the work of each delegate in his own country furthered the cause of Nature Preservation throughout the world and expressed the gratitude of the Soviet Delegation to the International Union for Conservation of Nature for the excellence of the organization of the 6th General Assembly.

M. H. Stehlé (Antilles françaises), auteur du rapport « Le rôle de la végétation naturelle dans le contrôle de l'érosion et de la protection du sol aux Antilles françaises », précise que pour la restauration d'une ambiance détruite, trois facteurs essentiels doivent être pris en considération :

- 1° les desiderata de l'homme;
- 2° les exigences et aptitude des plantes à utiliser;
- 3° la technique de mise en œuvre, qui doit être choisie en tenant compte des deux premiers facteurs.



Avant toute action, un double inventaire est nécessaire :

- celui du matériel végétal dont on peut disposer;
- celui des influences exercées par les végétaux sur le sol et le microclimat.

Le rapport de M. Stehlé représente pour les Antilles françaises l'esquisse d'un tel inventaire.

*Discussion sur le point D.-5.*

M. Gams (Autriche) remarque que pour reconstituer la végétation originale, il est de la plus grande importance de dresser des cartes de la végétation, comme cela a été fait dans les Alpes (par H. Gausson, E. Schmid, H. Friedel), dans les Carpathes (par W. Szafer et ses élèves) et le Caucase (par A. Grossheim et ses élèves). Il est nécessaire de distinguer les espèces et même les sous-espèces (exemple des *Salix* et de nombreuses graminées). Les espèces indigènes sont à préférer, mais elles ne sont pas toujours suffisantes (exemple des pays arides, complètement dévastés où le recours aux exotiques se justifie : *Acer negundo* et *Robinia pseudo acacia* dans la plaine Caspienne).

M. Bellouard (A.O.F.) signale que dans la zone des savanes soudanaises; et guinéennes, en A.O.F., la reconstitution ou le maintien du couvert arboré est réalisé par la méthode des feux précoces, appliquée depuis une dizaine d'années. Cela consiste à mettre le feu à la savane quand les herbes sont tout juste sèches, à la fin de la saison des pluies : le feu est alors de faible intensité et ne cause pas grand mal aux arbres. Les graminées ne brûlent pas entièrement, mais le feu crée cependant une discontinuité suffisante dans le tapis herbacé pour qu'il ne soit plus sensible au feu par la suite. Ce tapis résiduel enrichit le sol en humus et l'action destructrice des incendies tardifs est évitée.

Résultat de cette méthode :

- en zone guinéenne (saison sèche de 3 ou 4 mois), le progrès de la végétation arborée est manifeste, le couvert forestier se reconstitue;
- en zone soudanaise (saison sèche de 5 à 6 mois), on arrive simplement à maintenir l'équilibre actuel herbe/arbre; pour permettre la reconstitution du couvert arboré, une protection absolue contre les feux serait nécessaire.

M. Brick (Maroc) soulève le problème de la rentabilité des techniques préconisées pour reconstituer un couvert végétal. Les rapports ne font pas allusion à cet aspect économique de la conservation et cette

lacune risque d'affaiblir les conclusions de l'étude aux yeux des praticiens. Il serait utile d'aborder ce problème lors d'une prochaine réunion.

M. Stehlé remarque que cette question de la rentabilité doit en réalité être examinée dans chaque cas particulier. Il cite le cas de l'évolution de la mangrove tropicale, pour laquelle à chaque stade d'évolution correspond une certaine utilisation économique possible, dont dépend évidemment la rentabilité des travaux faits par l'homme pour provoquer ou accélérer cette évolution (stades forestiers passant à un stade subculturel à graminées permettant l'élevage, puis à un stade culturel permettant la culture maraîchère).

M. J.-P. Harroy complète la remarque de MM. Brick et Stehlé en soulignant que l'aspect financier de la conservation implique la connaissance de nombreuses données relevant de l'économie rurale. Il ne peut être examiné qu'avec des spécialistes de cette discipline, laquelle, dans le cadre du problème à l'examen, aurait un rôle extrêmement important à jouer. Il propose alors de passer au point suivant de l'étude.

## II. — Effets locaux.

Comme pour le point précédent, le rapporteur général examine brièvement l'ensemble des rapports présentés sur ce point.

Aucun auteur n'est là pour présenter des commentaires. Aussi M. Harroy ouvre-t-il aussitôt la discussion sur ces rapports.

M. Guilloteau (France) pense utile de revenir au problème des exotiques. L'étude du thème I c, à cette même réunion technique, a montré que les exotiques peuvent ne pas avoir les mêmes exigences en eau que les plantes spontanées. Ils risquent alors de déséquilibrer le bilan hydrique de la station où ils sont introduits. Cette incidence possible devrait faire l'objet d'études préliminaires dans chaque cas :

M. Robyns (Belgique) insiste, lui, sur l'intérêt des essences indigènes pour reconstituer les forêts. La préférence donnée aux exotiques est souvent une solution de facilité, parce qu'on ignore l'écologie et l'utilisation des essences indigènes. Ainsi l'Eucalyptus est devenu une essence passe-partout dans les régions tropicales et subtropicales. Mais en Afrique du sud, on a dû détruire certaines plantations d'Eucalyptus parce qu'elles desséchaient le sol et diminuaient le débit des cours d'eau (exemple à l'appui de la remarque formulée par M. Guilloteau).

M. A. Georgopoulos (Grèce) se rallie à l'opinion de M. Robyns et cite l'exemple de l'introduction en Europe centrale de l'épicéa à la place des essences indigènes. Après la première génération, le sol a été tellement dégradé qu'il faut maintenant penser à la conversion de ces

pessières artificielles. M. Georgopoulos fait mention d'un travail paru sur ce sujet dans le tome XXVIII des Annales de l'Institut de Recherches forestières de la Suisse.

M. Harroy fait remarquer que le choix d'espèces exotiques est le plus souvent dicté par des considérations économiques : il s'agit d'obtenir rapidement des produits exploitables pour faire face à certains besoins. Il faut dire aussi que par leur plasticité, certaines espèces d'Eucalyptus, par exemple, peuvent s'adapter aux sols ingrats et aux climats difficiles où ils donnent souvent de meilleurs résultats que les espèces indigènes. Souvent même, les Eucalyptus poussent sur les cailloutis, là où aucune espèce indigène ne consent à le faire.

A cette remarque, M. Robyns répond que, pour conserver la nature, il faut parfois s'opposer aux nécessités économiques, car ces nécessités dictent des politiques à courte vue, qui s'avèrent finalement désastreuses, même du point de vue économique. Notre devoir est de bien informer nos gouvernements sur le danger des exotiques.

Mr. J. M. Blaut (U.S.A.) declared that the necessity, referred to by previous speakers of imitating nature as closely as possible as regards the use of vegetation for erosion control, was borne out by experience in the humid tropical regions of America. There was not only a need for reforestation (for which there were only limited possibilities in these areas) but also for cultivated land. The problem was one of maintaining ground cover which reproduced the ecological situation (mixed cultivation with establishment of several stories of cover). Where slopes were too steep, however, such methods were powerless to arrest the progress of erosion and to slow the process was the most which could be hoped for, in order to reach a point where an equilibrium — at a moderate level of productivity — is maintained.

Mr. K. Hamad (Soudan) said that with regard to the question of exotics as against indigenous species he would like to give a brief account of experience in the Republic of Sudan. In the Gezira area where the land had been cleared to grow cotton, the fuel shortage had become a grave problem, more especially as the use of cotton stalk for domestic fuel was prohibited on Phytosanitary grounds. The Forest Commission had planted and was still planting under irrigation *Eucalyptus microtheca* on a seven year rotation to provide wood for fuel and poles for building purposes. The plantations also served as shelter belts.

In the high rainfall Savannah belt, the Forest Department were planting exotic teak (*Tectona grandis*) in the lowlands and conifers (pines, cypresses) on high ground. The plantations were concentrated in « Central Forest Reserves » for the purpose of re-stocking in areas where the forests of indigenous trees had been thinned out. It was, however, the general policy of the Forest Department to give preference, in so far as possible, to indigenous species, particularly with regard to plantation of valuable timber.

M. H. Gams (Autriche) attire l'attention sur l'intérêt des essences à bactéries nitrifiantes pour le reboisement, en particulier des Légumineuses. *Robinia* par exemple peut être employé avec succès à la fixation de dunes (exemple: Russie, Hongrie). Mais il est certain que son introduction peut, dans d'autres cas, s'avérer néfaste, comme dans les Alpes où il fait disparaître les espèces indigènes. M. Gams mentionne aussi l'intérêt des Elaeagnacées (*Elaeagnus* et *Hippophae*) pour l'amélioration et la fixation des sols dans les régions à climat oriental.

M. Stehlé cite le cas des mahoganys (*Swietenia*) à croissance rapide (Mahogany du Honduras, mahogany dit « hybride ») utilisés en reboisement, dans la forêt mésophytique des Antilles. Ces essences sont bien adaptées à l'écologie locale et donnent un bois de valeur (acajou à meuble). Les Eucalyptus sont également utilisés aux Antilles mais de façon transitoire.

M. Bellouard signale que le teck (*Tectona grandis*), originaire d'Asie, a été introduit avec succès en A.O.F., dans des régions à climats analogues à son climat d'origine (tropical humide avec saison sèche de 3 à 4 mois). Il se régénère naturellement dès l'âge de quinze ans et prend des caractères d'espèces subspontanées. Il produit un bois de qualité.

M. A. Georgopoulos cite à son tour les mérites de l'ailanthe (*Ailanthus glandulosa*), originaire d'Extrême-Orient, pour les reboisements méditerranéens. Il consolide le sol par ses drageons et son bois est utilisable en papeterie.

De ces différentes interventions concernant l'utilisation des plantes exotiques, M. J.-P. Harroy conclut que les expériences en cette matière se font de plus en plus nombreuses. Elles doivent permettre de préciser les limites d'emploi de chaque espèce et de dresser un inventaire des espèces utilisables pour chaque cas. Des études restent à faire, qui devront concerner d'ailleurs aussi bien les espèces indigènes que les exotiques de façon à mettre à la disposition du reboiseur la gamme la plus étendue des possibilités.

M. F. Fournier (France) revient à la question de l'utilisation de la végétation pour obtenir des effets locaux de protection. Il cite trois observations faites dans la zone tropicale humide à saison sèche de l'A.O.F., en ce qui concerne les plantes de couverture :

1° la première année, ces plantes réduisent déjà l'érosion mais leur action est encore plus sensible la seconde année après qu'elles ont été recépées et conservées en mulch;

2° une plante indigène est toujours préférable à une plante exotique car elle couvre *plus rapidement* le sol, ce qui est important pour combattre l'effet érosif des tornades au début de la saison des pluies;

3° l'enfouissement des plantes de couverture comme engrais vert comporte des risques : il suppose un travail mécanisé du sol au milieu de la saison des pluies, époque où le danger d'érosion est grand.

M. Stehlé signale que la supériorité des plantes de couverture indigènes a également été démontrée aux Antilles françaises. Toutefois, le Kudzu (*Pueraria phascoloides*), d'origine américaine, fait exception. Après une période d'adaptation de quelques années (nécessaire pour l'organisation de symbioses bactériennes dans le sol?), il s'est remarquablement établi et fait partie des meilleures plantes anti-érosives, même pour les pentes abruptes.

M. Fournier précise que tous les essais d'introduction du Kudzu dans la zone tropicale humide à saison sèche de l'A.O.F., sur sols ferrallitiques, ont jusqu'à présent échoué.

M. Robyns, parlant des effets de l'érosion en général, remarque que ces effets peuvent être parfois bénéfiques. Il cite le cas des collines à savane du Bas-Congo où l'érosion provoque par endroits la mise à nu d'un sous-sol qui est alors facilement colonisé en forêt de pente. L'érosion peut donc parfois faire apparaître en surface un horizon sous-jacent, propice à la colonisation végétale. On peut rappeler aussi qu'une des conséquences de l'érosion, le transport d'alluvions, est souvent favorable à l'agriculture des vallées basses (exemple de l'Égypte).

Mr. J. M. Blaut supported the statement made by Mr. Robyns and said that in tropical areas limited erosion, which served to remove depleted horizons and lay bare freshly weathered soil rich in mineral elements, could be beneficial.

M. Isaakides (Grèce) cite un exemple où la conservation d'un couvert végétal naturel, sous forme de broussaille, favorable au contrôle de l'érosion, est également très utile pour la protection sanitaire des récoltes : c'est le cas des vergers d'oliviers en Grèce, souvent

infestés d'un parasite dangereux, *Dacus olea* (mouche des olives). Les larves de *Dacus* sont elles-mêmes parasitées par *Eupelmus urosonus* qui, pendant l'hiver, vit en parasite sur d'autres hôtes (*Myopita stylata*), habitant dans la broussaille et, plus précisément, dans les capitules de l'aunée (*Inula helenium*). Plus il y a d'aunées dans les olivaias, plus il y aura au mois de juillet d'*Eupelmus* pour attaquer la Mouche des olives.

M. J.-P. Harroy remercie les auteurs de ces remarques diverses et pour terminer l'étude du thème, il mentionne rapidement les problèmes d'organisation que pose l'utilisation de la végétation, tels qu'ils sont énumérés dans son rapport général, notamment l'aspect juridique et réglementaire et le problème du financement.

Il signale enfin que deux auteurs présents dans la salle, MM. J. M. Blaut (E.U.A.) et A. S. Thomas (R.U.), ont présenté des rapports un peu en dehors du plan général de travail, rapports qui ont été classés sous la rubrique « divers ». Il demande à ces auteurs de bien vouloir faire quelques commentaires sur leur rapport.

Mr. A. S. Thomas, author of the paper on « Ecology and agriculture in Uganda », stated that erosion was due to three causes :

1. Cash crops such as cotton.
2. Overstocking of cattle, to which the cessation of tribal wars was a contributing factor.
3. The introduction of methods of agriculture imported from temperate regions.

He went on to say that the burning of vegetation was not always a factor of erosion; burning was part of the natural ecosystem. To eliminate fires, a means would have to be found to put an end to thunder-storms.

Mr. J. M. Blaut (Cultural determinants of soil erosion and conservation in the Blue Mountains of Jamaica) summed up his paper and concluded with the recommendation that sociologists should also belong to the group of specialists in charge of surveys prior to soil conservation programmes.

M. J.-P. Harroy déclare les discussions terminées.

Before adjourning the meeting, the President referred to the question which had been raised of possible soil betterment by erosion. He said that the greatest care should be taken in the consideration of this question. When the topsoil was removed by erosion, the stage was set for an acceleration of the process of erosion. In most instances, subsoil eroded faster than topsoil and it was at this stage

that gulping commonly set in. If this process was not speedily controlled the land was quickly ruined for cultivation. There were other disadvantages associated with the removal of topsoil, especially with regard to plant food, as subsoil usually contained less immediately available nutritional elements than topsoil.

Le President remercie M. Harroy et les differents orateurs et declare clos les travaux de la reunion.

# LE RÔLE DE LA VÉGÉTATION DANS LA CONSERVATION DU SOL ET DE L'EAU

PAR

F. R. FOSBERG

Department of Interior, Geological Survey, Washington 25, D.C.

L'importance de la végétation dans la conservation du sol et de l'eau paraît généralement évidente, mais le fait que nous ayons un tel sujet au programme indique peut-être que la nature et l'étendue des rapports en question ne sont pas complètement élucidées.

C'est pourquoi cet exposé s'efforcera d'examiner, et peut-être d'éclaircir certains de ces rapports. Bien que nous soyons convaincus du rôle capital de la végétation, le fait de le comprendre mieux nous aidera à faire face aux cas individuels qui se présentent chaque jour aux spécialistes de la conservation.

En premier lieu, il nous faut définir certains termes pour éviter des ambiguïtés. La végétation peut être définie comme le tapis végétal, spontané ou contrôlé par l'homme. Le sol, pour les besoins du moment, peut être considéré comme le matériau meuble qui recouvre le substratum de terre ferme et sert de support à la vie végétale.

L'eau dont il est ici question est celle qui tombe en pluie ou neige sur la terre et qui ou bien s'écoule à la surface ou pénètre le sol pour arriver éventuellement à la mer, ou bien retourne à l'atmosphère par évaporation. Son importance réside dans le fait que l'existence même de toute vie végétale, animale et humaine en dépend étroitement.

Il est plus difficile de définir le concept de conservation. De nombreuses définitions en ont été données. Voici peut-être l'une des meilleures : *le fait d'administrer correctement les ressources considérées*. Cette définition appliquée aux cas du sol et de l'eau revient à dire qu'il faut entretenir ces ressources dans un état tel qu'elles soient utilisables par les plantes, les animaux et l'homme, tout en assurant un équilibre stable entre utilisation, pertes et renouvellement.

Le rôle de la végétation, bien qu'il ne représente qu'un aspect limité du problème global de la conservation, demeure très complexe et demande à être analysé en détail avant de devenir compréhensible. Les principaux problèmes en cause sont le contrôle de l'érosion du sol et du ruissellement de l'eau. Contrôle ne signifie pas suppression



totale, car érosion et ruissellement sont deux phénomènes normaux et souhaitables, tant qu'ils ne dépassent pas les possibilités de renouvellement. En fait, on tend à oublier que l'eau qui forme nos fleuves et rivières provient du ruissellement, phénomène naturel qu'il ne saurait être question de supprimer ! Dans certains territoires il représente la seule source d'eau. De même, l'érosion est la cause de la fertilité de régions telles que la vallée du Nil.

L'érosion accélérée résulte généralement, mais pas toujours, du ruissellement de l'eau qui tombe sur la surface du sol, et le contrôle de l'un amène de ce fait celui de l'autre. Avant d'essayer d'évaluer la place de la végétation dans ce système, assurons-nous que nous comprenons les processus d'érosion.

Les principaux types d'érosion sont ceux provoqués par l'eau courante, le vent et le gel. Parmi les causes de moindre importance, citons certains processus mécaniques ou chimiques et l'ensemble des mouvements du sol connus sous le nom général de solifluction. Tous ces phénomènes mettent en jeu des processus et échanges d'énergie qu'il nous faut comprendre avant de pouvoir saisir comment la végétation peut influencer sur eux.

L'eau courante peut non seulement enlever et transporter des particules de terre de taille variable, mais aussi les utiliser comme abrasifs pour en détacher et déplacer d'autres, qui sont emportées à leur tour. La capacité de transport de l'eau est directement proportionnelle à l'énergie cinétique qui lui est transmise par gravité. Elle dépend donc de la pente et de l'état de la surface. Cette énergie est dissipée par friction avec la surface sur laquelle l'eau coule et avec les obstacles qu'elle rencontre. On peut donc contrôler l'action de l'eau en augmentant cette friction et en dissipant de la sorte une partie de l'énergie cinétique de l'eau.

L'érosion par le vent est en gros semblable, avec ces différences que la masse et la viscosité du milieu sont bien moindres, que les particules transportables sont beaucoup plus petites et que la source primordiale d'énergie est le soleil plutôt que la gravité. Les effets de l'érosion éolienne peuvent aussi être atténués en augmentant les pertes d'énergie par friction.

Le gel accélère l'érosion surtout par effet mécanique, en détachant des particules, en faisant éclater des matériaux compacts ou agglomérés et en les rendant plus susceptibles d'être emportés par l'eau, le vent ou la gravité. Les effets du gel peuvent être minimisés par tout facteur jouant le rôle d'isolant contre la déperdition de chaleur.

L'effet mécanique de la gravité s'exerçant sur des pierres, de la terre et de la neige ou glace, en faisant tomber ou rouler des pierres et en provoquant des glissements de terrain ou avalanches, a des

conséquences parfois spectaculaires et peut être la cause principale de la forte érosion des terrains très accidentés. Aux pierres et masses de terre initialement enlevées par gravité s'ajoutent les fragments qu'elles détachent ou arrachent et entraînent dans leur chute.

La solifluction est un mouvement graduel de descente qui se produit quand un sol est saturé d'eau au point de former une masse plastique qui se déplace par gravité. Les fleuves de boue en sont un exemple extrême. L'alternance du gel et du dégel tend à accélérer sensiblement ce processus. Il peut être retardé soit par tout moyen mécanique qui produit une agglomération du sol, soit par tout effet isolant qui le protège contre le gel et le dégel.

Les animaux, en piétinant et en fouissant, contribuent à faire détacher des particules terreuses qui sont ensuite emportées par des agents divers, et à faire glisser le sol, même sur des pentes modérées.

L'altération chimique du sol sous l'influence des éléments est un agent d'érosion dont il est difficile de mesurer ou même d'évaluer les effets, car ils ne sont pas toujours faciles à observer et se passent à une échelle microscopique; toutefois ces effets s'additionnent souvent jusqu'à devenir facilement reconnaissables. Particules et matériaux agglomérés se désagrègent, des fentes s'élargissent, des chenaux s'ouvrent pour l'eau. Les effets les plus spectaculaires sont observables sur les calcaires, mais d'une manière moins évidente, ils sont universels.

Il existe encore d'autres agents d'érosion. Sur des pentes sablonneuses, la couche superficielle du sol se détache sous l'action des systèmes radiculaires agités quand le vent secoue les arbres. Ce phénomène ne doit pas être perdu de vue quand on contrôle la végétation de ces pentes pour la conservation du sol. On peut encore citer l'action des glaciers, ou à une autre échelle celle des bulldozers, qui ne seront pas examinés ici plus avant car la végétation n'exerce évidemment aucun contrôle sur elles.

La plupart des moyens par lesquels la végétation pourrait influencer sur les processus d'érosion énumérés ci-dessus seront sans doute évidents après quelque réflexion, mais il n'est peut-être pas inutile d'en faire un résumé et d'indiquer leurs rapports avec ces mêmes processus.

Peut-être l'effet le plus évident et le plus direct de la végétation sur presque toutes les formes d'érosion est-il de lier et d'agglomérer les masses ou particules de terre grâce aux organes vivants des plantes, tels que systèmes radiculaires, entrelacs de branches ou de rhizomes, tapis et coussins de mousses, feutrages et croûtes gélatineuses d'algues. C'est la végétation elle-même qui empêche ou retarde directement l'enlèvement du sol par l'eau ou autres agents d'érosion.

L'homme serait bien en peine d'inventer et de construire des structures efficaces de remplacement qui puissent contrôler l'érosion et en même temps conserver au sol des caractères propres.

Un principe bien connu dans l'application de la friction pour dissiper l'énergie cinétique, est celui des chicanes; c'est l'emploi d'une série d'obstacles pour détourner le courant et le forcer à suivre un cours indirect ou compliqué, ce qui augmente la perte d'énergie par friction. Il est essentiel de diminuer ainsi l'énergie cinétique de l'eau courante, du vent et des pierres en mouvement si l'on veut contrôler l'érosion produite par ces agents. Là encore l'homme ne saurait, du moins d'une manière économique, créer un système artificiel de chicanes comparable à celui qui fait partie intégrante de tout couvert de plantes supérieures. Un cas particulier se présente quand la végétation et les couches de débris végétaux reposant sur le sol absorbent l'énergie des gouttes de pluie, des grêlons, ou des sabots des animaux avant qu'elle ne détache ou déplace les particules de terre. Ce double rôle que joue la végétation en réduisant l'érosion par fixation du sol et déperdition de l'énergie se manifeste de manière à peu près universelle. D'autres effets ci-dessous décrits sont secondaires ou plus localisés.

La végétation forme un isolant contre les changements brusques de température en diminuant l'effet refroidissant de l'air en mouvement et les pertes d'énergie par radiation, et en protégeant le sol contre la chaleur incidente par son ombre; cet effet isolant est évident et contribue certainement beaucoup à diminuer les conséquences du gel et du dégel dans toute région où le couvert végétal est important. Il serait en général infiniment trop coûteux de reproduire le même effet avec de la fumée ou autres moyens, sans parler des répercussions indésirables.

L'effet de la végétation sur l'érosion chimique, dans la mesure où il est connu, est plutôt de l'accroître. Les acides secrétés par les racines et produits par la décomposition de la matière organique sont probablement des agents très importants de l'érosion chimique.

L'effet des chicanes, cité plus haut, est de la plus haute importance dans la réduction des pertes d'eau par excès de ruissellement. Il suffit d'observer la ruée du flot qui suit une forte averse dans un arroyo en pays désertique pour comprendre le rôle que joue le couvert végétal normal d'autres régions dans la régularisation de tels torrents.

L'effet du couvert végétal sur la percolation de l'eau de pluie dans le sol est vital. Les couches superficielles de débris végétaux et de matière organique en partie décomposée forment éponge. La poro-

sité du sol est considérablement augmentée par la pénétration, la mort et la décomposition des racines.

Dans de nombreuses régions, la précipitation peut être multipliée plusieurs fois du fait de la condensation d'eau atmosphérique, ou « fog drip ». Ce phénomène, connu des naturalistes depuis longtemps, est de nos jours reconnu et mesuré même par les météorologues.

L'influence des larges espaces à couvert végétal sur la précipitation est sujet à controverse et nous n'avons pas les données nécessaires pour en discuter. Toutefois on ne peut négliger la possibilité que ces espaces aient une influence sur les réserves d'eau. D'un autre côté, certains hydrologues sont alarmés par les pertes d'eau dues à la transpiration de la couverture végétale et ils s'attachent à l'étude des phréatophytes. Certains même envisagent de remplacer les phréatophytes des régions arides par un type de végétation à racines plus superficielles. Ces dernières années toutefois, personne n'a sérieusement suggéré l'élimination complète de la végétation pour conserver l'eau car l'évaporation au-dessus d'une aire de sol nu risquerait même d'être plus intense qu'au-dessus d'une aire de végétation. Il y a déjà longtemps, un spécialiste de ces questions avait suggéré de recouvrir de tôle galvanisée les collines de Californie, mais heureusement personne n'avait jugé cela souhaitable.

La jachère est un autre exemple, bien différent, de l'aide apportée au sol par la végétation. Le procédé consiste à maintenir ou renouveler la fertilité de sols usés en les laissant reposer un certain temps sous un couvert de végétation spontanée. L'assolement est un autre aspect du même processus. L'enlèvement répété de récoltes diminue la fertilité du sol particulièrement dans les régions tropicales et le remplacement des éléments déficients par des engrais chimiques est à la fois coûteux et inadéquat et risque en outre d'introduire des impuretés toxiques dans le sol. De plus une exposition prolongée au soleil tropical appauvrit le sol en matières organiques ou transforme sa structure. Cet effet peut être retardé et même corrigé en maintenant une couverture végétale naturelle ou plantée sur tous les sols tropicaux. Outre qu'elles apportent des matières organiques sous forme de racines, feuilles mortes et autres organes, les plantes à racines profondes comme les arbres tendent à restaurer les réserves de nombreux éléments essentiels lessivés par l'eau de pluie, en pénétrant les couches profondes du sol où ils sont déposés. Les éléments absorbés par les racines sont utilisés par les parties aériennes et redéposés à la surface du sol à la mort de ces dernières, et il s'établit un cycle vital de fertilité qui maintient au sol ses qualités. Ainsi s'explique le paradoxe apparent selon lequel la plus luxuriante végé-

tation du monde, la forêt ombrophile tropicale, croît sur des sols tropicaux stériles.

Dans un exposé sur le maintien de la fertilité du sol il faut aussi mentionner le rôle des champignons et bactéries du sol, qui font partie de la végétation. Sans leur activité, qui produit la décomposition de la matière organique, celle-ci s'accumulerait et rendrait inaccessibles de grandes quantités de minéraux essentiels, provoquant ainsi la stérilité du milieu par un autre processus.

Cette brève analyse a mis en évidence le rôle considérable et indispensable que joue la végétation dans la conservation du sol et de l'eau et permet de se faire une idée de son mécanisme. Le voyageur qui sait observer et le naturaliste n'ont pas besoin d'une telle étude pour comprendre ce rôle. Il leur suffit de comparer les cours d'eau réguliers et clairs venant d'un bassin d'accumulation boisé avec les torrents boueux et saisonniers qui descendent des régions incendiées ou dénudées, d'observer l'abaissement de la nappe phréatique là où maisons et rues ont remplacé forêts et prairies, ou de mesurer le rendement des cultures sur des terres épuisées pour apprécier le rôle complexe de la végétation dans la conservation de ces composants vitaux du milieu humain, le sol et l'eau.

# RÔLE DE LA VÉGÉTATION NATURELLE OU NON DANS LA CONSERVATION DU SOL ET DE L'EAU

PAR

W. ROBYNS

Directeur du Jardin Botanique de l'État.  
236, rue Royale, Bruxelles

Il est bien connu que le couvert végétal naturel de la terre, qu'il soit forestier ou non, est le résultat des interactions multiples des nombreux facteurs du bioclimat et du sol. Il constitue, avec les éléments de la faune, des biocénoses, c'est-à-dire des complexes biotiques diversément structurés suivant les régions et qui donnent leur physionomie caractéristique aux divers paysages terrestres.

Le couvert végétal joue dans les équilibres naturels de la biosphère un rôle très diversifié. Nous ne nous occuperons ici que des corrélations entre le couvert végétal et le sol, qui forment ensemble un complexe écologique tellement cohérent que la moindre modification de l'un des deux trouve immédiatement sa répercussion dans l'autre. C'est ainsi que la composition de la végétation naturelle est le meilleur indicateur de la nature du sol qui la porte. Mais cette végétation est en même temps d'une importance fondamentale pour la bonne conservation du sol et de l'eau et cela de diverses manières que nous détaillons ci-après :

## 1° Le couvert végétal tend à maintenir le sol en place.

Les racines des plantes, en pénétrant à des profondeurs différentes selon les formes biologiques végétales, fixent solidement par leur enchevêtrement toutes les particules du sol. Ce fait peut être facilement observé partout, mais il est particulièrement frappant sur tous les terrains en pente, dont le sol ne reste en place que s'il est maintenu par un manteau de végétation. De plus, on peut en voir des applications dans toutes les plantations faites par l'homme pour fixer les sables mobiles, les digues, les talus, etc.

## 2° Le couvert végétal régularise la température du sol.

Une couverture végétale agit comme un écran et tend à régulariser la température du sol en empêchant son échauffement le jour et son refroidissement la nuit. En forêt, dans une prairie ou dans une savane,

les températures diurnes et nocturnes du sol sont tout à fait différentes et notamment plus uniformes que celles que l'on peut relever à la surface et à l'intérieur des sols dénudés de végétation. L'économie thermique du sol est ainsi influencée favorablement par la couverture végétale qui, dans les régions tempérées, rend le sol plus chaud en hiver et plus frais en été et, dans les régions intertropicales, lui assure une température à peu près uniforme durant toute l'année.

### 3° Le couvert végétal maintient l'équilibre hydrique du sol.

Grâce à son ombrage, le manteau végétal empêche la dessiccation du sol par la chaleur et par le vent et il joue ainsi un rôle primordial dans le maintien de son humidité. De plus, les corrélations entre la teneur en eau du sol et la composition de la végétation sont telles qu'à chaque teneur en eau du sol correspond un groupement végétal bien déterminé. Les meilleures preuves à ce sujet sont fournies par les drainages des marais au moyen de divers procédés d'écoulement des eaux, qui entraînent une dessiccation du sol et un changement correspondant de la végétation. Inversement, toute modification de la végétation par l'homme et surtout tout remplacement d'un groupement végétal par un autre entraînent inévitablement un déséquilibre hydrique du sol. On en connaît de très nombreux exemples, dont nous nous contenterons d'en citer deux ici.

Le plateau des Hautes Fagnes, dans l'Est de la Belgique, le long de la frontière allemande, porte une végétation naturelle constituée en majeure partie de tourbières bombées, composées d'associations acidophiles et fort instables de *Sphagnum*. On sait que, grâce à la présence de nombreux hyalocystes surtout dans leurs feuilles, les *Sphaignes* absorbent des quantités d'eau dépassant plusieurs centaines de fois leur poids sec, de telle sorte que ces tourbières constituent un réservoir d'eau alimentant les ruisseaux et les rivières descendant du plateau. Or, depuis plus de  $\frac{3}{4}$  de siècle, ces tourbières sont soumises au drainage et, en même temps, plantées de *Picea Abies* L., dans le but de les transformer en bois de résineux. L'effet principal de cette double intervention humaine a été une dessiccation graduelle des biotopes, amenant la disparition lente des tourbières qui sont remplacées par une prairie à *Molinia caerulea* MÖNCH. De ce fait, l'alimentation des cours d'eau descendant du plateau n'est plus assurée et les conséquences économiques de cette situation sont encore incalculables pour toute la région environnante. Fort heureusement, le Gouvernement belge vient d'ériger une grande partie des Hautes Fagnes en réserve naturelle nationale, mettant ainsi fin à l'action anthropique.

Des phénomènes semblables se produisent aussi dans les régions subtropicales et intertropicales et plus spécialement en Afrique, à la

suite de plantations de diverses espèces d'*Eucalyptus* dans les marécages et sur les crêtes de partage des eaux, à tel point, par exemple, que dans le Nord du Transvaal on a dû procéder à leur destruction pour empêcher le tarissement des cours d'eau.

#### 4° Le couvert végétal participe activement à la formation du sol.

Par l'apport continu de matériaux de toutes sortes : végétaux morts, branches cassées, feuilles mortes, fruits tombés, etc., la végétation contribue à la formation d'une litière, variable certes selon qu'il s'agit d'un tapis végétal forestier ou herbeux, mais qui fournira au sol les détritiques nécessaires à la constitution de l'humus indispensable à la vie végétale.

D'autre part, les substances humiques contribuent largement à donner au sol la structure grumeleuse qui détermine sa perméabilité et son aération.

#### 5° Le couvert végétal favorise l'action des microorganismes du sol.

En assurant au sol une perméabilité, une température et une humidité favorables, le tapis végétal conditionne les diverses actions biogènes de ses microorganismes, surtout de ceux de la rhizosphère. Parmi ces derniers, ce sont surtout les éléments de la microflore, à savoir : les bactéries, les champignons et les algues, qui jouent un rôle essentiel dans les phénomènes de respiration du sol et de décomposition des substances inorganiques et organiques en matières assimilables et nutritives.

D'après des observations récentes, les racines secrètent même diverses substances directement utilisables par les innombrables microorganismes du sol et spécialement par certaines bactéries qui vivent en quelque sorte en symbiose avec les racines.

#### 6° Le couvert végétal empêche l'érosion hydrologique et éolienne du sol.

L'érosion en surface, due à la fois à l'action de la pesanteur, de l'eau et du vent, est un phénomène naturel, dont les effets sont cependant rendus négligeables par l'action de la couverture végétale naturelle. Celle-ci intercepte en grande partie les eaux de pluie et les empêche d'arriver directement à la terre. Les eaux interceptées descendent par les feuilles, les tiges, les branches et les troncs jusque dans la litière, pour percoler ensuite graduellement dans le sol. On sait actuellement que les pourcentages d'interception des formations herbeuses sont au moins égaux à ceux des forêts et parfois même supérieurs. C'est le cas, entre autres, pour les groupements à *Pennisetum purpureum* SCHUM. ou l'herbe à éléphants, une des plus grandes graminées africaines.



Il n'en est plus de même sur un terrain partiellement ou totalement dénudé de sa végétation naturelle, où les gouttes de pluie, entraînées par leur force vive, percutent violemment et martèlent le sol au point de tasser sa surface et de la rendre plus ou moins imperméable. Les eaux de pluie se mettent alors à ruisseler et à entraîner les particules du sol, l'humus et les sels minéraux, provoquant ainsi l'érosion hydrologique. Par ailleurs la surface du sol dénudé, rendue friable par la dessiccation, devient facilement la proie de l'érosion éolienne. La couche arable du sol, que la nature a mis des centaines voire des millénaires à élaborer, est ainsi graduellement enlevée; les racines sont mises à nu et les plantes peuvent même finalement être déracinées et entraînées au loin. L'érosion en profondeur peut alors s'installer et produire ces ravinements spectaculaires que l'on peut observer dans toutes les régions montagneuses du globe.

\*  
\* \*

Dans l'exposé qui précède, nous avons eu toujours en vue une végétation naturelle ou remaniée et permanente. Les nombreuses cultures faites par l'homme, tout en constituant des couverts végétaux réels, sont cependant loin d'être aussi efficaces contre la dégradation des sols. Les cultures pérennes offrent, en général, de meilleures conditions de conservation que les cultures annuelles ou bisannuelles exigeant des labours répétés.

En ce qui concerne en particulier l'érosion en surface, des mesures comparatives faites récemment aux U.S.A. ont permis de conclure que dans un champ labouré, elle est de 500 à 1.000 fois supérieure à celle d'un terrain à couverture herbeuse et de près de 5.000 fois supérieure à celle d'une prairie naturelle.

Si l'on compare les diverses cultures non pérennes du point de vue de leurs effets antiérosifs, on arrive, pour le même pays, à établir la série progressive suivante : jachère → culture sarclée → maïs → céréales → graminées → légumineuses.

Des observations semblables ont pu être faites notamment en Afrique du Sud et dans d'autres pays.

\*  
\* \*

En conclusion de ce bref exposé de synthèse, nous pouvons dire que la conservation du sol et de l'eau est partout fonction du couvert végétal. La meilleure conservation est toujours assurée par un couvert végétal naturel, forestier ou herbeux. En ce qui concerne les terrains cultivés, le couvert végétal anthropique sera d'autant plus efficace qu'il est pérenne et qu'il couvre davantage le sol.

### **Résumé.**

Le rôle de la végétation naturelle dans la conservation du sol et de l'eau est multiple et il peut se détailler comme suit :

- 1° Le couvert végétal tend à maintenir le sol en place;
- 2° Le couvert végétal régularise la température du sol;
- 3° Le couvert végétal maintient l'équilibre hydrique du sol;
- 4° Le couvert végétal participe activement à la formation du sol;
- 5° Le couvert végétal favorise l'action des microorganismes du sol;
- 6° Le couvert végétal empêche l'érosion hydrologique et éolienne du sol.

Les cultures constituent un couvert végétal anthropique moins efficient que le couvert végétal naturel.

**CAUSES SPÉCIFIQUES AU XX<sup>e</sup> SIÈCLE,  
POUSSANT PARTOUT L'HOMME MODERNE A DÉTRUIRE  
LA VÉGÉTATION NATURELLE**

PAR

Jean-Paul HARROY

Gouverneur du Ruanda-Urundi, Usumbura

Le présent exposé vise en ordre principal à souligner que les terrains superficiels et les ressources hydriques de la Planète sont de plus en plus dangereusement menacés en ce milieu du XX<sup>e</sup> siècle parce que, la preuve étant faite que la couverture végétale naturelle constitue de loin la meilleure protection des sols et des eaux, de nombreux facteurs agissent avec une intensité croissante pour inciter l'homme, presque partout dans le monde, à réduire ou détruire ces couverts végétaux.

Certes, nombre de ces facteurs ont opéré depuis longtemps. Mais jusque récemment, leur incidence était faible ou localisée. Et la cause fondamentale du déséquilibre actuel doit se rechercher dans l'accentuation brusque et considérable de cette incidence, depuis quelques dizaines d'années, dans le cadre du récent développement de la science et de la technique.

La meilleure couverture végétale, du point de vue de la protection pédologique et hydrologique, correspond au couvert forestier. Mais ce dernier est aussi le moins conciliable avec l'occupation humaine. La forêt recèle des dangers et abrite les ennemis naturels de l'homme. Elle est humide et malsaine en zone intertropicale. Elle s'oppose aux déplacements, complique la chasse, entrave ou empêche la culture et l'élevage. Aussi de mémoire d'homme a-t-on vu des communautés, même très primitives, s'attacher à défricher des étendues de forêt, à abattre ou à brûler des arbres. Au Ruanda-Urundi, c'est environ il y a un millier d'années que les premiers occupants du pays, les Pygmées Batwa, virent arriver les groupements de cultivateurs Bahutu, lesquels, après paiement des redevances ou en s'imposant par la force, commencèrent le défrichement de la vaste couverture forestière du pays, méritant vite de la part des pygmées le surnom de « mangeurs d'arbres » et dévastant cette forêt, siècle après siècle, avec une telle méthode que la destruction en serait totalement terminée aujourd'hui si, à

grand'peine, l'administration belge n'était parvenue à y mettre le holà en créant une réserve forestière surveillée sur la crête Congo-Nil.

\*  
\* \*

De nos jours, quatre facteurs principaux se combinent ou coexistent pour provoquer l'amenuisement des couverts végétaux du monde : la consommation de bois, l'extension des cultures, l'augmentation numérique du cheptel domestique, l'accentuation sous les Tropiques de la fréquence du passage des feux courants.

L'intensification de l'incidence de ces facteurs est due, on le conçoit sans peine, à l'augmentation de la puissance des moyens techniques d'abattage, et accessoirement de débitage, débardage et transport du bois et au développement des activités économiques des collectivités humaines, désormais capables et désireuses d'élever, par une production accrue, le niveau de vie de chacun de leurs individus. Elle est liée aussi, au premier chef, à l'accroissement numérique démesurément accéléré de la population humaine de la Planète, dont un récent rapport des Nations Unies pouvait écrire : « Si le rythme actuel du développement démographique ne fléchit pas, il y aura au XXVI<sup>e</sup> siècle un être humain par mètre carré de terre émergée, en y comprenant les régions polaires, les déserts et les cimes des montagnes ». Dans cette hypothèse apocalyptique, point ne serait besoin d'attendre l'an 2600 pour avoir enregistré la destruction du dernier arbre de notre globe.

La consommation mondiale du bois, selon la F.A.O., oscille actuellement entre un milliard et demi et deux milliards de mètres cubes par an. Dans des continents comme l'Europe et l'Amérique du Nord, la demande de bois de chauffe fléchit quelque peu, vu le recours accru à d'autres sources calorifiques, mais en revanche la production de bois de sciage et de pâte à papier continue à gagner en importance. Par ailleurs, l'industrie chimique met sans cesse au point de nouveaux procédés de fabrication dont le bois constitue l'une des matières premières, et chaque fois que l'un des procédés s'avère économiquement avantageux, c'est un nouvel appel fait aux ressources forestières subsistantes.

Certes, d'énormes massifs pratiquement intacts subsistent encore aujourd'hui en Afrique et en Amérique du Sud. Mais les prélèvements s'y développent rapidement, avec l'apparition d'outillages perfectionnés, avec l'accroissement des besoins locaux, nés de l'augmentation de la population et de ses consommations en bois de feu, d'ébénisterie, de construction domestique, nés aussi d'un essor industriel où le bois reste pendant assez longtemps appelé à jouer le rôle de prin-

cipal combustible. Et des trouées se creusent également dans ces vastes sylves congolaises et brésiliennes sous l'influence du deuxième des facteurs énoncés ci-dessus : le défrichement pratiqué pour permettre l'établissement de cultures.

En zone tempérée, on peut dans l'ensemble admettre que la période des défrichements en vue de l'ouverture de nouveaux champs est terminée. Le climat y fut favorable au développement des connaissances scientifiques et de leurs applications à l'agriculture et à la foresterie. Un équilibre, par endroits excellent et en d'autres plus ou moins satisfaisant, s'est établi entre l'homme, ses terrains superficiels cultivables, l'arbre, l'animal domestique, le couvert herbacé, les plantes cultivées. Des apports minéraux et parfois organiques viennent compenser les prélèvements nés des récoltes. Les pluies, harmonieusement réparties, et le soleil, rarement ardent, n'exercent qu'une action modérée de détérioration sur les sols que l'alternance des cultures laisse de temps à autre démunis de couverture végétale.

Entre les Tropiques, la situation est différente. Les défrichements de la forêt par les cultivateurs ne sont pas terminés. Et leurs effets sont beaucoup plus funestes qu'en région tempérée, car la terre, même brièvement dénudée, y est sujette à la forte action de dégradation d'un soleil brûlant et de précipitations torrentielles.

Or ces défrichements intertropicaux se multiplient sans cesse, de nos jours, sous l'influence des efforts faits pour mettre ces pays « neufs » en valeur. Le succès de l'activité médicale y augmente quotidiennement le nombre des bouches à nourrir. Une nouvelle évocation, au passage, de l'exemple du Ruanda-Urundi permet de citer les impressionnants chiffres de cinquante-cinq pour mille de natalité contre vingt-deux seulement de mortalité. D'autre part, les soles cultivées jadis par unité familiale étaient insuffisantes pour éviter les famines, et les mesures gouvernementales anti-disettes ont précisément eu pour effet de majorer systématiquement partout les étendues que cultive chaque chef de famille, d'où les besoins de terres, d'où les défrichements. Enfin, des plantations industrielles se sont partout développées, soit à l'intervention de non-autochtones : colons, sociétés, soit par le fait de l'indigène lui-même, comme dans le Ruanda-Urundi qui compte aujourd'hui près de 400.000 planteurs de café. Sous ces influences combinées, le couvert végétal intertropical est devenu une peau de chagrin. La savane comme la forêt se rétrécissent partout. Et les sols, moins protégés que par le passé, se dégradent, s'écoulent dans les rivières ou s'envolent au vent.

Un troisième facteur opérant dans le même sens réside dans le développement croissant de l'élevage. L'art vétérinaire et la zootechnie sont intervenus avec succès pour éliminer ou combattre les épizooties,

pour accélérer le rythme de reproduction du cheptel. En région tempérée, à nouveau, un para-équilibre a été réussi, parfois au prix de méthodes en apparence antinaturelles comme la stabulation permanente d'un bétail pratiquement ignorant de l'existence de pâturages et d'herbages, exclusivement nourri, entre quatre murs, de fourrages cultivés à son intention ou de déchets industriels.

Entre les Tropiques, cette fois encore, la situation est moins favorable, parce que mal maîtrisée. Les habitants de ces régions ont de tous temps marqué une grande propension à entretenir du bétail, à des fins économiques et parfois aussi sociales, sinon politiques, comme dans le cas du Ruanda-Urundi. L'apport occidental vétérinaire et zootechnique a donc été accueilli avec empressement. Et il a comporté comme conséquence, par la multiplication parfois démesurée des bovidés et aussi des ovidés et des dévastateurs capridés, un besoin accru de pâturages, d'où des défrichements intensifiés de forêts et de savanes, et aussi — phénomène grave et général — une surcharge croissante de ces pâturages, avec tous les résultats funestes pour la végétation, les sols et les eaux que comportent ce que les Britanniques dénomment « overstocking », « overgrazing » et « overtrampling » et que nous pourrions appeler surpécoration, surpacage et surpiétinement.

Dernier péril moderne, se greffant sur les précédents, et valable cette fois seulement entre les Tropiques : l'accentuation fréquente du passage des feux courants.

La méthode du brûlage, elle non plus, n'est certes pas neuve. De toute éternité les Africains, les Asiatiques, les Américains y eurent recours pour dégager les abords de leurs occupations domestiques, pour stimuler en saison sèche des recrues herbacées à l'intention de leur bétail, pour détruire des insectes et acariens, pour préparer sinon pratiquer leurs chasses, pour se faciliter la marche en savane ou en brousse.

Les effets fâcheux du feu sont, par ailleurs, l'objet de nombreuses controverses. Des naturalistes assurent encore que, dans plusieurs biotopes, les avantages retirés par les herbivores d'un incendie allumé en temps opportun sont supérieurs aux inconvénients qui en résultent pour le couvert végétal, pour les sols et pour les ressources en eau de ces derniers.

Mais notre problème est circonscrit à ces dernières considérations. Quelle que puisse être l'action bénéfique des feux courants sur l'économie pastorale, nous devons retenir que le brûlage de la végétation est incontestablement dommageable pour la protection du sol et de l'eau. Or, le remplacement ininterrompu de vastes étendues de forêt ou de savane boisée riche par des pâturages ou par des champs périodiquement livrés à la jachère, et souvent à la jachère pâturée, explique

que des aires qui n'avaient jamais connu le feu sont désormais soumises à son passage. Leur couverture végétale spontanée s'en trouve inexorablement diminuée dans ses qualités et entravée dans ses efforts de régénération.

\*  
\* \*

Tels sont les principaux facteurs qui font que l'homme moderne s'applique, inconsciemment ou à son corps défendant, à détruire toujours plus dangereusement le couvert végétal, protecteur naturel de ces sols et de ces ressources en eau auxquels sont liées les conditions même de vie des collectivités humaines.

Les délibérations de la réunion technique d'Athènes ne devront donc pas seulement se préoccuper de rechercher les moyens de multiplier le recours à des utilisations artificielles de nouveaux couverts végétaux pour assurer le contrôle de l'érosion.

Dans la ligne des attributions et aussi des potentialités spécifiques de l'U.I.C.N., elles auront encore à examiner par quelles mesures à caractère sociologique : économique, social ou politique, il serait possible de tirer meilleur parti contre l'érosion des vestiges de la végétation existante, en s'efforçant d'amener les prélèvements de bois, l'agriculture et l'élevage à peser moins lourdement qu'aujourd'hui sur la couverture végétale spontanée de la Terre.

# THE USE OF VEGETATION IN EROSION CONTROL

BY

FORESTRY DIVISION,  
FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION  
OF THE UNITED NATIONS

Viale della Terme di Caracalla, Rome

For discussions on the use of vegetation in erosion control, under the general theme of Soil and Water Conservation, the Forestry Division of the Food and Agriculture Organization of the United Nations was asked to prepare some background material on the various possibilities offered to modern Man to reduce or rationalize his demands on natural as well as artificially established stands in favour of improving the protective function of forest cover and its beneficial effect on the conservation of soil and water.

In bettering the conditions of rural populations by raising levels of nutrition and standards of living of the peoples, securing improvements in the efficiency of production and thus contributing towards an expanding world economy, the implications that forest cover should be as sparingly used as possible do not at first glance appear to fit into the picture of F.A.O.'s objectives which, broadly speaking, aim at promoting the most intense production and use of natural resources compatible with long-term sustained yield.

It is, however, clear that forest cover has two essential functions to perform and that, under certain special conditions, these cannot be combined. On the one hand, there is the productive role of the forest in satisfying man's needs in timber and other forest resources. And on the other, the forest has an essential protective function to perform under certain climatic or topographic conditions which no other vegetative cover or artificial means can as efficiently fulfil. In mountainous areas, tree cover has repeatedly proved to be the best measure in prevention of, and protection from avalanches, stone-falls and land-slides. The leafy canopy and the spreading, well-anchored root system form an ideal combination in breaking the fall of torrential rains and the force of winds and storms, whilst the roots hold the soil, retain surface organic layers and act with these in forming an absorbent sponge which favours percolation and reduces erosive run-off to a minimum. And under tropical conditions where soil leaching and the rapid destruction of the humus layer by exposure are other forms of soil erosion and reduction in



fertility, the forest cover has been the only factor in arresting the decline in the production potential of the humid tropics for the future.

Turning now to its productive functions, it is clear from the attached table that a low standard of living is closely correlated to a low consumption of timber (other than firewood), and that, if international cooperation and action is to result in an improvement in such standards of living, the « per capita » requirements in sawnwood, plywood, newsprint, fibreboard, etc., will necessarily rise with economic development and industrialization, particularly in the underdeveloped countries where, all too often, the forest cover is fast disappearing or is already non-existent, and where erosion is of common occurrence.

F.A.O. is faced therefore with a twofold problem in these regions : one of soil conservation and one of intensification in the field of industrial use and increased consumption of locally grown timber resources.

It has from the beginning been realized that intensive utilization of natural resources must be limited by considerations of long-term sustained yield. And, although utilization of forest cover will of necessity modify any natural balance, it can and must nevertheless respect and preserve its protective value whilst promoting to a maximum its productivity. A local example is the high-level natural forests of *Abies cephalonica* of which a well-known area of some 150,000 is to be found at Kastania, west of Twikkala in Central Greece, and which, although essentially constituting a protective cover, is of very real economic value under careful utilization.

But on the whole, and in particular in the more arid zones where the problem of soil and water conservation is of particular concern to this meeting, a solution can, in broad terms, be reached only by simultaneously protecting existing forest cover which has, in most cases, been pushed back to the less accessible, more easily erodible areas unsuited to agricultural crop production and replacing it where this is necessary for protection — and by favouring the establishment of large-scale industrial plantations in the vicinity of markets and existing processing centres. This must be done by :

1. defining and protecting existing forest cover in areas where its presence and improvement is essential — usually for protective, but also for productive purposes;

2. educating public opinion to an early awareness of the role of forest cover in the long-term social, economic and physical welfare of the region, not only with a view to obtaining local cooperation in protecting and conserving existing resources, but in setting aside

and developing areas where timber production for industry can be profitably established;

3. encouraging research into the various species of fast-growing timber trees adapted to local conditions and yielding the type of raw material required for local needs;

4. assisting in the practical establishment of large industrial plantations on stable soils, with maintenance of fertility by agricultural techniques, as well as encouraging a closer integration of tree-planting with agriculture and livestock breeding, in the form of windbreaks, row-plantations and fuel-and-pole stands as a part of the farm unit for both shelter, protection and additional revenue.

What this amounts to is that there should be a gradual trend dissociating the protective forest areas from the essentially productive ones which would of necessity be situated on fertile lands in proximity to markets and industrial centres. This would lead to improvement in their respective roles.

Whereas the existing oak-scrub forests of Northern Iraq, for example, yield only firewood and charcoal, and even if protected and improved, could never produce even  $0.5 \text{ m}^3$  per hectare and per year in timber, one hectare of irrigated poplar in the plains further south can produce as much as  $40 \text{ m}^3$  per annum. In other terms, one unit of intensively cultivated timber plantation is, quantitatively, worth some 100 units of natural forest. Qualitatively its value is greater still since the produce is uniform and is grown to suit the market or the industrial demand. And economically, it is still further enhanced according to its location in respect of transport facilities and nearness to markets, industry and the consumer, thus allowing for maximum utilization by integration in processing and the minimum of transport charges for a raw material which is one of the bulkiest in proportion to its value. Thus a country's needs in timber and forest produce, often presently met by costly imports, can be realized by concentrated, intensively managed plantations cultivated largely along agricultural techniques, necessitating as little as 1/100th of the area needed for similar production from natural forest which, by the nature of things, has over the years been pushed further and further back from areas of human settlement and development.

But what is to be the policy in the management of the natural forest areas whose primary function, by virtue of their present location, is essentially protective? As can be gathered from the attached table, the greatest use to which such areas are put is in the cutting

of firewood, the making of charcoal, and in extensive grazing with some incidental shifting cultivation. The populations that exploit these forests are necessarily nomadic and enjoy a very low standard of living, deprived as they are of the normal social amenities of settled communities, and dependant for their existence on a precarious and hardy form of livelihood. Government policy generally aims at resettling these populations in areas where continuous agriculture and intense fodder production for a more limited number of selected livestock can be practised. And in the forest areas, which now « de facto » are under State control, a selected minimum population is allowed to remain with the task of furthering the forest's protective role. Since a livelihood must be provided, these people would be given permits to exploit the resources of the forest to a degree compatible with sound management practices, and by methods ensuring the most efficient use and processing. For example, in the making of charcoal, a number of highly efficient and inexpensive types of portable kilns are now on the market <sup>(1)</sup>, which have proved their worth in reducing the wastage and damage to the forest caused by the indiscriminate extraction and processing of scant resources. Charcoal burning is the most rational means of using brushwood and small timber, but under uncontrolled extensive utilization the trunk and heavier branches are usually left to rot. With kilns, use can be made of the whole tree, and yields are 50 % higher than from the earth-covered stacks normally used. The consumption of charcoal in Iran alone is estimated at 400,000 tons a year. This, in itself, is a measure of the advantage that can be expected from the use of modern methods which, in addition, have an immediate effect on reducing wastage and forest destruction that will take years to accomplish through reforms, mass education and the training of a sufficient force of rangers to patrol and control such exploitation.

In connection with the present use of scant forest cover in semi-arid areas for fuel, a note on F.A.O. action favouring substitution should be interjected at this point. In addition to publishing a study on the improved — and thus less wasteful — technique of firewood combustion through better designs of stoves and cooking ranges <sup>(2)</sup>, and promoting research on improvement of wood-burning stoves used in S.E. Asia, whereby savings of over 50 % in fuelwood have so far been achieved, the Forestry Division has investigated a wide

---

<sup>(1)</sup> See F.A.O. Forestry Occasional Paper No. 2 : « Charcoal from Portable Kilns and Fixed Installations » (E.F.S.).

<sup>(2)</sup> See F.A.O. Forestry Occasional Paper No. 1 : « Wood Burning » (E.F.S.).

range of simple, solid and inexpensive kerosene gas cooking stoves with a view to their widespread distribution at cost price especially in oil producing countries where the cost of kerosene is low and where cooking can thus be done more efficiently and less expensively than with firewood, thereby also greatly reducing the demands on the scant woody vegetation so often associated with such countries.

Turning, finally, once again to the industrial plantations on fertile ground near markets and industry, optimum use and maximum reduction in waste can and must be achieved both in the forest, by modern plant breeding, silviculture and logging techniques, and in the mill, by wood technology and timber utilization. In this respect, progress has been made and, through integrated timber-using operations, everything that comes to the mill is used, even down to bark, off-cuts and misshapen pieces which the hardboard industry dips, soaks and pulps, then dehydrates and compresses into boards of which millions of square feet are used in Britain alone every year. Compressed sawdust is being used for firewood. Fragmented wood, in the form of sawdust, shavings or chips, can be used to supplement or improve farming methods in the form of mulch and bedding, or as a soil conditioner. Chipped wood is used for building blocks and has been successfully applied in soil stabilization and conservation. All this was formerly « waste » from the plywood, veneer, pulp and sawmills; and in the forest, the silviculturist contributes his share to reducing waste and ensuring maximum production by growing a stand of timber which yields in the minimum of time the type of raw material best suited to the market.

Although at the outset it seemed that the objectives of the Union and of F.A.O. could not be fully implemented without some reduction in efficacy, it will be seen that in the long run our aims are compatible, and that in the meantime technology is doing what it can to increase utilization efficiency, thus correspondingly reducing the quantity of the demand made on the forest cover and indirectly favouring its protective aspect.

Country	Average « per capita » consumption (*) (in m <sup>3</sup> per 1,000 capita)						
	Total	Fuelwood	Industrial Roundwood	Sawnwood	Plywood	Pulp Paper	Fibreboard
<i>Europe</i> . . . . .	750	240	510	160	5.3	37.1	3.0
Belgium . . . . .	540	50	490	140	4.1	38.0	3.4
Denmark . . . . .	830	130	750	270	5.2	65.0	5.6
Federal Republic of Germany . . . . .	660	60	600	200	12.0	54.1	2.1
Finland . . . . .	4,770	3,040	1,730	330	10.4	64.0	18.0
France . . . . .	1,040	570	470	160	4.7	41.0	2.1
Greece . . . . .	550	440	110	60	1.4	8.7	0.9
Spain . . . . .	340	200	140	40	1.6	8.7	0.7
Sweden . . . . .	2,580	860	1,720	410	6.9	92.0	21.0
Switzerland . . . . .	1,010	320	690	250	5.0	69.0	4.0
United Kingdom . . . . .	630	100	530	180	7.8	78.0	3.9
<i>U.S.S.R.</i>	1,590	540	1,050	380	4.9	26.0	0.3
<i>NorthAmerica</i> . . . . .	2,200	340	1,860	580	34.5	176.0	9.0
Canada . . . . .	3,020	540	2,480	580	39.5	121.0	12.0
United States . . . . .	2,120	320	1,800	580	34.0	181.0	8.7
<i>Central America</i> . . . . .	550	470	80	40	0.7	7.9	—
CostaRica . . . . .	910	420	490	240	0.1	8.9	—
DominicanRepublic . . . . .	120	50	70	20	0.1	3.0	—
Haiti . . . . .	2,680	2,600	80	10	..	0.1	—
Jamaica . . . . .	60	1	59	30	1.5	6.7	—
Mexico . . . . .	380	270	110	30	0.6	10.6	..

<i>South America</i> . . . . .	1,220	1,000	220	60	1.4	9.2	0.1
Argentina . . . . .	800	540	260	80	2.2	16.8	..
Brazil . . . . .	1,760	1,540	220	60	1.6	7.9	0.2
Chile . . . . .	810	410	400	70	1.6	10.7	..
Venezuela . . . . .	630	550	80	50	0.4	10.8	..
<i>Africa</i> . . . . .	510	430	80	20	0.3	2.6	0.4
Belgian Congo . . . . .	280	240	40	15	0.2	0.9	—
French West Africa . . . . .	520	510	10	4	0.1	—	—
Liberia . . . . .	700	680	20	10	0.1	0.2	—
Sudan . . . . .	1,510	1,490	20	4	—	0.4	—
Union of South Africa . . . . .	210	10	200	100	2.9	19.0	3.3
<i>Asia</i> . . . . .	220	150	70	30	0.9	3.8	0.2
Iran . . . . .	370	350	20	5	..	—	—
Iraq . . . . .	50	5	45	15	0.3	2.1	1.2
Israel . . . . .	330	5	325	150	6.9	17.8	7.5
India . . . . .	35	25	10	4	0.1	0.9	..
Japan . . . . .	680	300	380	200	5.3	24.1	0.2
Philippines . . . . .	120	5	115	40	2.2	1.2	..
Thailand . . . . .	130	60	70	40	—	1.7	0.3
<i>Pacific Area</i> . . . . .	1,660	470	1,190	400	10.0	68.0	9.3
Australia . . . . .	1,950	540	1,410	420	10.2	33.0	8.9
Papua . . . . .	80	..	..	20	..	..	..

(\*) Figures taken from the FAO Yearbook of Forest Products Statistics, 1957

### Summary.

At first sight the objectives of F.A.O. would not seem to be reconcilable with those of I.U.C.N., which, in regard to utilization of the resources of nature, aim at maintaining a balance as near to that established under undisturbed natural conditions as possible.

This incompatibility is, in fact, only apparent. From the start, F.A.O. has recognized — and, in the field of forestry ensures this same recognition through its member-Governments — that exploitation must always be limited by considerations of the principle of sustained yield. However, the progress made in the techniques of timber production on the one hand, and of its utilization on the other, now allows for a reduction of the pressure of demands upon the forest, and this despite increasing timber requirements, and even in countries where the natural forest has been most seriously depleted. This trend allows for a re-establishment of the forest's natural equilibrium, or at any rate for a condition whereby its protective functions can be fully effective. The present paper summarizes these techniques, which it is F.A.O.'s concern to make known as widely as possible, thus contributing to bringing into line its own aims and those of the Union.

### Résumé.

A première vue, les buts de la F.A.O. peuvent sembler en désaccord avec ceux de l'U.I.C.N., qui visent, dans l'utilisation des ressources de la nature, au maintien d'un équilibre aussi voisin que possible de l'équilibre naturel.

Ce désaccord n'est qu'apparent, car la F.A.O. a, dès l'abord, reconnu — et, en matière forestière fait reconnaître par ses Gouvernements membres — que cette utilisation doit, en tous cas, être limitée par le principe du rendement soutenu. Mais les progrès des techniques de production du bois d'une part, de son utilisation d'autre part, permettent maintenant, malgré les besoins en bois croissants, d'envisager, même dans les pays où la forêt naturelle a le plus souffert au cours des siècles, la diminution des pressions qui s'exercent sur elle, et par suite son retour à l'équilibre naturel ou du moins à des conditions qui lui permettent de remplir pleinement son rôle de protection. L'exposition des principes de ces techniques fait l'objet du présent papier. Leur diffusion, à laquelle travaille la F.A.O., est donc de nature à rapprocher plus encore ses propres buts de ceux de l'U.I.C.N.

# DEFRICHEMENT POUR L'EXTENSION DES CULTURES: ACTION EN FAVEUR DU « BETTER FARMING »

PAR

L. VIRELIZIER

Ministère de l'Agriculture et des Forêts, Eabat, Maroc

Le thème nous commande de traiter ce sujet dans le cadre de l'utilisation de la végétation dans le contrôle de l'érosion.

Nous précisons d'abord que nous entendons envisager l'utilisation maximum de la végétation « artificielle » toutes les fois qu'elle apparaîtra plus apte à satisfaire les besoins de l'humanité que la végétation naturelle même rationnelle conduite pour sa meilleure exploitation.

Nous ne perdons pas de vue que les besoins de l'homme vont croissant en quantité avec le nombre d'habitants de la planète (ce qui nous oblige à cueillir ou produire un nombre de « calories-aliments » toujours plus grand) et en qualité pour la double raison des besoins en vitamines et de l'évolution du goût des consommateurs; les deux vont heureusement de pair, les vitamines nécessaires se trouvant plus généralement dans les fruits frais, les légumes verts et les produits animaux.

Après l'examen du rôle de la végétation (naturelle ou non) dans la conservation du sol et de l'eau, les éminents rapporteurs des première (A) et deuxième (B) parties de notre thème, ont fait ressortir les causes qui ont poussé l'homme moderne à détruire la végétation naturelle du XX<sup>e</sup> siècle et, plus particulièrement en ce qui nous concerne, le défrichement pour extension des cultures.

Le défrichement a été une nécessité vitale pour l'humanité, à la recherche des moyens de satisfaire ses besoins en expansion très forte, au cours de la première moitié de notre siècle. C'était aussi une solution de facilité (recherche de nouvelles ressources avant l'amélioration de celle qui existe déjà), d'où les abus qui ont provoqué la prise de conscience du danger et la nécessité de protéger la nature.

Mais l'expansion des besoins continuera, s'amplifiera même; le défrichement reste donc et demeurera une nécessité vitale toutes les fois que la « friche », même rationnellement exploitée, pourra être remplacée par des spéculations meilleures plus productives, sans que soit réduit le potentiel de productivité de la terre, c'est-à-dire dans



le respect de la conservation du capital « nature », dont les générations actuelles, qui l'ont reçu des précédentes, ne sont que les usufruitières et qu'elles doivent transmettre intact aux générations suivantes.

Produire sans épuiser, ou même diminuer, n'est pas une contradiction puisque la consommation par l'homme de certains éléments de ces réserves ne les anéantit pas, mais seulement les transforme, et qu'il suffit d'orienter davantage vers la satisfaction des besoins de l'homme les innombrables cycles de transformation des éléments de la nature, infiniment nombreux et divers, pour que l'homme reçoive toujours plus ou mieux, sans que soit diminué le potentiel total.

Nous pouvons donc, à condition de rester dans l'équilibre général de la vie de notre planète, établir de nouveaux rapports « intérieurs », de nouveaux équilibres particuliers. Le remplacement de la friche par la culture est un de ces nouveaux rapports que nous pouvons réaliser, en laissant intactes toutes les possibilités de notre planète.

Pour cultiver le sol il faut d'abord le dégager, puis le conserver et, pour cela, éviter les effets de l'érosion, non seulement ceux dus aux agents extérieurs (vent et pluie) mais aussi ceux provoqués par des agents internes (modification de la structure et de la composition physico-chimique des sols). Trois grands principes devront nous diriger dans l'exploitation nouvelle du sol, généralement intensifiée, pour ne pas gravement modifier, sûrement réduire et peut-être rapidement détruire, ses possibilités.

Le premier, que nous énoncerons seulement, est purement comptable : il commande de restituer au sol les éléments minéraux fertilisants exportés par les récoltes. Une prudente gestion voudrait même que l'on confiât au sol ces éléments, dont on sait que les plantes les exigent pour un développement normal, avant même la mise en culture des plantes, afin de ne pas courir le risque d'une insuffisance qui se traduirait évidemment par une mauvaise végétation et de faibles rendements.

Il faut ici souligner la place, dans ces apports, des éléments qui n'apparaissent qu'en proportions infimes et qui présentent pourtant une très grande importance, puisque leur absence se traduirait par des effets de carence désastreux sur le plan de la production agricole et de l'économie générale.

La seconde notion est la présence d'humus dans le sol en quantité convenable. En fait, cette notion a tellement d'importance, surtout dans les zones qui nous intéressent, entre les tropiques ou dans le bassin méditerranéen, qu'elle y prend la toute première place pour la conversion de l'agriculture primitive en une agriculture moderne. En définitive, nous restaurerons sûrement la fertilité de ces sols en

reconstituant le complexe absorbant argilo-humique, généralement disparu par la dégradation à la suite d'une exploitation inconsidérée, mal adaptée aux milieux qui nous intéressent. Après l'avoir reconstitué, nous devons conserver ce complexe en bon état de fonctionnement.

Cela met en jeu à la fois les systèmes d'exploitation et les méthodes culturales.

#### **Les systèmes d'exploitation.**

Aucune monoculture ne permet d'aboutir seule à la reconstitution ni au maintien de l'humus dans le sol. La prairie permanente le permettrait; mais nous ne la considérons pas comme une culture dans le cadre de notre propos. La prairie temporaire, qui reconstitue l'humus qui nous occupe, le peut; mais, par définition, elle suppose la libération du sol pendant une période qu'il ne serait pas rationnel de laisser improductive. Nous aboutissons donc à la polyculture dans laquelle figurera la prairie temporaire. Un examen plus précis de la question nous conduirait à accepter le remplacement de la prairie temporaire par d'autres spéculations végétales « enrichissant le sol », en particulier à base de légumineuses.

Pousser plus loin cet examen nous amènerait finalement à l'adoption d'un système d'exploitation mixte mettant en œuvre des spéculations végétales convenablement choisies et assolées, associées à des spéculations animales. Ces dernières, établies sur la production végétale de l'exploitation, donneraient, en plus des produits animaux nobles (viande, lait, etc.), la matière humique, aussi noble à nos yeux (fumier de ferme), qui viendrait contribuer à la reconstitution de l'humus dans les sols intensivement cultivés. En somme, exploitation mixte de cultures et d'élevage fonctionnant en symbiose.

Toute modification à cette règle d'une association entre l'élevage et une polyculture rationnelle ne pourrait se concevoir que s'il était possible de se procurer par ailleurs les matières humiques indispensables, faute de quoi les sols s'épuiseraient à une cadence d'autant plus grande qu'ils se trouveraient dans des milieux plus propices à la combustion de l'humus, c'est-à-dire : chauds, humides et alcalins. Ajoutons que dans le cas de milieux chauds alcalins et secs, la formation de l'humus elle-même serait empêchée, la matière organique se « fossilisant » sans se décomposer faute d'humidité.

#### **Les méthodes culturales.**

Dans l'association cultures-élevages, nous exigeons que ce dernier se fasse en stabulation pour aboutir à la meilleure récolte de fumier.

De leur côté, les cultures devront être d'abord choisies, puis conduites suivant les méthodes convenables, de manière à provoquer l'emmagasinage dans le sol des plus grandes quantités possibles de matières organiques et à favoriser leurs transformations humiques.

En plus des fumiers que l'on devrait apporter en quantités bien supérieures à celles que l'on constate, il faudrait enterrer dans le sol toutes les parties des plantes qu'il n'est pas absolument indispensable d'emporter avec les parties des récoltes consommées par l'homme ou le bétail. Et dans les cas, de beaucoup les plus nombreux, où cet apport et cette récupération seraient insuffisants, il faudrait inclure dans l'assolement une culture d'engrais verts.

Apports, récupération ou engrais verts, doivent être incorporés au sol au moment opportun et de façon qu'ils y trouvent les conditions nécessaires pour les transformations humiques : air, température et humidité à des taux convenables, et qui exclut les périodes extrêmes annuelles du climat : hiver froid, souvent humide et trop peu aéré; été sec et trop chaud dans les zones méridionales du bassin méditerranéen. Dans les sols acides, un épandage de chaux favorisant l'humidification pourra être avantageusement remplacé par un engrais à réaction alcaline.

A côté de l'assolement mettant en jeu le choix des cultures susceptibles d'améliorer le bilan de l'humus dans le sol, les méthodes culturales doivent être orientées vers la meilleure utilisation des ressources en eau du sol.

Cette notion nous conduit au troisième principe, dans le cadre duquel doivent se placer toutes nos actions dans le domaine de l'exploitation des sols méditerranéens : celui de l'économie de l'eau.

Si nous avons examiné d'abord le problème de l'humus, c'est parce qu'il conditionne strictement celui de l'eau, par le complexe absorbant argilo-humique qui l'emmagasine et la retient, et par l'amélioration de la structure du sol qui favorise ce complexe dans l'absorption de l'eau et l'aide ensuite à résister aux pertes par évaporation. Mais, en définitive, le problème de l'eau est bien notre préoccupation essentielle, aussi permanente que celle du sol qui doit tenir cette eau à la disposition des plantes cultivées et des micro-organismes favorables à leur développement.

Les méthodes culturales doivent donc être telles que, dans un milieu naturel considéré, les plantes cultivées disposent au fur et à mesure de leur croissance des quantités d'eau nécessaires à leur bon développement. Dans les pays qui nous occupent, caractérisés par des chutes généralement moyennes, faibles ou même très faibles et surtout

très mal réparties, en deux périodes, dont l'une, estivale, est entièrement sèche et souvent chaude, les méthodes de cultures doivent :

*a)* Permettre à toutes les précipitations de pénétrer dans le sol; d'où : structure convenable (motteuse) et labours suivant l'horizontale pour favoriser l'infiltration et empêcher le ruissellement; aménagement de dispositifs pour limiter le ruissellement si on ne peut l'éviter (fossés, banquettes, terrasses, cuvettes ou autres impluviums).

*b)* Supprimer toute végétation parasite consommant l'eau du sol au détriment des plantes cultivées.

*c)* Lutter contre l'évaporation directe de l'eau du sol dans l'atmosphère, en agissant de manière qu'elle ne soit pas dans les couches trop superficielles, ce qui la place d'ailleurs à meilleure portée des racines; en brisant la remontée par capillarité jusqu'à la surface par les façons culturales du dry-farming; enfin, en utilisant des écrans, dont les plus économiques sont constitués par la plante cultivée elle-même (feuillage étalé en couverture soit sur le sol même, soit en treilles horizontales plus ou moins élevées) ou par les éléments les plus grossiers du sol (pierres) qui devraient être enlevés seulement lorsqu'ils constituent un obstacle trop grand à la culture.

Dans ce domaine de l'eau du sol un mot doit être dit, pour terminer, des irrigations qu'il faut étendre à de nouvelles surfaces pour les fertiliser chaque fois que des ressources hydrauliques existent, mais qu'il faut conduire dans le sens de l'économie de l'eau comme nous venons de voir pour celle provenant des précipitations météorologiques, non seulement parce qu'elle revient toujours cher, mais parce que son emploi inconsidéré produit les mêmes effets d'érosion interne des sols qui provoquent très rapidement la perte, souvent totale, de leur fertilité.

### Résumé.

— On peut, dans le contrôle de l'érosion, remplacer la végétation naturelle par une végétation « artificielle » constituée et entretenue avec certaines précautions, mais ayant pour objectif constant l'amélioration en quantité et qualité de la production végétale utilisable, directement ou non, à la satisfaction des besoins de l'homme.

— Le défrichement des sols agricoles et leur mise en culture a été l'un des premiers moyens de réaliser l'augmentation de la production. Il l'est encore, mais aujourd'hui on sait cultiver la terre et lui faire produire davantage et mieux sans l'épuiser ni la dégrader; il faut pour cela l'exploiter dans des conditions convenables, surtout dans les régions du bassin méditerranéen où se situe notre propos.

— Trois principes dominent le « better farming » dans ces régions : la restitution au sol des éléments minéraux exportés par les récoltes, la reconstitution et le maintien dans le sol d'une proportion convenable d'humus, et l'économie de l'eau du sol pour la réserver aux plantes cultivées.

— Cela met en jeu les systèmes d'exploitation qui doivent faire la place voulue aux spéculations animales et être basés sur une polyculture rationnellement conduite dans laquelle le taux des matières organiques du sol et les conditions de leur bonne transformation humique doivent rester la principale préoccupation.

— De leur côté, les méthodes culturales appliquées à ces systèmes d'exploitation mixte doivent permettre la meilleure utilisation de la richesse naturelle du sol grâce aux assolements et, surtout, favoriser la plus grande récupération possible de l'eau du ciel, puis son maintien dans le sol à la seule disposition des plantes cultivées, en luttant à la fois contre la flore parasite et l'évaporation directe.

# ORIGINES ET ROLE PATHOGENE DE L'OVERSTOCKING DANS L'ÉTILOGIE DE L'EROSION DU SOL

Possibilités d'y remédier

PAR

D. ADAMANTIDIS

Directeur du Service Vétérinaire du Ruanda-Urundi, Usumbura

Parmi les causes, spécifiques au XX<sup>e</sup> siècle, qui poussent l'homme moderne à détruire de plus en plus le couvert végétal naturel, l'exploitation à outrance des pâturages par le développement inconsidéré de l'élevage occupe certes une place prépondérante.

L'augmentation irrationnelle de la charge pastorale en dehors de tout respect du rapport unité animale/unité de surface, conduit fatalement à la surpécoration, à l'appauvrissement du couvert végétal, à l'action érosive de l'eau et à la destruction souvent irrévocable d'une terre jadis fertile.

Cette tendance à la surpécoration semble être la résultante de plusieurs facteurs liés à l'avidité et à l'ignorance de l'homme et aux qualités intrinsèques ou extrinsèques du bétail.

La domestication des ongulés sauvages par l'homme donna naissance à la création du « troupeau » et, d'emblée, à l'idée de la « propriété ».

Aux yeux du primitif, le sol représentait un « bien de production périodique » tandis que le bétail était un « bien de consommation permanente » d'une valeur palpable et immédiatement utilisable.

*Le mobile économique* engendré par l'idée de la propriété et la notion du capital-cheptel est donc à l'origine du développement de l'élevage. La richesse était fonction directe du nombre de bêtes.

L'économie pastorale nomade, actuellement encore en vigueur dans plusieurs pays pastoraux sous-développés, se basant sur l'exploitation du pâturage naturel recherché par la transhumance et traité par les incendies saisonniers, a certainement connu une ère de prospérité aussi longtemps que la quotité de cheptel à l'Ha fut maintenue à un niveau acceptable par le jeu libre des lois de la nature.

La prospérité du nomadisme pastoral a probablement exercé, de par ses bienfaits, une forte emprise sur l'homme primitif de sorte que le développement de l'élevage connut bientôt un autre mobile : *le mobile mystique ou religieux.*

En effet, un caractère « sacré », fut attaché à cette bénédiction divine qu'est la vache. Une idolâtrie bovine semble imprégner toutes les sociétés primitives y compris celle de l'ancienne Égypte (Isis et la vache Hathor, Apis le taureau) et celle de la Grèce antique (Boopis Athèna) où le zoomorphisme des dieux charmait et charme encore l'imagination des mortels.

La notion de l'animal tabou intervint, et chez certaines peuplades pastorales intervient encore, dans la surpécoration en s'opposant à toute élimination de bétail excédentaire.

Un troisième mobile qui prit naissance dans la société pastorale primitive est le *mobile social*.

De nos jours, la société des pasteurs Tutsi du Ruanda, des nomades Masaï du Rift Valley, des pasteurs-guerriers du Karamoja, les Bahima et d'autres peuplades pastorales de l'Afrique centrale, subit encore une stratification des classes en fonction de l'envergure de possession de bétail.

À l'origine, la gestion du troupeau était le droit du chef de clan ou de tribu qui confiait à certains de ses favoris la détention et l'usufruit d'une partie du cheptel. Peu à peu le principe évolua de sorte que possession d'un nombreux troupeau signifiait faveur du chef du clan, prestige et rang social élevé.

Multiplier à outrance ses troupeaux assurait donc l'ascension de l'échelle sociale.

Enfin, *last but not least*, signalons le tout récent *mobile technique* ou ce qu'un grand ami de la nature appela « le danger d'une réussite ».

L'on pourrait définir ce mobile comme suit : Le sévère contrôle des enzooties et épizooties, assuré par l'application de nos connaissances — de plus en plus approfondies — en médecine animale, supprimant l'action du facteur morbide et par conséquent réduisant la mortalité et favorisant la fécondité animale, agit dans le sens de l'augmentation numérique du cheptel qui, *non suivie de l'élimination du bétail excédentaire dictée par le respect d'une charge pastorale optimum*, conduit fatalement à l'overstocking et à ses inévitables méfaits.

Qu'ils soient économiques irrationnels, mystiques sociaux ou techniques unilatéraux, ces mobiles installent l'overstocking qui modifie l'équilibre harmonieux imposé par la nature entre l'homme, l'animal, la terre et l'eau.

Une lourde charge appauvrit, écrase, dénude et détruit le couvert végétal herbacé, livrant ainsi le sol sans défense aucune à l'action érosive de l'eau et du vent.

La végétation dense subit le même sort en passant successivement par le défrichement et l'overgrazing, la destruction du couvert herbacé, la modification du régime hydrologique, pour finir à l'aspect d'une terre qui se meurt.

Après avoir passé en revue le rôle de la surpécoration dans l'étiologie de l'érosion, voyons comment on peut atténuer ses méfaits.

La réponse consiste en la rationalisation des méthodes d'élevage par l'application des principes de la zootechnie, de la zooéconomie et éventuellement de l'anthropologie sociale au cas où il y aurait lieu de lutter contre des us, mœurs et croyances ancestrales des différentes peuplades sous-développées.

La règle d'or de toute exploitation du bétail est le respect — dans l'intérêt du bien-être de l'animal, du sol et par conséquent de l'homme — d'une charge pastorale compatible et à la prospérité du cheptel et à la conservation du sol.

La limite de cette compatibilité est dictée par le *genre de l'élevage* (ranching, paddocking, semi-stabulation, mixed-farming), par *la nature des animaux élevés* (les bovidés agissant par leur poids vif et leurs grandes exigences en unités fourragères, tandis que les capridés interviennent surtout par le système de préhension des aliments) et par *le potentiel fourrager du sol* qui est la résultante de plusieurs facteurs d'ordre orologique, géologique, minéralogique, écologique et autres.

L'on ne doit donc charger l'unité de surface que par un poids vif apte à y vivre, produire et reproduire sans porter atteinte à la fertilité du sol.

La charge pastorale optimum étant ainsi fonction du potentiel fourrager du sol, l'amélioration de ce dernier par paddocking, rotation, fumure, ombrage ou débroussement, irrigation ou drainage, introduction de meilleures plantes fourragères, etc., peut et doit inciter l'augmentation de la première.

Par contre, un fléchissement saisonnier de ce potentiel (saison sèche des pays tropicaux et subtropicaux) doit imposer la diminution de la charge ou l'apport de supplément alimentaire (cultures fourragères, ensilage, fanage, etc.).

Dans le même ordre d'idée, toute tendance à l'augmentation de la charge pastorale, toute menace de surpécoration doit être effectuée au moyen de destocking à incidence économique double : limitation du poids et augmentation du revenu.

C'est précisément sur ce point que les mobiles sociaux et mystiques altèrent l'essence des mobiles économiques et techniques précités créant des problèmes extrêmement complexes dont la solution exige l'intervention de l'anthropologie sociale.



Dans certains cas, l'harmonie du complexe herbage-bétail peut aussi être rompue par des facteurs autres que ceux déjà mentionnés.

En effet, en pays tropical ou subtropical à profil accidenté tel que le Ruanda-Urundi par exemple, les longs, fréquents et réguliers déplacements des troupeaux vers les points d'eau, les marchés-bétail et les dippings-tanks, mise à part la considérable perte énergétique, tracent des sentiers que le ruissellement des eaux ne tarde pas à ruiner profondément créant ainsi des points de départs d'une érosion en profondeur.

On peut y remédier par l'établissement — dans la mesure du possible — de sentiers clôturés suivant la ligne de niveau et conduisant vers le lieu de rassemblement du bétail, et par le raccourcissement des distances que le bétail devra dans ces cas parcourir, moyennant construction d'un réseau de points d'eau plus rapprochés.

En guise de conclusion, l'on peut dire que les moyens d'atténuer, voire de supprimer le rôle néfaste exercé par l'overstocking dans le cadre de la conservation du sol, consistent en la substitution à l'économie pastorale nomade de l'économie agricole stable basée sur l'exploitation rationnelle mixte (sol et bétail), substitution qui ne pourrait se faire que par l'éducation de ceux dont les intérêts et le sort sont si intimement liés à la conservation de la fertilité du sol.

# LA LUTTE CONTRE LES INCENDIES

PAR

Tobias LASSER

Ministerio de Agricultura y Cria,  
Apartado Postal 2156, Caracas, Venezuela

Notre bien-être dépend de l'abondance des ressources naturelles renouvelables dont nous sommes dépositaires. Avec elles nous recevons la grande responsabilité de les conserver, car elles ont nourri nos ancêtres, nous nourrissent et alimenteront les générations futures. Pour cela nous devons lutter pour les conserver, pour éviter une terre rasée, contrôlant les agents destructeurs des ressources naturelles entre lesquels apparaît le feu : le meilleur ami de l'homme mais aussi son pire ennemi. Pour le combattre il nous faut mobiliser toutes les forces vives de la communauté : gouvernement, écoles, églises et organisations civiles; les exercer et les organiser dans la lutte pour la prévention et l'extinction des incendies.

Dans la lutte contre le feu nous pouvons appliquer le vieux proverbe : « Mieux vaut prévenir que guérir ». En réalité, du point de vue de la conservation, la suppression d'un incendie qui aurait pu être évité est sans mérite.

De tout cela il ressort que dans la lutte contre le feu il faut considérer deux choses : la prévention et l'extinction.

## **Prévention.**

**Planification.** — Tout programme de travail doit être planifié sérieusement si nous voulons qu'il soit couronné de succès; dans le cas de la prévention d'incendies, la planification prend une grande importance et pour cela nous devons déterminer :

- 1° Les causes des incendies.
- 2° Les époques d'incidences des incendies.
- 3° Les régions à protéger.
- 4° Les cartes desdites régions.

**Causes.** — Pour la prévention des incendies, il est nécessaire de bien en connaître les causes afin de pouvoir agir sur elles et les prévenir; pour cela il est indispensable d'enregistrer toutes les informations se rapportant aux incendies afin d'établir une statistique des

incidences et des régions plus ou moins affectées. Dans les tropiques, les causes les plus communes peuvent se classer dans l'ordre suivant:

1° Brûler pour des raisons agricoles est permis par les organisations autorisées, mais très souvent cette pratique est à l'origine de beaucoup d'incendies de forêts et de savanes.

2° Imprudences dans les travaux forestiers et celles occasionnées par les excursionnistes, chasseurs, pêcheurs, chauffeurs, charbonniers, pyromanes, et celles produites par des causes naturelles.

Les petits agriculteurs, qui pratiquent le système de culture nomade, mettent le feu pour nettoyer le terrain quelques mois après avoir coupé les arbres du bois. Pour éviter que ces feux, qui en plus sont permis par la loi, se transforment en incendies il est nécessaire :

1° De mettre en tas les restes de végétation pour les brûler;

2° D'ouvrir des contre-feux;

3° Que l'autorisation soit délivrée par une autorité forestière fixant l'endroit où le feu doit être allumé ainsi que le moment propice, en présence des voisins du terrain et après avoir accompli les formalités prescrites par la loi.

Les éleveurs de bétail brûlent les plaines pour les raisons suivantes :

1° Le bétail ne mange pas l'herbe durcie; à mesure qu'avance la saison sèche et pour provoquer le renouvellement des jeunes pousses plus tendres appréciées des animaux, l'éleveur met alors le feu aux savanes.

2° Pour détruire les ectoparasites ainsi que les serpents qui sont cause de maladies et déciment le bétail.

Fréquemment les incendies qui se produisent dans les forêts sont causés par des imprudences commises dans les travaux forestiers, tel l'emploi de scies à moteur soit quand on remplit le réservoir d'essence, soit que des étincelles sortent par le tuyau d'échappement et soient projetées sur des feuilles sèches, herbes, etc.

Pendant la saison sèche les chasseurs ont une pratique des plus néfastes qui consiste à mettre le feu aux savanes et bois afin d'en faire sortir le gibier et de l'attraper plus facilement. C'est ainsi qu'ils chassent les morrocoys (tortues).

Les excursionnistes et les pêcheurs campent fréquemment dans des endroits inadéquats et lorsqu'ils allument un feu pour préparer leurs repas, ils ne prennent pas les précautions nécessaires, provoquant de ce fait beaucoup d'incendies.

Les chauffeurs, les voyageurs et les excursionnistes jettent au bord de la route et des chemins des bouts de cigarette ou de cigare sans

prendre la précaution de les éteindre. Cette mauvaise pratique est la cause d'un grand nombre d'incendies qui commencent en janvier et augmentent graduellement jusqu'au mois de mars pour décliner ensuite jusqu'à disparaître vers le mois de juin quand la saison des pluies arrive à son maximum.

L'explication de la grande fréquence des incendies au mois de mars serait la suivante :

1° Les cultivateurs commencent à préparer les terrains de culture et y mettent le feu pour les nettoyer.

2° Les éleveurs brûlent les pâturages secs des savanes afin de provoquer l'apparition des jeunes pousses appréciées du bétail.

3° A cette époque les chasseurs et les excursionnistes s'en vont à la campagne pour y passer les vacances de Pâques.

Régions qui méritent d'être protégées. — Il est très important de déterminer les régions qui ont priorité dans la protection contre les incendies et, en ce sens, on peut les classer dans les groupes suivants :

1° Zones qui protègent les sources d'eau.

2° Zones forestières à valeur économique.

3° Pâturages de troupeaux (plaines, savanes, prairies).

4° Parcs nationaux et réserves forestières.

Dans les régions semi-arides les incendies ne constituent pas de problème parce que des contre-feux naturels séparent les flots de végétation.

Cartes des régions à protéger. — L'élaboration des cartes qui ont pour but la protection de la végétation contre les incendies est de grande importance. Dans ces cartes, il faut délimiter :

1° Les zones incendiées.

2° Les régions où les incendies sont les plus signalés.

3° Les régions qu'il est nécessaire de protéger avec priorité.

Pour la prévention des incendies, l'éducation joue un rôle très important et nous devons la compléter par des mesures légales pertinentes, car la cause principale des incendies est l'ignorance et la négligence de l'homme. Pour obtenir les meilleurs résultats de l'éducation nous devons répartir le public en deux groupes :

1° Le public en général.

2° Les écoliers.

Au premier nous pouvons nous adresser par l'intermédiaire : 1° De

l'Église, dont le clergé doit faire ressortir la valeur des ressources naturelles et le danger que constitue le feu pour celles-ci. 2° Des représentants du Gouvernement, qui doivent employer tous les moyens en leur pouvoir pour la propagande contre les incendies : causeries par radio et télévision, bulletins de propagande, affiches, pancartes et tout autre matériel graphique distribué dans les sites et lieux adéquats, comme granges, fermes, domaines forestiers et sur les routes.

Au deuxième nous nous adresserons par l'entremise des écoles et autres instituts d'éducation où il convient de donner des causeries concernant les effets dévastateurs du feu sur la végétation, la faune, les sols, les eaux, et auxquelles il serait bon d'ajouter comme matériel de propagande : des buvards, des crayons et des films documentaires où l'on ferait ressortir le péril des incendies. Les mesures légales relatives aux incendies ont pour objet de les prévenir et quand la loi est appliquée d'une manière ferme, courtoise et impartiale, les résultats sont positifs et d'une grande valeur.

Voici quelques points qui peuvent être considérés comme illégaux :

1° Permettre que se propage un incendie d'un terrain à un autre terrain voisin.

2° Jeter des bouts de cigarettes ou cigares allumés, des cendres mal éteintes ou autre matière inflammable qui peut brûler facilement.

3° Jeter d'un véhicule en marche cigarette, cigare ou toute autre matière en combustion.

4° Utiliser tracteurs, moteurs quelconques ou chaudières dans les travaux forestiers sans qu'ils soient munis d'un dispositif adéquat pour éviter l'échappement des étincelles.

5° Utiliser une scie mécanique à base d'essence à une distance de 16 m de toute matière inflammable sur tout terrain forestier ou de végétation basse sans que l'appareil soit muni d'un extincteur d'incendie et de pelles.

6° Refuser de combattre le feu quand l'exige une autorité forestière.

7° Défendre à autrui ou le dissuader d'aider dans l'extinction d'un incendie.

8° Mettre intentionnellement le feu à des bois, forêts et savanes sans en être le propriétaire.

9° Allumer un feu sur le terrain d'autrui sans permission du propriétaire.

10° Allumer et entretenir un foyer dans des propriétés d'autrui sur végétation, herbes ou terrain boisé ou bien sur des terres communes sans autorisation écrite du propriétaire.

11° Permettre qu'un feu se propage ou l'abandonner sans l'éteindre à moins qu'il ne reste sous surveillance.

12° Fumer ou allumer des feux dans un espace interdit aux campeurs.

13° Brûler des restes de végétation, sans permis spécial, à n'importe quel moment compris entre 1<sup>er</sup> décembre et le 15 avril de chaque année (Tropiques).

14° Lancer des feux d'artifice en n'importe quel lieu ou faire des démonstrations de feux d'artifice sans autorisation.

**Ligues contre le feu.** — Ces organisations, dont l'activité doit s'effectuer dans les communes rurales, doivent être encouragées par les autorités compétentes et bien organisées de manière qu'elles puissent prêter une collaboration effective dans la prévention et l'extinction des incendies.

Les hommes les plus influents et responsables de la communauté doivent y collaborer de façon que leur activité serve d'exemple. Les ligues pourraient collaborer pour la prévision des incendies au moyen de distribution d'affiches de propagande, de causeries, de conférences, de documentaires cinématographiques, de même qu'en prêtant toute l'aide nécessaire pour l'extinction des incendies.

La création d'une ligue se fait par convocation à une réunion où est élu un président et deux suppléants. Ensuite on dresse un compte rendu de la séance en indiquant la date et le lieu. Une copie en est envoyée à l'organisation officielle chargée de centraliser les activités contre les incendies ainsi que toutes autres interventions qui auront lieu; ceci constituerait le matériel de base pour récompenser et encourager les ligues les plus efficaces.

### **Extinction.**

Pour combattre les incendies, il est nécessaire de connaître certains principes de base relatifs aux causes qui sont à l'origine des incendies et de leur extension.

Pour qu'un incendie éclate, il faut que trois facteurs interviennent : combustible, chaleur et air, car si l'un d'eux manquait, il n'y aurait point d'incendie. De là doit être déduite la solution fondamentale pour l'extinction des incendies : supprimer un ou deux de ces trois éléments de la façon la plus rapide et la plus efficace.

Les éléments qui influent sur la propagation rapide ou lente d'un incendie dans telle ou telle direction sont : le combustible, les conditions atmosphériques et la topographie.

Les combustibles suivants peuvent brûler rapidement : les graminées sèches des savanes et des prairies, les feuilles desséchées du parterre des bois qui contribue à l'expansion rapide des incendies. Au contraire, les troncs tombés et secs brûlent lentement.

Parmi les conditions atmosphériques, le vent joue un rôle important dans l'extension rapide des incendies parce qu'il les ranime en apportant plus d'oxygène au feu et en aplatissant les flammes; celles-ci, en réchauffant l'air, provoquent des courants d'air chaud qui favorisent la propagation et en même temps avivent la combustion. D'autre part, il entraîne des particules de matière ardente qui occasionnent de nouveaux incendies.

La topographie également influence les incendies, spécialement sur les flancs des montagnes où ils s'étendent plus rapidement vers le haut que vers le bas vu que les flammes sont plus près du combustible; en plus, par le réchauffement de l'air il s'établit des courants vers la partie supérieure, ce qui favorise les incendies.

Il faut bien connaître ces notions pour combattre avec succès les incendies forestiers.

Dans ce sens il est nécessaire de compter sur un personnel forestier très bien entraîné et équipé. Des tours d'observation, érigées dans les endroits qui dominent de grandes étendues et dotées d'appareils de radio-téléphonie, ont prouvé être d'une grande efficacité pour découvrir les incendies.

Des pelles servant à couvrir de terre la végétation incendiée, des branches vertes pour taper dessus, ainsi que tous les outils qui peuvent être utilisés pour établir un contre-feu ou creuser un fossé sont de grande valeur.

Le patrouillage des routes avec des véhicules à moteur munis d'appareils portatifs radio-transmetteurs seraient d'une grande utilité dans la lutte contre les incendies.

# THE USE OF VEGETATION IN EROSION CONTROL

BY

PANOS MARGAROPOULOS

Forest Engineer,  
Ministry of Agriculture, Athens, Greece

## I. — Vegetative cover establishment over large areas for soil and water protection and conservation.

### General.

Erosion of the soil — we mean man-made erosion and not the normal (geological) phenomenon — constitutes the cause and at the same time the result of the phytosociological retrogression and degradation of the density of natural vegetation.

The phenomenon prevails throughout the whole Mediterranean area, where for thousands of years the prevailing rule has been « man versus nature ». The forests, and in general the natural flora of this area have declined so much in extent and quality, that the natural balance has been disturbed beyond the possible limit of coexistence between man and renewable natural resources.

The forest area for each inhabitant in the countries of Southern Europe is 0.26 hectares, in the countries of N. Africa 0.19 hectares and in the countries of the Near East even smaller, whereas the average forest area per inhabitant necessary to cover productive and protective requirements is estimated on a world-wide scale at 0.50 hectares.

If we take into consideration the fact that half of the forest areas shown in the statistical tables are semi-destroyed forests, the above picture appears even darker.

Even the evergreen sclerophyll formations, so characteristic of the Mediterranean area, have retrogressed to such an extent in floristic composition and density, that their protective value, excellent under normal conditions, has now declined very seriously.

In Greece, for example, after successive fires, extensive overgrazing and land clearings, these phytosociological formations have deteriorated to such an extent that they are at present limited to only 50 per cent of the area required for protective purposes .

The influence of the above factors is manifest also on the alpine, pseudo-alpine and Sub-alpine pasture lands of the area. Their composition and density have retrogressed to such an extent that either they continue to keep the climax-formations (*Festuca Halleri*, on the calca-



reous Alpine regions) or the sub-climax formations; surface and in many places gully erosion is accelerating their further degradation.

More manifest and destructive to the natural flora is the influence of nomadic agriculture which creates the problem of abandoned fields in the mountainous areas.

It has been estimated that in Greece an area covering approximately 20 per cent of the mountainous space (approximately 2,000,000 hectares) was cultivated in the past.

At present only half of this area is cultivated, with such low yields per hectare that these lands have now become sub-marginal. On these abandoned lands only annual grasses and legumes are growing, their composition being constantly degraded as a result of overgrazing. Erosion, either superficial or gully, is particularly manifest on these lands, which constitute the principal focuses where the torrents and rivers of the country are fed with carried debris.

The results of the mismanagement of renewable natural resources by man have been highly destructive to the living and cultural standards of the Mediterranean area. Vast and expensive efforts will be required for the restoration of the natural balance, which will influence beneficially the economic and social equilibrium of the area.

Return to the « natural economy » i.e. an economy to be planned and implemented on the basis of natural criteria, constitutes a problem of existence particularly for the mountainous zones of this area. This means restoration of the forest and natural flora to such an extent as to ensure the protection and conservation of land and water resources.

Nature provides by its phytosociological formations (in the spots which remain intact) the criteria for choosing the methods and the natural species to be used for the restoration of forest and natural pasture land.

When in 1860 the famous German forest specialist K. Gayer, formulated the motto « zurück zur Natur » he undoubtedly did not realize how prophetic his phrase was not only as regards the method of regenerating felled forests, but also the general harmonizing of the technical restoration of natural flora with the demands of nature.

a) Restoration of the degraded vegetative cover (forest regeneration and restocking).

The natural regeneration of semi-destroyed forests is of course slow, even under conditions of complete protection from grazing. But it ensures a more permanent and safer transition to climax vegetation. On the other hand, restocking of these forests either by the existing forest species or by other species should be based on phytosociological

criteria. In Greece, for example, the fir tree (*Abies Cephalonica*) invades naturally the neighbouring oak tree stands.

Black pine settles easily on the nearly abandoned fields. Aleppo pine settles very easily on areas denuded by fire even though they are covered by semi-shrubby vegetation. Thus over an area of 60,000 hectares of pine forest burnt down during the war in the Attica-Megaris area, an excellent natural regeneration was noticed, covering 90 per cent of the burnt area.

b) Afforestation and reforestation.

Erosion of the soil has caused a washing off of horizon A over vast areas, so that the natural regeneration of forest in these areas will not be feasible. Artificial afforestation of the above areas in many cases is not feasible without previous stabilization of the soil by engineering structures. We will deal with this subject in Section II below.

The problem of reforestation in the Mediterranean countries is very widespread. According to a report of FAO, the restoration of a relatively adequate forest cover in the Mediterranean countries, especially from the protective point of view, requires the reforestation of 12,500,000 hectares in a period of 20 years. In the same period a reforestation programme covering 500,000 hectares is considered as a minimum objective of the Greek forestry policy. The magnitude of this programme for Greece, a mountainous country par *excellence*, where the idea of protection predominates, is determined mainly on the basis of natural criteria. It is intended to cover with forest the upper mountainous zone of the watersheds for the control of erosion and the floodpeaks of torrents, as well as the mild discharges of the rivers and torrents of the country. The improvement in the phytosociological condition of the reforested areas is already manifest after the first years of their protection against grazing. Whereas planted seedlings are able to provide very little protection against erosion and accelerated run-off, the natural grassy and semi-shrubby vegetation constitutes a protective cover from the first years. In Greece, within a period of about 3-4 years of reforestation, a natural grass-stand is restored, adequately protecting the soil, provided that it has not suffered a serious erosion (beyond 50 %) of its surface horizon.

The choice of appropriate forest trees should mainly follow the phytosociological conditions of the environment, since the chief criterion for determining the extent and the application areas of the reforestation programme is natural protection. Besides, in mountainous countries most of the forests serve both functions, protection as well as timber production.

c) Establishment and restoration of vegetative cover other than forests (grass and brush cover).

In the Mediterranean area, along with the re-establishment of forest, the restoration of an adequate grass stand and brush cover will contribute considerably to erosion control and to the replenishment of the disturbed soil strength. The natural regeneration of shrub cover in areas which have not lost more than 50 per cent of their superficial horizon through erosion, by means of the evergreen sclerophylls met naturally in this area, has proved quite feasible. Thus in Greece, degraded evergreen oak (*Quercus coccifera*) and other evergreen sclerophyll brushlands after a 5-year period of protection showed satisfactory improvement. It should be noted that approximately 35 per cent of the country's watersheds are covered by degraded evergreen sclerophyll formations.

On the other hand, natural regrassing has proved very difficult, from the point of view of restoring a satisfactory density of the phytosociety in retrogression as well as from the point of view of the progressive re-establishment of the climax vegetation.

In the alpine and Sub-alpine areas which have undergone a surface erosion beyond 75 per cent on the superficial horizon, as well as gully erosion, natural regrassing has proved almost impossible, even under conditions of total protection from grazing. Thus 20 years protection from grazing by fencing of a Sub-alpine area in the Manti National Forest in Utah, U.S.A., did not contribute at all to the re-establishment of vegetation there. This demonstration area is still bare of any vegetation. Equally difficult is the re-establishment of climax-vegetation in the abandoned fields. Thus a demonstration area in the Manitou Experimental Forest Range, Colorado, U.S.A. proved that a field cultivated in 1879 and abandoned since then, in spite of the fact that it is almost flat and has been protected from grazing, is still covered by unpalatable grasses and weeds very far from climax vegetation and climax forage production.

However, the very seriously eroded alpine and Sub-alpine areas where natural revegetation is very difficult to achieve are not the rule. There are still wide areas where moderate erosion has not seriously thinned the grass stand, and where after some protection from grazing, a natural revegetation is practicable. Such a natural revegetation is dependant on the existence of a management plan governing the space, the time and the number of cattle for grazing. Application of such technical- administrative measures in countries such as Greece, where there is a problem of overstocking of the range land to almost double its actual carrying capacity, is difficult because of social reactions.

It is therefore evident that in the case of very seriously eroded alpine and Sub-alpine areas, as well as in the case of abandoned fields, artificial revegetation constitutes the only practical possibility for the restoration of even sub-climax vegetation to these areas. In the case of badly gullied lands of the first category (sub-alpine and alpine) previous stabilization is required through appropriate engineering works. It should be noted that a considerable proportion of the abandoned fields is so seriously degraded that it would be more advisable to have it reforested than regressed.

Taking into consideration the fact that regrassing of the mountainous areas is governed not only by forage production needs but also by the criterion of natural protection of soil and water resources, the phytosociological conditions of the environment should influence the choice of the grasses and legumes used for this purpose. The flora of Greece, rich in appropriate botanical species, provides the possibility of choosing the best among them. A careful observation of the undisturbed areas of phytosocieties, in connection with the flora secondarily established over the abandoned sub-marginal fields, leads to interesting findings. Already, *Poterium sanguisorbe*, *Lotus corniculatus*, *Dactylis glomerata*, *Bromus erectus*, *Andropogon ischaenum*, have proved extremely suitable for flysch lands. Similarly *Onobrychis Persica* for calcareous lands. Many of the 70 species of *Trifolium* and 16 of *Medicago* met in Greece are particularly suitable for reseeded.

## II. — Utilization of vegetation in order to obtain protection against local intensive gully erosion.

Handling the unstable surfaces of watersheds requires a special technique. These unstable surfaces constitute the feeding focuses of water streams by drifting debris, which, carried downstream, silt ditches, canals, dams and in general cause vast damage to the plain areas. The hydro-geological phenomena as well as their effects, i.e. the eroded areas and those damaged by landslides of various kinds, have been classified by research specialists, particularly by Austrian, French and Italian experts (STINY, Die geologischen Grundlagen der Verbauung der Geschiebeherde in Gewässern, Wien, 1931; HOFFMAN, A., Sistemazione bacini Montani, Torino, 1936; BERNARD, A., Cours de Restauration des Montagnes, Nancy).

From this classification an appropriate technique has been worked out for each category of unstable area and is used for stabilizing them through engineering structures and phytotechnical processes (regrassing, reforestation, etc.). It is generally acknowledged that vegetation, particularly forest vegetation, constitutes in many cases the safest

measure for consolidating unstable, eroded areas, and providing a permanent, biologically sound, erosion control. Such eroded and landslide-damaged areas exist in Greece on a large scale. Their consolidation by engineering works and revegetation is expensive not only in Greece but also in the other Mediterranean countries. The engineering structures and phytotechnical works built so far in the watersheds of torrents have proved very expensive, the cost for the eroded areas amounting to \$ 500-1,000 per hectare, and the cost for the whole watershed (including both unstable and stable lands) amounting to \$ 60-80 per hectare. There have even been cases where for some sections of a drainage basin (for example the Serre-Ponson Dam, in France) consolidation of severely eroded areas has cost \$ 3,000 per hectare.

This high cost is involved not so much in reforestation and revegetation as in the engineering structures, viz. cross dams on the beds, fascines, wattles, contour trenching, etc. These expenses absorb 60-70 per cent of the total per hectare expenditure.

According to Dr. A. Weber, the order of importance of each category of project in watershed management and reclamation depends on the climatic conditions of a wide geographic area. Thus in dry climates, such as prevail in Mediterranean countries, the following scale of importance is the rule : *a*) reforestation of large areas of the watershed; *b*) reforestation, mainly of a protective character of eroded areas; *c*) engineering works for consolidating these areas. Exactly inverse is the order in the case of humid climates, as in the Alps and in Central Europe (A. WEBER, 70 Jahre Forstetechisches System der Wildbach- und Lawinenverbauung in Osterreich, Allgemeine Forstzeitung 23/24, Wien, 1954). Watersheds and particularly those sections subject to intensive erosion and torrent phenomena, constitute typical examples of the disturbance of natural balance and the hydrogeological disorder due to man's anarchic mismanagement of the land. These phenomena indicate the vast and costly efforts that must be made by man in order to « return to nature » and to a natural economy. The present generation is called upon to pay for the mistakes of past generations, in order that future generations may enjoy the fruits.

#### **Summary.**

Soil erosion occurs over the whole Mediterranean area 'where for thousands of years the prevailing rule has been « man versus nature ».

Forest, shrub and grass vegetation and in general all the natural flora of this area have declined so much in extent and quality that the natural balance has been disturbed beyond the possible limit of coexistence between man and the renewable natural resources.

Vast and expensive efforts must be made for the restoration of the natural balance, which will influence beneficially and effectively the economic and social equilibrium of the Mediterranean countries.

Return to the « natural economy » i. e. an economy to be planned and implemented on the basis of natural criteria, constitutes a problem of existence particularly for the mountainous zones of this area.

Natural rehabilitation of the semi-destroyed forests is of course slow, even under conditions of complete protection from grazing. But it ensures a safer progression to climax vegetation. On the other hand, artificial restocking of such forests should be mainly based on phytosociological criteria.

In Greece, under conditions ensuring adequate protection from grazing, fir and black pine forests show a remarkable natural improvement of forest cover. Amazing too is the natural reforestation of burnt-up areas formerly covered with Aleppo pine forests.

Natural afforestation of areas that have lost horizon A through erosion is not feasible. Artificial afforestation of such areas, on the other hand, as well as of those seriously eroded down to underlain strata, requires previous land consolidation through engineering structures.

As to reforestation of extensive mountainous areas, since the protective functions should prevail over the productive ones, it is evident that natural criteria should be the main basis for planning and implementing reforestation programmes from the point of view both of the size of the programme and the techniques to be applied.

Natural regeneration of shrub cover in areas which have not undergone surface erosion beyond 50 %, by use of evergreen sclerophylls, which grow naturally in the Mediterranean countries, has proved quite feasible.

On the other hand, natural regrassing of such areas has proved very difficult from the point of view of restoration of a satisfactory density of phytosociety in retrogression, as well as from the point of view of progressive reestablishment of the climax vegetation.

Natural regrassing of seriously eroded and gullied alpine and sub-alpine areas has proved almost impossible even under conditions of complete protection from grazing. Nevertheless moderately eroded areas which are covered with a moderately degraded grass-stand, show remarkable powers of regeneration.

Artificial revegetation constitutes the only feasible possibility for the restoration of even sub-climax vegetation on the seriously eroded alpine and Sub-alpine grasslands, as well as on the abandoned agricultural plots in mountainous zones. It should be noted however that a considerable portion of these sub-marginal lands has been so seriously degraded that reforestation would be more effective than re-grassing.

Critically unstable watershed areas require a special technique for their consolidation. Classification of hydrogeological phenomena and of their effects leads to the application of appropriate techniques for each category of unstable area to consolidate them through permanent or temporary engineering structures and phytotechnical works (regrassing, reforestation, etc.).

Deeply gullied and eroded areas exist in Greece on a large scale. Their restoration has proved expensive, the greater part of the expenditure being devoted to the engineering works (permanent or temporary cross-dams, wattles, contour trenches, etc.). This expenditure absorbs 60-70 per cent of the total per hectare cost (including both engineering works and revegetation).

# ÉROSION ET ÉCOLOGIE

PAR

J. P. BARRY

Écologie et Protection de la Nature,  
Muséum National d'Histoire Naturelle,  
4, avenue du Petit-Château, Brunoy (Seine-et-Oise)

L'érosion est un phénomène naturel comprenant deux phases bien distinctes, l'une de destruction, l'autre d'accumulation. C'est ainsi que certaines pentes calcaro-marneuses de la région méditerranéenne française (et plus particulièrement du département du Gard) sont à l'origine du remplissage des combes et des vallées où règne un vignoble à grand rendement; l'érosion apparaît alors paradoxalement comme une ancienne source d'enrichissement. Cette conception, un peu particulière, nous a conduit à étudier ces deux phénomènes tributaires l'un de l'autre.

Toute pente soumise à l'érosion connaît trois périodes :

- une période de dislocation de la roche mère;
- une période de dispersion des éléments disloqués;
- une période d'accumulation des éléments dispersés.

La dislocation des roches calcaro-marneuses donne deux types d'éléments :

- des éléments grossiers procédant de la dislocation des bancs calcaires; ce sont, généralement, de petites dalles de 1-5 cm de large, 3-15 cm de long et 0,5-2 cm d'épaisseur (lauzes dans la région);
- des éléments fins procédant du délitement des lits de marne qui ont une texture physique particulière.

Éléments de 2 $\mu$ et inférieurs . . . . .	16,3 %.
Éléments de 2- 20 $\mu$ . . . . .	33,6 %.
Éléments de 20- 50 $\mu$ . . . . .	36,43 %.
Éléments de 50-200 $\mu$ . . . . .	8,0 %.
Éléments de 200 $\mu$ - 2 mm . . . . .	4,0 %.

Ces deux dérivés lauzes et éléments fins se mélangent, convergent l'un vers l'autre, créant un milieu nouveau « le complexe convergent »

qui va se disperser par creeping le long des pentes. Au cours de cette période de dispersion, les éléments fins, plus rapidement mobilisables, vont se séparer des lauzes. Il se forme alors « un complexe divergent », les lauzes restent sur place et les éléments fins, rapidement entraînés au bas des pentes, s'accumulent en un dépôt colluvial riche, profond et relativement frais éminemment favorable aux cultures. A l'aridité et à la désolation des pentes s'oppose la végétation luxuriante du pied de coteau et de la plaine.

Cette conception de l'érosion fait apparaître cinq milieux physico-chimiques :

- les bancs de calcaire plus ou moins désagrégés;
- les bancs de marne plus ou moins délités;
- le complexe convergent;
- le complexe divergent;
- le dépôt colluvial de bas de pente.

Chacun de ces milieux est caractérisé par certaines espèces végétales qui en sont ainsi le test le plus certain.

Les bancs calcaires sont exclusivement colonisés par quelques mousses dont une des plus fréquentes est : *Dialytrichia mucronata* (BRID) LIMPR.

Les bancs de marne sont le refuge de nombreuses espèces, autrefois très répandues sur les pentes. En effet, les lits marneux sont encastrés dans des bancs calcaires qui ralentissent le délitement, et la texture physique, particulièrement meuble, est éminemment favorable à la pénétration des racines. La conservation d'espèces, reliques de l'ancienne couverture végétale, est ainsi assurée. Les espèces les plus fréquentes sont : quelques phanérophytes : *Quercus coccifera* L., *Buxus sempervirens* L.; quelques chaméphytes : *Thymus vulgaris* L., *Lavandula latifolia* (L.) VILLARS; quelques géophytes à rhizomes dont le plus représentatif est : *Brachypodium ramosum* (L.) R. & S.

Les complexes divergents et convergents sont un milieu instable; seules des espèces à enracinement profond, permettant de s'ancrer profondément dans la roche fissurée sous-jacente, résistent à ce déchaussement constant. Ce sont le plus souvent des hémicryptophytes à racine pivotante : *Astragalus monspessulanus* L., *Fumana ericoïdes* (CAV.) GANDOGGER, *Fumana thymifolia* (L.) VERLOT, *Cephalaria leucantha* (L.) SCHRADER.

Quant au colluvium, il présente deux groupes d'espèces liées à l'accumulation actuelle (active) ou ancienne (fossile).

Si l'accumulation est active, constante, les espèces doivent résister à l'ensevelissement et maintenir leurs organes aériens à la surface du



sol soit par élongation de la tige comme *Jasonia tuberosa* (L.) DC, soit par déplacement constant, vers la surface du sol, des organes aériens et souterrains, comme pour *Leontodon villarsii* L., *Aphyllanthes monspetiensis* L. Cette surélévation constante du sol se traduit exclusivement par des modifications morphologiques des organes souterrains, rien n'apparaît à la surface du sol.

L'accumulation n'est plus active sur les dépôts colluviaux « fossilisés » dont l'origine remonte aux phénomènes de solifluction du Quaternaire froid. C'est là que la végétation spontanée connaît son plus beau développement. Deux espèces sont intimement liées à ces apports massifs, anciens, stabilisés : *Brachypodium phoenicoïdes* R. & S. et *Dorycnium suffruticosum* VILLARS.

Ainsi apparaît une nouvelle notion d'espèce indicatrice des différents degrés d'érodibilité des roches et des différents types de dépôts colluviaux.

Si, comme nous l'avons souligné, l'érosion a été favorable aux époques géologiques récentes par le comblement des dépressions, elle est devenue, actuellement, un danger; car les pentes, autrefois stabilisées par la végétation, ont été déboisées pour être pâturées ou cultivées. En effet, l'homme a transformé les rides de solifluction en terrasses, si caractéristiques du paysage méditerranéen, mais leur culture dite « cananéenne » <sup>(1)</sup> (du pays de Canaan) a été abandonnée, dans notre région, à la suite de la crise phylloxérique (1870-1880). Il en a résulté la destruction des murs de soutènements et les dépôts soliflués, demeurés stables, sont actuellement désagrégés et disloqués; il n'est pas possible, dans l'état actuel de l'économie viticole, de restaurer ces terrains pour les remettre en culture.

Mais la destruction de ces terrasses est la conséquence de la dénudation de la partie supérieure des pentes; il faut donc, avant toute chose, restaurer la partie supérieure comprise entre la ligne de crête et les terrasses. En effet, la dislocation des calcaro-marneux, active sous le climat heurté de notre région, empêche tout espoir de recolonisation naturelle de ce milieu d'une extrême mobilité, dont le recouvrement végétal ne dépasse pas 5-10 % et qui n'a pas varié malgré la disparition du troupeau et des incendies depuis une dizaine d'années. Il faut donc que l'homme intervienne.

---

(1) Ce travail immense qui a donné aux montagnes les plus arides (les Cévennes) l'aspect de gradins élevés se succédant comme un vaste amphithéâtre, et justifiant par ses travaux et la richesse de ses résultats le nom de culture cananéenne (RIVOIRE, H., 1842, *Statistique du département du Gard*, Imp. Balivet et Favre, Nîmes, t. I, p. 111).

Un propriétaire bien avisé a planté entre 1902 et 1908 une pinède de pin d'Alep (*Pinus halepensis* MILL.) qui, bien qu'actuellement mal venante, a suffisamment freiné le creeping, amorti les excès climatiques au niveau du sol, pour favoriser un développement considérable d'une strate herbacée formée par un mélange en proportion variable de : *Brachypodium ramosum* (L.) R. & S., *Brachypodium phoenicoides* R. & S., *Dactylis glomerata* L., *Bromus erectus* HUDSON. La forte proportion de marne, qui constitue le milieu de prédilection du pin d'Alep, permettait d'espérer des ensemencements spontanés. Il n'en est rien, car la mobilité du terrain dénudé entrave, pour ne pas dire stérilise, toutes les germinations. Sous la pinède, actuellement haute de 6 à 8 m, l'épaisse couche d'aiguilles de pins, l'extrême densité de recouvrement du tapis graminéen (80-90 %) et la rareté des feuillus (*Quercus ilex* L. et *Quercus pubescens* WILLD.) ne font pas entrevoir des possibilités naturelles d'une restauration spontanée de la forêt climacique.

Ces observations écologiques permettent de poser la question : faut-il multiplier les plantations de pins d'Alep pour lutter contre l'érosion ? Oui et non.

Oui, mais seulement en *plantant* de jeunes pins (en godet de nylon, par exemple) car l'étude phytogéographique et l'observation écologique démontrent l'impossibilité d'ensemencement avant une préparation préalable du sol (labours).

Non, car planter des pins c'est aggraver les menaces d'incendies qui pèsent déjà par trop dangereusement.

C'est pourquoi une pinède ne saurait être autre chose qu'un stade transitoire entre la dénudation et la forêt de feuillus. Il serait souhaitable, si la rentabilité d'une plantation veut être à tout prix respectée, de réaliser des plantations mixtes de pins, chênes verts et chênes pubescents et peut-être même de buis (*Buxus sempervirens* L.) et de chênes kermès (*Quercus coccifera* L.). Toutes ces espèces sont parfaitement adaptées à notre région et présentent, à l'inverse des pins, la remarquable aptitude de résister à la flamme par rejets et drageons.

Pourquoi incorporer le buis et le chêne kermès à ces plantations ? Parce qu'ils colonisent d'autres pentes moins dégradées que celles décrites au début de cette note.

La dénudation totale, et par cela même l'érosion active, est, dans notre région, l'aboutissement de la trop grande fréquence des incendies aux siècles passés. Cette dégradation ultime est précédée au cours de l'évolution régressive par une chênaie rase à *Quercus coccifera* L. plus ou moins mélangée de buis. C'est un stade pyrophytique d'une remarquable valeur anti-érosive par sa forte densité de recouvrement du sol.

C'est pourquoi la restauration des pentes sera différente :

- si l'on désire uniquement lutter contre l'érosion;
- si l'on veut restaurer la forêt de feuillus climacique.

La lutte contre l'érosion ne doit se concevoir que sur des pentes partiellement ou totalement dénudées. Toute pente recouverte par une chênaie rase à chêne kermès, et plus rarement par la buxaie, devra d'abord être mise en défens, ensuite incendiée volontairement quelquefois, avec beaucoup de prudence et de doigté, pour favoriser la multiplication végétative tant aérienne que souterraine afin d'augmenter le recouvrement du sol. Le feu devient alors un allié de l'homme dans la lutte contre l'érosion, mais seulement s'il est réglementé, car il vaut mieux, puisque l'on ne peut le supprimer, une réglementation qu'une interdiction.

Si l'on veut restaurer la forêt, il ne peut être conseillé de favoriser des plantations massives de pins (pin d'Alep, pin pignon, pin brutia, pin de Salzmann, pin Noir) mais des plantations mélangées de feuillus qui fournissent la litière indispensable au déclanchement de la pédogénèse, c'est-à-dire à la reconstitution de l'ambiance sylvatique perdue.

Nos deux feuillus méditerranéens (*Quercus ilex* L. et *Quercus pubescens* WILLD.) sont suffisamment prolifiques pour assurer eux-mêmes leur descendance, si le sol pédologique est reconstitué. Ainsi s'établirait une autoconservation de la forêt.

Cet aperçu sommaire et rapide de l'érosion de certaines pentes calcaro-marneuses du département du Gard peut être généralisé à d'autres régions. En effet, même si les problèmes semblent ou paraissent différents, il faut toujours, en premier lieu, se référer à l'autoécologie qui nous renseigne sur les différents degrés de l'érosion et, en deuxième lieu, à une étude phytogéographique permettant de situer, sur une carte par exemple, les différents stades de la dégradation des roches mères et du tapis végétal sur l'ensemble d'un périmètre étudié. Nous obtenons ainsi une synthèse complète et précise permettant de proposer diverses solutions, divers moyens de protection.

# MAINTENANCE OR RESTORATION OF NATURAL PLANT COVER IN THE MIDDLE EAST

BY

R. MACLAGAN GORRIE

c/o British Embassy, Ankara

During recent journeys by air and jeep across much country between Lahore and Izmir, I have been able to verify impressions formed during previous long service in what is now Pakistan. The inevitable conclusion is of deterioration on a vast scale on all land not actually irrigated.

The conception of recent *climatic* deterioration and desiccation is a convenient theory, but cannot be accepted in view of the many evidences that human settlement in cities, and the use of canals and caravan routes, have persisted in identical places over 5,000 to 6,000 years. Ellsworth Huntingdon's evidence on climatic change has been shot down by so many subsequent workers that it is no longer treated very seriously. The abandonment of ancient irrigation undertakings may have been due to wars, but undeniably also to the poisoning of lower lands with salt, for the same process is going on today in most of the irrigation projects where inadequate drainage is having disastrous effects by increasing both salinity and water-logging. On the other hand a radical drop in the water-table below ground is just as likely to be due to deforestation of the river catchment wrecking the water intake.

These processes of destruction are going on today in all the Middle East highlands, not only through the actual felling of trees but even more through the attrition of unrestricted grazing and browsing. There is also tragically wide-spread deterioration of the un-irrigated upland arable land due to a number of causes, the chief of which are : clearing for cultivation, ploughing downhill, and the complete lack of terracing on steep plough land. All this was bad enough with the old needle plough pulled by bullock or donkey, but the damage is apt to increase many-fold when a modern tractor is introduced.

Desiccation is occurring at all elevations but is most obvious in those arid uplands from which all traces of forest have been eliminated by persistent grazing. Probably in a former period these areas may have carried a deep layer of soil protected by a thick plant cover, but ever since human settlements were formed and domestic herds

were grazed, this plant cover relict has been fighting an unequal battle against the destructive habits of man and his animals. The high-level upland plateaus of Baluchistan and Afghanistan; almost the whole of Iran from the Dasht-i-Lut or eastern desert to the Bakhtiari ranges above Khuzistan; the whole of northern Iraq; and the whole of eastern Turkey and the Anatolian plateau, are all pretty much in the same category, with widespread sheet erosion on the gentler slopes, changing to appreciable gullying and the deepening of torrent beds. Every mountain stream, almost without exception, carries down a load of coarse erosion debris as well as of fine silt and this is moved onwards into the main river with the scouring effect of every major storm.

By and large, there have been no serious attempts to remedy this, and even Turkey with its recent issue of postage stamps to mark 100 years of organized forestry has failed to save her forests from ecological retrogression. Although according to demarcations Turkey has 12 per cent of her land under forest, much of this is so degraded by grazing and browsing that it does not function effectively in countering erosion. The Turkish forest service has however established two torrent control demonstrations, one on the Kizil Çahamam tributary of the Sakarya river, and the other to protect the town of Tokat from a torrent of the Kizil Irmak. In these places a decided improvement has been achieved by closure to grazing combined with afforestation and effective torrent correction by using masonry dams of the French Alpine type in larger torrent beds, and, in the smaller torrents and head-streams, cheaper loose-rock gully-plugs. This is exactly the type of work I have been urging upon various governments for many years past, particularly in the matter of getting young men trained in the Alps, preferably in Switzerland or Austria, where the technique of *Wildbachverbauung* is a well-established activity half-way between forestry and civil engineering. With the possible exception of Israel, Turkey appears to be the first of the Middle East group to have had anyone trained in the Alps, and has in fact had torrent correction taught in the forest college curriculum for more than 20 years.

In this connection it is of some significance that F.A.O. have a flourishing group for the study of alpine torrent correction which has unfortunately been confined to European countries. There have been study group meetings in 1952, 1954 and 1956 in France, Switzerland and Jugoslavia (where this work has recently been initiated), but the proceedings have been given a very limited circulation and the Asiatic countries which might have profited from this technique hardly know of its existence.

It can of course be argued that this approach is too expensive to be applied on a wide enough scale to make any appreciable contribution to stopping the wide-spread desiccation which I have reported. But with the coming of hydro-electric and multi-purpose dams, the immediate danger of these very expensive installations being rendered inefficient through silting puts the economics of torrent correction (and in fact of all other soil and water conservation in mountain catchments) in an entirely new perspective. The more serious the general desiccation, the more essential it is to safeguard the catchments of major dams which not only hold a heavy investment but are the chief hope of agricultural prosperity. If the capital cost of a dam is say £ 10 million sterling and is dependent upon a mountain catchment of 10,000 acres, one can state the water-yield value of this previously worthless land as being £ 1,000 per acre. Would it not be reasonable therefore to devote £ 10 per acre (or £ 100,000 for the area) on torrent correction, afforestation, the cancellation of grazing rights, and the pay of a staff adequate to ensure control of fire and grazing.

A similar case can be made out for the correction of individual torrents which have already damaged valuable town property, as has already proved successful in the case of Tokat in Turkey, and could have prevented the heavy damage and loss of life sustained by Ankara city in the recent flood experiences of October 1957. From a single torrent and a particular town, it is a big step further to undertake a regional scheme such as the Rhine Flood Commission whose working plans have put the Swiss and Austrian head-streams of the Rhine under intensive torrent correction since about 1900. Similar regional planning is seen in the Arc valley of Haute Savoie which has many valuable factories and towns along its bank liable to flood damage. The Middle East as a whole would hardly be justified in undertaking regional projects of this magnitude, but in individual cases such as the Khuzistan development of South-West Iran, a high priority should be given to the taming of the Karun, the Diz and the Kharkeh rivers, in all of which floods are likely to reach higher peaks, and whose potential for silt carrying in a 20-year or 50-year storm is really frightening.

On a wider front the over-grazing problem can only be met by an educational drive directed at altering the thinking of primitive herdsmen, and leading them gradually away from the more destructive of their habits. The replacement of goats by sheep; the improvement of the local breed of sheep in terms of wool, meat and milk; the rotational or seasonal movement of flocks to save the early spring flush of grass; legislation to prevent entry into vitally important catchments; and an extension of men trained in livestock management

and capable of befriending and helping the herdsmen instead of bullying them; these are all essential parts of a national or regional programme. I have not mentioned the re-seeding of pastures because this is apt to be too ambitious and difficult for primitive herdsmen to accept in the early stages of their education. In the lowland villages where extension work is already started this should of course be included.

The question of erosion in arable land comes into the present survey of natural plant cover because although obviously arable land cannot continue to support its natural plants, it is important that existing forest should not be whittled away by clearances, either on the temporary basis of shifting cultivation which will abandon each plot after a few years, or on a more permanent allotment to cultivators under a regular legal land settlement. The extent to which a forest soil can be dispersed in a few years of cultivation depends not only on the slope and the character of the soil but also on the act of ploughing. A change over from a donkey or bullock plough to a tractor plough usually means that with deeper, more drastic, ploughing the soil is more fully exposed to erosion. If good soil conservation measures are introduced along with the new and heavier equipment, the change will surely be for the better; but if the old methods of downhill ploughing continue with furrows 10 inches deep instead of an inch or so, the soil loss will be so appalling that there will be little hope of the natural plant cover re-occupying the ground after cultivation has been abandoned. This is one reason why the Baghdad Pact authority is considering the creation of a centre for teaching soil conservation together with the proper use and maintenance of tractors and mechanized equipment. The economics of tractor farming are not understood even where machines are in common use, for power is being wasted through the use of too high powered machines to pull trifling loads, a high percentage of machines is lying idle for lack of the correct spare part, and tractor hours are frittered away in idle running and useless movements.

Adoption of a suitable rotation with a leguminous cover crop to shield the soil from rain during the fallow would be a great step forward in nursing the soil, and in many places is just as important as the introduction of some form of terrace, either broad-based, narrow-based, or a complete bench. The same technique of finding the right legume and on inexpensive type of contour ridge applies in re-seeding down-at-heel grassland, in which the use of a fast-moving light tractor for ploughing widely spaced contour furrows would improve the prospects for both grass and tree sowings by cutting the cost and increasing the area which can be tackled in a short sowing season.

### **Summary.**

The present status and trends of upland erosion in Middle East countries as a region are discussed in the light of recent air and jeep journeys covering West Pakistan, Iran, Iraq and Turkey. The feasibility of counter-measures is discussed and emphasis placed on the need for using European Alpine techniques in selected and vitally important catchments.



# EROSION CONTROL AND AFFORESTATION OF THE TIBERIAS DRAINAGE BASIN

BY

A. Y. GOOR

Director of Forests,  
P.O.B. 88, Nathanya, Ilanot, Israel

Afforestation of bare eroded lands of the Tiberias basin is, as in many corners of the globe, a means of controlling soil erosion. However, nowhere have I seen results as spectacular as here. Tiberias is a small town situated in the Jordan rift valley, on the shore of Lake Genezaret. Here, terracing and tree planting of the hillsides have prevented flooding caused by the severe cloudbursts which in the past have periodically brought disaster to the town and its inhabitants.

During the period 1920-1940 several cloudbursts with disastrous results have occurred near Tiberias. As a result of the 1933 flood alone thirty-six lives were lost. In other years, the loss was mainly in animal lives and in damage to roads and houses.

Following each disaster, clearing and drainage work was immediately started by the Public Works Department. Deep channels were dug between the town and the hills : underground drains and surface channels were built as outlets for the flood water. But, as soon as a flood started, all the channels and drains, large as they were, proved of no use. Within a few minutes after the cloudbursts, floods started and the channels were filled with boulders and silt. The flood water, with all that it carried with it, left the artificial channel and flooded streets, buildings and fields, demolishing everything in its new path, burying under it or carrying with it whatever happened to be in the way.

Disregarding the initial cost of the construction and maintenance of drains, it became evident that something more fundamental should be done to the entire catchment area of approximately 700 hectares if a permanent solution to the problem was to be found.

---

(<sup>1</sup>) GOOR, A. Y., The Tiberias Special Area (*Bull. Soil Conserv. Board*, No. 4, 1948, Palestine).

Tiberias and its vicinity have, on the average, less rainfall than most of the areas of northern Israel. The mean annual rainfall is as low as 456 mm : yet its records show rain storms of greater frequency and intensity than in any other part of the country. Other factors must be taken into account when explaining the severity of damage caused by the floods.

As is well known, water run-off is greatly facilitated by steep slopes. In places in the Tiberias area, there is a drop in altitude from the hills of Galilee to the shore of Lake Genezaret of 1,460 metres on a horizontal distance of less than three kilometres. Meteorological records support the theory that the cloudbursts causing these disasters are not entirely accidental but are results of the topographical nature of the region. A considerable portion of the Tiberias basin being below sea level, when very high temperatures prevail during most of the year, evaporation from the lake is consequently high. This instability of the air is greatly enhanced by the strong surface heating and high evaporation from the lake. When such conditions exist, they may reach the point when a sudden and very heavy rainfall of short duration occurs. Another theory is that the cloudbursts have nothing to do with evaporation but are carried by clouds from the coast which are driven high up by hot air rising from the lake area. Whatever the cause may be, as much as 52 millimetres of rain have been recorded in 40 minutes.

Soil conditions also greatly enhance the danger of disastrous floods. Most of the soils are loose basaltic soils. Although unusually fertile, they are characterized by low coherence and run easily with the storm-water, causing mudflows.

In addition, in the past, the population of Tiberias had no appreciation of the role that vegetation plays in the protection of the soil. The vegetation cover on the steep escarpments of the Tiberias basin was poor, and the whole area had been constantly overgrazed.

Careful observations reveal that Tiberias was not damaged by actual floods but by mudflows. This realization became the turning point in the whole approach to the problem. In order to protect Tiberias, measures had to be taken to keep the soil on the hillsides. By doing so, not only would a considerable portion of the water otherwise lost be retained and used by vegetation, but any excess water which did drain off was free of heavy sediment and could be easily drained through the channels.

Preliminary work conducted by the Department of Forests had shown that run-off from the steep slopes and soil movement could be

prevented by planting trees on terraces made on the contours. These terraces with small trenches built in to hold water are known as « gradoni ». In fact, roads, buildings and cultivated lands suffered no damage from floods below the treated areas. In 1941, the work of the department in the prevention of run-off from the slopes above the town had reached such a stage that it was felt advisable to recommend government measures for the protection of the Tiberias drainage basin as a whole. As a result, the Flooding and Soil Erosion (Prevention) Ordinance was enacted and the whole area was declared a Special Area. Under this Ordinance, the Department of Forests was given powers to control the use of the land irrespective of ownership. The main provisions of the Ordinance were to prohibit grazing over the whole of the area. Then the badly eroded steep slopes were terraced, while areas classified as suitable for agriculture were ploughed along the contours. The Ordinance contained two very important new principles. It authorized the expenditure of public money on private land, and it imposed on private owners certain restrictions in land use. These measures obviously raised the productivity of the land and thereby benefited the owners.

When work was started under the new Ordinance, a detailed land-use survey was carried out and the whole area was divided into four main categories according to gradient, depth of soil, land use capability, state of erosion and vegetation cover. The idea of contour cultivation and the construction of stone walls was gradually accepted by the owners. Grazing was completely excluded and trenches have proved satisfactory in preventing run-off. However, as their maintenance cost was high, it was found that the establishment of vegetation on the slopes was also effective and cheaper. Thus afforestation had been started on lands with a gradient of 25 per cent and above, and on highly eroded land and gullies. Here it was necessary to construct terraces and plant trees. The development and growth of trees was in general satisfactory and in some sites an almost complete vegetation cover had been achieved.

Since the establishment of the State of Israel ten years ago it became possible to extend the area covered with forest trees, and to stop grazing altogether. Owing to the radical changes in land use which have taken place, land formerly used for agriculture but producing low yields has been taken over for afforestation. The trees planted were mainly *Acacia cyanophylla* and *Zizyphus spina-Christ* : to-day the main species used are *Eucalyptus camaldulensis* and *E. gomphocephala*, as it has been found that soil conservation by no means excludes timber production. Planting is carried out at the

beginning of the rainy season and, wherever possible, the trees are cultivated by tractor-driven equipment; otherwise, the area is hoed by hand. A special tree nursery is maintained at Tiberias. Fire lines for the protection of the trees from forest fires, and natural grass vegetation have been laid out and are being maintained. Forest roads and paths crossing the area in all directions for patrolling and fire-fighting have also been constructed.

So far, more than 700 hectares have been afforested on the slopes above Tiberias, 68 km of fire-lines have been laid out, and 40 km of roads and foot paths have been constructed.

Today, the slopes overlooking the town are covered with vegetation. The steeper slopes are lined with contour terraces planted with acacias and eucalyptus and the gullies are almost completely healed and round-edged. In addition, some of the better areas have been afforested in order to supply timber on a short rotation. The aims assigned to the scheme have all been achieved : the town is successfully protected from inundation, the soil on the hills is saved, its fertility is being restored and trees are grown on previously bare land or on poor grazing land. In addition, the town has been beautified by the forests covering the hills which hitherto had been bare and desolate. And not one flood has been recorded in the last fifteen years in spite of the fact that cloudbursts of the same intensity as before have occurred in the region.

**Extracts from**  
**ROLE OF VEGETATION IN SOIL CONSERVATION,**  
**WITH SPECIAL REFERENCE**  
**TO PLANS AND PROGRAMMES FOR INDIA**

BY

J. K. BASU

Director, Soil Conservation, Ministry of Food and Agriculture  
New Delhi, India

**Extent of erosion.**

As a very conservative estimate, about 200 million acres need immediate protection through soil conservation measures. Out of these, 100 million acres consist of sloping agricultural land which are characteristic of most of Peninsular India, Himalayan and sub-Himalayan regions of Northern India, red and laterite soils of Bihar, Orissa and West Bengal and the black soil region of Central India. Further there are about 50 million acres of Rajputana Desert and about 50 million acres of fallow and other uncultivated lands. Besides this, there are large catchment areas of the various river valley projects, which need intensive soil conservation measures. No detailed estimates can be given for these areas as some of them are included in the agricultural and non-agricultural lands indicated above.

**Role of vegetation.**

Protecting land from the ravages of erosion needs various engineering measures such as terracing and contour bunding; agronomic measures such as contour cultivation, strip cropping, proper manuring and rotation and vegetative methods such as afforestation and planting of grasses to protect bare spots, stabilizing bunds and terracing gullies and water ways, and the use of leguminous crops in agricultural lands. While all these methods may be needed in different degrees on different lands, the major emphasis is always placed on vegetative methods. In principle, erosion starts as a result of rain drops falling on bare, unprotected soil and by the impact of rain drops, which create tremendous kinetic energy. The leaves and branches of trees, shrubs and grasses and other crops, together with plant litter, break the force of falling rain by absorbing the impact

and thus keep the soil intact. Other functions of vegetation are : reduction of velocity of running water through mechanical hindrance by stems and roots, soil-binding effect of roots, biological effect on soil structure through the addition of organic matter, transpiration effects, etc. All the above effects reverse the chain of reactions that induce erosion and run-off on bare soil.

The effect of forest crown on interception of rain and consequent reduction in the potential power of rain to erode is very noticeable. A dense stand may intercept as much as 25-30 per cent of total precipitation. Interception may range from over 90 per cent for showers of less than 1 inch to less than 5 per cent for showers of 10 inches or over (6). This and subsequent references refer to literature cited in the supplementary report RT 7/Ia/12 (suppl.) (stencilled). Work done at Pabbi hills showed that the speed of run-off water in the forested area was 1/16 that of areas where vegetation was destroyed by overgrazing.

In controlling wind erosion, the effect of forest crown in reducing wind velocity is probably of great importance, although soil-binding action is of almost equal importance.

#### **Review of research work.**

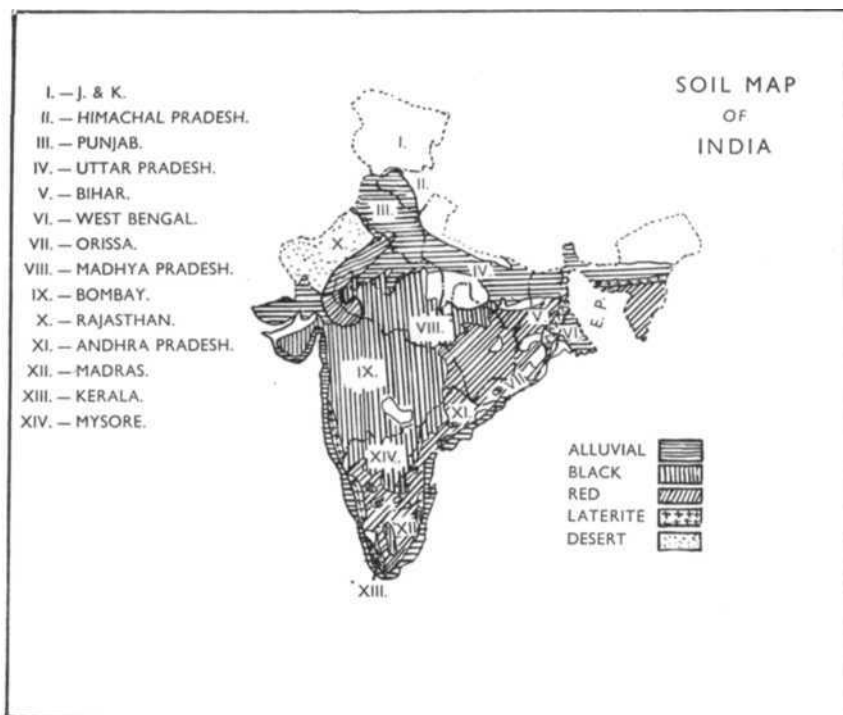
Soil conservation work in India started in 1933. Past work was largely done in agricultural lands and was confined to semi-arid areas.

#### **Crop plants.**

In agricultural lands, the effect was studied of intertilled row crops (cereals) and dense cover crops (pulses and legumes) on rates of run-off and soil loss. Work at Sholapur Dry Farming Research Station (Bombay) (7) indicated that with a slope of 1.18 per cent under natural vegetation, the annual soil loss was 0.53 tons per acre and the time needed to erode 7 inches of top soil was estimated at 1,850 years. The corresponding values where the land was put under Rabi Jowar (*Andropogon sorghum*) as intertilled cereal, were 37 tons per acre and 27 years. As to the loss of fertility nutrients, the estimated losses of N, P 205 and K 205 per thousand tons for an area of 5.4 million acres were 4.34 and 18.8 tons respectively under natural vegetation and the corresponding losses under Rabi Jowar were 302,312 and 3,050 tons.

Work done at the Hagari Dry Farming Station (Madras) indicated that cropping with groundnut (Spanish peanut) as compared to fallow reduced the soil loss by about 50 per cent and water loss

by 40 per cent. Similar work done at the Nanjanad Agricultural Research Station (Madras) indicated that in a 20 per cent slope under fallow (with no cropping), the loss of soil was 6.32 tons and run-off 36.91 inches. The corresponding values under potato cropping were 3.27 tons and 11.92 inches. But when the land was left under indigenous grass cover, the losses were only 0.49 tons and 2.47 inches respectively.



Recent experiments at the Soil Conservation Research and Demonstration Centre (Kotah) in Rajasthan (1957) (5) indicated that on a slope of 0.5 per cent soil and water losses from intertilled crops were 6.7 and 3.95 tons respectively more than from grass *Cynodon dactylon*. Similarly at the Dehra Dun Soil Conservation Research and Demonstration Centre (U.P.) (1957) (4), cultivated fallow lost 210.5 tons more soil than the plots under grass with *Cynodon dactylon*.

Basu and Srinivas (9 and 10) in their study observed that if Matki (*Phaseolus aconitifolius*) is grown, the losses of soil and run-off are 0.78 tons and 2.08 inches per acre respectively. With groundnut

the corresponding values were 1.62 tons and 5.28 inches. But when the land was kept fallow, the losses were 8.46 tons and 8.38 inches per acre.

The above work indicates that dense cover crops act as a deterrent to soil erosion, whereas row crops like Jowar permit erosion. The erosion resisting value of these dense cover crops depends not only on the production of canopy alone, but on the fact that the peak canopy production period should also coincide with the critical period of erosion.

Among the dense cover crops studied for their erosion resisting value Matki (*Phaseolus aconitifolius*) and Hulga (*Dolichos biflorus*) and groundnut were found effective. However, in the case of the former two crops, the local seed rate of 10 pounds per acre had to be increased by three times to be effective.

Basu *et. al.* (7-A) further observed that when the dense cover pulse crops are strip cropped with intertilled row crops, it promotes an ecological balance in conservation of soil, in that the soil eroded from the strip under cereals will be deposited in the adjacent strip under pulses. The spacing and width of contour strip found to be effective was 72 feet of cereal followed by 24 feet of legume on a 3 per cent slope. For slopes of 2 and 1 per cent, the corresponding strips were 96 : 24 and 120 : 24 respectively.

The effect of erosion resistant crops, when taken as a strip in the regular pattern of crop husbandry, not only controlled soil and water loss but helped in producing a higher yield. In a field experiment conducted at five centres over two years, an average increase of 68 per cent or 165 pounds per acre was obtained in the field of Rabi Jowar.

Besides the work on intertilled row crops and legumes, studies were also carried out on bunding and frequency of tillage practices — both preparatory and inter-cultivation, manuring, spacing and seed rate. As a result of these studies, a method of cultivation suited for the scarcity area in Bombay called « The Bombay Dry Farming Method », was evolved for Jowar (*Andropogon sorghum*) at the Sholapur Research Station (17). Similar studies at the Dry Farming Station of Hagari (Madras), Raichur (former Hyderabad State) and Rohtak (Punjab) established a criterion for optimum seed rates, spacing, and tillage for dry areas in the above States.

Grasses.

Studies on grasses in India in the past were mainly to understand their forage value, cultivation and utilization aspects, and the



management of grazing lands, which form vulnerable spots for soil erosion. This early research has elicited useful information on the adoption of some recognized exotic grasses such as Guines (*Panicum maximum*), Napier (*Pennisetum purpureum*), Rhodes (*Choris gayana*), Para (*Brachiaria nutica*), Sudan (*Sorghum sudanensis*) and Teosinti (*Euchlaena mexicana*). Subsequently as a result of work at the Indian Agricultural Research Institute (1954) (14) and at many other central and state research stations (1957) (15), some of the grasses have found their place in field application e.g. *Cynodon dactylon* has been found suitable for water-ways in Hazaribagh. *Cynodon lectostachyum* is being extensively used in Madras State for stabilizing rail embankments, *Panicum antidotale* has proved its value for protecting bunds and terraces, especially in the black cotton soil region.

Erosion resisting value of grasses is generally attributed to the development of their fibrous root system. Basu and Srinivas (1951) (11) found that *Panicum antidotale* added the maximum quantity of 4,000 pounds in 0-9 inch layers of soil. Next in order were *Pennisetum purpureum*, *Heteropogon contortus*, *Sehima nervosum*, Sudan grass, *Dichanthium nodosum*, Rhodes grass, etc. Dabadghao (1951) (13), studying root systems of two-year-old stands of some important grasses, observed that *Heteropogon contortus* added the maximum quantity of 8,946 pounds of root in one cubic foot of soil. This was followed in descending order by *Cenchrus setigurus*, *C. Sehima nervosum*, *Chrysopogon mentanus* and *Dichanthium annulatum*. Bhimaya *et. al.* (1956) (12), on the basis of root studies, reported that under Nilgiri conditions *Pennisetum clandestinum*, *Tripogon bromoides*, *Eragrostis amabilis* and *Cynodon dactylon* acted as superior soil-binders.

### **Trees.**

Forest trees have special significance in *Cho* control in Punjab.

Afforestation in the catchments and slowing down of the current to make the stream drop its load of sand and silt and build up its banks by use of natural vegetation, are found very useful. Work accomplished in this field was in the nature of direct planting of certain tree and grass types to assess their usefulness. Sisham (*Balbergia sisoo*), Jhingan (*Lannea gradis*), *Ipomea cornea*, Nara (*Asundo donax*) and Sarkana (*Saccharum munja*) Kahi (*Saccharum spontaneum*) grasses have been found very useful. When the stream flow is mild, as, for example, when the torrent bed is broad and the rate of flow of the stream has abated at a distance from the hills,

it is sufficient to plant Sarkana grass (*Saccharum munja*) which fixes the banks and the bed of the torrents. Sarkana grows quickly and checks the stream flow, thus causing it to deposit its load of silt. On this silt Kahi grass (*Saccharum spontaneum*) appears naturally and spreads rapidly, which further hastens the deposit of silt, thus forming a raised bench. On this bench Sisham (*Balbergia sissoo*) (?) shrubs are planted in the following season.

Where the torrent flow is swift, i.e., when the land to be reclaimed is nearer to the hills, use is made of stakes and brushwood spurs, generally of Jhingan (*Lannea gradis*) which root easily, nara grass (*Asundo donax*), banha (*Vitex negundo*) and *Ipomea cornea* branches, all of which grow readily. Sisham branches which root occasionally are also used. The spurs are reinforced in the second season with Sarkana grass and Sisham shrubs. Sometimes very strong series of stakes, brush wood spurs and earthen dams, reinforced with Sisham and elephant grass, are used.

Some research work is being done on the stabilization of drifting sands and sand dunes by vegetative methods at the Desert Afforestation and Soil Conservation Research Stations at Jodhpur (2). The method consists of closing the area to grazing, giving artificial mulch by spreading bushes in parallel rows against the direction of wind, and sowing seeds of grasses and trees with the first monsoon. *Prosopis Juliflora* was most successful. *Acacia Arabica*, *Acacia Senegal*, *Prosopis spicigera* and *Zizyphujujuba* were also effective. It was also observed that closure of barren and rocky lands helped to develop useful species of grasses such as *Aristida*, *Eragrostis*, *Eremopogan*, *Cenchnus* and *Dicamthus*.

# DEVELOPMENT OF EROSION IN MOUNTAINOUS REGIONS OF THE AZERBAIDZHAN SSR AND AN ATTEMPT TO CHECK THIS PROCESS

BY

G. A. ALIEV

President, Commission for Nature Protection,  
Azerbaijani Academy of Sciences

In this report I should like to compare observations on erosion phenomena in arid regions of the Caucasus (Azerbaijani SSR) and indicate some attempts to check erosion by local vegetation.

The territory of the Azerbaijani SSR is most characteristic from the point of view of natural zoning. Many types of landscape are represented, ranging from rocky Alpine summits and Alpine meadows to subtropical lowlands. Two-thirds of its total territory is occupied by mountains.

The highest elevation is 4,485 metres and the lowest is 28 metres below sea level. Useful land amounts to 67.5 per cent of the territory of the republic and only 32.5 per cent are badlands. The majority of untillable lands consists of bare slopes, outcrops of rocks, gravel fields of alluvial fans of rivers, salines and sandy hummocks.

Climatic conditions are so varied that one of our climatologists E. M. Shikhlin'sky very justly observed that « all types of the world's climates, with the exception of those of tropical forests and savannas, are to be found in the Azerbaijani SSR ». Certain factors have to be borne in mind — the fast tempo in the population increase, in improvement of the people's welfare and cultural level, in the demand for food products, and in the construction of houses, industrial projects and roads. All this will require an increasing area of land under cultivation.

Erosion takes place mainly as a result of the deforestation of mountain slopes and river banks, bad land management, violation of rules for the cultivation of soil in mountainous regions, sowing of cultivated crops in conditions of sharply dissected relief, uncontrolled grazing and, finally, a wasteful attitude towards the land on the part of building concerns.

In an arid mountainous zone we find both land degradation and water erosion. Some striking examples of aggravation of erosion

processes by man can be given. During the second half of the nineteenth century, with the development of industry in the Caucasus, a drastic exploitation of virgin forest for industrial projects and housing began. Owing to the absence of railways at the time, there was no haulage of timber from the northern areas and only local supplies were relied upon. At the same time, uncontrolled grazing, especially on thinned-out plots, brought about more severe erosion, resulting in great damage. This is shown by the fact that during our generation only, i.e. during the last 60-70 years, in regions located within the zone of the Great and Minor Caucasus, over 100 mudflow phenomena have been registered, 50 of which were of a destructive character, and all occurring before 1930. Thus, for instance, in Transcaucasia, in 1896 alone, mountain rivers caused damage amounting to a sum of 2,600,000 rubles. In 1899, in regions located in the foothills of the Great Caucasus, 12 villages were affected. Such incidents recurred in 1921, 1927 and 1930.

Observations show that in the Zakataly Zapodvenik, the reserve established on the southern slope of the Caucasian mountain range in 1930, there are vertical zones beginning with a rocky summit down to the lowest mountain-forest zone. Over this entire area not a single mudflow has been registered, and there are virtually no traces of erosion to be found. This means that when the causes bringing about erosion have been eliminated the formation of mudflows is sharply diminished.

During the last several decades a number of measures have been adopted against erosion, but they cannot be regarded as adequate. Even in our time felling of forests continues, as well as over-grazing of cattle; also the tilling of land in mountainous areas is not always carried out according to proper regulations.

Ninety per cent of all the forests in Azerbaidzhan SSR are located on the slopes of mountains, the gradient of which mostly exceeds  $30^{\circ}$ . An intense insolation and accordingly a higher evaporation discharge in that zone when felling takes place helps to bare the surface of the land and leads later to erosion. The absence of roads on the mountain slopes makes it impossible for timber to be carried down from the forest zone by any kind of transport so that it has to be dragged down the slopes. This results in the formation of gullies.

To prevent the erosion caused by tree felling, the government has adopted special measures. According to plans worked out by scientific research institutes, shelter belts are being created, watersheds and mountain slopes afforested, forests planted to consolidate banks and planted along water reservoirs, irrigation canals, highways, etc.

During the last ten years 26,600 hectares of protective forests and over 10,000 hectares of trees along highways, canals and reservoirs have been planted.

Observations show that in natural conditions a restitution of forests takes place with a rise of the water level, and flooding, of rivers. In this way flood-plain forests about 160 kilometres long and from 50 metres to 8 kilometres wide were formed earlier on the banks of the Kura river and flood-plain forests covering gravel and alluvial fans in piedmont valleys.

Shelterbelts have been planted in the most arid zone of the republic — the Mil, Karabakh and Mugan steppes and in some other regions. During the rather short period of their existence these stretches, consisting mostly of local types of trees, have been developing quite well and have been decreasing the force of the wind and weakening the process of salinity.

Considerable areas have been planted in a very arid zone with severe winds — on the Apsheron peninsula and in Baku. The experience of Baku afforestation can serve as an example of how bare slopes and sandy soils can be fixed in other regions.

The climate in Baku is particularly unfavourable. Precipitation is scarce (150-200 mm) and the winds are often stormy, reaching a force of 10-12. Previously there was no vegetation in Baku. With great difficulty two parks were created at the end of last century covering an area of three hectares. The soil had to be brought in specially for this purpose.

In 1920 the planted area covered 20 hectares only. More planting was begun in 1922, but was not carried out on a substantial scale until 1935-1939. At the present time the area planted amounts to 820 hectares. A specially created trust, under the Baku City Soviet together with various scientific organizations, has worked out a plan for the afforestation of Baku and the Apsheron peninsula. Experiments, carried out during the past years, show that many trees and shrubs have proved to be resistant to drought and to possess numerous erosion-preventing properties.

The best local and introduced species were :

- Eldar pine (*Pinus eldarica* MEDW.).
- Aleppo pine (*Pinus halipensis* MILL.).
- Cypress (*Cypressus semper virens* L.).
- Biota (*Biota orientalis* ENDL.).
- Holm oak (*Quercus ilex* L.).
- Celtis (*Celtis caucasica* WIELD.).
- White and black mulberry tree (*Marus alba* L., *Manis nigra* L.).
- Orange maclure (*Madura orontiaca*).
- Fig tree (*Ficus carica* L.).

Cultivated and wild pistachio-tree (*Pistacia vera* L., *P. mutica* FETM.).  
Poplars (*Populus alba* L., *Populus nigra* L.).  
White willow (*Salix alba* L.).  
(*Elaeagnus angustifolia* L.).  
Pomegranate (*Punica granaticum* L.).  
Olive tree (*Olea europea* L.).  
Juncaceous genista (*Spartium junceum* L.).  
Tamarisk (*Tamarix tetrandra* PALL.).  
Grapes (*Vitis vinifera* L.), etc.

The advantages of the above-listed trees and shrubs to fix bared slopes and sandy soils are in their xerophility, wind resistance, easy adaptability to saline, heavy and sandy soils. Many of them are also lasting plants.

Cattle grazing has a serious effect on erosion processes. There are two types of pastures in Azerbaidzhan — summer and winter — with a total area exceeding two million hectares. Summer pastures are entirely within the mountain zone at a height of over 1,500-2,000 metres above sea level, with a sharply dissected relief and sloping flanks. The winter pastures are mainly in the steppes of the arid zone, where erosion phenomena are virtually non-existent, while the rest are in the piedmont arid and semi-arid zone, with a hilly and sloping relief, dissected by ravines and gullies.

The cattle usually spend three and a half to four months on summer pastures and the remaining time either on winter pastures or on their way to pasture. Very often an insufficient stand of grass on winter pastures in the spring necessitates the somewhat earlier departure of cattle, when the stand of grass is not yet sufficient on northern exposures and sloping watersheds. When pastures are used without proper supervision, the cattle are first released on southern slopes, where sheep eat up the young plants, without giving the root system of the grass a chance to take stock. Furthermore they loosen the surface of the soil with their hooves so that the first rains develop mudflows. The consequences of this are also felt during the following years. Cattle grazing should be controlled on summer pastures and during the time of driving as well, and the pastures should be used with due regard to their zonal features and relief. The cattle should not be driven to summer pastures before there is an abundant stand of grass on them, while Alpine plateaus and the northern slopes of the mountains should be used under pasture during the summer.

Grazing on the southern slopes of the upper belt should be forbidden during the summer, because summer grazing during the arid period on southern slopes results in the trampling down and dislodgement of the upper layer of the soil, thus facilitating the development of mudflows.

The southern slopes should be used as pastures in the late summer and during the autumn. During the spring and the first half of the summer the grass will be normally developed, the root system gets strong and fixes the soil surface, the grass seeds ripen and, when they are shed during the period of grazing, they are mixed with the soil, thus providing a natural additional growth for the next year.

In piedmont zones of the winter pastures conditions are different. Precipitation is scarce (200-300 mm) and falls mainly during the autumn-winter period. Grasses, mainly ephemeral types, are developed during early spring and at the beginning of the summer; later they burn out and only wormwood and other xerophytes remain. Such sections of the land are quickly subjected to erosion.

To improve winter pastures it is recommended to carry out winter sowings of the most frost-resistant species of fodder grass with a short vegetative period, and to improve the quality of the pasture by preventing the growth of weeds. To ensure a better stand of grass in piedmont regions with a dissected relief, a periodic additional autumn sowing of grass seeds, mainly leguminous, should be arranged. Aerial planting could be used for such additional sowings. Local climatic conditions should be considered. In Azerbaidzhan SSR the most practical time for additional sowing of grass is at the end of September and early October, bearing in mind that during the time of pasture the seeds are mixed with the soil and autumn rains facilitate their germination. Especially good results on soil fastening are achieved by planting leguminous and gramineous plants, weeds like various species of vetch (*Vida villosa*, *V. dasycarpa*, *V. angustifolia*), and *Agropyrum gristatum*, *A. desertorum*.

It should be remembered that some species of vetch quickly run to seed and shed, thus providing a natural additional sowing. Narrow-leaved vetch (*Vicia angustifolia*) runs to seed under any conditions, even during the most droughty years. Leguminous plants do not dehisce for a long time; the seeds are not subjected to contamination by insects and up to their germination are well preserved in the soil. Nappy vetch (*V. dasycarpa*) grows well on southern slopes and can stand drought much better. Of greatest effect in consolidating mountain slopes are esparcet (*Anobrychis*), hippocrepis (*Hippocrepis*), melilot (*Mellatus officinalis*), bird's foot clover (*Lotus gehelia*), etc.

As has been established, terracing of the slopes is of great importance in mountainous regions and this measure has also been adopted by the local population in their fight against erosion. It is useful to plant shrubs between the terraces.

Serious damage to the soil is caused by building operations. In building anything on the slopes, in laying or remodelling roads, the surface of the soil is removed by bulldozers, leaving the slopes bared and open. During the first precipitation there is a wash-off and formation of gullies. That is why it is so important, immediately after the completion of any construction work, to consolidate the surface of open land stretches, at least by sowing some grass on them.

Data accumulated by scientific organizations on the causes and forms of erosion, measures worked out to combat this process and experience already available, make it possible to embark upon a general plan to fight soil erosion.

#### **Summary.**

The natural zoning' of the Azerbaïdzhan SSR is represented by many types of landscape, ranging from rocky Alpine summits and Alpine meadows to subtropical lowlands. Two-thirds of the Republic's territory is occupied by mountains.

To prevent erosion, shelterbelts are being created, watersheds and mountain slopes afforested, and forests planted to consolidate river banks, reservoirs, irrigation canals, highways, etc. Shelterbelts have been planted in the most arid zone of the Republic — the Mil, Karabakh and Mugan steppes.

Previously there was no vegetation in Baku. At the present time the area planted covers 820 hectares. Many trees and shrubs have proved to be resistant to drought and to possess numerous erosion-preventing properties.

Cattle grazing has a serious effect on the process of erosion. There are two types of pastures in Azerbaïdzhan : summer (entirely within the mountain zone) and winter (mainly in the plain steppes of the arid zone), with a total area exceeding two million hectares.

Grazing of cattle should be controlled on summer pastures, as well as during the time of driving, and the pastures should be used with due regard to their zonal features and relief. The southern slopes should be used as pasture late in the summer and during the autumn.

To improve winter pastures, winter sowing of fodder grass is recommended, to combat the growth of weeds. Aerial planting could be used for additional autumn sowing.

Terracing of slopes is important in mountainous regions.



# LE RÔLE DE LA VÉGÉTATION NATURELLE DANS LE CONTRÔLE DE L'ÉROSION ET LA PROTECTION DU SOL AUX ANTILLES FRANÇAISES

PAR

Henri STEHLE

Ingénieur-Docteur, Directeur de Recherche  
à l'Institut National de la Recherche Agronomique  
Centre des Antilles. Domaine de Duclos, Guadeloupe.

Le problème de la conservation du patrimoine domanial, révélé avec tant d'acuité et posé à l'échelle internationale, a singulièrement évolué, tant en Europe que sur le Nouveau Continent, où les Antilles sont géographiquement incluses, depuis qu'en 1891, Atwater et Woods révélaient l'importance de l'« acquisition de l'azote atmosphérique par les végétaux ». Les travaux sur les Légumineuses améliorantes des sols, les symbioses, les plantes de couverture, les engrais verts, les fourragères protectrices, les arbres d'ombrage, les végétaux anti-érosion, les cultures en vue du maintien et de la reconstitution de la fertilité progressivement épuisée, se sont succédé au cours de ces dernières soixante années avec une cadence de plus en plus rapide et une précision plus grande, en liaison avec les techniques nouvelles. Le Congrès d'Athènes, dans le cadre mondial, procède à une synthèse indispensable autant que d'intérêt public général, en éclairant chaque aspect de cette vaste question vitale d'une lumière qui ne laisse aucun détail dans l'ombre. Le Congrès International de Botanique de Paris comportait en 1954 une section de protection de la Nature contribuant ainsi à diverses mises au point de ce problème, et les six premières réunions techniques de l'U.I.C.N., ont déjà établi les cadres de travail en coopération. A cette « Section de la Protection de la Nature du Huitième Congrès International de Botanique de Paris (Rapports et Communications des Sections 21 à 27, pp. 146-155), il nous avait été donné de traiter de « La Protection de la Nature en Amérique tropicale dans ses rapports avec l'évolution des Techniques agricoles ». Dans cette étude, les causes de dégradation de la nature antillaise, les conséquences sur la faune et la flore endémiques, la préservation, les réserves et la protection étaient traitées relativement à la nature sauvage, et il était passé ensuite en revue pour la nature cultivée, les principales techniques agricoles de protection : restauration de la structure et de la fertilité du sol, protection contre l'érosion par des ouvrages appropriés, culture en contour et suivant les courbes à niveau, établis-

sement d'une rotation culturale, cultures en terrasses, plantes anti-érosion et de couverture en culture.

C'est un aspect bien différent aujourd'hui qui sera examiné. Non plus l'action réparatrice de l'homme, mais celle de la nature elle-même. Comme l'écrivait en effet, G. Kuhnholz-Lordat, dans la préface de l'« Écologie » (de H. Stehlé, en 1935) : « La nature peut réparer les fautes des hommes, lorsqu'elles ne sont pas trop prolongées, même sous le soleil d'août du Languedoc méditerranéen ». C'est dans cette phrase du Maître que nous avons trouvé le principe de ce travail et cherché comment la nature, dans les « conditions insulaires des Antilles » peut contribuer à réparer « les services de toutes couleurs » qui lui sont infligés.

Par l'expérimentation culturale des végétaux qui, à l'état spontané, présentent des qualités anti-érosives, chiffrées grâce à des cases lysimétriques et à des observations comparatives méthodiques, la valeur des Légumineuses et autres Spermatophytes, ou même des Ptéridophytes a pu être testée. Hull et Bennet (Washington, 1950) ont déjà indiqué synthétiquement les qualités qu'elles présentent et le profit qu'on peut en tirer. L'apport de matière organique, l'amélioration de la structure physique et de la nature chimique du sol, l'augmentation de la capacité de succion et de perméabilité des agrégats, la réduction de l'écoulement des eaux de pluie, d'orage surtout au milieu tropical, la conservation de cette eau dans le sol, l'élévation du taux de porosité, d'absorption et d'infiltration dans les horizons sous-jacents, la barrière notable à l'érosion et à ses néfastes effets, dans des conditions économiques de rentabilité, la protection des terrasses, la stabilisation et l'obstruction à l'entraînement des matières nutritives, surtout des composés azotés mis en réserve dans le sol pour les besoins de la plante cultivée aux diverses phases de son cycle biologique, l'enrichissement de la couche arable en éléments essentiels, nitrates et phosphates notamment, la formation de combinaisons chimiques aidant à la libération des végétaux culturaux et savanes naturelles, la constitution d'un « écran vert » entre les rayons solaires et les constituants physico-chimiques du sol, réduisant les pertes par évaporation, sont autant de rôles favorables que certaines plantes de la végétation spontanée accomplissent de la même manière que des Légumineuses ou Crucifères spécifiquement cultivées à cette fin. C'est là un aspect de l'utilité de certains végétaux de la flore spontanée de chaque pays, qui est certainement moins bien étudié, car il s'agit de terres encore incultes et souvent de patrimoine collectif, pour lequel n'a pas joué le déterminant qu'est la propriété personnelle. Aux Antilles françaises, de nombreux végétaux, phanérogames, des Légumineuses ou non et des Ptéridophytes, fougères et lycopes, offrent, sans nul doute, une

aptitude particulière à cet égard, par leurs racines ou rhizomes profondément fixées et retenant les agrégats du sol, leur masse verte très abondante, formant un écran dense, leur agressivité et leur rôle dynamique dans l'évolution où ils se comportent comme des pionniers ou des colonisateurs.

#### **Agressivité et lutte anti-érosion par des végétaux spontanés aux Antilles françaises.**

Aux Antilles françaises, les abus de la culture par le feu et sans récupération de matière organique, même sur les pentes, depuis plus de trois siècles, la virulence et l'irrégularité des précipitations dans l'année et suivant les étages de végétation (de 0,90 à 9 m de chute annuelle), l'activation du processus de latéritisation, avec dissolution puis entraînement des sels solubles et concentration sur place d'hydrate et d'oxydes d'alumine et de fer, sont autant de causes qui y ont accéléré les méfaits de l'érosion.

Ceux-ci ne se traduisent pas seulement par l'ablation de la tranche de l'horizon agropédique A0 sur 0,6 mm en moyenne par an à la Guadeloupe et 0,8 mm à la Martinique, ce qui représente une perte de fertilité latente d'une valeur considérable, mais encore par une influence très défavorable sur les propriétés physiques du sol : capacité de succion et de perméabilité, stabilité et distribution des agrégats, teneur en acides humiques, N, C, etc. O. Hayot, dès 1880, pour les sols et la culture de la canne et des « gros légumes » à la Martinique en a pressenti les effets néfastes. Or, les Légumineuses Papilionacées sont particulièrement aptes à jouer un rôle compensateur de l'érosion, plus que tout autre groupe, sur la porosité, la perméabilité et la cohésion ou la fixation des particules de terre par leur agressivité, leur feuillage dense et leur adaptation à la colonisation des pentes ou des terres dégradées. La flore spontanée, des autochtones ou des introduites naturalisées aux Antilles françaises, comporte des espèces plus particulièrement désignées pour leur action anti-érosive. Ainsi, certaines espèces de *Canavalia volubiles*, telles que le *C. virosa*, qui possède la faculté de couvrir les falaises de la partie nord de l'île Désirade, du genre *Vigna* et surtout la « kudzu tropical » : *Pueraria phaseolides*, sont particulièrement recommandables dans de tels cas. Leur port est rampant, leurs tiges radicales, leur surface foliaire et caulinaire dense et enchevêtrée, leur fixation radiculaire forte et étendue, leur agglutinement aux particules du sol accentué, aussi la protection contre les actions érosives est-elle convenablement assurée. Les résultats du kudzu à Prise d'Eau, Gourbeyre, Baillif et Vieux-Habitants, donc tant au Versant au Vent que Sous-le-Vent, ont été excellents après, toutefois, une période de départ et d'adaptation assez longue. La stabilité des agrégats du sol, aussi bien dans les horizons A0 et A1

que dans l'horizon A2, est considérablement augmentée, surtout par *Clitoria*, *Centrosema* et *Canavalia* dans le premier cas, par *Desmodium*, *Pueraria* et *Calopogonium*, dans le deuxième. Ce même rôle, que l'homme s'efforce de faire jouer, en agronomie évoluée, par des végétaux recherchés à cet effet, existe dans la Nature, où la protection des pentes et la revivification de parcelles stériles sont assurées par des plantes les plus diverses. Ce sont surtout, aux Antilles françaises, des végétaux vasculaires du groupe des Fougères et Alliées (Ptéridophytes) et des Monocotylédones (Graminées, Broméliacées et Amaryllidacées), qui accomplissent ce rôle important... rôle qui, cependant, passe souvent inaperçu de l'agriculteur.

Parmi les nombreuses espèces anti-érosion que nous y avons observées, au cours de ces 25 ans, nous retiendrons ici 4 Fougères et 4 Monocotylédones, dont 2 Graminées, 1 Broméliacée et 1 Amaryllidacée. Ce sont là des végétaux de grand format (*Cyathea*, *Hemitelia*, *Agave*), à croissance rapide (*Dicranopteris*, *Dryopteris*), peu exigeants et aptes à couvrir rapidement des terres plus ou moins stérilisées par les feux réitérés, le lessivage des pentes par l'alternative d'orages brusques et de périodes de sécheresse prolongées sous le climat antillais (*Dicranopteris*, *Vetiveria*), la plupart poussant en touffes ou en rosettes (*Cymbopogon*, *Vetiveria*, *Bromelia*, *Agave*), ou possédant des rhizomes plus ou moins traçants, multiples et fixateurs des particules du sol (*Dicranopteris*, *Dryopteris*, *Cymbopogon*), ou des stolons (*Bromelia*). Leur action édaphique est très accentuée, grâce à l'arrêt, la fixation et l'agglutination des agrégats de sol entraînés le long des pentes délavées, la perméabilité et la porosité du sol, limitant les lessivages et l'ablation des couches A1 et AO, en réduisant l'érosion, l'élaboration d'un humus élémentaire dont la proportion sera augmentée par celles qui leur succéderont et, notamment par les plantes spontanées édificatrices d'humus.

#### Principaux végétaux autochtones anti-érosion à la Guadeloupe et à la Martinique.

<i>Cyathea arborea</i> (L.) J. E. SMITH.....	Fougère arborescente.
<i>Hemitelia muricata</i> (WILLD.) FÉE.....	Attrape sot.
<i>Hemitelia grandifolia</i> (WILLD.) SPRENGEL .....	Grand attrape sot.
<i>Hemitelia Kohautiana</i> (PRESL) KUNTZE .....	Grande fougère.
<i>Dicranopteris bifida</i> (WILLD.) MAXON.....	Fougère calumet.
<i>Dicranopteris flexuosa</i> (SCHRAD.) UNDERWOOD ...	Calumet.
<i>Dryopteris consanguinea</i> (FÉE) CHRIST.....	Fougère.
<i>Dryopteris Sprengelii</i> (KAUFF.) KUNTZE .....	Fougère.
<i>Vetiveria zizanioides</i> (L.) NASH.....	Vetiver.
<i>Cymbopogon citratus</i> (DC.) STAPF .....	Citronnelle.
<i>Bromelia Pinguin</i> LINNÉ .....	Ananas marron.
<i>Agave americana</i> LINNÉ.....	Grande langue de bœuf.

### Plantes spontanées édifcatrices d'humus.

D'une tolérance certainement moins grande que ceux de la catégorie précédente des plantes anti-érosion, des végétaux autochtones qui leur succèdent, s'installent en des lieux incultes ou déjà mis en culture, jouent un rôle notable dans l'édification de l'humus nécessaire à la vie des micro-organismes du sol et de la plante cultivée. Ceux-ci sont d'un calibre plus petit, souvent herbacé, mais toujours avec des rhizomes ou des stolons, plaqués, prostrés ou en touffes et abondamment branchus ou feuillus. Tel est le cas de nombreuses fougères, surtout sous microclimat humide, où elles foisonnent et, notamment, celles des genres : *Adiantopsis*, *Dryopteris*, *Rhipidopteris* et *Tectaria*. Leurs frondes et pennes abondantes sont caduques, puis se décomposent en augmentant la matière organique des horizons pédologiques supérieurs. Parmi les Monocotylédones, deux Graminées, l'une assez répandue : *Oplismenus*, surtout dans les secteurs culturaux, caféiers et bananiers, l'autre relativement rare et en marge de la mangrove ou dans les clairières des grands bois, où l'humus est abondant : *Orthoclada*, sont caractéristiques à cet égard.

Parmi les Dicotylédones, on en trouve à port rampant, radicant, à crampons, telles que les espèces du genre *Evolvulus*, d'autres à port dressé, ramifié, à croissance rapide et à larges feuilles molles se décomposant rapidement, telles que le *Pachystachys*. Quelles que soient leur écologie et leur densité, qu'on leur reconnaisse une électivité de xéro-héliophile, comme l'*Evolvulus glaber* SPRENGEL, ou de méso-sciaphile, telle que l'*E. nummularius* LINNÉ, ou même d'hygro-sciaphile comme le *Pachystachys coccinea* (AUBL.) NEES, leur colonisation première et leur action sur les propriétés physiques du sol par l'ajout de matière organique des tiges et feuilles se décomposant, sont toujours favorables au sol.

Aussi bien dans les secteurs secs et situés « Sous-le-Vent », sur sols friables et légers à la Guadeloupe, dans les îles dépendantes et à la Martinique, que dans les versants exposés « au Vent » et sur sols lourds et compacts, plus humides, des végétaux spontanés, parfois même de petites plantes, remplissent ce rôle fondamental d'édificateurs d'humus.

### Principales plantes édifcatrices d'humus à la Guadeloupe et à la Martinique.

<i>Adiantopsis radiata</i> (L.) FÉE .....	Fougère étoile.
<i>Dryoptevis pedata</i> (L.) FÉE .....	Fougère découpée.
<i>Rhipidopteris peltata</i> (Sw.) SCHOTT .....	Fougère courresse.
<i>Tectaria trifoliata</i> (L.) CAVAN .....	Fougère à trois lobes.
<i>Oplismenus hirtellus</i> (L.) P. DE BEAUVOIS .....	Herbe à aiguilles, herbe à barbes.

*Ortheclada laxa* (L. RICH.) P. DE BEAUVOIS . . . . Herbe grand bois.  
*Evolvulus nummularius* LINNÉ . . . . . Ti-teigne, Véronique.  
*Pachystachys coccinea* ( AUBL.) NEES . . . . . Panache d'officier.

### Pionniers sur latérites.

La question de la latéritisation des sols sous climats tropicaux et équatoriaux revêt une importance majeure et, du double point de vue de la pédologie et de l'écologie végétale, les plantes et associations électives, tout particulièrement les premières colonisatrices, dites « pionniers », sont d'un grand intérêt. Au « Congrès international de la Science du Sol », qui s'est tenu à Paris en 1956, comme à ceux d'Amsterdam en 1950, et du Congo Belge en 1954, les problèmes de fertilité des sols latéritiques furent analysés et, récemment, les spécialistes de chimie agricole : E. R. Orchard et G. D. Darby, du Natal, firent le point sur ces problèmes (« Fertilité », n° 1, pp. 3-10, Paris, 1958). Ces sols constituent un groupe pédologique assez nettement limité pour lesquels, selon Crowther (1949). « le drainage et le lessivage, processus fondamental de leur formation, déterminent l'assimilabilité et la teneur en éléments fertilisants ». Or, ici, le lessivage est intense, sous les microclimats des Antilles françaises (pour lesquels la moyenne de chute pluviométrique annuelle varie de 1 à 9 m de hauteur) et où la pente des sols est accentuée. Les roches-mères d'origine andésitique ou andési-labradoritique (Guadeloupe *stricto sensu* et Martinique) et parfois dacitiques (Secteurs des Pitons du Carbet à la Martinique), subissent une altération si profonde que la décomposition chimique intensive qui en résulte, conduit à la mobilisation et à l'entraînement des éléments nutritifs au fur et à mesure de leur solubilisation avec une perte élevée. L'acidité de ces sols varie depuis un pH de 4 : Pentas de la Soufrière et de la Chaîne axiale, sur sols dérivés d'andésites, à la Guadeloupe et des Pitons du Carbet, sur roches-mères dacitiques, à la Martinique, jusqu'à un pH de 6,5, en zonations culturales de ces sols. Ils sont déficitaires en bases échangeables, et comme les deux éléments minéraux prédominants suivant les cas sont la kaolinite et la montmorillonite, la capacité d'échange en cations est réduite et le rapport  $\text{SiO}_2\text{-R}_2\text{O}_3$  est faible. Sur des types de sols présentant de telles caractéristiques, communes d'ailleurs avec ceux de nombreuses autres régions tropicales, mais n'allant pas toutefois, dans nos îles, jusqu'à la formation de carapaces latéritiques ou de cuirasses aluminofériques, ainsi qu'on en a signalé ailleurs, la végétation spontanée joue un rôle non négligeable. Elle fixe les particules désintégrées et les stabilise, accumule de la matière organique par la décomposition des tiges, rameaux et feuilles, forme un écran protecteur contre les orages ou l'insolation et un tapis vert assimilateur. La fertilité qu'elle condi-

donne est, au début, limitée à l'horizon A, avec quelques centimètres d'épaisseur seulement, mais elle passe à l'horizon AI, si les conditions persistent et suivant l'abondance et le pouvoir d'agressivité des pionniers. L'intervention de l'homme pour la mise en culture doit être faite avec précautions et suivant un processus agronomique rationnel, car la rupture de l'équilibre biologique naturel créé par la végétation spontanée sur de tels sols latéritiques risque d'amener une oxydation de la matière humique et de détruire les humates, pour aboutir à un épuisement du sol aussi rapide que total.

#### **Principaux pionniers sur latérites à la Guadeloupe et à la Martinique.**

<i>Lycopodium oernuum</i> LINNÉ .....	Cabane à la Vierge, trembleur.
<i>Heticonia psittacorum</i> SWARTZ .....	Yeux à crabe, fleur du Paradis.
<i>Trimeza martinicensis</i> (JACQ.) HERB.....	Lis jaune, envers jaune, jaune d'œuf.
<i>Clidemia hirta</i> (L.) D. DON .....	Herbe côtelette, herbe cré-cré, os manicou.
<i>Chaptalia nutans</i> (L.) POLAK .....	Je sème à tous vents.
<i>Chrysobalanus Icao</i> LINNÉ.....	Ioagues.
<i>Schenetla excisa</i> GRISEBACH .....	Liane grand bois, liane tordue.

#### **Pionniers sur calcaires.**

Aussi bien que la Grande-Terre que la Dérirade, Marie-Galante, ou le Sud de la Martinique, présentent, dans les secteurs cultivés, des sols plus ou moins altérés ou transformés par l'agriculture locale, dont les roches-mères sont des calcaires de « roches à ravet » ou tertiaires, miocènes, ou des corallinées plus récentes, du pléistocène ou de l'époque actuelle. Le microclimat de leur aire est plus nettement défini que les sols d'altération latéritique compris dans ces îles dans la bande pluviométrique de 900 à 1.500 mm de chute avec un nombre moyen de 80 à 130 jours de pluie. Par ailleurs, la zonation altitudinale culturale les place inférieurement aux sols précédents d'une manière générale au versant Sous-le-Vent et en position littorale plus xéro-héliophile.

Sur les «mornes» (collines ondulées), érodées sous l'action des éléments naturels du climat, dont l'influence éolienne est ici prépondérante, ou dans les coulées mises en culture, de coton, de pétun et d'indigo autrefois, de cannes presque toujours aujourd'hui, les blocs de « roches à ravet », troués, corrodés, plus ou moins altérés, sont ramenés en surface. Les pionniers de colonisation sur de tels sols calcaires, qui permettront la formation de matière organique, sont alors peu nombreux mais ils sont précieux grâce à l'action agronomique ultérieure qu'ils rendront possible.

### Principaux pionniers sur calcaires aux Antilles françaises.

<i>Anemia adiantifolia</i> (L.) SWARTZ .....	Petite fougère.
<i>Pteris vittata</i> LINNÉ .....	Fougère falaise.
<i>Coccothrinax martinicensis</i> BECCARI .....	Latanier-pays.
<i>Bryophyllum pinnatum</i> (LAM.) KURZ .....	Farine chaude, herbe mal tête.
<i>Heteropogon confortas</i> (L.) P. DE BEAUVOIS .....	Petit foin.
<i>Peperomia conulifera</i> TRELEASE .....	Queue de rat.

### Pionniers sur sols meubles.

Les sols meubles ou en cours d'élaboration en tant que « terres cultivables » sont nombreux aux Antilles françaises et vont depuis les bandes marginales de mangrove plus ou moins saumâtres, que nous avons décrites en 1935 («Écologie») jusqu'aux zones fluides d'eau fraîche ou semi-liquides, ou boueuses, plus ou moins séquestrées par des matériaux solides et par les communautés végétales, dont le substratum est des plus variés. La colonisation végétale et les pionniers varient également en conséquence. Les plus typiques seuls sont indiqués ici, en accord avec l'origine et la nature des sols :

### Principaux pionniers sur sols meubles en rapport avec l'origine édaphique.

On voit, par ces quelques exemples de la flore antillaise, combien la nature végétale est apte à recoloniser les espaces dénudés ou stérilisés par l'Homme, si toutefois celui-ci ne réitère pas trop souvent, et surtout à intervalles trop rapprochés, son action destructrice. La gamme d'espèces et variétés colonisatrices dans des conditions édapho-climatiques déterminées qu'elle met en jeu à cette fin est aussi diversifiée que précieuse. A l'Homme de l'utiliser rationnellement : une telle étude requiert le travail du botaniste, du pédologue et du biologiste en une parfaite synergie.



# **VEGETATION FOR EROSION CONTROL: TECHNICAL AND SOCIAL METHODS FOR ITS EFFECTIVE USE**

BY

**D. A. WILLIAMS**

Administrator, Soil Conservation Service,  
U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C. U.S.A.

Experience in the United States has demonstrated the importance of vegetation in erosion control as a part of soil and water conservation. We have learned that agronomists, foresters, biologists, engineers, and other scientists must work together to solve land-resource problems effectively. And, what is most important, we have learned that only the people on the land themselves can accomplish conservation.

Technical procedures for coordinating the knowledge and actions of staff specialists, and social methods to get conservation applied to the land, have proved to be even more important than the physical procedures of growing and managing vegetation to control erosion.

## **Modern Concept of Soil Conservation**

The U.S. Soil Conservation Service, as the agency providing leadership in a national soil and water conservation programme, has integrated diverse sciences and technologies into a single approach to conservation.

Symbolic of this union of technologies is the fact that the three men who have headed the organization have represented different scientific disciplines. Its first leader, Dr. Hugh H. Bennett, was a soil scientist. His successor, Dr. Robert M. Salter, was an agronomist. My own profession is engineering.

As an integrated staff we have learned to look at the landscape as a whole — to consider at each point the interrelationships of soils, water, plants, animals, and people. Such an ecological viewpoint guides both the marshalling of our technical skills and the treatment of our natural resources in soil and water conservation.

At the start of soil conservation work in the United States emphasis was on halting soil erosion. Then the most obvious problem, it remains of basic importance. But as we progressed in

conservation technology and experience we began to pay more attention to sustaining and building soil fertility and conserving and managing water resources.

Soil conservation, consequently, has come to mean proper land use, protecting land against all forms of soil deterioration, rebuilding eroded and depleted soil, improving croplands, grasslands, woodlands, and wildlife lands, and conserving and managing water for agricultural and related uses. Vegetation plays a key role in all of these activities.

#### **Productive-Protective Cover on the Land.**

Plant cover is important as a material to protect critical areas from erosion. More important is the protection of the entire landscape. This purpose is best served by keeping as much of the land as possible covered with vegetation as much of the time as possible.

Vegetation needed for erosion control is most likely to be used by the private land owner or operator if it yields him a satisfactory economic return. In other words, vegetation for soil conservation as a part of landscape management must be *productive* as well as *protective*.

By combining a knowledge of the mechanics of soil erosion and the properties of different plants with an understanding of growth requirements, conservation technicians have been able to use special kinds of vegetation for specific erosion-control purposes with economic profit to the land operator.

Furthermore, plant species and varieties have been sought out and improved to yield salable crops while performing conservation functions. As a result, no less than 50 new grasses and legumes and 20 new woody plants have proved of such value in soil conservation that they have become commercially available.

The following examples will illustrate how vegetation is used for soil conservation on private land that at the same time is being used for economic purposes :

On Cropland. — Nowhere are the economic values of different plants more critically considered than on croplands. Often the most profitable crops are the ones that most expose the soil to erosion. It is necessary, therefore, to use them in combination with other crops or with practices that offset their deleterious effects.

Farmers in the United States are using more and more soil-improving and cover crops and an increasing amount of grass in rotations on cultivated lands. Many farmers plant clean-tilled and

close-growing crops in alternating strips to get maximum benefit from the protective crops.

Research in the soil-protective values of cover early showed that dead plant materials, or mulches, are fully as effective as living plants in preventing erosion. The practice of stubble-mulching, or ploughing to leave crop residues on the surface, is consequently gaining favour as a conservation practice.

**On Natural Grazing Lands.** — Steppes and other grazing lands with native perennial vegetation have within themselves the capability to provide sufficient cover for soil conservation if the plants are given an opportunity to grow, and are not excessively grazed. This requires first of all complete control over the livestock that graze such lands.

Under their system of individual control of grazing lands, United States farmers and ranchers have made much progress in improving range vegetation. The Soil Conservation Service has surveyed 75 million acres of native grazing land, indicating its varying potentiality to grow useful vegetation. Graziers are adjusting the numbers of their animals to safe levels and are using a variety of management practices to improve range vegetation.

**In Woodlands.** — In the United States, about three-fourths of the forest land is in private ownership — about half of that in small holdings on farms. An important part of soil conservation is the management of these private woodlands so that they protect the soil and yield a profit in wood products to the owner. Wood is considered a crop that the farmer can grow successfully if adequate technical help is made available to him.

**On Wildlife Land.** — In soil and water conservation planning, wildlife is recognized as a crop of the land. Some land, uniquely suited to wildlife, is permanently dedicated to that use. On the other hand, all soil-conserving vegetation on the landscape helps to preserve and improve wildlife habitat.

#### **Protection of Critical Areas**

In addition to its use as general landscape cover, vegetation is used in specialized ways to protect critical areas from erosion hazards. In these instances, plant cover is, in effect, treated as a structural material in engineering design.

**Grassed Waterways.** — Close-growing vegetation is used almost exclusively as the lining material to prevent erosion in water-

ways for safe disposal of run-off from cultivated land. Plants are chosen to fit growth conditions of the site and the hydraulic design of the channel.

**Earthen Dams.** — Earthen dams, large and small, are being used to an increasing extent for flood prevention and for water storage reservoirs. Grass planted on the fresh earth forms a protective cover over the dam faces and spillway channels.

**Sand Dune Stabilization.** — Sand dunes often are controlled by vegetation. Special varieties of plants are used to cope with the diverse conditions presented by coastal and inland dunes in the United States . Special planting techniques have also been developed.

**Shelterbelts.** — Shelterbelts of trees and shrubs are extensively used in the sub-humid and semi-arid States to reduce wind velocity and prevent soil blowing. Much study has been given to the selection of species that will survive under the rigorous conditions of areas such as the Great Plains, and to their arrangement into the most effective patterns for protecting the soil, livestock, and human habitations.

#### **Technical Procedures**

Organizational procedures for providing technical assistance to land operators have contributed much to progress in the conservation use of vegetation in the United States.

**Teamwork in Technology.** — The technical staff of the U.S. Soil Conservation Service includes soil scientists, engineers of various kinds, geologists, hydrologists, agronomists, range and woodland specialists, biologists, economists, and, as circumstances require, other specialists.

The key technician is the soil conservationist who works directly with the land operator and in so doing brings together the pertinent knowledge of all the various technicians in the agency. A soil conservationist is at the head of each field office.

**Soil Survey.** — The application of integrated skills to the problems of land as a whole requires a realistic appraisal of the resources involved at a particular location. For this reason, conservation planning begins with a scientific soil survey.

The survey is interpreted in terms of the capability of the land for specific uses — for various types of cultivation, grazing, woodland, of wildlife production. The capability classification uses all available

knowledge of the responses of different kinds of soil to define the limits of safe use and to indicate the conservation practices needed under the conditions imposed by the economic and social interests of the people concerned. On this foundation is built an integrated conservation plan for each parcel of land.

**Basic Conservation Plans.** — The basic conservation plan is a field-by-field blueprint for the use and treatment of the land in each operating unit. This plan is made by the farmer or rancher himself with the technical assistance of the soil conservationist.

The conservation plan calls for the most effective *combination* of *practices*, including the appropriate use of vegetation, for each acre. Single or unrelated practices seldom do the job. The objective of conservation planning is a sound soil and water conservation programme coordinating the physical, economic, and human resources of the farm, ranch, or other operating unit of land.

#### **Social Procedures**

Another idea that is basic to soil and water conservation in the United States is the recognition of *people*, both as a dominant factor in each local resource problem and as the reason for conservation itself. The resources of land, water, plants, and wildlife are significant only as they provide for the needs of the people.

**Soil Conservation Districts.** — In the United States, the people on the land do the actual soil and water conservation work. They initiate and direct their own programmes through locally organized soil conservation districts established under State enabling legislation. The national government, through the Soil Conservation Service, provides technical assistance to individual farmers and ranchers who are cooperating with their local districts. The government also helps with research, cost-sharing, education, credit, and other forms of assistance. But the work is done by the local people themselves.

**Watershed Protection.** — The local people also are the key to the success of conservation in larger areas than individual holdings. The watershed or catchment basin is widely recognized as a natural unit for resource conservation. In the United States watershed protection and flood prevention projects are being organized at a rapid pace. In this activity, as with soil conservation districts, the national conservation agency provides assistance to local organizations that initiate and sponsor the projects.

## Results in the United States

This combination of technical and social procedures has enabled the people of the United States to get organized soil conservation programmes going on nearly two-fifths of the private land in the country since the first soil conservation districts were organized some 20 years ago.

Today there are nearly 2,800 such districts, including within their boundaries about 93 per cent of all farms and ranches in the country. More than 1,750,000 individual farm operators, or 37 per cent of those included, are actively cooperating in the districts' programmes.

Soil surveys have been completed on more than a half billion acres, or more than a third of private land. Basic conservation plans have been prepared for one and a half million farms and ranches including 337 million acres.

In the four years since passage of enabling legislation, nearly a thousand local communities have initiated applications for small watershed projects. Nearly a hundred of these have been authorized to start operations, and the Soil Conservation Service is helping about 350 others to develop project plans.

These experiences demonstrate the soundness of depending upon the local people themselves to do the needed conservation work on their own land. The national conservation agency, by working through local leadership, can help them to understand the need for conservation, and can provide needed technical services and other assistance. This is not the most dramatic way, but it is our experience that it is the most effective way to get enduring conservation on the ground.

## SELECTED REFERENCES

Further information about the topics discussed in the foregoing paper will be found in the following publications :

- ANDERSON, W. L., 1955, Making land produce useful wildlife (*U.S. Department of Agriculture, Farmers' But.*, 2035, 29 p., illus., Washington, D.C.).
- BENNETT, H. H., 1939, Soil Conservation (McGraw-Hill Book Co., New York, 993 p., illus.).
- GRAHAM, E. H., 1944, Natural principles of land use (Oxford Univ. Press, New York, 274 p., illus.).
- 1956, Wildlife habitat improved [*Soil Conservation*, 22 (4), 75-79, Washington, D.C.].
- KELLOGG, C. E., 1955, Soil surveys in modern farming [*Jour. Soil and Water Conservation*, 10 (6), 271-276, 299, Des Moines, Iowa].
- KLINGEBIEL, A. A., 1958, Soil survey interpretation — capability groupings [*Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 22 (2), 160-163, Madison, Wis.].

- PARKS, W. R., 1952, Soil conservation districts in action (Iowa State College Press, Ames, Iowa, 224 p., illus.).
- PRESTON, J. F., 1954, Developing farm woodlands (McGraw-Hill Book Co., New York, 386 p., illus.).
- SCHWENDIMAN, J. L., 1958, Testing new range forage plants [*Jour. Range Mgt.*, 11 (2), 71-76, Portland, Ore].
- SEMPLE, A. T., 1951, Improving the world's grasslands (Food and Agricultural Organization of the United Nations. *Agr. Studies*, No. 16, Rome and Washington, D.C, 147 p., illus.).
- STALLINGS, J. H., 1957, Soil conservation (Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J., 575 p., illus.).
- U. S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 1955, Water (*Yearbook of Agriculture 1955*. See esp. : « The law that puts responsibility at home », pp. 165-170; « Floods and a program to alleviate them », pp. 171-176; « The possibilities of land treatment and flood prevention », pp. 176-179).
- 1957, Soil (*Yearbook of Agriculture 1957*, Washington, D. C See esp. : « Erosion on cultivated land », pp. 290-306; « Stabilizing sand dunes », pp. 321-326; « The use of soil maps », pp. 400-411; « Soil management on ranges », pp. 633-642; « Shelterbelts and windbreaks », pp. 715-721).
- 1957, Soil Cons. Serv. (*Facts about the watershed protection and flood prevention act.*, USDA PA-298, Washington, D.C, 14 p.).
- VARIOUS AUTHORS, 1948, Soil Conservation, an international study (Food and Agricultural Organization of the United Nations. *Agr. Studies*, No. 4, Rome and Washington, D.C, 189 p., illus.).

### Summary

Vegetation is important not only to protect critical areas from erosion but for the protection of the entire landscape. For widespread use in soil conservation, vegetation must be productive as well as protective.

The U.S. Soil Conservation Service, by using a staff that integrates diverse sciences and technologies, is able to consider the landscape as a whole in planning and directing conservation work. Through this approach, vegetation is widely used in special ways on croplands, grazing lands, woodlands, and wildlife lands with economic profit to the land operator. Vegetation is also used as a structural material to protect localized areas from critical erosion hazards.

Technical procedures used by the Soil Conservation Service are based on the teamwork of technical specialists. A soil survey and land capability classification provide the basis for a basic conservation plan for each tract of land. The land operator makes and carries out this plan himself.

In the United States, the people on the land initiate and direct their own conservation programmes through locally-organized soil conservation districts and watershed projects. The Soil Conservation Service works through local leadership to provide needed technical services.

# L'UTILISATION DE LA VÉGÉTATION, ET PLUS SPÉCIALEMENT DES ARBRES, DANS LE CONTRÔLE DE L'ÉROSION AU RUANDA-URUNDI

PAR

Pol DONIS

Chef du Bureau des Eaux et Forêts f.f. au Ruanda-Urundi

La sylviculture ruandaise, dont le but principal est la reforestation d'un pays en grande partie déboisé, a comme soucis majeurs, outre de reboiser ses collines, de lutter contre le danger sans cesse croissant de l'érosion, phénomène qui joue un rôle primordial dans la dégradation du couvert végétal et la détérioration des terres. N'ayant pratiquement à sa disposition, du moins pour l'heure, que l'eucalyptus pour résoudre ces deux problèmes ardues, il appartient au forestier de juguler à l'aide de cette seule essence l'érosion, qu'elle soit superficielle, de ravinement ou bien encore éolienne, quoique cette dernière forme ne soit que très peu représentée dans ce pays.

Or, de par son port et la densité de son couvert — encore que ces caractéristiques soient essentiellement variables suivant l'espèce choisie ou le traitement appliqué — il semble que l'eucalyptus ne puisse assumer, avec suffisamment d'efficacité, le rôle de protection du terrain planté qui lui est ainsi dévolu.

Il faut savoir, en effet, que les sols mis à la disposition du sylviculteur pour y créer des reboisements sont réellement à vocation forestière, c'est-à-dire ne pouvant suffire, vu leur mauvaise qualité, ni à la culture, ni à la constitution de pâturages. La pierre en est le plus souvent l'élément dominant. Ils se présentent couramment sous la forme de terrains à forte ou très forte pente, recouverts d'une maigre végétation adventice et soumis directement à toutes les intempéries, notamment aux fortes pluies.

Il importe donc, non seulement de protéger ces sols, mais encore de les reconstituer en leur acquérant une stabilité et une couverture vivante qui leur rendront structure et humus, éléments indispensables pour qu'ils puissent retrouver une certaine fertilité.

C'est pourquoi, le forestier a jugé nécessaire d'imposer pour l'établissement de ses reboisements, un travail du sol poussé, pour pallier les déficiences parfois importantes du couvert de l'eucalyptus. L'eau étant quasiment le seul facteur d'érosion dans les régions qui



nous occupent, c'est contre ces éléments qu'il lui appartient de lutter avec toute la vigueur voulue. A cet effet, les chantiers de reboisement sont parcourus par un système relativement simple de fossés aveugles qui, creusés scrupuleusement suivant les courbes de niveau, sont destinés à recueillir les eaux qui dévalent des pentes. Ces fossés, distants en moyenne d'une quinzaine de mètres d'axe en axe suivant la ligne de plus grande pente — écartement variable avec l'importance de la déclivité — délimitent ainsi des bandes de terrains qui sont alors travaillées en s'inspirant de la méthode des labours de bande, méthode la plus communément employée ici. Les bandes, labourées à un intervalle de 2 m en général, ont une largeur de 70 cm et une profondeur de 50 cm. Elles sont également alignées sur des parallèles aux courbes de niveau et se présentent en terrasse avec inclinaison à contre-pente. Si le terrain est pierreux, les pierres sont extraites et sont disposées en muret de soutènement à la partie inférieure de la bande.

Des résultats acquis jusqu'à présent, il appert que la protection des terres réalisée suivant la méthode décrite ci-dessus — conjugaison de l'action protectrice de l'eucalyptus avec un travail approprié du sol — nous permet d'espérer en une lutte victorieuse contre ce fléau qu'est l'érosion.

# PROVISION OF VEGETATION TO PROVIDE LOCAL PROTECTION AGAINST WIND AND WATER EROSION OF SOIL

BY

MUNAWAR HUSSAIN

Corps of Engineers, Quetta, Pakistan

## INTRODUCTION.

Only in the past few years have the far-reaching effects of soil erosion and the problems arising from it received attention in various countries. Soil erosion is now regarded as a powerfully destructive phenomenon, which directly or indirectly is affecting the life of human beings. Besides the destruction and impoverishment of cultivable lands, soil erosion threatens irrigation development water supply and hydro-electric projects.

In Pakistan alone 77 % of the total area has been subjected to agents of erosion. In short, it indirectly hits the economy of a country.

As the matter now stands, control of erosion is the first and the most essential step in the control of land utilization.

This paper deals with the provision of vegetation to provide local protection against wind and water erosion. Owing to the vastness of the subject and the multitude of methods employed to check erosion, the scope of this paper is limited. Details have been omitted and only important aspects of soil erosion and its conservation have been touched.

The paper has been divided into the following parts :

- a) Causes of erosion;
- b) Principles of soil protection against water and wind erosion;
- c) Vegetative control of soil erosion by means of cultivated crops;
- d) Wind erosion;
- e) Soil conservation in Pakistan.

## **Causes of Erosion.**

Erosion is the general process by which all land surfaces are broken down, carried away and deposited in the ocean. This process is so slow that it can be observed in action only in exceptional instances,

yet in the course of geological periods, land has been repeatedly elevated and worn down. It is a world-wide process, for ever in operation and shaping the earth's surface.

Erosion occurs by one or more of the following processes :

*a) Weathering.* — The process by which the earth's crust is broken up so that it can be carried to the ocean;

*b) Transportation.* — By which weathered matter is carried. Wind and water are the main agents of transportation;

*c) Corrosion.* — The wear, tear and grinding of materials carried by wind and water;

*d) Deposition.* — Final laying down of the wind or stream loads.

We are only concerned with land, in plains or hilly areas, required for agricultural purposes. Erosion of these lands is caused mostly by wind and water in various quantities and velocities.

Soil completely covered with vegetation is in an ideal condition to absorb moisture and resist wind and water erosion, provided cover is continuous and the soil is well anchored with roots. Soil erosion is definitely connected with destruction of forests, ploughing of fields and overgrazing of pasture and ranges. While it is not possible to restore original vegetative conditions, efforts are being made to conserve land and water, as far as possible by nature's own methods of soil defense. This means the use of close-growing vegetation in connection with regular farm operations .

#### **Principles.**

The following principles govern the function of close-growing vegetation in effectively checking soil erosion :

*a) Impact.* — Close-growing vegetation serves to reduce, or eliminate entirely, direct impact of rain on the soil surface. Wherever a drop of rain strikes bare soil, particles are agitated and loosened, and the finer ones are taken into suspension. By sheltering the surface with dense top growth, soil wastage is controlled.

*b) Run-off.* — Speed of water flowing over a surface is checked by the numerous stems of a close vegetative cover and by the vegetal debris left on the surface. The reduction in speed of run-off decreases its capacity to pick and carry soil particles, while allowing more time for its penetration into the earth.

c) **Infiltration.** — An increase in organic soil matter by root growth, especially in the case of a permanent cover, improves the water-holding capacity of the soil and favours infiltration of water. Even vegetal debris, such as crop residue and straw, has an important place in checking both wind and water erosion, and increasing the water-holding capacity of soil.

These principles are basic, and underlie attempts to conserve soil and water by the use of close-growing vegetation. The particular methods used in a given situation will depend on :

- a) Local farm needs;
- b) Slope of ground;
- c) Type of soil;
- d) Physical condition of the soil;
- e) Adaptability of crop plant, and
- f) Need of vegetation to support engineering methods.

#### **Vegetative Control.**

12. Some vegetative methods of erosion control are suitable to all areas, while others are more useful to certain parts of the country. The principal methods by which vegetation is used to control water erosion of soil are :

- a) Crop rotation;
- b) Strip cropping;
- c) Seasonal cover crops, and
- d) Green manuring.

Let us discuss each method briefly.

#### **Crop Rotation.**

Crop rotation is defined as a regular succession of different crops on a single piece of land in a special order. Cultivated crops are commonly used with small grain, grass or legume or their mixture. Cultivated crops expose the soil to maximum erosion, while legume-grass crop effectively controls erosion.

Crops are rotated in order that soil productivity may be preserved and crop yield maintained. Crop rotation saves labour, helps to control weeds, insects and plant diseases, aids in maintaining organic soil matter and nitrogen and reduces soil erosion.

Crop rotations differ with soils, cropping systems of the area and economic conditions. However, a 3-year rotation of cultivated crops, small grains and grass or legume-grass may be taken as basic. The principles taken into consideration in soil-saving rotation are :

- a) To reduce the time land is occupied by a cultivated crop to its economic limit;
- b) To increase the period over which the land is covered by legume or grass, and
- c) To reduce soil tillage.

It has been proved from experiments on soils of different areas in varying conditions for a number of years that crop rotation :

- a) Saves soil;
- b) Maintains yield or output of crops;
- c) Helps to maintain organic matter and nitrogen in the soil.

#### **Strip Cropping.**

Water running down an even slope picks up speed and volume when its tributaries come together. The erosive capacity of run-off increases with the length and evenness or smoothness of the slope. The practice of strip-cropping, in fact, divides a long slope into a series of shorter ones. It is based on the principle that anything that checks the downhill speed of water will reduce its carrying capacity. Strips of close-growing crops planted across the slope will not only reduce run-off and soil loss on that part of field, but will act to desilt the water flowing through them from cultivated fields.

Strip cropping, then, is a system under which ordinary farm crops are planted in relatively narrow strips across the land slope and so arranged that the strips of non-erosion-resistant crops are separated by the strips of close-growing erosion-resisting crops. The most important of strip-cropping practices in controlling erosion is contour strip-cropping. In this the strips are planted on contours perpendicular to the natural direction of slope. The object is to interrupt the flow of water downhill so that it will travel slowly across the slope and penetrate the soil. Contour strip-cropping with terracing has proved to be the most practical means for conserving soil from water erosion on a vast area of cultivated land.

#### **Seasonal Cover Crops.**

Seasonal cover crops are very important for erosion control. Their main object is to absorb plant nutrients, which are otherwise

lost by leaching and thus aid in their preservation for subsequent crops. Thus, when cultivated crops are not present in the fields, cover crops such as grass, green manure crops, grains and catch crops of various kinds are grown in order to expose minimum soil to erosion.

Cover crops not only protect soil from erosion and provide nitrates, but also add organic matter useful for subsequent crops. This organic matter is mostly obtained from the decayed roots of cover crops. It is the storehouse of nitrates as well as having a mechanical effect on soil. Soil rich in organic matter absorbs rain water readily and thus helps soil and water conservation. Experiments at the New Jersey agricultural experiment station have shown that when land is left under grass for two years, the amount of organic matter in the soil is actually increased by about 1,300 pounds per acre. Grass is not only the best possible cover against water and wind erosion, but one of the best crops where an increase of soil organic matter is desired.

#### **Green Manuring.**

Green manuring is the practice of turning under plant material to improve the soil. Red clover, sweet clover, and alfalfa are excellent green manuring crops. These crops maintain the organic supply of the soil as well as prevent it from erosion.

#### **Crop Residue.**

Crop residues are parts of crops left in fields after harvest. Corn, cotton, tobacco stalks, small grain stubble, scattered wheat straws and the refuse from plants are examples of crop residue. The residue, when partly buried in earth and partly protruding outside, reduces the soil erosion by wind and water.

#### **Vegetative Control of Gulleys.**

Gulleys begin to appear where run-off from various small waterways join to form one channel. Land in contact with the fast moving stream of water is eroded and develops into deep, wide gaps if unchecked. The best method of gully prevention is by providing permanent covers all along its slopes by contour cultivation, crop rotation, strip-cropping or water diversion. Brushwood straw, logs, loose rock or sod dams are helpful in checking run-off and collecting silt favourable for plant growth and erosion control.

### **Vegetated Waterways.**

Waterways are channels to carry run-off from fields at higher levels to those at lower levels. These may be artificial or natural, and must be protected by vegetation or masonry lining to prevent conversion into gulleys. Grass or grass-legume mixtures provide good cover to check erosion. Seedings should extend beyond channel shoulders to prevent scouring and under-cutting.

### **Wind Erosion.**

Wind erosion is common in semi-arid and arid regions. Once top vegetation or cover crop is denuded by erosive agents like grazing of sheep and goats, lack of rainfall, micro-organisms and animal life, wind at high velocities disturbs the small loose particles of topsoil. Thus, effectiveness of wind causing erosion is dependent on :

- a) Its velocity;
- b) Amount of turbulence, and
- c) Degree to which soil is protected.

In arid regions, inadequate plant cover gives in sufficient protection to the soil, whereas in semi-arid lands the damage is largely done by cattle grazing. The difficulties of combating wind erosion are great since it is very difficult to provide effective protective vegetative cover.

### **Protective Measures.**

Following are some of the measures resorted to for checking wind erosion :

a) *Hedges.* — Strips 250 to 330 feet wide are planted with corn. Unworked strips are left in between. All the strips are planted perpendicular to wind direction. Thus wind blowing is checked and erosion reduced.

b) *Disks.* — The disks are set straight to force grain stubble or crop residue into the loose soil.

c) *Earth Banks.* — Earth banks are raised to save plantations from the erosive effects of high speed winds.

d) *Shell er Belts.* — Are also provided to achieve the same result.

e) *Cover Crops.* — Occasionally, wheat, oats and rye are planted between the rows. In some places Bermuda grass is allowed to grow for checking wind erosion.

It will be seen that all methods of protection from water erosion also provide protection from wind erosion.

### **Soil Conservation in Pakistan.**

Having discussed causes, effects and remedies of water and wind erosion of soil in general, we now come to the last phase of this paper, that is, soil erosion and its conservation in Pakistan. A study of an atlas will show that Pakistan has two wings; East Pakistan, formerly known as Bengal and West Pakistan, now constituting the former provinces of Punjab, Sind, Frontier and Baluchistan.

#### **East Pakistan.**

Due to its humid climate and its situation in a monsoon region, natural vegetation is plentiful in East Pakistan. This affords local protection of soil against water erosion. And there is no problem of wind erosion. Removal of green cover from hill sides for cultivation of crops exposes soil to erosion in some places. Moreover erosion of river banks during monsoons is also noticeable. But the cumulative effect to erosion does not cause alarm at present.

#### **West Pakistan.**

West Pakistan is mostly an arid region. Rainfall is scarce and ranges between 5 inches in the western parts to 20 inches in eastern and northern regions. The climatic conditions are not favourable for natural growth in abundance. Natural vegetation where present, if once destroyed, is very difficult to re-established. Therefore, the soil is easy prey to erosive agents with the result that a major portion of West Pakistan is lying waste.

#### **Statistics.**

Statistical figures of areas under civilization and those lying waste due to erosion will support the statements quoted above. Out of the total area of 231 million acres, statistics regarding 127 million acres of land are available. The remaining 104 million acres comprise Baluchistan, its States, Tribal areas and Frontier States. Hardly 5 per cent of these regions is cultivated. The remaining 95 per cent is used for sheep and goat pasture and is being denuded of all natural vegetation. Being arid, of dry climate and hilly, this area is constantly being subjected to serious erosive processes.



37 million acres of cultivated land comprising East Pakistan is safe from large-scale erosion except on hill slopes and river banks. Out of 93 million acres of West Pakistan, 10 million acres of cultivated land is free from erosion. Remaining 74 million acres of land are subject to water and wind erosion to varying extents. In short, it is estimated that 178 million acres of our land are being exposed to agents of erosion, in other words, nearly 77 per cent of the total land area of Pakistan.

#### CONCLUSION.

It is evident from the foregoing statistics and statements that erosion control is a national problem for Pakistan and we cannot afford to sleep over the alarming situation any longer. In fact, efforts are being made by the Central Soil Conservation Organization of Pakistan towards achieving a solution of this problem. This organization is employing methods of soil conservation and erosion control described earlier in this paper.

It is hoped that the day is not far off when cultivators of this country will come forward to join hands with this organization to bring about effective erosion control and soil conservation.

# CONTROL OF EROSION BY VEGETATION ON LOCAL AREAS

BY

HERBERT C. STOREY

Director, Division of Watershed Management Research, Forest Service,  
U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C.

Forest and range watersheds that are characterized by frequent flood flows and excessive sediment production often are found to contain comparatively small areas from which the protective vegetation has been removed by overgrazing, fire, too-heavy timber cutting, or careless removal of timber. Such de-vegetated areas, if they occur on unstable soils, soon become the sources of flood run-off and accelerated erosion and thereby completely change the natural regimen of the watershed within which they occur.

Investigations at a number of locations in the United States have shown that rehabilitation and stabilization of these small flood-source areas will effectively reduce the frequency and severity of floods and sedimentation from the watersheds they are in. It has also been found that the most effective and permanent measure for reducing storm run-off and erosion is re-establishment of a protective vegetative cover. Often these watershed « sore-spots » will not heal naturally within a reasonable time even though the causative destructive practices are discontinued. In such cases it has been determined that the rehabilitation process may be greatly expedited by seeding or planting species that are capable of becoming rapidly established, particularly on inhospitable sites; provide a good soil cover; and have root systems that occupy a large part of the soil. In some instances it may be necessary to precede or supplement planting by mechanical measures such as smoothing of gully side-slopes, contour trenching, or similar means. These supplementary measures are intended to assist the vegetation in becoming established and in the long run the vegetative cover is the permanent corrective factor.

The following examples are presented to illustrate the use of vegetation for erosion control on local areas in a number of different situations on forest and range areas in the United States. Although the cases cited include a variety of climates, soils, vegetation, and causes that started the accelerated erosion, they also have several features in common. In each instance : the erosion problem started when bare mineral soil became exposed, the erosion problem was

corrected by establishment of a protective vegetative cover, the erosion problem was characterized by comparatively small areas of concentrated excessive erosion, the storm run-off and sediment production of entire watersheds were greatly influenced by these erosion « sore-spots ».

Eight to 15 miles (12.8-24.1 km) north of Salt Lake City, Utah, the Wasatch Mountains rise very abruptly from the edge of the Great Salt Lake Valley, starting at about 4,400 feet (1,340 m) above sea level and rising within 4 miles (6.4 km) to elevations ranging from 8,500 to 9,000 feet (2,591-2,743 m). This steep mountain front is broken up into a series of small watersheds ranging in area from 1 ½ to 10 square miles (388-2,591 ha).

The climate of the area is characterized by frequent violent summer rains, reaching intensities at times of nearly 7 inches (178 mm) per hour for 5-minute periods.

Permanent settlement of the valley land at the foot of the mountains started with the establishment of irrigated agriculture in 1847. Since then, valley lands have become wealth-producing orchards and fields, towns and cities have sprung up, and industries have been established. All of this was made possible by water from the mountain streams. Among the uses to which the mountain lands were put for man's benefit was livestock grazing.

At the time of the first settlement and for a number of years thereafter the mountain streams rose to sustained moderate heights in the spring during snowmelt and also rose to similar stages for brief periods following summer rains. Storm flows were delivered usefully and safely; the plant and soil mantle on the watershed slopes was able to cushion, absorb, and slowly release water from both melted snow and summer downpours.

A radical change in stream behaviour took place on many watersheds some years after settlement of the valley. Instead of moderate rise in Streamflow, great floods of debris-laden water burst upon the valley lands. Lives were lost, property was damaged, land was ruined, and communities were disrupted.

Investigations revealed that the floods could be traced to a number of comparatively small source-areas which had been denuded by over-grazing and fire. In total these source-areas made up only an average of 10 per cent of the area of the watersheds upon which they occurred.

A programme of rehabilitation, based upon research, was applied to the flood-source areas. Grazing was excluded; fire protection was intensified. Beginning on the upper slopes of each area contour trenches were installed at intervals of about 25 feet (7.6 m), each trench large enough to hold 1.5 inches (38.1 mm) of run-off from the

area between it and the next higher trench. These trenches were to serve several purposes : (1) To break up the established gully system; (2) to impound rain and thereby keep storm run-off out of the channels; and (3) to create favourable soil-moisture conditions for the re-establishment of a plant cover. All of the areas were sown with a mixture of perennial grasses. The grasses soon provided a protective cover to the soil, and within a few years native shrubs and herbs started moving back into the recovering areas.

The effect of the rehabilitation programme on Streamflow and sediment yield has been striking. A number of high-intensity rainstorms have occurred since the watershed « sore-spots » have been cured. These storms would have produced destructive mud-rock flood flows before the rehabilitation programme, and yet streams responded with only moderate rises with little sediment, and no damage occurred to the lands and settlements below.

In the piedmont area of the south-eastern United States long-continued destructive exploitation of the land for agriculture has resulted in severe erosion of topsoil, formation of numerous gullies, some very deep and extensive, and extreme deterioration of the hydrologic and productive capacity of the soil. Although many areas have revegetated naturally and are well along towards rehabilitation, other localized areas with concentrations of gullies remain virtually barren and contribute large quantities of storm run-off and sediment to the rivers that head up in the forested mountains to the west and flow through the piedmont en route to the Atlantic Ocean.

Recent results of studies in this area show that many of these continually eroding areas may be rapidly healed by a combination of mechanical means and planting. An 11-acre (4.45 ha) watershed containing 4 acres (1.6 ha) of barren, eroding soil cut by a network of relatively shallow gullies was treated in 1955. The gullied area was smoothed with a tractor equipped with a dozer-blade, then fertilized and planted with *Lespedeza cuneata* (*sericea*) and *Crotalaria* spp. Within a year the planted species had formed a good protective covering over the formerly barren soil. Measurements showed erosion rates were reduced (49 per cent in total quantity and 74 per cent in peak discharge) and spread over a longer period of time.

Two other somewhat different types of situations warrant discussion : bare soil in road-fills in mountainous terrain, and areas denuded by smelter fumes. Road construction, particularly in steep mountain country, usually results in the formation of many long slopes of loose erodible material. These fill-slopes will soon become areas of concentrated erosion unless special preventive measures are taken. In

some parts of the United States, particularly the more humid regions, erosion from road slopes has been effectively controlled by sowing grass together with covering the surface with a straw mulch. Equipment has been developed that will simultaneously apply fertilizer, seed and mulch to roadside areas.

In some of the steeper and more arid parts of the country revegetation of road slopes must be aided by mechanical measures. A highly successful method has been developed through research. The slopes are first smoothed by hand and then treated by « contour wattling ». The wattling found most effective consists of packing lengths of brush into continuous thick « cables » partially buried across the slope at regular contour intervals (about 1 metre) and supported on the lower side by stakes. Stakes may be made of inert material, such as split lumber, or preferably, in the proper seasons, of living wood of species which root readily from such cuttings. Various climatically adapted species of *Salix* or *Baccharis* have proven most satisfactory for this use in the State of California. Spaces between wattles are seeded to some quick-growing cover plants with fibrous roots. In California the most successful plants have been winter varieties of cereal grains. Once the slopes have been stabilized suitable native plants may be planted to establish a permanent vegetative cover in harmony with the surroundings and suited to the local climate and soil.

Areas denuded by noxious gases from ore-smelting plants may not be very widespread; and now in most parts of the United States laws forbid the release of such noxious gases into the atmosphere. But, many areas that have been denuded in the past have not revegetated naturally and now constitute zones of concentrated erosion. Studies in California have shown that such areas may be effectively healed largely by close-planting of suitable species of *Pinus*. These plantings should be supplemented by planting willows (*Salix* spp.) in the gullies, and plugging the gullies with small check-dams made of material at hand.

These few examples illustrate the use of vegetation to control erosion on local areas under a variety of soil, climate and types of topography. They show that although supplementary measures may be needed initially, permanent erosion control is best attained through establishment of a permanent vegetative cover.

It should be pointed out that the type and intensity of use following rehabilitation of these areas should be very carefully controlled to insure the permanence of the remedial work.

Although such remedial measures are necessary to heal these « sore-spots » on the landscape, they are usually expensive and the wisest practice is to so use the land as to prevent the development of such situations. As in medicine, prevention is cheaper than cure.

#### **Summary.**

Flood flow and sediment yield characteristics of watersheds may frequently be traced to comparatively small areas where protective vegetation cover has been removed by repeated wild fires, or poor and improper land-use practices. Several examples are given of effective stabilization of these flood-source areas by establishment of a plant cover. Although certain mechanical measures may be required to precede or supplement revegetation, it is pointed out that permanent stabilization is brought about by establishment and maintenance of an adequate vegetative cover.

# PROTECTION CONTRE L'ÉROSION HYDROLOGIQUE ASSURÉE PAR DIVERSES CULTURES EN GUINÉE FORESTIÈRE

PAR

P. BONNET

et

P. VIDAL

Chef de la Division des  
Recherches Agronomiques

Chef du Laboratoire  
d'Agrologie

Secteur Expérimental d'Exploitation agricole et industrielle du quinquina,  
Sérédou, Guinée française (A.O.F.)

Nous nous proposons de rapporter ici des observations effectuées en Guinée Forestière (A.O.F.) au cours d'une expérimentation mise en place par la Station de Sérédou avec l'aide du Bureau des Sols de l'A.O.F. et qui a pour but de déterminer les dommages causés au sol par l'érosion lorsqu'on remplace le milieu forestier naturel par des cultures arbustives ou vivrières. Il est évident que le problème général de l'utilisation de la végétation dans la lutte contre l'érosion est envisagé ici dans un cas très particulier, celui où la végétation est constituée par les plantes cultivées expérimentées.

Pendant, si l'on considère que les défrichements pour l'extension des cultures sont, dans les régions tropicales, une des principales causes de l'aggravation de l'érosion, il semble intéressant de préciser le degré de protection que l'on peut attendre de différentes couvertures végétales assurées par quelques plantes cultivées.

Une distinction classique est faite du point de vue de la protection du sol entre cultures ouvertes (ex. : plantes sarclées) et cultures fermées (ex. : céréales). En fait, tous les degrés peuvent être observés dans la protection du sol, conditionnée par la densité du couvert, le type de l'enracinement, les façons culturales, la correspondance entre les bases du cycle cultural et la répartition des pluies (1). La plante cultivée ne doit pas être considérée seule, mais dans le complexe sol — façons culturales — plantes, chacun des facteurs du complexe réagissant sur les autres et influençant en définitive l'opposition à l'érosion de telle ou telle culture.

On admet que le couvert forestier assure la meilleure protection, suivi par la couverture permanente (pâturages, cultures arbustives). Classiquement on réserve aux cultures vivrières les terrains les moins

érodibles. Une opinion très répandue tient la culture du riz de montagne responsable pour une bonne part de la dégradation des régions forestières de nos pays, cette culture étant effectuée trop souvent sur des terrains à forte pente.

TABLEAU I.  
Pluviométrie moyenne à Sérédou.

Mois	Poste 5 (alt. 1.050 m) (10 ans)		Sérédou-Plaine (alt. 550 m) (6 ans)	
	Hauteur mm	Nombre de jours de pluie	Hauteur mm	Nombre de jours de pluie
Janvier . . . . .	16,4	1	10,9	1
Février . . . . .	63,7	5	84,1	6
Mars . . . . .	139,8	12	148,4	13
Avril . . . . .	161,1	13	110,1	12
Mai . . . . .	213,7	15	236,7	20
Juin . . . . .	285,3	18	289,2	18
Juillet . . . . .	372,7	24	278,3	22
Août . . . . .	600,1	27	393,5	26
Septembre . . . . .	426,4	24	411,7	25
Octobre . . . . .	267,4	22	262,8	22
Novembre . . . . .	143,7	13	143,8	14
Décembre . . . . .	43,1	3	62,0	5
	<u>2.733,4</u>	<u>177</u>	<u>2.431,5</u>	<u>184</u>

**Description du milieu et du dispositif expérimental.**

La Guinée Forestière est une région montagneuse de 500 à 1.000 m d'altitude en moyenne, formée d'un assemblage confus de collines à fortes pentes séparées par des dépressions d'importance très variable où circulent les eaux de drainage. Les sols latéritiques sont formés sur granites, plus rarement sur dolérites.



TABLEAU II.

Répartition des pluies en 1957.

	0-10		10-20		20-30		30-40	
Janvier . . . . .	—		—		—		—	
Février . . . . .	1	4,8	2	24,0	—		—	
Mars . . . . .	8	45,5	3	51,0	—		—	
Avril . . . . .	10	36,2	6	96,2	2	43,7	—	
Mai . . . . .	10	29,1	8	120,8	3	72,3	—	
Juin . . . . .	15	63,9	6	80,2	—		—	
Juillet . . . . .	22	79,2	6	83,7	1	26,5	1	33,9
Août . . . . .	25	98,4	6	79,1	3	65,2	1	39,3
Septembre . . . . .	18	68,7	10	132,0	3	78,9	1	31,7
Octobre . . . . .	16	57,9	7	95,2	2	48,1	2	67,1
Novembre . . . . .	19	73,2	3	33,9	4	90,8	—	
Décembre . . . . .	2	10,9	1	19,0	1	28,8	—	
Totaux . . . . .	146	567,8	58	815,1	19	454,3	5	177,0
% des chutes de pluie . . . . .	21,50		30,86		17,20		6,51	
Cumulés . . . . .	21,5		52,3		69,5		76,1	

Note. — Le 1<sup>er</sup> chiffre indique le nombre de précipitations, le 2<sup>e</sup> chiffre la hauteur

TABLEAU II.

— Sérédou poste 4 (alt. 850 m).

40-50	50-60	60-70	70-80	Nombre de jours de pluie	Hauteur mm
1 46,1	—	—	—	1	46,1
—	—	—	—	3	28,8
—	—	—	—	11	96,5
—	1 55,6	—	—	16	231,7
—	—	—	—	18	222,2
3 130,9	—	—	—	20	275,0
—	—	—	—	24	223,3
1 45,8	1 52,5	1 67,7	—	30	448,0
1 47,9	—	1 62,4	1 77,6	26	499,2
—	—	—	—	23	268,2
1 45,0	—	—	—	21	252,9
—	—	—	—	4	58,7
<u>7 269,6</u>	<u>2 108,1</u>	<u>2 130,1</u>	<u>1 77,6</u>	<u>197</u>	<u>2.640,7</u>
11,90	4,09	4,92	2,93		
87,9	92,0	96,9	100,0		

d'eau correspondante.

Le climat correspond au climat guinéen forestier d'Aubreville (sous-climats tomien et kissien). Les formations végétales sont la forêt mésophile et les savanes arborées du district préforestier.

Le tableau I montre la répartition des pluies dans l'année pour deux stations d'altitude différente.

Dans le tableau II, nous avons reporté la répartition des précipitations relevées avec un pluviographe installé sur les parcelles de mesure de l'érosion pour l'année 1957, qui est une année moyenne. On voit que le nombre des précipitations est élevé : 240. Mais si la lame d'eau tombée est importante (2.640,7 mm), la répartition des pluies semble favorable à la conservation du sol.

En effet, 235 précipitations sur 240 sont inférieures à 50 mm et représentent 87,9 % de l'eau tombée. Les très fortes pluies sont donc exceptionnelles, mais redoutables car elles se produisent en fin d'hivernage, à un moment où le sol est déjà gorgé d'eau. C'est en outre à cette époque que l'on note les vitesses de chute de pluie les plus fortes de l'année. Citons en novembre 1957 20 mm en 15 minutes à deux reprises. Les pluies les plus intenses sont en général de 1 mm à la minute. A noter encore les chutes de 56 mm en 3 h 15 (25 août 1957), 57 mm en 4 h (23 septembre 1957), 51 mm en 1 h 40 (29 septembre 1957), 43 mm en 1 h 15 (21 novembre 1957). Toutes ces observations ont été effectuées pour les parcelles de mesure de l'érosion situées à Sérédou, dans la zone forestière et mises en service en juin 1955.

Une autre parcelle de mesure a été installée au Secteur Pilote de Conservation et d'Utilisation des Sols du Milo dans la zone préforestière (altitude 950 m). Les observations n'ont commencé qu'en juillet 1957 et n'ont pu être parfaitement effectuées. Nous pouvons dire cependant que, pour les mois de juillet à décembre, la hauteur d'eau a été de 1.254,2 mm au Milo contre 1.740,4 mm à Sérédou. Par ailleurs la répartition des pluies selon l'importance des précipitations est assez voisine pour les deux stations. On note cependant que les pluies ont un caractère plus brutal au Milo puisqu'on observe le 24 août 1957 50 mm en 30 minutes et 70 mm en 1 h, ce qui occasionne une crue exceptionnelle de l'émissaire du bassin versant observé. A signaler encore une précipitation de 36 mm en 1 h qui déclenche une crue non exceptionnelle, mais pour laquelle on observe sur la parcelle de mesure un ruissellement supérieur à 80 %.

En résumé, si la répartition générale des pluies dans l'année est relativement favorable à la conservation du sol, il existe quelques précipitations qui, survenant en fin d'hivernage, sont susceptibles de causer de gros dégâts par érosion mécanique du sol.

Le dispositif expérimental de Sérédou comporte 6 parcelles de 30 m de longueur et 10 m de largeur installées sur une pente régulière de 20 à 30 %. Les eaux de ruissellement sont recueillies dans des cuves dont l'installation est directement inspirée des réalisations des stations de recherches des U.S.A. (2, 3). Nous sommes partis du milieu forestier typique de la région auquel nous avons substitué, après défrichement, diverses cultures dont nous allons étudier le rôle protecteur vis-à-vis de l'érosion hydrologique du sol.

Les parcelles 1 et 5 portent une culture arbustive (quinquina), les parcelles 3 et 4 et la parcelle du Milo portent des cultures vivrières.

Parcelle 1. — Quinquina (*Cinchona ledgeriana*) avec dispositif antiérosion dit *fossés isohypses cloisonnés*. Les quinquina sont plantés en lignes horizontales jumelées à 0,8 m sur la ligne, les lignes étant alternativement à 1 m et 1,5 m. Chaque ligne de quinquina est défoncée par un labour à la main de 0,5 × 0,5 m. Dans chaque interligne de 1,5 m il y a une ligne de fossés de 0,3 × 0,3 m de section, interrompus tous les 2 m par une cloison de 0,2 m. Pour un hectare, la capacité des fossés est telle qu'elle retient, en supposant une infiltration de 40 %, toutes les chutes de pluie jusqu'à 60 mm soit 92 % du volume total d'eau tombée.

Parcelle 5. — Quinquina à 1 m × 1 m *sans dispositif anti-érosion*, mais avec défoncement comme ci-dessus (parcelle témoin). Pour ces deux parcelles semis de Calopogonium en poquets dès la mise en culture.

Parcelle 3. — Culture de riz de montagne selon les méthodes traditionnelles des paysans de Guinée Forestière : abattage de la forêt en saison sèche, incinération de la végétation, labour très léger avec petite houe, après semis du riz à l'établissement des pluies (densité de semis : 80-100 kg/ha), sarclages manuels.

Parcelle 4. — Culture de *riz de montagne* comme ci-dessus. Mais on y avait installé deux fossés horizontaux à 10 m d'intervalle, destinés à limiter l'érosion et disposés à peu près selon la formule de Ramser pour une pente de 25 %.

Toutes ces parcelles ont été mises en service en juin 1955.

Parcelle du Milo. — Elle a été installée en juillet 1957 sur un sol de savane à *Hyparhenia rufa* et *Rottboellia exaltata*, défriché et préparé par des labours à la Rome Plow. Elle mesure 70 m de long et 6 m de large, sur une pente de 6 %. Un semis de riz de montagne (100 kg/ha) y a été effectué en juin. Sarclages manuels.

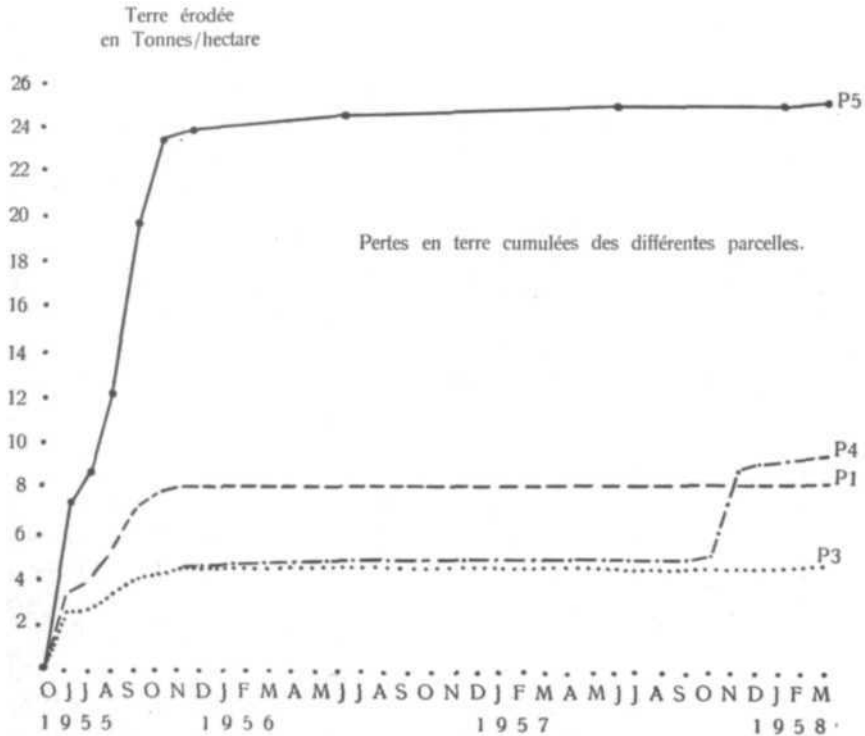
TABLEAU III.

Ruissellement et perte en terre cumulés depuis la mise en service des parcelles de mesure de l'érosion.

	P. 1		P. 3		P. 4		P. 5		Secteur Pilote MILO				
	Hauteur pluie tombée mm non cumulée	Ruissellement %	Terre érodée t/ha	Ruissellement %	Terre érodée t/ha	Ruissellement %	Terre érodée t/ha	Ruissellement %	Terre érodée t/ha	Date	Pluie non cumulée	Ruissellement la	Érosion t/ha
Juin 1955	379,8	5,58	3,75	2,69	2,73	2,93	2,43	6,96	7,63	Juillet 1957	224,5	6,07	0,051
Juillet 1955	130,5	4,55	3,91	2,56	2,88	2,74	2,56	6,72	8,50	août 1957	326,6	10,45	0,395
août 1955	666,3	3,94	4,71	2,56	3,38	2,58	3,07	6,30	12,23				
Sept. 1955	452,8	4,98	6,94	3,31	3,99	3,42	3,82	7,55	19,45	Sept. 1957	392,3	10,36	0,616
Oct. 1955	360,7	5,08	8,00	3,36	4,23	3,52	4,22	8,33	23,45				
Nov. 1955	97,0	4,89	8,13	3,31	4,29	3,46	4,28	8,27	23,92	Nov. 1957	269,2	12,01	0,787
Juin 1956	934,1	3,78	8,32	2,75	4,48	3,02	4,57	6,42	24,50				
Juin 1957	2.311,9	2,91	8,40	2,27	4,70	2,70	5,11	4,55	25,01				
Sept. 1957	823,0	2,50	8,41	2,02	4,71	2,43	5,13	4,04	25,02				
Oct. 1957	546,7	2,42	8,45	1,92	4,76	2,31	5,14	3,80	25,03				
Nov. 1957	269,0	2,35	8,46	1,87	4,77	2,79	9,06	3,70	25,03				
Déc. 1957	70,2	2,34	8,46	1,86	4,77	3,00	9,22	3,67	25,04				
Mars 1958	192,5	2,29	8,53	1,83	4,99	2,95	9,61	3,59	25,22				

### Résultats observés.

Nous avons reporté dans le tableau III les chiffres observés sur les parcelles décrites concernant le ruissellement exprimé en pourcentage de l'eau tombée et l'érosion exprimée en tonnes de débit solide sec par hectare, en les cumulant à chaque date depuis la mise en service du dispositif. Ces résultats ont permis de construire le graphique I.



On voit de suite qu'un certain arrachement se produit dès la mise en culture et que l'érosion observée varie avec les plantes cultivées.

Pour les *cultures arbustives*, après les 6-7 mois suivant la mise en culture, les pertes en terre se stabilisent et ne sont plus affectées par le régime des pluies. De décembre 1955 à mars 1958 (27 mois et deux saisons des pluies), on observe une perte en terre de 0,4 t/ha pour P.1 et de 1,3 t/ha pour P.5 (contre 8 t/ha et 23 t/ha dans la phase initiale de la culture).

Ces chiffres sont très faibles, si l'on considère comme admissible une érosion de 10 t/ha/an environ. *Donc, une fois installées, les*

*cultures arbustives sont bien protectrices du sol.* Mais la différence entre les courbes de P.1 et de P.5 montre également qu'un arrachement important (25 t/ha) peut se produire dans la phase initiale si aucune précaution contre l'érosion n'est prise.

L'efficacité des fossés isohypes cloisonnés installés dans P.1 est démontrée par la réduction des % des pertes en terre de P.5.

Les courbes des *cultures de riz de montagne* (P.3 et P.4) peuvent être considérées comme identiques jusqu'en octobre 1957. Comme pour la culture arbustive, nous constatons une stabilisation de l'arrachement après les six mois de la mise en culture. De 4,5 t/ha de terre érodée dans la phase initiale, les pertes tombent à moins d'une tonne par hectare dans les 22 mois suivants, malgré deux cultures de saison des pluies. En effet, après le premier riz dont le cycle cultural débute avec la mise en route de l'expérience, on a cultivé en juin 1956 un deuxième riz dans les mêmes conditions. Les fossés de P.4 s'étant révélés inutiles, on les a comblés en saison sèche 1956. En juillet 1957, on a fait sur les deux parcelles une culture de Niébé (*Vigna catjang*).

Il est intéressant de comparer les courbes des cultures vivrières et arbustives qui ont la même allure. Cependant le riz pluvial se stabilise à un arrachement total inférieur de plus de 40 % à celui de la culture arbustive protégée (5 t/ha contre 8,5 t/ha). La différence d'érosion constatée doit être rapportée à un rôle protecteur du riz dû à sa croissance rapide, à la densité du couvert formé, à son système racinaire fasciculé. Cependant, à l'installation des cultures, le riz, pendant quinze jours, n'exerce qu'un rôle protecteur très limité, et l'érosion est dès le début supérieure dans les parcelles en quinquina. Nous sommes donc amenés à penser que le travail du sol exigé par la culture arbustive (défoncement) doit être responsable de la majeure partie des départs de terre initiaux.

Ce point de vue est corroboré par l'observation de la « façon culturale » traditionnelle du riz pluvial : il s'agit d'un léger grattage respectant intégralement la structure de la couche superficielle du sol qui, sur ce défrichement forestier, est protégée par des débris végétaux à demi décomposés très abondants. Le ruissellement, inférieur à 3 %, renforce encore cette observation qui est confirmée par les cultures suivantes.

En octobre 1957, nous avons, après la succession riz-riz-niébé, installé les plantes à tubercules qui traditionnellement terminent la succession culturale. P.3 a reçu du manioc à plat et P.4 des patates sur buttes. Immédiatement on observe sur P.4 une nouvelle érosion accélérée qui double les départs initiaux, alors que P.3 conserve la même allure. Il semble donc bien que l'on doive ici rapporter au bouleversement subi par le sol lors de sa préparation, proprement négli-

geable dans le cas du riz et du manioc à plat, par contre considérable dans le cas des quinquina (50 % de la surface défoncée) et des buttes de patates, les différences constatées dans le taux d'érosion.

Les résultats observés dans la parcelle du Secteur Pilote du Milo pour la première culture de riz de montagne figurent également dans le tableau III. Comme nous l'avons dit plus haut, les observations ne purent être effectuées parfaitement pour des raisons matérielles. En particulier les chiffres de ruissellement reportés sont certainement inférieurs à la réalité (3 fois les cuves de réception ont débordé). En ce qui concerne le taux d'érosion, il ne semble pas y avoir de cause d'erreur aussi importante que pour le ruissellement. On peut donc, sous réserve de confirmations ultérieures, tenir pour suffisamment approché l'arrachement observé de 0,8 t/ha pour cette première campagne culturale. Ce chiffre est particulièrement faible, compte tenu de la longueur de la parcelle (70 m), de la pente (6 %) et de la préparation mécanisée du sol. Il a été observé de façon certaine un ruissellement supérieur à 80 % une fois, et probablement trois fois. Dans ces conditions, il faut attribuer au riz un rôle protecteur très efficace, mais qui demande à être confirmé.

#### CONCLUSION.

Dans le cadre de cette expérimentation (sol forestier, pente de 30 %, longueur d'érosion de 30 m) on peut avancer :

1° Quand on remplace le milieu forestier naturel par des cultures arbustives ou vivrières, on constate une *phase initiale* de 6-7 mois où les pertes cumulées en terre par érosion hydrologique augmentent plus ou moins rapidement, à laquelle succède une *phase de stabilisation* où les pertes en terre sont pratiquement négligeables.

2° Les pertes en terre varient avec les cultures.

3° Le mode de préparation du sol semble influencer aussi fortement les pertes par érosion que la protection apportée par les plantes cultivées.

4° Dans le cas d'une pente faible, le riz pluvial semble jouer un rôle protecteur très efficace.

5° Il semble possible d'effectuer les cultures vivrières traditionnelles dans d'excellentes conditions de résistance à l'érosion (riz de montagne, plantes à tubercules, niébé) même sur de très fortes pentes à condition de *limiter la longueur de la pente* et de ne pas bouleverser la structure superficielle du sol (proscription des cultures buttées).



Il semble également possible de généraliser la culture attelée sur les sols de pente inférieure à 6 % en limitant la longueur de pente à 70 m, ce qui donne des possibilités considérables.

On peut rapprocher les chiffres obtenus de ceux observés dans différentes stations de l'A.O.F. et de Madagascar (cf. tabl. IV).

TABLEAU IV.

Station	Parcelle (longueur, pente)			Érosion en t/ha	Ruissel- lement
Kankan	Riz	50 m	3,5 %	1,722	—
Kankan	Riz	20 m	3,5 %	2,196	—
Sefa	Riz	40 m	2 %	6,950	22,4 %
Sefa	Riz	40 m	2 %	9,750	25,3 %
Sefa	Riz	50 m	1,5 %	9,540	20,5 %
Sefa	Riz	50 m	1,2 %	6,440	21,5 %
Kindia	Ananas	14 m	6 %	2,060	—
Adiopodoumé	Ananas	15 m	7 %	15,102	—
Lac Alaotra	Engrais vert	15 m	6 %	12,500	—
Sérédou	Riz	30 m	25 %	4-5	3 %
Milo	Riz	70 m	6 %	0,800	12 %

Nos résultats, tout en étant comparables aux autres (partout les arrachements avec le riz sont inférieurs à 10 t/ha), sont cependant bien plus favorables à la conservation du sol, surtout eu égard à l'importance de la pente.

Il faut alors faire intervenir les caractéristiques intrinsèques du troisième facteur du complexe cultural envisagé au début de cette étude : *le sol*. Nous n'avons malheureusement pu encore établir les constantes physico-chimiques et étudier la stabilité de structure des sols des parcelles expérimentales. Mais il est certain que, par les caractéristiques favorables de leur complexe argilo-humique et de leur structure, ces sols forestiers et préforestiers doués d'une grande perméabilité présentent un pouvoir<sup>1</sup> très élevé de résistance à l'érosion. Nous

nous permettons de citer à ce propos I. C. LECLERC disant que « ... dans la zone guinéenne ... les eaux courantes, désarmées par la puissance sans pareille de l'érosion chimique, n'ont aucune force de creusement ... ». Cette vision de géographe s'applique évidemment au milieu naturel climacique ou pseudo-climacique, à l'échelle géologique. Mais avec quelques précautions, nous savons maintenant que le passage du milieu naturel aux champs ou à la plantation peut s'effectuer avec un minimum de dégâts dus aux eaux de surface.

#### BIBLIOGRAPHIE.

1. TONDEUR, Érosion du sol spécialement au Congo Belge.
2. FOURNIER, La parcelle expérimentale. Méthode d'étude expérimentale de la conservation du sol de l'érosion, du ruissellement (1954).
3. BONNET, VIDAL et VEROT, Premiers résultats des parcelles expérimentales d'études de l'érosion de Sérédou (1957).
4. DABIN, Note sur le fonctionnement des parcelles expérimentales pour l'étude de l'érosion d'Adiopodoumé (Côte d'Ivoire) (1957).
5. VEROT et WENER, Mesures d'érosion à la Station de Kankan (1956).
6. DUGAIN, Station expérimentale pour l'étude du ruissellement et de l'érosion — I.F.A.C. Kindia (1957).
7. COINTEPAS, Note complémentaire sur les résultats des parcelles expérimentales pour l'étude de l'érosion à Sefa (Casamance) en 1957.
8. ROCHE, Mesures de l'érosion et du ruissellement sous différentes cultures dans la région du lac Alaotra, Madagascar (1954).

#### Résumé.

On rapporte les résultats d'une expérimentation effectuée en Guinée Forestière avec diverses cultures arbustives et vivrières dans des parcelles de mesure du ruissellement et de l'érosion. On a expérimenté le quinquina, le riz de montagne, le niébé (*Vigna catjang*), la patate et le manioc depuis juin 1955.

Les résultats obtenus montrent qu'avec certaines précautions (longueur de pente limitée, respect de la structure superficielle du sol), on peut mettre en cultures vivrières des pentes jusqu'à 30 % sans observer une érosion prohibitive. Il semble également que la préparation du sol joue un rôle aussi important que la protection assurée par la plante dans la résistance de la culture à l'érosion.

Enfin, en comparant les résultats obtenus à Sérédou avec ceux d'autres stations, on peut penser que les sols forestiers et préforestiers de Guinée sont peu érodibles.

# UTILISATION DE LA VÉGÉTATION POUR LA PROTECTION DES SOLS CULTIVÉS CONTRE L'ÉROSION AU CONGO BELGE

PAR

G. TONDEUR

Ingénieur Agronome des Eaux et Forêts,  
Directeur au Service de l'Agriculture du Congo Belge, Léopoldville

L'érosion hydrologique est pratiquement la seule à considérer ici. L'érosion éolienne pourrait cependant constituer une menace à l'avenir, dans l'éventualité où des applications sur grande échelle de la mécanisation agricole se feraient dans les zones tropicales du pays.

Il est fait, dès à présent, un large recours à l'utilisation de la végétation pour obtenir des effets locaux de protection. Les applications de ce principe devront en outre être largement multipliées à l'avenir.

L'opportunité particulière du recours à la protection végétale plutôt qu'aux autres procédés de protection résulte, d'une part, des conditions spéciales du milieu physique, d'autre part, des formes d'agriculture pratiquées.

Parmi les conditions spéciales du milieu, il convient de citer la particulière sensibilité du sol à la dégradation résultant des caractéristiques pédologiques et hydrologiques.

Cette sensibilité est liée d'une part aux fortes intensités pluviales, d'autre part à la texture particulière et à la structure souvent fragile des sols (absence d'éléments limoneux, fugacité des liants colloïdaux organiques, etc.).

Les populations agricoles sont, en outre, concentrées dans des régions où le relief est presque toujours ondulé et très souvent escarpé.

Mais c'est plus particulièrement encore l'alternance de saisons sèches et de saisons pluvieuses, caractéristique des régions congolaises situées de part et d'autre de la bande équatoriale, qui rend les sols très vulnérables à l'érosion et cela suite au caractère saisonnier de l'occupation végétale. La dessiccation de la végétation permet en effet sa mise à feu généralisée (parfois accidentelle, le plus souvent intentionnelle) et entraîne la dénudation complète des terres cultivées, aussi bien que des terres sauvages. Les pluies violentes qui, après la sécheresse, s'abattent sur le terrain entraînent un ruissellement et une érosion considérables.

Les circonstances ainsi décrites justifient qu'une attention très particulière soit apportée à la conservation du sol et de l'eau. Nous remarquerons aussi qu'elles rendent peu adéquat le recours aux méthodes de protection mécaniques (par opposition aux méthodes végétales ou biologiques), d'une part en raison des caractéristiques du matériau terreux disponible pour l'édification des banquettes, terrasses, fossés, etc., d'autre part, et tout particulièrement, en raison des volumes considérables d'eau météorique à contenir ou discipliner, volumes conditionnés par les intensités pluviales et les hauts coefficients de ruissellement.

En contrepartie, cette particulière sensibilité à l'érosion due aux caractéristiques du sol et du climat est compensée par l'extraordinaire vigueur de la végétation engendrée par les conditions climatiques, pour autant que l'humidité soit suffisante et que les sols ne soient pas dégradés à l'extrême. A côté du mal, la nature congolaise nous offre donc le remède, à savoir : l'extraordinaire puissance de recouvrement et de régénération des sols que manifeste la végétation et tout particulièrement la végétation graminéenne. Je pense notamment aux grandes graminées, tels les pennisetum, qui en moins d'un an apportent au terrain une couverture de quelque 200 tonnes de feuilles et de tiges par hectare en s'agrippant au sol, qu'elles fouillent, par un dense réseau de profondes racines.

La domestication de cet énorme pouvoir qu'a la végétation de couvrir et de fixer le sol, et son application rationnelle en vue de l'obtention d'effets locaux de protection et de « guérison » des sols était, pour ce pays, la voie la plus indiquée. Aussi en a-t-il été fait un usage quasi exclusif.

Les considérations relatives aux formes d'agriculture pratiquées dans le pays, de même que les considérations relatives à l'économie des méthodes de protection orientaient d'ailleurs les praticiens vers la même conception.

En effet, la grande culture mécanisée des plantes annuelles, qui est la plus redoutable du point de vue de l'érosion, parce que peu compatible avec une couverture végétale protectrice, ne se pratique pas encore au Congo. Hormis le coton, toutes les grandes cultures d'exportations sont arbustives ou arborescentes (café, élaeis, hévéa, cacao, thé).

Ces cultures, tout d'abord, n'exigent pas le labour et la mise à nu des emblavures à chaque saison; en outre elles assurent elles-mêmes un certain degré de protection végétale. Enfin elles se prêtent admirablement, aussi longtemps qu'elles sont traitées exclusivement à la main, à d'excellentes applications du principe de la végétation de

protection ou de soutien (haies anti-érosives, couverture vivante, mulching, plantes d'ombrage).

La situation est relativement favorable aussi (en comparaison avec d'autres pays) en ce qui concerne les cultures alimentaires destinées soit à l'auto-consommation paysanne, soit au ravitaillement des centres urbains et industriels.

Parmi les cultures alimentaires, en effet, les deux plantes essentielles, le bananier et le manioc occupent le terrain pendant une période assez longue (plus de 18 mois), et n'exigent que peu ou pas de sarclages. Elles assurent elles-mêmes une efficace protection du sol. De plus, dans la plupart des cas, elles sont pratiquées en assolements forestiers, suivant une méthode archaïque très conservatrice que nous avons dénommée « assolement en séquence continue ». Cette méthode est caractérisée par le fait que, du défrichement forestier à la jachère forestière qui terminera le cycle cultural, les plantes se succèdent sur le terrain sans que celui-ci soit jamais labouré, ni même découvert.

Les mêmes plantes, et tout particulièrement le manioc, cultivées en dehors de cet assolement forestier peuvent, par contre, entraîner des dégradations considérables.

Mais c'est surtout les cultures saisonnières (arachides, maïs, haricots, pois, sorgho, éleusine, millet, riz de montagne, etc.), souvent pratiquées en assolement avec le coton qui, au même titre que ce dernier, présentent de sérieuses menaces pour la conservation des sols. Heureusement, lorsque la culture reste manuelle (et c'est encore le cas général au Congo), en dépit de dégradations déjà très graves, le danger n'est pas encore trop redoutable car un recours aisé aux mesures végétales de protection reste possible.

Dans le cadre ainsi constitué par le milieu physique et par les spéculations agricoles qui s'y pratiquent, les mesures de protection des sols se sont très judicieusement orientées vers le recours aux méthodes végétales tant dans les plantations arborescentes et arbustives que dans les cultures annuelles.

Il serait trop long d'énumérer et surtout de décrire toutes les méthodes employées, méthodes qui sont d'ailleurs classiques. Ces méthodes appartiennent à trois grands groupes : dans le premier, la végétation dont on attend un effet local de protection est mêlée à la culture — ce sera le cas des plantes de couverture dans une plantation arborescente; dans le second elle alterne avec la culture dans l'espace — ce sera le cas des bandes isohypses de fixation — et dans le troisième elle alterne avec la culture dans le temps — ce sera le cas des jachères naturelles ou artificielles pour la régénération des sols. La combinaison du second et du troisième groupe donne l'alternance

dans le temps et dans l'espace de la culture et de la végétation de protection illustrée par exemple par le système de cultures en bandes alternes et en rotation.

Il est fait de très larges applications de ces méthodes au Congo pour la recherche d'un effet local de protection par la végétation; citons notamment : la longue jachère spontanée forestière ou graminéenne (dans ce cas protégée du feu); les plantes de couverture et d'ombrage dans les cultures arbustives ou arborescentes; le selected-weeding; les haies isohypses arbustives; les bandes de soutien isohypses en graminées érigées ou gazonnantes; les bandes absorbantes isohypses en bananiers, etc.

Ces méthodes ne sont pas seulement parfaitement adaptées au milieu physique; elles le sont surtout au milieu social, conditionné par des populations paysannes très frustes qui seraient peu réceptives encore à des méthodes de plus haute technicité.

Cette situation n'est que transitoire. Il est inéluctable qu'elle évolue. L'intensification de l'agriculture, par application de la machine et de la fertilisation chimique, substituera progressivement au petit jardin cultivé à la main et aisé à protéger par des méthodes végétales simples, de plus vastes emblavures soumises aux sujétions du machinisme et de la production soutenue.

Parallèlement, l'augmentation constante du coût de la main-d'œuvre, corollaire du progrès social, amènera, dans les plantations arbustives et arborescentes, un emploi de plus en plus fréquent des machines, souvent incompatible avec le maintien des dispositifs actuels de protection végétale.

La machine et l'engrais chimique ouvrent de séduisantes perspectives de productivité et de progrès économique et social, mais — on l'oublie toujours — exposent les terres à une menace d'érosion catastrophique non seulement hydrologique, mais peut-être aussi éolienne.

Aussi conviendra-t-il plus que jamais d'attirer l'attention sur les dangers d'une exploitation abusive des sols et sur l'absolue nécessité d'allier à l'intensification de l'agriculture l'intensification parallèle de méthodes de protection du sol appropriées à ce cadre technique nouveau.

Les mesures basées sur les effets locaux de protection conférés par la végétation continueront à être la base du système de conservation des sols, mais ils devront être complétés par les mesures mécaniques telles que terrasses, fossés, voies d'écoulement aménagées, etc. A noter d'ailleurs que ces ouvrages de terrassement demanderont à leur tour à être fixés et protégés par la végétation.

### **Résumé.**

Les conditions physiques prévalant au Congo entraînent une grande susceptibilité des sols à l'érosion et, d'une manière plus générale, à la dégradation.

Heureusement la nature tropicale et équatoriale offre comme remède l'extraordinaire pouvoir de protection et de reconstitution des sols qu'elle a conféré à la végétation.

Des applications nombreuses et rationnelles des méthodes de protection basées sur les effets locaux de la végétation sont l'objet de la politique agricole actuelle. Elles s'harmonisent heureusement avec les formes d'agriculture pratiquées et le caractère fruste des populations paysannes.

Mais l'agriculture congolaise est à l'aube d'un renouveau économique et technique basé sur le machinisme et la fertilisation chimique.

Cette évolution posera avec une acuité accrue le problème de la conservation. Les méthodes de protection devront évoluer en concordance.

Elles resteront cependant essentiellement basées sur la protection végétale.

**SOIL CONSERVATION METHODS  
ADOPTED IN THE MOUNTAIN ZEBRA NATIONAL PARK  
WITH SPECIAL EMPHASIS  
ON THE USE OF VEGETATION IN EROSION CONTROL**

BY

A. M. BRYNARD

Biologist of the National Parks Board of Trustees,  
Kruger National Park, P.O. Skukuza

INTRODUCTION.

The Mountain Zebra National Park was proclaimed in 1938 by the National Parks Board of Trustees solely for the protection of the Mountain zebra [*Equus (hippotigris) zebra*]. It is situated in a picturesque mountainous part of the Cradock district in the Cape Province of South Africa.

In addition to Mountain Zebra the Park also provides sanctuary to mountain reedbuck (*Redunca fulvorufula*), springbuck (*Antidorcas marsupialis*), eland (*Taurotragus oryx*), black wildebeest (*Connochaetus gnou*), blesbuck (*Damaliscus albifrons*), duiker (*Sylvicapra grimmia*), Steenbuck (*Raphicerus campestris*), baboons (*Papio ursinus*), ostriches (*Struthio australis*), and some of the smaller Carnivora and Rodentia.

Topographically the Park is mountainous and almost two-thirds is covered by high mountain ridges of a doleritic nature. The runoff rainwater from the slopes finds an outlet in two deep ravines, and is discharged into a tributary of the Fish River which traverses the Park from west to north-east. The central and north-eastern parts of the Park is of a more flat nature with some low ridges and sandy plains.

Botanically the Park is rich in species of which grasses command a predominant position at present (see discussion below). The grassy slopes of the mountains, flats and ridges are dotted with herbs (Karoo bushes) and shrubs of great variety. Along the water courses where the soil is relatively deep, trees — especially *Acacia karoo* and *Rhus lancea* — are abundant.

The rainfall of this region is sporadic and commonly in the form of thundershowers which can be expected during the summer months. Winter rains, however, are sometimes experienced and light snow falls



during August and September are by no means exceptional. The average precipitation is 15 inches per annum.

#### **Soil Erosion in the Mountain Zebra National Park.**

In order to understand the magnitude of the problems faced with regard to soil erosion and the control thereof in the Mountain Zebra National Park, it is perhaps essential to look back into the history of the region in which this Park is situated.

The Park forms part of a region of the Cape Province which is commonly known as the Karoo. (By some authors called the Marginal Karoo which is a transitional zone between the Karoo proper to the west and the High rainfall Grassland and the Eastern Coastal Forest and Grassland to the east and south.)

Within the last 100 years the Karoo has undergone a remarkable climatic and vegetational deterioration; it has dried out to a considerable extent. The grass cover has been reduced by overgrazing and trampling (especially since the introduction of the Merino sheep), so that a sparser ground cover of the more drought resistant Karoo bushes has taken its place. Water runoff has increased and the water table has consequently not been adequately replenished. Boreholes were sunk ever deeper to follow the lowering water table. The story of springs drying up, wells being dug on the sites of these springs and the consequent need for deep boreholes is a familiar one. The climate was inevitably affected by this. The rainfall became more sporadic and thunderstorms increased in frequency. The attacks of the merino together with the more insidious effect of an altered climate eventually gained the upper hand. The hardy vegetation of the Karoo spread to the north and to the east and participated in the extermination of the indigenous and real vegetation (grasses) of this region; it became a vast, monotonous, shrubby, semi-desert-Karoo.

Present conditions in the Mountain Zebra Park must be pictured against such a bleak historical background. Up to 1949 its history was the same as that of the rest of the Karoo — overgrazing and trampling, the grasses being superseded by Karoo bushes and shrubs. This gave rise to a sparser ground cover and the exposure of the top soil, which in turn resulted in a vicious chain of reactions — drying out, erosion and depletion of the soil and underground water supplies. Sheet erosion which eventually led to gully erosion took its toll of the soil and the slopes of the mountains were drained and defaced by their ugly tracks. In some parts of the Park donghas (gullies) of up to 15 feet deep were cut into the soil.

### **Soil and Water Conservation in the Mountain Zebra National Park.**

In order to bear up against the problem of soil erosion in the Mountain Zebra National Park, the plan of action was of a fourfold nature.

1. To restore the original grassland vegetation of the Park.
2. To diminish surface runoff and at the same time replenish the underground water supply by means of erosion works.
3. To protect vulnerable parts of the Park against future abuse by means of wire fences.
4. To eradicate any plant or plants of exotic or indigenous nature which, through encroachment, prove harmful to the vegetation.

#### **1. The Restoration of the Original Grassland Vegetation of the Park.**

Since 1949 all domestic animals were banned completely from within the boundaries of the Park and the vegetation was allowed an almost complete rest. The numbers of such wild animals that existed in the Park were not sufficient to have a retarding effect upon the recovery of the vegetation. The vegetation responded magnificently to this generous but far too long delayed treatment. Its recovery was enhanced by a number of successive seasons of extraordinary high rainfall. Annual and perennial grasses soon established themselves at a remarkable rate, especially on the mountain slopes where they had the benefit of a fertile, loamy soil of doleritic origin. The recovery of grasses on the lower ridges and flat ground was less dramatic as here their establishment was handicapped by a less fertile, shallow soil of a sandy nature.

During 1952 and 1953 a series of botanical surveys, covering almost the entire Park, were carried out to determine the true state of the vegetation at that time. The results of these surveys revealed that, on the average, grasses constituted 83 per cent of the vegetation on the mountain slopes; the rest (17 per cent) was made up of herbs (Karoo bushes) and shrubs. On the flat ground and lower ridges the position was less satisfactory. Here, only 64 per cent of the plants growing on these parts were grasses (of which about 50 per cent were annuals) and the rest (36 per cent) herbs (Karoo bushes).

From the nature of things this could be expected as these parts are much more accessible to grazing animals than the mountain slopes and therefore more easily overgrazed. In addition the soils are less fertile, shallower than on the mountain slopes and of a sandy nature, with the result that once the vegetation is disturbed recovery takes place at a very slow rate.

The beneficial effect of an improved grassland vegetation on the soil and underground water supplies was soon perceivable. Runoff was decreased to a large extent and the effect of this on the underground water supplies become abundantly noticeable. At least two springs that were dormant for a very long time began to flow ever-increasing output for longer periods after passing of the raining season. Even the dry watercourses which, for too long, only served to carry excessive runoff water from the mountain slopes are now semi-permanent streams .

This in turn had an advantageous effect on the establishment of hydrophytic plants such as *Phragmites communis*, *Juncus* species and even *Equisetum* species. The former is an excellent soil-binding species and serves admirably in the prevention of streambank erosion.

## **2. The Construction of Erosion Works, Contours and Dams.**

Since 1954 two big earth dams and a number of stone works and contours were constructed in the Park. In addition, four earth dams which were damaged by floods were repaired and enlarged. The effect of these erosion works and dams on the water position of the Park was such that water from boreholes become, to a large extent, superfluous. These dams and erosion works also aid in checking the velocity of runoff water during floods; they act in addition as reservoirs of water and moisture during dry seasons, and above all, replenish the underground water supplies. In fact, the effect that one of these earth dams had on a spring was so remarkable that it is worth mentioning here. The dam was constructed during 1955 in one of the ravines mentioned previously. Lower down the ravine a spring is situated which, during the wettest seasons, had a maximum output of 500 gallons of water per hour. Now, three years after the construction of the dam, the maximum output of the spring has risen to approximately 2,000 gallons per hour and it never falls to below 1,000 gallons per hour during the dry seasons.

## **3. The Protection of vulnerable parts of the Park against future abuse.**

Mention has already been made of the fact that the vegetation of the lower-lying ridges and plains was slow to recover. The recovery of the vegetation was further retarded by a herd of rapidly increasing springbuck which tends to concentrate on specific portions and so causes overgrazing. In order to protect and safeguard these vulnerable parts, they were fenced off during 1954 by means of a permanent wire fence. All animals are and will be excluded from these areas until complete recovery of the vegetation is achieved. Thereafter a

system of rotational grazing and rest is prescribed in order to maintain a productive stage in plant succession,

**4. The eradication of plants which, through encroachment, prove harmful to the vegetation.**

Bush encroachment of either indigenous or exotic plants presents a serious problem to all concerned in South Africa. Not only does this cause a decrease in the carrying capacity of natural vegetation but in addition the grass cover is reduced which in an advanced stage may lead to serious soil erosion.

Two such encroaching species occur in the Mountain Zebra National Park. One species (*Rhus schlechterii*) is indigenous and grows vigorously in the mountainous regions of the Karoo; the other, an exotic species (*Opuntia* sp. or Pickly Pear), has limited physiological requirements and can compete with almost any vegetation type in the Karoo. These plants are extremely detrimental to the natural vegetation once they have established themselves in any particular environment.

A number of experiments were carried out to determine the most economical method to eradicate them and at present a large-scale programme is under way to affect their total extermination.

Once that is achieved the natural vegetation of the Park will have a chance of complete recovery. In this lies the salvation and future well-being of the Park, for the soil itself is dependent on the vegetative cover it supports for its protection and continued existence.

REFERENCES.

- ACOCKS, J. P. H., 1953. Veld types of South Africa (*Botanical Survey Memoir*, No. 28, Government Printer, Pretoria).
- PENTZ, J. A., 1955, Grasses in Soil and Water Conservation (*The Grasses and Pastures of South Africa*, Central New Agency, South Africa).
- TIDMARSH, C. E., 1948, Bewaringsvraagstukke van die Karoo (*Boerdery in Suid-Afrika*, Herdruk Nr. 44, Augustus 1948).

THÈME I *b*

**LES CONSÉQUENCES DES BARRAGES  
SUR L'HABITAT ET LE PAYSAGE  
(VÉGÉTATION, CLIMATS LOCAUX, ETC.),  
PLUS PARTICULIÈREMENT DANS LES ZONES  
SEMI-ARIDES**

---

THEME I *b*

**THE EFFECTS OF DAMS  
ON HABITAT AND LANDSCAPE  
(VEGETATION, LOCAL CLIMATE, ETC.),  
WITH SPECIAL ATTENTION TO  
SEMI-ARID REGIONS**



- b) **Les conséquences des barrages sur l'habitat et le paysage (végétation, climats locaux, etc.), plus particulièrement dans les zones semi-arides.**

### PLAN DE TRAVAIL

#### A. — Fonctions des barrages.

Aperçu historique de l'utilisation des barrages en vue d'améliorer l'habitat de l'homme, leurs conséquences sur les sites.

- a) Utilisation des barrages dans les civilisations anciennes :
  1. Chine, Inde et Moyen-Orient;
  2. Région méditerranéenne : Grèce, Rome, Afrique, Proche-Orient.
- b) Répercussions des barrages sur les monuments historiques et archéologiques ainsi que sur les gîtes préhistoriques.

#### B. — Inventaire des barrages modernes (par continents).

Tendances modernes de la construction des barrages suivant l'évolution des exigences humaines.

#### C. — Aperçu objectif concernant le bien-fondé de l'érection des barrages dans l'avenir. Besoins humains :

- a) Hydroélectricité et autres sources d'énergie : nucléaire ou combustibles fossiles.
- b) Contrôle des inondations et navigation.
- c) Approvisionnement en réserves d'eau : pour l'irrigation, à des fins industrielles; usages domestiques ou municipaux; autres utilisations par l'homme.
- d) Conséquences bénéfiques ou dommageables pour les sites; ressources récréatives et esthétiques; poisson et vie sauvage.

#### D. — Coordination de la mise en valeur et de la conservation des systèmes fluviaux. Conflits entre les barrages et autres modes d'utilisation.

1. Pour ou contre les grands barrages, petits barrages, barrages à usages simples ou multiples.
2. Critères permettant d'évaluer le coût des bénéfices économiques.
3. La valeur des sites doit-elle être estimée en espèces sonnantes ?
4. Problèmes d'ordre social, résultant de l'évacuation des populations. L'emploi des zones de plaines inondées contre les inondations.

5. Problèmes de coordination entre la conservation et la mise en valeur des eaux fluviales en vue d'atteindre le meilleur rendement, des points de vue économique autant qu'esthétique, soit à l'intérieur d'un pays, soit dans le cas d'un fleuve au cours international.
6. Choix de l'emplacement de barrages permettant d'assurer leur rendement maximum avec un minimum de dommages pour les ressources naturelles.

E. — Traitement intégral des bassins versants.

1. Autre alternative aux travaux d'art sur les biefs principaux et grands barrages.
2. Les valeurs économiques.
3. Les valeurs esthétiques.
4. Aménagements nécessaires : forestiers, agricoles, urbains.



- b) **The effects of dams on habitats and landscape (vegetation, local climate, etc.), with special attention to semi-arid regions.**

### OUTLINE

A. — Functions of dams.

An historical look at dams as a tool for controlling man's environment and their effect upon the amenities.

- a) Use of dams in ancient civilizations :
  1. China, India and the Middle East;
  2. The Mediterranean Area: Greece, Rome, Africa, the Near East.
- b) The repercussion of dams on historical and archaeological monuments and prehistoric remains.

B. — Inventory of modern dams (by continents).

Modern trends in dam, building with the change in human needs.

C. — An objective look at the justifications for building dams in the future. Review of world needs :

- a) Hydroelectric power with consideration of alternative sources of energy, such as nuclear energy and fossil fuels.
- b) Flood control and navigation.
- c) Storage of water supplies : for irrigation, industrial purposes; domestic and municipal uses; other human uses.
- d) Benefits and damages to the amenities; scenic and recreational resources; fish and wildlife.

D. — Coordinating the development and use of river systems. Conflicts between dams and other uses.

1. Arguments for and against big dams, little dams, multiple purpose dams, single purpose dams.
2. Standards to measure the costs of economic benefits.
3. Should the amenities be measured by a monetary value ?
4. Social problems resulting from the displacement of people. Flood plain zoning to alleviate need for flood control storage.
5. The problem of coordinating the use and development of a river, to achieve the maximum net benefits to the economy and the amenities within a nation; or where a stream crosses an international boundary.

6. Selection of dam sites to afford maximum benefits with minimum sacrifice to existing resources values.
- E. — The comprehensive treatment of a watershed.
1. As an alternative to mainstream engineering and big dams.
  2. The economic values.
  3. The amenities involved.
  4. Land use involved; forest, agriculture, urban development.

# EFFECTS OF DAMS ON HABITAT AND LANDSCAPE ESPECIALLY ON SEMI-ARID REGIONS

BY

E. SWIFT

## GENERAL REPORT

I am indeed honored to participate in this meeting of nations to discuss various aspects of resources management and am especially honored to lead this panel.

If I am able to contribute it must be attributed to two factors.

1. My very good friend Dr. Ed. Graham who helped me with the outline and suggested authors for the various subject matter.

2. The 20 distinguished scientists, educators, economists and engineers who contributed papers.

All sub-headings as listed are not covered. However 12 countries responded : from Japan to Sweden; from Ceylon to France; India to Italy; Mexico to Egypt; Germany to U.S.A. I was unable to get an author to write on China. The theme is fundamental — Soil and Water conservation — and the sub-heading — the Effects of Dams — includes broad lines of resource management.

The outline and papers emphasize : historical background, dealing with ancient civilizations; modern trends in dam building with changes in human needs; justification for building dams in the future; coordinating the development and use of river systems, together with conflicting uses.

I was unable to get complete coverage of E in the outline although there is considerable indirect reference to the subject matter listed in some papers.

Although the various authors — about twenty in number — each discussed his assigned topic under the general heading of Dams and their effect on habitat and landscape, the majority reflected certain common present day concepts.

The influence of environment could be noted, whether the author of a paper lived in a region where water was plentiful or where it was scarce. One noted : « Next to the air we breathe, water is the most vital element of life. We Europeans ample supplies of water for granted. »

I might add that this same statement applies to those in the United States who live east of the Mississippi river; but quite the reverse to those people living in much of the area west of that great river.

Dams as an economic factor in human existence have been traced as far back as 5000 B. C. in the Nile Valley. And people from the dawn of history have been extremely conscious of water as a part of their existence.

Presumably, irrigation was one of the first justifications for the construction of dams, although dams for domestic use were of an ancient origin.

Egypt represents one of the early cradles of civilization; and the Nile was, and still is, the bloodstream of that nation's life.

In Italy the Pontalto Dam was built for flood control in the sixteenth century. But regardless of early dam constructions, whether for irrigation, flood control or navigation, the multipurpose concept has developed until it is universally accepted today. There is one relatively new use that today overshadows older uses and in many instances is the dominate use. That is the creation of dams for hydro-electric power; and when we stop to realize that the production of electric on a commercial basis is only 76 years old, we can call it very new. Today the potential development of nuclear energy is tantalizing the best brains of science; and whether it can surplant hydro-power and fossil fuels is not considered in the papers submitted to this panel and its possibility may well not be decided for a long time to come.

The several multi-purpose factors cannot be given any universal or equal emphasis. Priorities of importance are influenced by the volume of the stream, the economy of the area through which it flows, and the needs and desires of the people affected.

Multi-purpose dams are a compromise of different uses, just as our civilization is a compromise of ideas and philosophies.

A flood control dam to be efficient should have an empty pool for flood water; however, if power is to be generated, complete drainage would defeat the purpose. If the dam is for power and irrigation, too much diversion for agriculture will reduce the power potential. If navigation is a contemplated purpose it poses still another water level manipulation.

One United States engineer stresses the justification for big dams as against smaller up-stream dams, maintaining that small dams increase evaporation and contribute to water loss. According to this paper, up-stream engineering is a program of water conservation, but

this control may waste rather than conserve. Quoting this engineer, « Thus the prevalent belief that many small dams are an efficient method of water conservation is a misconception ».

However, another author emphasizes the vital need for proper land management on a watershed and river basin concept. He emphasizes the need for up-stream engineering related to land uses and soil and water conservation. Until recent times the big dam builders have scoffed at watershed management as of little consequence. This author gives a lucid examination of what happens to bare land and hillsides, and compared this with lands covered with vegetation.

Dam building in most countries is sponsored by government and private industry, and the matter of cost benefits becomes an issue. Should cost standards of private industry be used to appraise a dam built by a federal bureau ? Within this field must be considered the factors of taxes or destroying a direct tax base, interest on investments, profits and intangibles which may rebound to the benefit of a community or region and improve the economic situation.

This element of dam building is worthy of debate, but there being two schools of thought, it is doubtful the impasse between the two philosophies will ever be entirely resolved.

In considering the multi-purpose philosophy we are reminded by certain authors to consider the amenities seriously : those esthetic and recreational advantages which people desire and which should be preserved.

People in prison survive, but that is not the manner we wish to carry out our existence. It is a mistake to attempt to measure these intangibles on a cost-benefit basis. Those interested in the amenities have often placed themselves at a disadvantage by meeting the demands of private industry and federal bureaus in attempting to evaluate recreational and esthetic values on a cost-benefit basis.

These intangibles have a profound intrinsic value — but in a world where the work hour grows shorter, people have not learned to use their spare time. Many have not learned to appreciate the beauties of nature. This will take education. In fact, the entire field of discussion at this meeting is a matter of education, both of the public at large and of the experts in the field.

Nothing can be attained by a narrow viewpoint. We must strive to encompass the entire ecological ramifications of nature.

## COMPTES RENDUS DES DISCUSSIONS

### SUMMARY OF DISCUSSIONS

*President — Chairman:* M. E. BOLLAERT (France).

*Vice-President — Vice-Chairman:* M. A. KALEWSKIS (Grece).

*Rapporteur General:* M. E. SWIFT (U.S.A.).

*Secrétaire — Secretary:* M. F. PACKARD (U.S.A.).

**1<sup>re</sup> SÉANCE, mardi 16 septembre 1958, 9 h.**

**1st SITTING, Monday, 15 September, 1958, 9 a. m.**

C'est la deuxième fois que le problème des barrages a été ainsi mis à l'ordre du jour d'une réunion technique de l'U.I.C.N. Déjà à la réunion de Caracas, en 1952, avait figuré l'étude du thème « Hydroélectricité et Protection de la Nature », et à la suite des discussions, trois résolutions avaient été votées que le Président, M. Bollaert ne manque pas de rappeler dans son allocution d'introduction à la première séance d'étude. Ces résolutions attiraient l'attention des gouvernements :

- sur la nécessité de soustraire les parcs nationaux aux entreprises hydroélectriques,
- sur l'importance des études scientifiques destinées à préciser, avant le début des travaux, leurs répercussions possibles,
- sur l'opportunité d'instituer des commissions d'experts (pédologues, écologistes, botanistes, hydrogéologues, etc.) dans chaque pays, pour donner des avis avant toute construction de barrages.

\*  
\* \*

After a statement by the general reporter on the main points that emerged from the 20 reports dealing with this question, the discussions turned once again to the means whereby to conciliate the various interests at stake in the construction of dams and in particular to safeguard the cause of nature protection in the face of purely economic necessities.

The representatives of the United States of America (Mr. C. Wirth and Mr. Fred Packard in particular) stated that in America all major projects were subject to public hearings, between the services concerned, at which the various aspects of the problem were examined and which usually led to compromise solutions acceptable to all parties.

It should be emphasized that thanks to this recourse to public opinion, no new dam has been built in a National Park since 1916, year of the establishment of the National Park Service. The only dam existing within the boundaries of a National Park (Yosemite Park) had been authorized before this date (in 1913). There had been several attempts on the part of hydro-electricians to have such dams accepted, in particular in the Colorado region, but up to the present they had been caused to modify their projects in such way as to respect the integrity of the National Parks.

American public opinion was unanimous in this respect and it was its strong reaction following the building of the « Hetch Hetchy » dam in the Yosemite Park in 1913 that had led to the establishment of the National Park Service.

Speaking of British Columbia where there had been a number of proposals for multiple purpose dams, Mr. P. Larkin (Canada) raised the question as to whether such procedures of legal arbitration and of compromise on each individual case might not in many cases be replaced to advantage by long term planning of whole watershed areas.

This idea of a single overall plan, to include the production of electric power as well as the control of pollution and the development of irrigation and of drainage etc., was moreover making progress in the United States itself, where joint committees, made up of many Federal and State services and charged with co-ordinating the development programmes involving the whole extent of a river basin, were already in existence.

Some of these study groups were even working in collaboration with the American or Mexican authorities where the river basin in question extended over both sides of the frontier.

As regards Europe, the situation is rather confused.

M. W. Burhenne (Federal Germany) spoke of the initiative taken by the International Commission for the Protection of Alpine Regions to conduct an investigation on the dams, existing and projected, in the Alpine regions and in the areas in which the present hydrological conditions should on no account be disturbed, for scientific, esthetical or even economic reasons.

Certaines techniques visant à obtenir des résultats plus satisfaisants sont à l'étude dans différents pays, ajoute le Président en terminant.

La séance est levée à 12 h.

2<sup>e</sup> SÉANCE, mercredi 17 septembre, 8 h. 45.

2d SITTING, Wednesday, 17 September, 8,45 a. m.

Les possibilités de porter les problèmes posés par les constructions hydroélectriques devant les récentes instances européennes sont évoquées.

Pour la France, M. G. Lestel signale que la législation en vigueur, bien qu'ancienne (1919), donne satisfaction. Elle oblige les pouvoirs publics à consulter tous les représentants des intérêts en cause (y compris les intérêts scientifiques) avant la construction d'un barrage.

En Suisse, les décisions en cette matière appartiennent selon l'importance du barrage projeté, au conseil fédéral, aux autorités cantonales ou aux autorités communales. L'enquête publique préalable est obligatoire. La Commission fédérale pour la Protection de la Nature et du Paysage donne son avis, à titre purement consultatif. Cette procédure, ainsi que l'exposent M. A. Kuster (Suisse) et M. E. Dotrens (Suisse), n'a cependant pas toujours donné satisfaction aux protecteurs de la Nature. Il leur est notamment impossible de s'opposer à des constructions de barrage dans les parcs. Pour le projet international du Spöl, la réaction des milieux naturalistes a cependant réussi à interdire la construction d'un barrage à l'intérieur même du Parc National suisse. Le barrage sera construit à sa limite mais il affectera le débit du cours d'eau dans le Parc même. Ce compromis ne satisfait pas les partisans de l'intégrité absolue de ce Parc, qui ont organisé un référendum (décembre 1958) pour s'opposer à la convention prévue avec l'Italie au sujet de ce projet.

M. H. Gams (Autriche) signale qu'en Suède le grand barrage de Suorva a porté atteinte au Parc National de Stora Sjöfallet : plusieurs lacs ont été réunis. Un projet analogue pour la rivière voisine du Lille Lule est vivement discuté.

La question des études scientifiques préalables à la construction de grands travaux est alors évoquée. Le Président souligne l'intérêt de ces études et souhaite qu'elles soient prolongées pendant la période même de construction.

M. A. Reymond (France) demande même que ces études soient prolongées après la mise en eau des barrages en vue d'étudier les incidences écologiques (climat, faune, flore). Certains participants suggèrent qu'une recommandation soit transmise aux pouvoirs publics, leur demandant de porter le financement des études scientifiques à la charge des Sociétés concessionnaires de la construction et de l'exploitation du barrage. Avant tout, il serait intéressant de savoir dans quelle mesure les résolutions de Caracas concernant ces études, ont été suivies d'application. Pour le cas de l'Autriche, M. H. Gams rap-



porte que les barrages des Hohe Tauern ont fait l'objet d'études préalables. Mais le cas n'est pas général. Il signale les études en Suisse concernant les barrages d'Einsiedel et de la Grimsel — en Suède, le barrage de Suorra — et le rapport présenté par M. Shadine (U.R.S.S.) sur les conséquences biologiques des grands barrages de Russie, au dernier congrès de Limnologie à Helsinki.

M. G. Lestel (France) affirme, qu'en France, les résolutions de Caracas ont été appliquées loyalement et complètement.

M. Roger Heim, président de l'U.I.C.N., soulève le cas de certaines régions relativement peu développées, ouvertes à l'érosion et où n'existent pas toujours des experts suffisamment qualifiés pour émettre un avis autorisé sur les projets de barrages. Il rappelle qu'à la suite du Congrès Scientifique International du Pacifique, en 1953 aux Philippines, un symposium avait réuni certains membres du congrès sur les lieux du barrage d'Ambuklao, avec les ingénieurs du barrage et que cette confrontation s'était avérée très fructueuse. L'orateur se demande dans quelle mesure il est possible d'émettre un avis d'ordre général qui puisse s'appliquer à la construction de barrages dans les régions tropicales où le choix demeurera entre la formule du grand barrage, souvent délétère à l'égard des équilibres naturels, et celle des barrages multiples, de faible puissance.

Le Président, M. Bollaert, suggère, la création d'une commission consultative Internationale qui serait susceptible d'assister les gouvernements et démettre un avis sur les projets présentés.

Tout le monde est d'accord en tout cas pour affirmer la nécessité de commissions nationales d'experts telles que l'avait préconisée la Réunion de Caracas.

Le rôle d'une Commission internationale consisterait alors à coordonner les points de vue et, dans certains cas (pays insuffisamment développés), d'aider les commissions nationales en fournissant documentation et conseils. Mais l'accent doit être d'abord mis sur le premier temps d'une telle organisation, à savoir la création généralisée de commissions nationales, car bien des pays n'en possèdent pas encore (notamment les États-Unis). A l'échelon international, il est bon cependant d'ores et déjà de prévoir qu'une assistance pourra être donnée, si besoin est, aux commissions nationales, sous forme de documentation et, éventuellement, d'envoi d'experts.

L'Unesco semble être l'agence internationale la plus qualifiée pour ce genre d'assistance. Son comité pour les monuments et les sites artistiques et historiques travaille déjà dans ce sens.

La réunion aborde enfin les problèmes posés par les perspectives de substitution de l'énergie nucléaire à l'énergie hydroélectrique.

Ces perspectives pourraient permettre de différer le lancement de certains grands projets d'aménagement de cours d'eau qui paraissent préjudiciables à la conservation de la nature.

But as Mr. Luna B. Leopold (U.S.A.) pointed out, it was not certain that the contamination of underground and surface waters by radio-active wastes was not finally a greater threat to the natural environment than the hydro-electric installations were at present. He went on to say that in his opinion a resolution in favour of nuclear energy sources, replacing hydro-electric energy, would be premature, as it tended to lead the public to believe that the problem of the disposal of radio-active wastes was essentially solved.

L'avis de l'assemblée est partagé sur l'opportunité d'émettre une résolution conseillant aux gouvernements de tenir compte, dans l'élaboration des plans d'équipement hydroélectrique, des perspectives ouvertes par l'utilisation industrielle de l'énergie atomique. Certains participants trouvent une telle proposition prématurée et il est suggéré de la reporter à une prochaine réunion (M. Lestel, M. Leopold). Elle est cependant adoptée par la réunion.

Mr. W. Burhenne (Western Germany) supported the suggestion made by Mr. Lestel to postpone the discussion till the next General Assembly. The U.N. Conferences on Peaceful Use of Atomic Energy in Geneva in 1955 and 1958 had shown that in 10 years from now atomic energy would be an essential factor in the basic energy supply. Mr. Burhenne declared that this development should not only be recognized as a fact but was also in line with the efforts not to over-utilize water resources.

Il est à noter que le Comité des résolutions, approuvé par l'Assemblée Générale, a finalement rejeté cette résolution, comme reposant sur des perspectives encore trop incertaines.

D'autre part il a été considéré que c'est surtout dans les pays sous-développés qu'existent de grands projets de barrages; or ces pays ont un besoin urgent d'énergie et il est apparu plus réaliste de leur demander de différer leurs projets dans l'attente d'un progrès technique qui peut encore demander vingt ans (ou cinquante ans) avant d'être pleinement utilisable.

La réunion présente trois autres résolutions qui furent adoptées par l'Assemblée Générale et qui figurent en annexe.

La séance est levée à 12 h.

# USE OF WATER IN ANCIENT CIVILIZATIONS IN THE MEDITERRANEAN AREA

BY

B. HELLSTRÖM

Professor of Hydraulics,  
Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden.

Next to the air we breathe, water is the most vital element for life. We Europeans take ample supplies of water for granted. Therefore it is often difficult for us to understand the struggle and work connected with supplying water in dry districts; not only drinking-water for men and animals, but also water for irrigation purposes in cultivated areas. In districts with a pronounced desert climate, the precipitation is concentrated to a few months of the year, whereas the remaining part of the year is marked by complete drought and scorching sun which prevents any form of life. In fact, there are even vast territories, where practically no precipitation at all ever falls.

When asking the question : « From where does water really originate ? », our ancestors answered by quoting Genesis :

« And a river went out of Eden to water the garden; and from thence it was parted, and became into four heads. »

In the Koran, Paradise is described as being traversed by rivers with incorruptible water.

On the old Haldingham map, there is an illustration representing Paradise with Adam and Eve, the Serpent and the Tree of Knowledge. At the foot of the Tree there are four rivers, corresponding to the Euphrates, Tigris, Ganges and the Nile (Fig. 1).

A map from the XVth century is kept in Munich, which shows Europe, Asia and Africa. On this map, Paradise has been located in Siberia. The Euphrates and the Tigris debouch into the Mediterranean at Lebanon, the Ganges runs eastwards, while the Nile, on the other hand, runs westwards through the whole of Europe down to Spain; without any explanation being given, it crosses the Straits of Gibraltar and continues to the Atlas Mountains, then makes a turn in an eastward direction and debouches through the Nile delta (Fig. 2).

## The oldest dam in the world

In order to obtain a concrete idea of the efforts of mankind to utilize the water procured from natural sources in a desert climate, we may turn to Egypt.

A few years ago, I had an opportunity of visiting the impressive ruins of the oldest dam in the world, situated at el-Kafara, some 50 kilometres south-east of Cairo. With the help of potsherds and other objects found at the site, it has been possible to ascertain that



FIG. 1.



FIG. 2.

the dam was built during the 3rd or 4th dynasty, i.e. about 5,000 years ago. Only the abutments remain, but it is still possible to get an idea of the original dam, which was 12 metres high and 110 metres long (Fig. 3) <sup>(1)</sup>. The construction was made up of two separate dams of loose stone filling, each about 24 metres thick at the base with a space between them of 36 metres at ground-level (Fig. 4). The space was filled with shingle from the wadi bed and rubbish from the hillsides. The base of the dam had thus a total width of no less than about 84 metres.

The upstream face of the dam consisted of blocks of limestone laid step-wise as shown in Figs. 3 and 5. At the abutment on the

---

<sup>(1)</sup> The photographs illustrating this report have been reproduced by courtesy of the author.



FIG. 3. — The ruins of the oldest dam in the world at el-Kafara in Egypt.

right bank there are 32 steps, each about 0.30 metres high and the slope of the face is 3 (vertical) in 4 (horizontal). The stones are laid dry i.e. no mortar was used between them (Fig. 5).

The wind has eroded considerable hollows in the centre of the blocks as shown in Figs. 6 and 7. Owing to rain and subsequent chemical reaction the surfaces of the blocks are more resistant to wind erosion than the centre portion. This is a common occurrence in Egypt and can be observed among ancient monuments of the Pyramid Age at Giza and Saqqara.

The dam was built over a dry wadi far away into the barren desert where, as a rule, there is no water. The desert has many such dry river beds, which have been formed on the rare occasions when short but heavy rainfalls occurred. The intention was to collect water from such rainfalls in the reservoir upstream of the dam, which had been tightened as much as possible by placing blocks of cut stone on top of each other in steps.

Why had this large dam been built in the dry desert? There were no areas to be irrigated, and therefore the reason was, no doubt, to collect drinking-water. An alabaster quarry was situated in the vicinity, and we may presume that the reservoir was built for the purpose of supplying workmen at the quarry with water. The Pharaoh who had the dam constructed probably intended to utilize the alabaster findings; by doing so he may have believed that he had found the solution of a most important and difficult problem. Before him, other Pharaohs had constructed enormous pyramids to serve as tokens of their greatness and as tombs for themselves. It was not an easy task to outdo these masterpieces, but he perhaps hoped that this might be possible with the quality of the alabaster as opposed to the quantity of limestone. Pharaoh Zoser had had 90 tons of vases and other objects made of alabaster and other precious stones buried in his own tomb.

If this hypothesis regarding the motive power of the creation of the dam of the utilization of the alabaster findings is correct, Fate had, however, decided that these plans should not materialize. Although the reservoir would have had a volume of half a million cubic metres, we are now able to estimate, thanks to the present knowledge of precipitation and discharge, that a heavy rainfall would not only have filled the reservoir to the brim, but that water would have rushed over the crest of the dam. No doubt this happened during the first heavy rainfall after the completion of the dam. The dam was not constructed in such a way that it could withstand the overflowing water, and there could only be one result — the dam



FIG. 4. — Stone-filling in the dam as seen from the downstream side.



FIG. 5. — The upstream face of dam consisting of limestone blocks.



FIG. 6. — Wind erosion of limestone blocks at the upstream side.



FIG. 7. — Detail of wind erosion of limestone blocks.



failed. The testimony brought to sight by the remains of the dam saved designers of dams of later times from repeating the mistake. It took nearly 2,000 years before a dam of this size was constructed again.

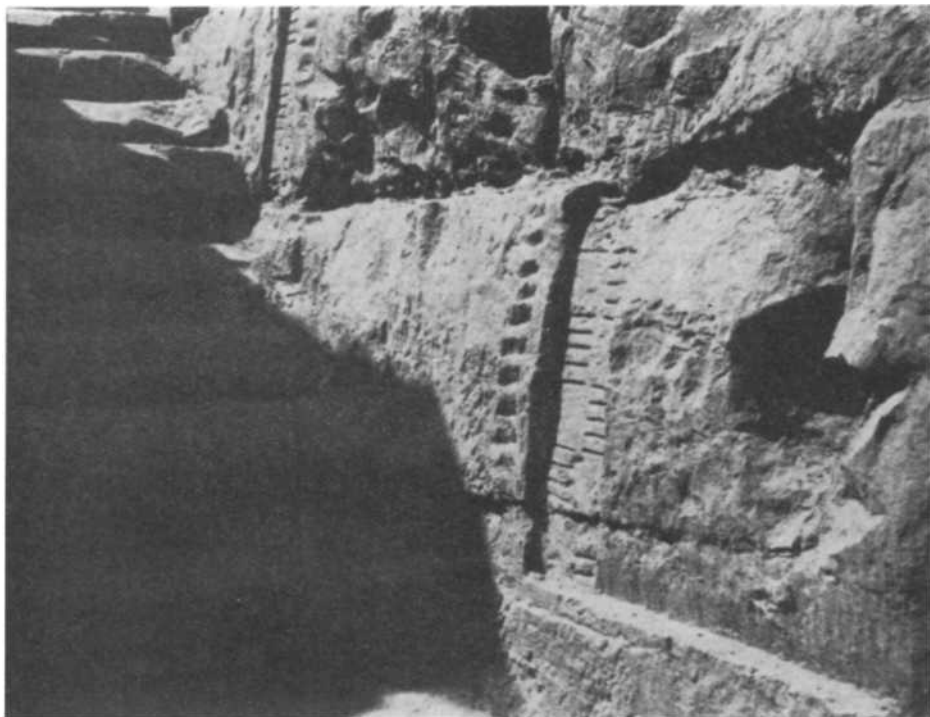


FIG. 8. — A 3,000 years old « Nilometer » for recording the water level of the Nile.

#### **Overflowing of the Nile**

Even though the engineering science of ancient times was not sufficient to utilize and master floods, overflowing was not always a disaster. In ancient times, the banks of the Nile were irrigated by the annual floods, and fertile sludge was deposited which benefited the growth of vegetation. Agricultural taxes were calculated on the basis of the height of the water level — the higher the water level, the richer the growth and the higher the taxes. The water level was read off by means of so-called Nilometers, as a rule consisting of steps cut in the rock and leading down to the river (Fig. 8). On

the rock-side of the steps, scales were cut where the water level could be recorded, and, consequently, the taxes set accordingly.

### Kurum

Some 30 kilometres from the coast, in the Maryut district, the monotony of the car journey from Cairo to Alexandria on the asphalt road through the desert is relieved by numerous peculiar sand-walls. At a certain place, the road even passes through such a wall, and it is possible to see that it is about 4 metres high and has long, sloping sides (Fig. 9). These are dotted over with crushed, potsherds and fragments of old Roman iridescent glass. The walls were built during the Roman era, and in Arabic such a wall is called « karm » (plural « kurum »).

These walls, which have a length of up to one kilometre, form closed, rectangular areas, but sometimes the shape is more irregular (Fig. 10). In certain cases only one long wall had been considered sufficient. The areas along the walls were used for vineyards, and occasionally for olive plantations. When it rained the water ran quickly downwards along the sides of the walls, and made a welcome contribution to the scarce precipitation which fell directly on the cultivated areas. The walls were constructed for the sole purpose of irrigating the surrounding cultivated areas by means of the discharging water.

Kurum belong to the most peculiar irrigation plants which ever saw the light of day. During the Roman era the district was called Mareotis. Both Horace and Virgil turn lyrical when writing about Mareotan wine.

Cleopatra loved this wine and, according to Horace, she drank rather too much of it during her association with Antony. At the very moment when Cleopatra takes the asp to her breast to get the fatal bite, Shakespeare lets her cry :

Give me my robe, put on my crown, I have  
Immortal longings in me. Now no more  
The juice of Egypt's grape shall moist this lip.

And now ? Now most of the kurum are desolate and dry except at a few places where fig gardens are irrigated by rills from such walls.

In the Sahara Desert kettle-valleys have been dug out, at the bottom of which date-palms have been planted (Fig. 11). Their

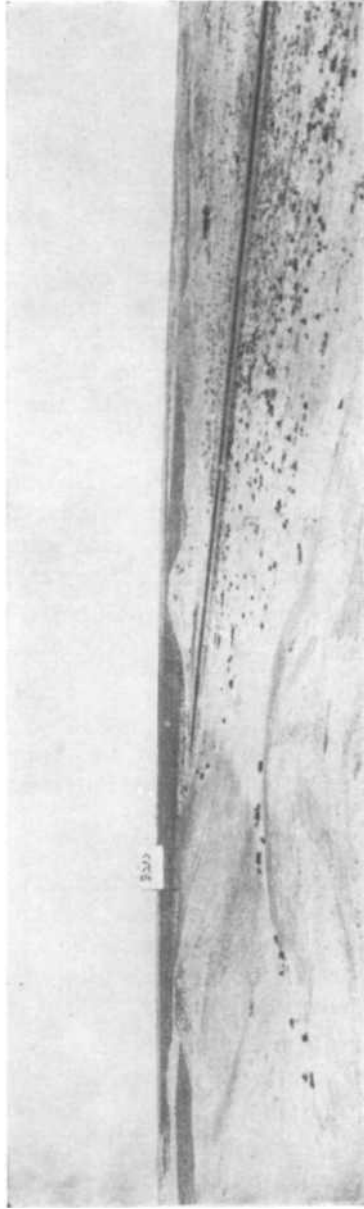


FIG. 9. — A number of kurum. Vegetation exists only below the slopes.

roots penetrate far down into the sand to find water, and when the rain falls, it runs down from the sides of the kettle-valleys just as it does from the kurum in Egypt.

### The Siloam Tunnel

Let us, for a moment, leave Egypt and devote a few minutes to another remarkable work of water supply. In the Kidron Valley, south-east of Jerusalem, there is an aqueduct which is 2,700 years old. From time immemorial, the population of Jerusalem fetched their waters from the Gihon well, situated outside the old town wall, near the village of Siloam. When Hezekiah was King of Judah about 700 years B.C., the Kingdom of Judah was attacked by the Assyrians under King Sennacherib, who besieged its towns and marched against Jerusalem. According to the Second Book of Chronicles, Hezekiah :

« ...took counsel with his princes and his mighty men to stop the waters of the fountains which were without the city : and they did help him. So there was gathered much people together, who stopped all the fountains, and the brook that ran through the midst of the land, saying. Why should the kings of Assyria come, and find much water ? »

It is further said :

« This same Hezekiah also stopped the upper watercourse of Gihon, and brought it straight down to the west side of the city of David. »

These quotations refer to the work carried out when the men cut a tunnel, 533 metres long, in the limestone and conducted the water of the Gihon well under the town hall into the town proper. Thus, the Assyrians were deprived of water during the siege. A cross section of the tunnel is shown in Figure 12.

To this very day, the tunnel remains hewn in the limestone. It carries one's thoughts to the words of the Prophet Isaiah about « the waters of Shiloah that go softly ».

In 1880, a boy wading through the tunnel found an inscription in Hebrew (Fig. 13). It tells how the men working from both ends of the tunnel could hear each other through the rock, and how the water finally flowed through the tunnel from the well of Gihon to the Siloam pool. This is one of the oldest known secular examples of written

# MAP SHOWING THE FORM OF THE REGULAR MOUNDS OR KURŪM

BUILT UP FOR IRRIGATION BY THE ROMANS (Ikingi Maryūt 21 km W of Alexandria)

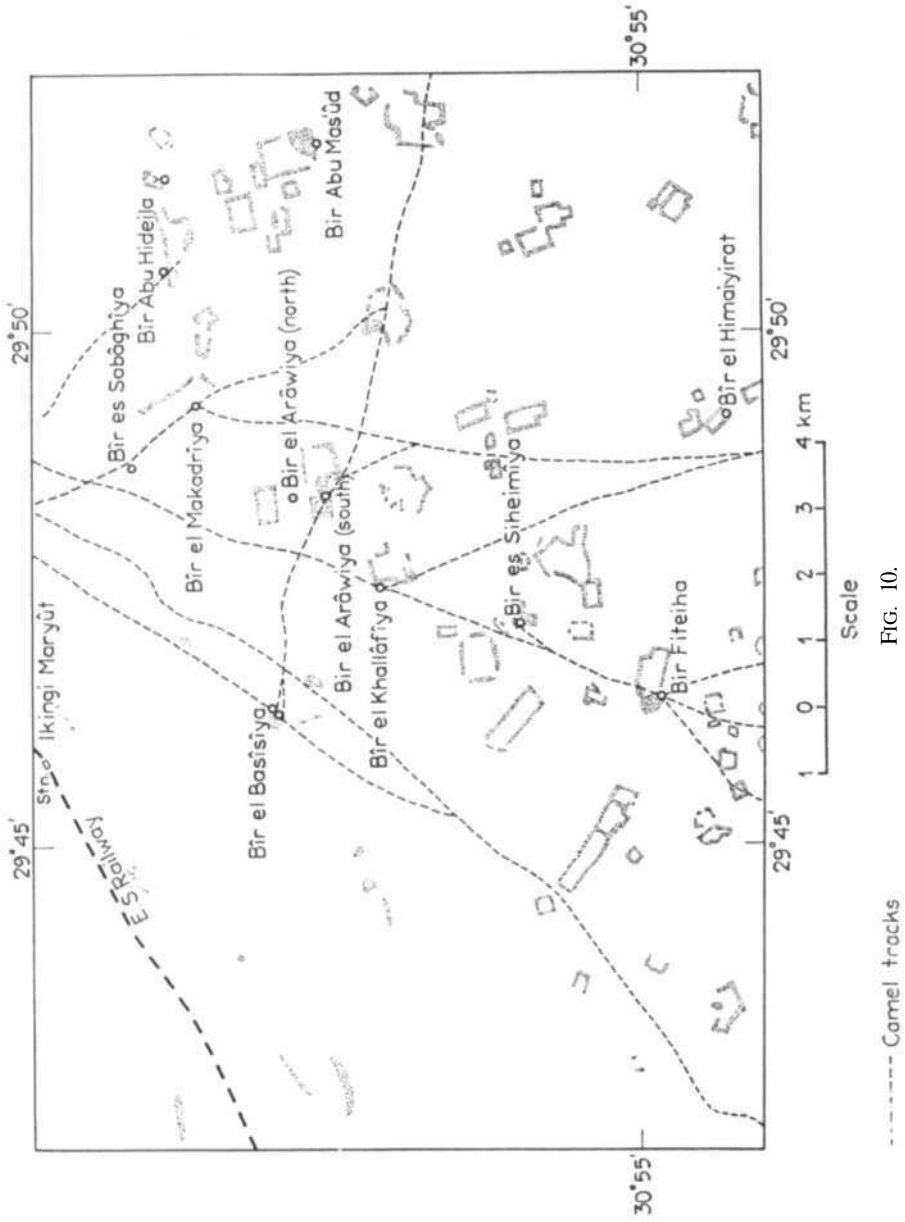


FIG. 10.



FIG. 11. — Plantations of date-palms in kettle-valleys in the Sahara.

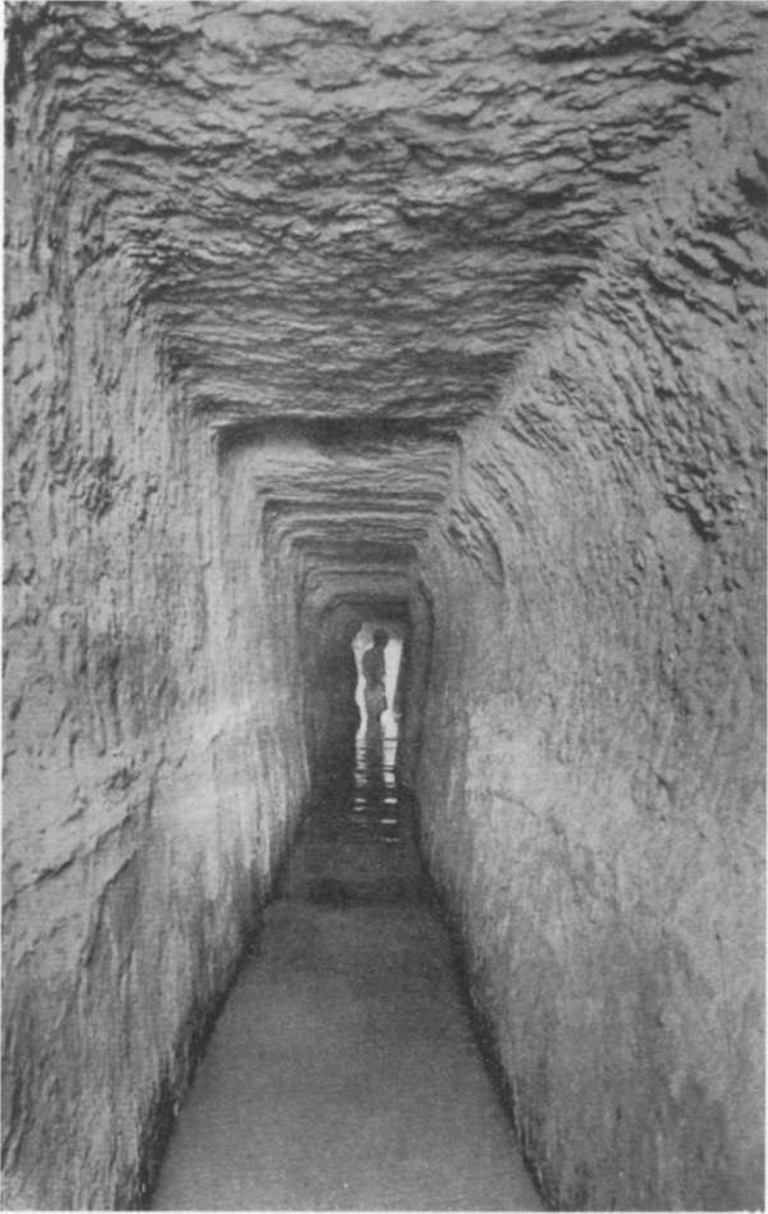


FIG. 12. — The Siloam tunnel.

Hebrew. In the new, beautiful archaeological museum in Jerusalem, the erection of which was made possible by Rockefeller funds, there is a translation of the inscription as follows :

« (This is the) tunnel And this was the story of the tunnel whilst yet (the miners were lifting up)

the pick, each towards his fellow, and whilst yet there were three cubits to be bored through (there was heard) the voice of each

(c)ailing to his fellow, for there was a split in the rock on the right hand and on (the left hand) And on the day of the

boring through, the miners struck, each to meet his fellow, pick upon pick; and there flowed

the waters from the source to the pool for two hundred and a thousand cubits; and a hundr

(hundr)ed cubits was the height of the rock above the head of the miner(s). »

When visiting the site it can be observed that the marks of the chisels and hammers are still visible, and that the two shifts, by cutting their way from both ends of the tunnel, finally met in its middle. The inscription was chiselled out from the rock by the Turks, and is now kept in a museum in Istanbul.

As in biblical times, women are still fetching water from Siloam.

#### **Subterranean aqueducts in Egyptian oases**

During the Persian and Roman periods in Egypt much attention was paid to the water supply in the chief oases in the Western Desert. Subterranean water was tapped from deep-seated aquifers by means of bores, and underground works of considerable magnitude were also carried out in order to obtain an additional water supply from sandstone layers lying at or near the surface. The method employed for the last mentioned works consisted of excavating underground tunnels, also called aqueducts, for tapping the water in the sandstone and discharging the water to the surface at the end of the tunnels. Here it was used for irrigation purposes.

Underground aqueducts are found in all the chief oases of the Western Desert but the most extensive works of this kind are to be found in the north of the Kharga oasis. A system of subterranean aqueducts are driven into the solid rock to the north of the oasis at Um el Dabadib, a plan of which is shown in Fig. 14. There are four



main aqueducts running nearly parallel, in a north and south direction, along the sides of three separate valleys. In 1898 one of the four tunnels was cleaned out with the result that after a lapse of perhaps a thousand years water again flowed from the mouths of the aqueduct, enabling a small agricultural colony to be established at the outlet of the tunnel.

The tunnel was constructed by excavating vertical shafts from the surface to the bottom of the tunnel. These shafts had a rectangular cross section measuring 1.5 by 0.75 metres, tapering gradually downwards. The deepest shaft was not less than 53 metres. From the

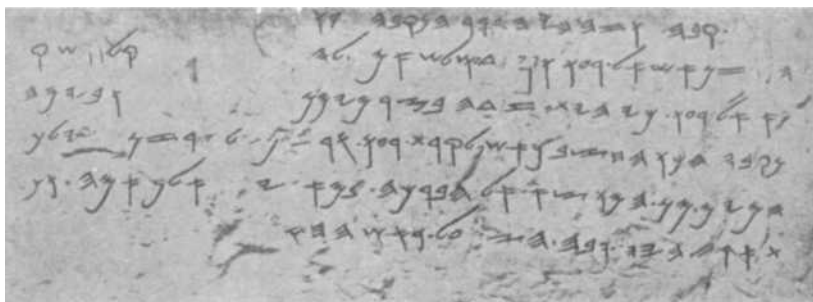


FIG. 13.

bottom of the shafts the tunnel was excavated in two directions and the spoil was hoisted to the ground through the shafts.

The tunnel itself was coffin-shaped in cross section, being widest near the roof and tapering downwards. The average height was 1.5 metres and the width near the top 0.60 metres. The tunnel had a length of 2.9 kilometres and there were 150 shafts. The discharge of water from the mouth of the tunnel was measured in 1905 and found to be about 130 litres per minute.

The exact course of all the tunnels can be seen from the dump-heaps marking the positions of the shafts. The longest of the tunnels is the most westerly, measuring 4.6 kilometres, the four together having a total length of 14 kilometres.

The aqueducts derive their water from numerous small fissures in the sandstone so that the yield of a tunnel depended on its total length.

At the end of the tunnels there are a good number of ruins and it is evident that in the Persian and Roman periods land had been irrigated by water from the tunnels.

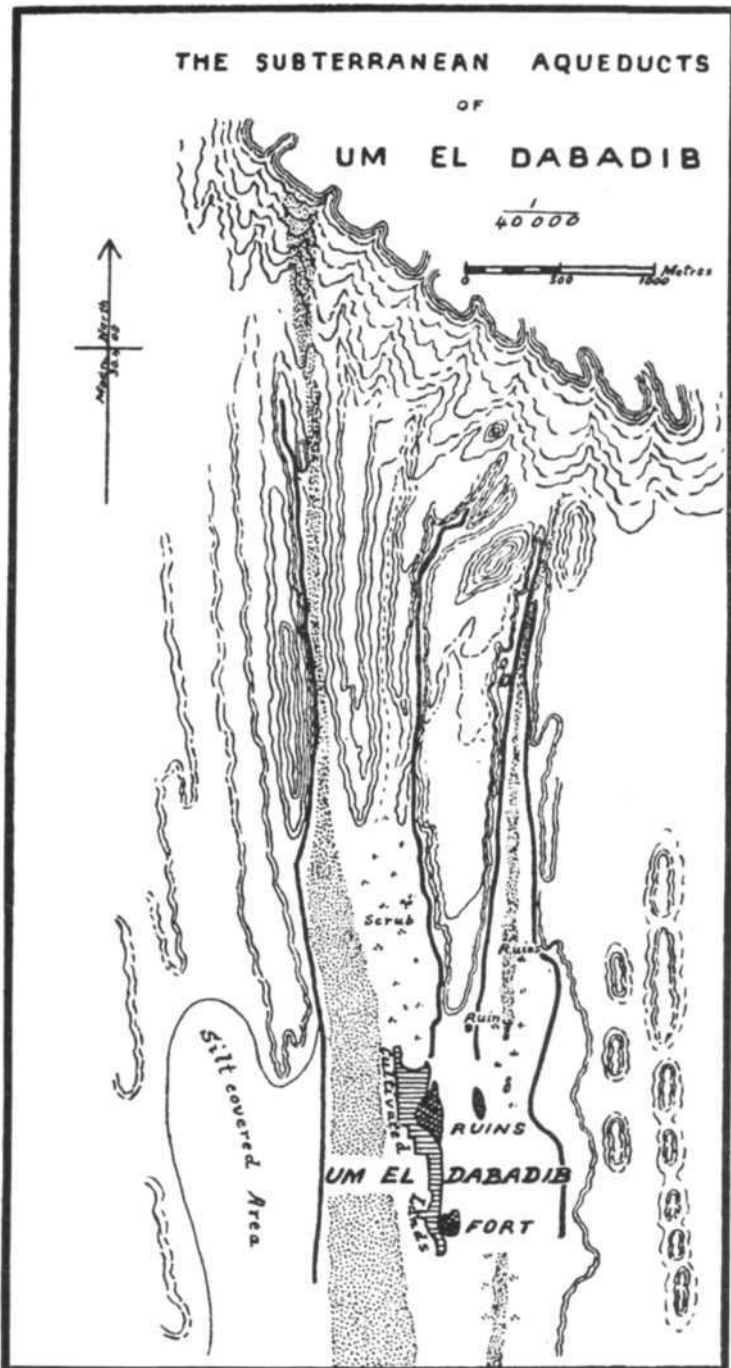


FIG. 14.

Subterranean aqueducts excavated in the surface sandstone at the Kharga oasis (according to H. J. L. BEADNELL).

# THE REPERCUSSION OF DAMS ON HISTORICAL AND ARCHAEOLOGICAL MONUMENTS AND PREHISTORIC REMAINS

BY

J. O. BREW

Director, Peabody Museum, Harvard University,  
and Chairman, UNESCO International Committee on Monuments,  
Artistic and Historical Sites and Archaeological Excavations

At the outset of this paper, the privilege of amending the title will be taken by the author. The subjects as listed on the programme, the effect of dams, constitutes one of the great threats at present to our cultural heritage in many parts of the world. The actual threat, however, is broader than the title implies and since in additional cases, the type of damage is the same, this paper will be expanded to mention, at least, the destruction of historic and prehistoric remains by not only the great multipurpose reservoirs, but also by the construction of elaborate modern highways, extensive airfields, petroleum and gas pipe-lines, urban and industrial development, and more advanced types of agriculture. All of these factors combine to hasten the destruction of our heritage from the past.

Many countries already are quite cognizant of this danger. Some of them, in particular the Soviet Union and the United States of America, have established reasonable successful mechanisms to obtain necessary minimum protection and salvage. At the beginning, however, the author wishes to emphasize as strongly as he can, that even after provisions which seem to be adequate are established in any country, eternal vigilance must be maintained by those interested in the historic and prehistoric remains in order to insure that the provisions already established are properly carried out.

There are many aspects of this tremendous problem which could be effectively considered today. Obviously we cannot cover the entire field. The author will assume that the members of this meeting are aware of the imminence of the danger and are at least partially aware of its extent. The emphasis, therefore, will be upon ways and means — technical, political, and financial — by which the necessary minimum salvage can be obtained.

Already in this paper, the term « necessary minimum salvage » has been used twice. The emphasis is not accidental; for however much we would like to see every important historical building preserved

and every archaeological site excavated, it cannot be done; and if we are to get a hearing for our pleas and support for our programme in the various countries, we must recognize this fact. We must approach officials and engineers with a reasonable point of view; namely, that although it is obvious that everything cannot be saved or recorded, it is necessary in each instance when a dam is to be built, a road constructed, or a great area added to a big city, that an adequate survey be made by competent archaeologists and historians of the prehistoric and historic sites in the path of the construction. This survey must be as complete as can possibly be made.

Once the survey is made, the results must be studied by people familiar with the history and prehistory of the region, and the sites which they indicate as vital must then be excavated or, in the case of historic buildings, moved to a safe location. In cases of certain kinds of operations, such as roads and pipelines, it may be possible to change the plan so that the important sites can be bypassed. This, of course, usually is not possible in the case of a reservoir.

The question of how much must be saved will inevitably come up. There often may be disputes about this but these disputes must be resolved in order to continue the cooperation of the government officials and the construction agencies.

In the case of historical buildings, the question of the degree of importance usually can be established with relatively little difficulty. Archaeological sites are more difficult to assay because in many cases the real importance of the site cannot be determined without excavation. This is why extreme care and great knowledge must be brought to bear on the preliminary archaeological survey.

The principle which has been followed in the river basins of the United States (where in the largest valley, the Missouri, over 130 dams are either built, under construction or authorized) is a flexible one. It is assumed that in order to obtain an adequate record of the prehistory in the major reservoirs somewhere between 10 and 25 per cent of the sites must be excavated or thoroughly tested. Unfortunately, in many types of terrain, our prehistoric forebears made a habit of living along the river valleys. In the great Missouri Basin it is estimated that more than 80 per cent of the prehistoric population lived along the shores of the rivers and the bluffs immediately behind them. Large dams which create pool areas 200 to over 300 miles long on the main stream of the Missouri will inundate all the known archaeological sites of several of the Missouri Valley prehistoric cultures. Obviously considerable salvage work must be done in these large reservoirs.

On the other hand, small reservoirs, created by check dams in the tributaries of the main river system often do not include within their

pool areas any sites for which reasonable counterparts cannot be found outside the pool area. When such a situation is revealed by the preliminary survey, it is both economical and politic that on archaeological salvage excavations be recommended.

The way in which salvage archaeological programmes are set up must depend, to a certain degree, upon local situations in the individual countries. There are general principles, however, which can be set down and should be followed if possible.

The first of these has to do with the means whereby the archaeologists receive information of the plans of the construction agencies. It is imperative that an effective liaison be established between the bureau of the government which is doing or overseeing the construction and the archaeological agency which has responsibility for directing the salvage. If this liaison is properly established it will mean that when a dam is authorized, the engineers will submit to the archaeological agency a map of the estimated pool area. Then the preliminary archaeological survey can be made. In the same manner, when a highway or a pipeline is surveyed, or a large airfield laid out, the plans must be submitted to the archaeologist.

Further important basic arrangements must, however, be made with the construction agencies. Excavation of archaeological sites cannot be done overnight. Furthermore, even in the most fortunate of countries, archaeological manpower and equipment is limited. It does us no good to have the authority to salvage an archaeological site if we have to stand by and watch the waters rise over it because we have not been able to get in to do the work in time.

The archaeologist, then, must be able to get in well in advance of the construction. In many countries the question of the procedure of land acquisition is of great importance here. For a large reservoir, the first new years of work takes place almost exclusively at the location where the dam itself is being built, and the acquisition of land in the large pool area is usually left until the construction of the dam is almost complete. It is essential that some means be devised, either through early acquisition of rights to specific archaeological sites or in some way granting permission to the archaeologists to begin the excavations so that they will have time enough to complete them without unduly delaying the construction of the dam and the filling of the reservoir.

In this connection, it is also important to note that there is a considerable area outside the actual extent of the pool which is effected by reservoir construction. Any sites within the immediate vicinity of the dam itself are likely to be destroyed even though in the formal plans they are not within the pool area. When a large dam is built,

a great deal of disturbance of the landscape takes place in the neighborhood. Many of these dams are earth dams and great areas of the terrain are scooped out to provide the raw material for the dam. The construction headquarters, equipment depots, hydro-electric installations, administration buildings, and a new town site for the employees and officials may also destroy archaeological and historical sites. Roads, spillways, and power lines below the actual dam site also extend the area of damage. All of this must be taken into account and prepared for.

It is not even safe to draw the line at the high-water level of the pool. In the archaeological survey being conducted at present in the Glen Canyon reservoir area of the Upper Colorado project in the United States, the survey is covering a considerable area beyond the pool boundary. The reservoir will be in beautiful canyon country, upstream from the Grand Canyon. It is expected to develop into a great recreation area. Consequently all sites within reasonable walking distance of those parts of the shore where boats may land are being included in the survey. Parenthetically, it should be mentioned here that ecological factors are included in the Glen Canyon survey. Geological and biological reports are being prepared as well as the archaeological, historical and palaeontological surveys.

The most important question remaining for consideration in this paper is probably that of finance. How is this work to be paid for? Again, the situation will vary in different countries, but there is one overriding principle which should be established at the beginning of any salvage project; namely, the cost of the salvage surveys and excavations should be an integral part of the cost of the dam or highway or whatever the construction may be. In all countries, without exception, archaeological agencies operate on small budgets. In some countries they are smaller than in others, but never are they at all extensive. The cost of salvage archaeology in a large reservoir would seem relatively very great when considered in terms of the annual budget of a national university or a national museum, but if this same figure can be viewed in relation to the cost of the construction of the dam, it is so small a percentage as to be almost negligible. For example, \$ 35,000 for archaeology, when considered as part of \$ 280,000,000 for the cost of the dam, seems a reasonable figure, but the same sum, if it has to be appropriated for a museum whose total annual budget may not even reach this figure, may seem quite unreasonable to a budget officer. As the old English saying runs, « The tail would seem to be wagging the dog ». Consequently every effort should be made in planning a programme of salvage archaeology to insure the fact, which is certainly logical, that the cost of the salvage

be included in the cost of the construction which is doing the damage and making the salvage necessary.

In many countries there are few archaeological agencies or archaeologists to assume the obligations of a salvage programme. In such cases, it is hoped that archaeologists from other countries can help. The problem of salvage archaeology is going to be considered at the next meeting of UNESCO's International Committee on Monuments, Artistic and Historical Sites and Archaeological Excavations. Every effort will be made to set up some system for providing advice in this important field, for it seems inevitable that the kind of construction we have been discussing today will spread more and more widely over the face of the earth.

In those countries where a considerable number of archaeologists, museums, etc., exists, the situation is different, but here too, considerable thought should be given to the problem. In the United States, although an effective salvage program was set up during the late 1940's, the resources of the government agencies were not sufficient so that the job could be done by the federal government alone. In the early years, while the programme was being developed, it was necessary to appeal to state and private universities and museums for financial assistance as well as manpower. To date, after twelve years of the salvage programme in the United States, 36 colleges and universities and 18 state and local museums, archaeological and historical societies, and private enterprises have cooperated with the National Park Service and the Smithsonian Institution, the Federal scientific agencies responsible for the programme in order to achieve the necessary salvage. Construction, regulatory, and other agencies of the Federal Government who have cooperated fully in the programme are the Bureau of Reclamation, United States Department of the Interior; the Corps of Engineers, United States Army; the Federal Power Commission; the International Boundary and Water Commission; and the United States Geological Survey.

Research parties of archaeologists, historians, palaeontologists, and now, in the Glen Canyon project of the Upper Colorado, natural scientists, are assisted in many ways by the field officers of the construction agencies in the river basins. Cooperation of this kind, which extends from the local amateur archaeologist to the General Officer in Command of the Corps of Engineers, is essential to the success of such a programme.

### **Summary.**

The repercussion of dams (and other major constructions) on historical and archaeological monuments and prehistoric remains is already a most serious matter. We realize that, unfortunately, the danger and the damage to our cultural heritage will increase in all parts of the world as population increases and as modern technology continues to advance.

Many countries are already quite cognizant of these dangers. All countries must make preparations to meet them.

The paper discusses various necessary steps which must be taken in the establishment of salvage archaeology programmes. It begins with a consideration of the basic concept, which must be reasonable, everything cannot be saved.

It goes on to discuss the nature of the liaison between construction and academic agencies which must be established to insure proper exchange of information and the necessary cooperation for survey and excavations.

The way in which such a programme could be set up is described in some detail. The actual scope of the problem is discussed in terms of experience in the United States, and the major principles of basic financing are considered.



# DAMS AND SUPPLEMENTAL WORKS IN SOIL AND WATER CONSERVATION

BY

W. C. LOWDERMILK

Consultant to F.A.O.

Soil Conservation Society

1436, Summit Avenue, Pasadena, California, U.S.A.

A big dam is a symbol of man's effort at physiographic engineering to control waters of a stream to protect and to benefit people of a river basin. Such purposes were sought in ancient civilizations, especially in Asia and the Mediterranean region, by simple structures. Generally these dams of old were built for a single purpose, but modern trends are to structures for more than one purpose (or « multi-purpose » structures).

Likewise, the modern trend is to recognize a river basin as a hydrologic and physiographic unit in which the greatest benefits for costs may be realized by integration of river basin developments. This calls for coordination of works of water control and use with upstream engineering in related land uses, and soil and water conservation on catchment areas yielding the water resource. The United Nations has only recently given expression to this objective in the publication « Integrated River Basin Development » (1958).

In this paper I wish to examine the rapidly developing concept of watershed management as a supplement to dams and associated structures in integrated river basin development. As planning and construction in developments of water resources and related land uses have advanced, we must take account of related phenomena in the land phase of the Hydrologic Cycle.

## **When a dam is built.**

Dams are built to create a fall in water for capturing energy at power plants, to store and balance irregular Streamflow for irrigation, for municipal water supply, to deepen flow for navigation, and to equalize flood flows as protection against floods, or to divert waters for irrigation, municipal or industrial uses.

In building a dam across a stream for hydro-power, we are capturing most of the energy that the stream had hitherto lost in its channel over the distance levelled up by the structure. This energy was being consumed against a rough bed or in excavating its channel and transport of detritus, or all of these. The dam brings to an end this usual work in a reach of the river channel.

The stopping of this physiographic work will have several results. Bed load of sands and gravels will accumulate in the reservoir to decrease its storage capacity. Suspended loads of sediments of the heavier fractions will settle out, density currents of clay fractions in suspension will flow on up to the dam, and, if gates low in the dam are opened, will flow out as muddy water.

Waters, however discharged from the dam, or flowing over spillways, are unloaded of their burden on entering the reservoir, and will pick up a load again by erosion of the channel below the dam. This continues until the stream picks up a load characteristic of the flow and grade of the stream.

Moreover, dams across streams create another effect upstream that until very recently has received little attention. In each case a dam establishes a new and intermediate base level of stream erosion. I called attention to this objective sought in the remarkable series of « Sabo » dams constructed and still under construction in Japan (1). In response to this new base level a stream begins to adjust its erosive action. This effect will take place on lower slopes of the river and tributaries that flow into the reservoir. Sediments will be dropped, and will accumulate and tend to flatten the grade of the stream above the reservoir level. These adjustments will work slowly upstream and will bring about a physiographic effect so commonly found above hard rock dykes across stream valleys where waterfalls usually occur. In time we can expect the cumulative effect of dams to reduce erosional potentials upstream. When a valley is fitted out with a series of many dams this cumulative effect in reducing erosion potentials may become quite considerable — less in steep and more so in gentle topography. Dams have immediate as well as long-range effects on the behaviour of river and the work of its flowing waters.

But this upstream effect of dams is no substitute for watershed management, which is designed to protect the soil mantle of the catchment from dynamics of raindrops, and from overland flow of unabsorbed storm waters. It seeks to retard and to control and store

---

(1) Proceedings, U.G.G.I. (Union Geodesy and Geophysics), Brussels, 1951.

run-off for later use, and to control soil erosion and to reduce the production and transport of sediments as products of soil erosion and of streambank cutting. Watershed management becomes an undertaking involving several disciplines. It can, however, best be visualized by following the work and fate of raindrops.

#### **Dynamics of the raindrop.**

The land lies between raindrop and river influences the disposition of raindrops in important ways.

During its fall the raindrop takes into solution oxygen, nitrogen, carbon dioxide and, near cities, sulphur dioxide. On entering the soil it picks up more carbon dioxide and becomes a very dilute acid preparatory to an amazing amount of chemical work, before a part of it returns to the ocean. Salts in the ocean and deposits of limestone are evidence of this vast chemical process.

A raindrop in heavy storms usually has a diameter of between 4 and 6 millimetres. A large drop weighs about 0.085 grams and reaches a terminal velocity of about 10 metres a second as it strikes the ground like a miniature projectile. In bare soil it explodes with comparatively great force in rain splash.

In somewhat over-simplified terms, we know that waters of rain and snow are parted by the land in three or more ways. Some are retained in wetting vegetation and soils and are returned to the air in evapotranspiration; others percolate beyond the root zones of plants to recharge the ground-water reservoir. This in turn may overflow from springs and seeps to form the base flow of streams. And still other raindrops that fall faster than the soil can absorb water, or after the soil is saturated, run off directly into streams as storm flow and may under certain conditions cause flooding on their way to the sea.

This is the land phase of the Hydrologic Cycle, which was rediscovered in the past century a long time after a wise man of Ecclesiastes said :

All the rivers run into the sea;  
Yet the sea is not full;  
Unto the place from whence the rivers come;  
Thither they return again.

Eccl., 1, 7.

Watershed management must take note of the enormous amount of mechanical work that raindrops are also prepared to do on and in the land. Of this, the sculpture of valleys and the planation of continents time after time in successive erosion cycles are part of

the evidence. Other evidences are vast deposits of sandstone and shale, especially in deltas of rivers, past and present. These are physiographic processes which are in operation in the course of geologic time, now and in the future.

But here we are concerned with such of these processes as directly influence and control human activity. These are measured in modifications of the soil mantle as it has accumulated over the rock skeleton of the land, and in the work of streams in low and high stages.

Within these physiographic processes, we recognize a geologic norm of erosion for various land forms under different climates. The amount, distribution of rainfall and intensities of fall of raindrops give corresponding effects that need to be known.

In the absence of a complete cover of vegetation, as in desert landscapes, the geologic norm of erosion is expressed in terms of surface wash phenomena and torrential flood flows heavily charged with detritus. These storms are usually of short duration, but destructive, and produce slope profiles that are generally concave to the sky. But in climates that support a complete cover of vegetation, soils are protected from impact of raindrops by leaves and ground litter that absorb their energy of fall and prevent the phenomenon of rain splash. The norm of erosion is quite different; slopes are convex to the sky.

Although a valley with its cover of vegetation has been excavated by its stream, yet this norm of geologic erosion has gone on at such a slow rate that there has been enough time for the soil material protected by its vegetation to be differentiated into A and B horizons (top- and subsoil). This norm of geologic erosion in the state of nature goes on no faster than soil is formed under usual circumstances. There is little surface wash removal of soil except after accidental fires. The principal removal of soil material of such valleys is by bank cutting by freshets that thus become muddy. At other times Streamflow is usually clear. Material is moved down-slope to stream channels by soil creep.

But when soils so protected are cleared of their natural cover of vegetation and are exposed to the dash of raindrops and blasts of wind as never before in the state of nature, a new type of erosion takes place : accelerated erosion or induced erosion. Surface wash with accumulation of unabsorbed storm waters into rills and gullies removes soil faster than it is formed. It means destruction of land unless appropriate soil conservation measures are applied.

It is this destructive process, characteristic especially of regions where rain storms fall in heavy downpours of high intensity or where snow cover melts rapidly, that accelerates erosion so much above

the geologic norms of a landscape. This process is the challenge of soil and water conservation as an important part of watershed management.

Action of raindrops in this accelerated erosion is worthy of closer study. In striking bare soil the raindrop drives into the soil, tears soil aggregates apart and scatters single soil particles in rain splash.

Raindrops of a 50 mm. rainfall in an hour will splash to and fro as much as 227 metric tons of soil per hectare in a field. If the field is flat, the splash to and fro is more or less even : but on a slope more soil is splashed downhill than uphill. Considerable quantities of soil are thus moved downslope by rain splash alone.

Raindrops thus detach particles from soil aggregates to make unabsorbed waters muddy with suspended soil particles, that have been measured as constituting up to 20 per cent of the weight of storm water. As these unabsorbed waters move downslope they carry away this soil in suspension, and remove soil from fields even of very low gradients.

The steeper the slope, of course, the more rapidly will unabsorbed storm waters flow together to form rills that reach scour velocities and pick up more soil in addition to that supplied in rain splash.

These soil particles in suspension tend to seal up the soil at the surface like a precipitate on filter paper and reduce rates of infiltration of waters into the soil, regardless of how porous the soil beneath may be. With this absorption reduced, storm run-off is correspondingly increased.

Unabsorbed waters from heavy storms on cultivated fields or otherwise bare ground gather into little streamlets, join to make larger ones, or gully torrents that cut and carry away soil and excavate gullies and ravines through the land where there were none before.

Wind erosion is another problem which, however, is not treated in this paper. It may be said that the measures to control water erosion go a long way towards controlling wind erosion if the wind action at the soil surface is stilled and wind brakes of some sort, high or low, are employed.

Control of these forces of storm waters and of soil erosion may be achieved by measures in watershed management. They are designed to give uncultivated land a complete cover of natural vegetation, such as forest or grass, and to provide check dams to interpose intermediate base levels of stream erosion when required to reduce stream cutting. But on soils and land surfaces cleared for

cultivation or for any other purpose, control of storm waters and of soil erosion requires special measures designed for specific conditions of climate and rainfall, of topography and land forms, of soils and past land use, and of types of cropping and soil management.

### **Three lines of defence.**

Measures and works designed to meet the challenge of soil erosion may be grouped under three headings, or considered as three lines of defence against the destructiveness of storm waters.

They are :

- Soil management;
- Contour ploughing;
- Terracing on the contour.

#### **Soil management.**

Soil management includes all agronomic measures that contribute to aggregation of soils, to increasing organic matter and to improving soil fertility. It includes the use of artificial soil conditioners that supply inert binders of soil aggregates; it also includes crop litter or « stubble mulch » farming.

These measures will generally be sufficient to increase infiltration and water-holding capacities of soils and to protect soils under light rains. Thus, the fields of England and western Europe, where rains scarcely ever exceed 12 mm. an hour, ordinarily do not require more than these measures of soil management for soil conservation. For most soils will absorb rains of these low intensities as they fall.

#### **Contour ploughing.**

But when moderate rains fall that overcome this first line of defence, and storm waters begin to flow down-slope, then the second line of defence is called for. This is contour ploughing, supported, where necessary, by strip cropping. The land should be laid out level where surface storage of rain in furrows is not usually overtopped or crops damaged by standing water. But where furrows are made to drain, they should be laid out at gradients which experiment or experience have shown to be suitable.

Contour ploughing will thus create surface storage that is generally sufficient for moderate rains. But in those regions where rains come in heavy downpours of high intensity as often as once in 10 years, then a third line of defence is required. This is terracing, accompanied by a series of supporting measures.

### **Terracing on the contour.**

The primary purpose of this measure is to collect unabsorbed storm waters for which the two lines of defence already mentioned are inadequate, and to divert such waters off fields to natural or prepared waterways. In this way storm waters are kept under control and free of a burden of silt and are allowed to flow away without doing damage to land.

Storm run-off from heavy and prolonged storms is thus kept under control, carrying very little soil in suspension, and is available for storage in reservoirs small or large as impounded by dams, or for recharge of ground-water aquifers.

This measure of broad-base terracing should be accurately engineered, in cross section and in grade of channels in accord with the laws of hydraulics. For running water never forgives a mistake or an oversight in design or in construction of such measures out on the field. Expertness is called for in design and in layout and construction of these measures to control and to conserve storm waters.

In all agricultural regions of cultivated crops subject to rain storms of high intensity, this third line of defence against destructiveness of unabsorbed storm waters is the first measure to design and layout. For once this basic measure for the control of wild waters of heavy storms is done, all other measures of soil management and conservation, and of improved crop production come naturally. Thus, a foundation is laid for the cumulative effects of these benefits.

It is for this reason that the basic engineering contour layout for storm-water control is the foundation on which a coordinated soil and water conservation programme should be built. Moreover, this foundation for safe cultivation of land and control of storm waters serves also in the retardation and control of floods and in reduction of sedimentation in stream channels and in reservoirs, and in storage and conservation of storm waters for many purposes.

Three special cases among others under this third line of defence should be cited. They are :

1. Limitation of cultivation to a range of slope gradients.
2. Disposal of storm waters on flat or nearly flat land.
3. The terracing of of stony hill lands, such as are characteristic of much of the limestone and karstic landscapes about the Mediterranean Sea.

### 1. Land classification.

Hazards of soil erosion, other things being equal, rise in geometric ratio with increase in gradient of slopes when under cultivation. Limits can be reached where the measures to combat excessive soil erosion may be so difficult or costly as to call for assignment of such slopes to some crop of permanent cover, as grass or forest woodlot. Such assignment of use may ordinarily be shown in a classification of land that is based on soil surveys and on experience or experiment.

2. Alluvial bottoms of flat lands in hilly country may be places of accumulation of run-off from heavy storms. Such flooding of fields may damage crops if water stands for long. Measures are required to drain away and dispose of such waters. These usually call for drainage ditches and land-forming operations to give fields slopes that will drain into natural or prepared drainage ways.

3. In stony hill land where it is desirable to grow crops, orchards and vineyards, it is usually necessary to clear out the stones. These stones may be heaped up in ridges on the contour or on grades called for in the lay-out of broad-base terraces. The grade will be determined by requirements in disposing of unabsorbed storm water on such slopes.

If a channel is required, it should be located along the lower side of the ridge of stones, rather than on the upper side. For the ridge of stones will serve as an absorption band across the field and will also stop movement of soil that may have been eroded from the inter-space between stone ridges above. The channel will not silt up so readily and will well serve its purpose for disposal of excess storm water.

The spacing of ridges of heaped stones will depend in part on the quantity of stones to be disposed of and on the gradient of slopes.

Hillside fields of stony soils, with their ridges of heaped up stones land out on the contour, may be counted on to absorb more heavy storm water than a similar field of like soil without stones, and will therefore yield less storm run-off. How much less is still a question to be answered by comparative experiments.

These basic upstream measures for the control of storm waters on cultivated fields, on pastures, and also on forested land are also multi-purpose. They lay the foundation for control of erosion and for soil conservation; they are flood-control measures where floods begin; they reduce the production and transport of sediments; they protect investments in downstream multi-purpose dams and associated structures; and they make up a part of physiographic engineering that safeguards land and water resources to satisfy the enlarging requirements of increasing populations.



These are basic considerations in planning and in undertaking the reclamation, development and improvement of land and water resources. They take into account the integration, usually on a drainage basis from small to large basins, of measures and works for the control and storage of storm and flood waters, and for the control of soil erosion and conservation of soils under various uses. They require the accumulation of basic data, engineering designs, contour layouts and construction of measures and works as the basic and usually the first step in application of soil and water conservation programmes to drainage basins, and they form an essential part of integrated river basin development, including its system of dams and associated structures.

Such a procedure as based on developments hitherto made, and on the science and practice of conservation of resources for the future, holds promise for meeting with greater abundance the needs of increasing populations that must depend on their lands and waters for their pursuit of happiness.

#### **Summary.**

Modern trends from single-purpose dams to multi-purpose structures and to integrated river basin developments include the design, lay-out and construction of measures and works of soil and water conservation. Aside from wind erosion which is not treated in this paper, such measures and works call for three lines of defence against the destructiveness of rain splash and unabsorbed storm waters especially on cultivated fields. These are : 1) soil management, which suffices for regions of light and misty rains; 2) contour ploughing, which suffices for moderate rains; and 3) terracing on the contour, which is necessary in times of heavy rain downpours of high intensity to collect and to bring storm waters under control. For regions where heavy storms are probable once or more in 10 years, this third line of defence becomes the basic and first step in design and lay-out of a plan for land development with soil and water conservation. At the same time these measures and works are also multi-purpose and make up an important part of integrated river basin development.

# THE NILE AND ITS UTILIZATION

BY

H. E. HURST

Scientific Consultant and formerly Director-General  
Physical Department, Ministry of Public Works, Egypt

The Nile is a river with a very long history and prehistory, during which the climate and natural features of its basin have undergone little change. For thousands of years it has had its annual flood caused by rains on the highlands of Ethiopia, rising and reaching its maximum at about the same times each year, within roughly a month, and then gradually falling until the rains of the next season begin. Changes in the basin, due to the attempts of the people to control the river for their benefit, and the very rapid increase of the population in the last hundred years have produced many of the problems mentioned in Theme I, section *b*, of the outline of subjects for discussion at the Seventh Technical Meeting of the Union. These will be noticed as they arise in this paper.

## 1. — Ancient History : Irrigation.

In pre-dynastic times, in all floods except the low ones, the river overflowed and inundated the country of Egypt to the edges of the valley, where the land rises and the desert begins. When the flood subsided much of the water returned to the river, though pools and marshes remained, principally along the desert edges. When the water ran off, the land was cultivated. At some time attempts were made to control the flooding, and the beginning of these is attributed to Menes (about 3400 B.C.). No doubt these started with small-scale attempts to control water in favourable places where flat land ran inland into the desert, and water could be easily held up for use later by a bank of stones and earth built in the dry, with a small opening which could easily be closed at the suitable time. The use of banks on a larger scale, led to the system of basin irrigation, which was in use in the whole of Upper Egypt until the beginning of the 20th century, and until some earlier time, in Lower Egypt also. In this system there is a longitudinal bank close to the river and cross-banks from this to the desert edge, dividing the valley into compartments which are filled by short canals on a carefully organized programme. After standing for

some weeks the water is run-off the land and the crops are sown. This system produces only one crop a year and is now confined to about one-eighth of the cultivated area, the rest having been converted to perennial irrigation. There seems to be some tradition that the Nile itself was dammed in ancient times. However considering the size of the river in flood, 600 to 800 metres wide and 10 metres deep, with a mean velocity approaching 2 metres a second, this was clearly impossible. The only ancient dam known in Egypt is the Sadd el Kafara, the Dam of the Pagans, in a desert wadi south-east of Helwan, which was constructed nearly 5,000 years ago, not for irrigation, but possibly to provide drinking water for workmen at alabaster quarries nearby <sup>(1)</sup>. It perished as the result of rainfall in the catchment of the wadi, which over-topped the dam and made a large breach.

## 2. — Modern History t Irrigation.

From the time of Mohammed Ali, 1816 and onwards, perennial irrigation began to replace flood irrigation. This needs a system of main canals taking off the river with branch canals from these, neither of which irrigate land directly. From the branch canals distributary canals take off which feed the field ditches, one of which may supply many holdings. This complicated system is organized so as to water the fields at pre-arranged intervals throughout the year, according to the need of the crops, so that two and three crops a year are obtained from the land. It depends on barrages (a species of dam) on the river to raise its level so that the main canals can draw water, even when the river is low. Similar works, called regulators, on the main and branch canals keep the levels up in these, so that water can be delivered to the field ditches and so to the land.

Besides the barrages and regulators an essential part of the scheme of perennial irrigation was the Aswan Dam completed in 1902. The function of this was to create a reservoir which would be filled when water was plentiful, and the water then stored would supplement the low stage supply, enabling more land to be cultivated. The change from the basin system to the perennial, and the reclamation of salt and marshy land in northern Egypt has led to larger and larger demands for water in the time of low supply, so that the Aswan Dam has been twice raised, and the Gebel Aulia

---

<sup>(1)</sup> See : « Water from the Desert; some Ancient Egyptian Achievements », by G. W. MURRAY, *Geographical Journal*, Vol. CXXI, Part 2, June 1955.

Dam, on the White Nile a short distance above Khartoum, has also been built to increase Egypt's low-stage supply. This brings us to 1937. During this same period irrigation on the perennial model, based on a dam and reservoir on the Blue Nile near Sennar, began in the Sudan and now covers an area of about 1 million acres, as against Egypt's area of a little more than 1 million acres.

At this point we may compare flood and perennial irrigation. Flood irrigation has been practised as already said for thousands of years, and this without any deterioration of the land. This is probably due to the long period each year during which the land is bare, and being subject to strong sunshine becomes deeply cracked, aerated and dried out to some depth. At the same time the fall in level of the river causes a return flow of water underground with lowering of its level under the cultivated land, thus giving natural drainage. Such conditions are probably unfavourable to insect and other pests.

Compared with the very long period during which flood irrigation has existed perennial irrigation has been practised for a very short time. A possible ill effect however has become very evident. This is the deterioration of land which has poor drainage and a high subsoil water level, and is caused by evaporation which increases the salt content of the soil. At the same time the volume of soil between the water-table and the surface of the soil, which is the zone containing the roots of the plants, is small. The effect of a high subsoil water level was first pointed out by Mons. C. Audebeau Bey <sup>(2)</sup> and Dr. W. Lawrence Balls, fifty years ago, and Dr. Balls has recently given his conclusions based on his long experience of the cotton crop <sup>(3)</sup>. The necessity for good drainage and the importance of a low level of the subsoil water was recognised and led to the great extension of drainage from 1912 onwards, which accompanied the reclamation of land in northern Egypt. The public drains dug and maintained by Government form a network similar to that of the irrigation Canal system and are designed to provide an outfall low enough to give at least 5 feet depth of drainage in the fields of those owners who keep their collector drains sufficiently deep and clean. The tendency of cultivators in arid countries where the prime necessity is water, is to take the water whenever it can be got, and so over-water. The evil of poor drainage is not so well recognized and so maintenance of drains tends to be neglected.

---

<sup>(2)</sup> « Reports of the State Domains Administration », Cairo, 1909, 1910, 1911.

<sup>(3)</sup> « The Yields of a Crop », W. Lawrence Balls, E. 6 F. N. Spon Ltd., London, 1953.

The Egyptian Government has recently started fresh studies of subsoil water and methods of drainage, and some cultivators have realized the benefits of pipe drainage. In 1956 the area drained in this way approached 60,000 acres. Its advantages over open field drains are that no land is wasted, the system maintains its efficiency with much less work, and there is less waste of water.

In the Sudan perennial irrigation started on a large scale in the Gezira, the land in the angle between the Blue and White Niles, as already mentioned. It was based on twenty years of work on experimental farms of some thousand of acres each, watered by pumps from the Nile. Food crops are grown, but the revenue-producing crop is cotton of Egyptian type. Conditions however are different from those in Egypt, and difficulties caused by the impermeable nature of the soil, pests and the danger of malaria had to be overcome. However the scheme had a clear field and could be designed without any restrictions due to previous practice. This enabled it to be laid out so that practice was based on careful measurement of water. Distribution is controlled, from the off-take of the main canal behind the Sennar Dam to the flow of water on to the fields, with the result that the available water can cultivate the maximum area, water-logging of the soil can be avoided, and the risk of malaria can be minimized. These objects are only obtained however by good administration and scientific control both of agricultural operations and of water distribution.

So far outside Egypt and the Sudan there is no cultivation by irrigation of any importance in the basin.

### **3. — Other uses of water.**

Of the other important purposes for which water is used domestic consumption and navigation are the principal. Power production on a large scale has just started at the outlet from Lake Victoria after completion of the Owen Falls Dam in 1954. A hydro-electric power station is at present being constructed (1958) to make use of the power available at the Aswan Dam. There are other power possibilities on the river in some of the cataracts south of Wadi Haifa, and also between Lakes Victoria and Albert, where on two stretches occupied by cataracts and rapids there is a considerable fall including the Murchison Falls. The development of this for the production of power is under consideration. The cataracts in the Northern Sudan are unfortunately in desert country with only a scanty population and as far as is known few natural resources.

Except for electrification of the railway the centres where power would be valuable are a long way from where it could be produced.

The Nile is navigable from the Mediterranean Sea to Wadi Haifa, a distance of 1,500 kilometres, and is then interrupted by cataracts and rapids at a number of places between Wadi Haifa and Khartoum. There is continuous navigation on the White Nile from below Khartoum to Juba, a distance of 1,800 kilometres, and again, after a gap of 170 kilometres, from the Sudan-Uganda boundary at Nimule to Lake Albert (220 kilometres) and on the lake itself. Navigation on the Blue Nile is possible in flood from Khartoum to Roseires, 620 kilometres but is interrupted by the Sennar Dam, which has no lock. The Sobat is navigable for part of the year for 550 kilometres nearly to the foothills of the Ethiopian Plateau. The Bahr el Ghazal is navigable all the year round for about 220 kilometres from its mouth and in flood time for another 300 kilometres to beyond Wau. Navigation on the Nile and its tributaries has been a very valuable means of opening up the Sudan for administration and trade.

The possibility of improving navigation between Khartoum and Wadi Haifa has been discussed by Mr. H. A. Morrice <sup>(4)</sup>, formerly Director of Irrigation, Sudan Government. He points out that if this could be done there would be continuous navigation from the Mediterranean Sea to Juba, nearly 4,800 kilometres, so that goods could travel the whole distance without trans-shipment. He suggests that improvement of navigation, which would not otherwise be economical, might be combined with storage schemes for irrigation and power production, which would bear part of the cost.

#### 4. — Present day projects.

The reservoirs on the Nile which exist at present, with the exception of Lake Victoria, are all of the type called « annual », in which the water stored in the flood season is used to supplement the following low stage. Although the flood occurs regularly each year at about the same time it varies very much in volume, as may be seen from the following figures of annual total discharge of the Nile at Aswan, which depends very much on the Ethiopian rainfall.

Annual total discharge.	July to June.	Milliards of cubic metres.
Maximum 146	Mean 83	Minimum 42

---

(4) « Sudan Notes and Records », Vol. 30, 1949, Part II : Development of Sudan Communications.

The mean arises roughly in the following proportions :

White Nile 2/7    Blue Nile 4/7    Attara 1/7

and about half the White Nile discharge comes from Ethiopia, so that it is the Ethiopian contribution which causes nearly all the variation in the total. The portion of the White Nile discharge which comes from the Bahr el Jebel is very much steadied by Lakes Victoria and Albert and by the losses in the swamps of the Sudd Region.

The amount of water at present used for irrigation has been variously estimated from 52 to 55 milliards a year, so that in a very low year, even with drastic economy in the demands, they would exceed the total flow of the river. In such a year it would not be possible to fill existing reservoirs and something beyond annual storage reservoirs is necessary to meet expansion. The Minister of Public Works asked the Physical Department to review the situation in regard to projects, and this led to the proposals for a scheme of projects put forward in Vol. VII of the Nile Basin <sup>(5)</sup> of which over-year storage was an important part. The theory of over-year or long-term storage was out by Hurst <sup>(6)</sup>. The scheme consisted of over-year storage reservoirs in Lakes Victoria and Albert with a regulator below Lake Kioga; the Jonglei Canal as an additional channel to the Bahr el Jebel outside the swamps of the Sudd Region, which would eliminate most of the present losses in the swamps; a reservoir in Lake Tana; and a reservoir on the Main Nile for annual storage and flood protection for Egypt. The scheme was based on what were then the best available estimates of the possible future cultivation in Egypt and the Sudan, and was accepted as the policy of the Egyptian Government. However technical discussions between representatives of Egypt and Uganda led to agreement on the use of Lake Victoria as a storage reservoir for irrigation lower down, and a source of hydro-electric power for Uganda, but there was not agreement on the level of water to be held in a Lake Albert Reservoir, having regard to the requirements of long-term storage and the area of land which would be inundated. This scheme of projects, which we call the Equatorial Projects, would provide water for 7 million feddans (acres) in Egypt and

---

<sup>(5)</sup> « The Future Conservation of the Nile », HURST, BLACK and SIMAIKA. Physical Dept., Ministry of Public Works, Egypt, 1946.

<sup>(6)</sup> « Long-Term Storage Capacity of Reservoirs » [*Trans. Amer. Soc. Civ. Engrs.*, Vol. 116 (1951), p. 770]. — « Methods of using Long-Term Storage in Reservoirs » (*Proc. Inst. Civ. Engrs.*, Part 1, Vol. 5, pp. 519-590, Sept. 1956).

2 millions in the Sudan. It would have enabled the use of most of the water coming from the White Nile, but would have left a surplus from the Blue Nile and Atbara to flow to sea in most years. We did not then think over-year storage of this surplus was practicable.

In 1949 Mr. Adrian Daninos, an Egyptian, put forward a proposal for a new high dam at Aswan to form a reservoir large enough for over-year storage on the Main Nile, and at the same time to provide an enormous amount of power for industrial purposes. By this time the consequences of the rapid increase of population all over the Nile Basin were realized, and with it the need to make the fullest use of the resources of the Nile. As a result the idea of irrigating portions of the desert had arisen in Egypt, and surveys in the Sudan had shown the existence of more land suitable for irrigation than had previously been estimated. Experience in other parts of the world had also shown the value of a little irrigation as a supplement to a moderate, but variable rainfall. It is now known that there is more land in the Nile Basin which could benefit from irrigation than the whole flow of the Nile could water, even if used to the last drop.

We recommended that Daninos' proposal should be investigated and this was taken up by the National Production Council. Surveys showed that the valley was enclosed and had a large capacity, and also that there was a suitable site for a dam about 6 kilometres above the present dam. Foreign engineers of international reputation were consulted on the problems of construction and Hurst, Black and Samaika studied hydrological questions (7) (8). The reports were favourable and plans were made for a High Aswan Dam (or in Arabic Sadd el Aali). This project is not a rival to the Equatorial Projects but a complement. The Sudan Government has proposed to build a dam at Roseires for extension of cultivation in the Gezira.

In the last two years the Sudan Government's advisers have employed the I. B. M. company and their electronic computers to try out combinations of projects which at one time or another have been suggested as possibilities, by finding out how they would have worked if they had been in use for a sample of 50 years in the present century. The results have not yet been published.

It has been said many times that the Nile is a hydrological unity and can only be developed to the full by agreement and co-operation

---

(7) « Republic of Egypt. Sadd el Aali Authority » (*Report by the Board of Consultants*).

(8) « Republic of Egypt. Sadd el Aali Authority » (*Report on Hydrological Investigations, HURST and BLACK*).



between the countries of its basin. From the point of view of irrigation Egypt and the Sudan have the principal interests, all countries are interested in power development, now or in the future, and some are interested in navigation. In any case the construction of a large reservoir affects the people on its shores to their benefit or detriment. These different uses are rarely completely compatible even when only one country is involved. The High Aswan reservoir when full would extend as far as Dal Cataract, 150 kilometres south of Wadi Haifa. Except for the town of Wadi Haifa there are few people affected, as the valley is narrow and rocky with only small patches of cultivation. The Sudan Government considers that the best way in which to provide adequate alternative livelihood for the fifty thousand refugees will be to install a new irrigation scheme on the left bank of the River Atbara fed from a dam at Khashmel Girba.

In the case of a dam and reservoir to serve the needs of irrigation and power the full benefit for irrigation requires the use of all the stored water, and this involves a large change of the head available for power, and a discharge variable with the season. Power schemes work most efficiently when the variations of head and discharge are not very large. There is here a conflict of interests between agriculture and industry.

Meetings have taken place between representatives of the Sudan and Egypt in order to try to reconcile their conflicting interests but so far without any agreement being reached. A major fundamental point to be decided is their relative shares in the Nile waters as control over the river is gradually extended, having regard to the facts that the water is insufficient to meet all probable demands. A second major point is that the full benefit can only be got from the river if there are agreements between the countries of the basin on the construction and methods of working the projects.

# HYDRO-ELECTRIC POWER IN THE COMPREHENSIVE DEVELOPMENT OF WATER RESOURCES

BY

FRANCIS L. ADAMS

Chief, Bureau of Power,  
U. S. Federal Power Commission

Electric power is one of the most important factors in the advancement of the world's economy and in raising the standard of living of its inhabitants. Yet, it is a relatively new product, having had its inception in the United States on a commercial basis in September 1882, only 76 years ago. Up to the present, two main energy sources have been utilized for the commercial production of electric power: one, the heat energy in various kinds of fossil fuels; the other, the energy of falling water. The first thermal-electric plant, powered by a steam engine, preceded the first hydro-electric plant by only a few days, so both of these energy sources were employed from the very beginning of the industry.

Today, we are at the threshold of widespread use of another energy source, nuclear energy, for the production of electric power. Nuclear power plants are already in commercial operation, but much developmental work remains to be done. At present electric power from such plants is not competitive in the United States with power produced by plants burning fossil fuels.

The installed capacity of electric generating plants in the United States totalled 145.7 million kilowatts at the end of 1957. Of that total, 27.7 million kilowatts, or 19 per cent, were in hydro-electric plants. Twelve years earlier hydro-electric capacity constituted 25.3 per cent of the total installed capacity. This change in relationship of hydro-electric capacity to the total was not caused by a decrease in the rate of installing new hydro-electric capacity, but was due to the accelerated rate of installing new capacity in thermal-electric plants. For example, more capacity was installed in thermal-electric plants during the four years, 1954 through 1957, than was installed in hydro-electric plants during the entire 76-year history of the electric power industry.

For a number of years the United States Federal Power Commission has compiled data on the installed electric generating capacity and annual electric energy production of all countries in the world.

This information is obtained from published material received from many sources and from dispatches of United States consular agents. In some instances reported data are not available and in those cases estimates, based upon the best data available, are included. The latest compilation shows that the installed electric generating capacity in the world totalled 382.5 million kilowatts at the end of 1956. Of this total, 118.2 million kilowatts, or 30.9 per cent were in hydro-electric plants. The United States had about 36 per cent of the world's total generating capacity at the end of 1956 and produced approximately 41 per cent of the world's electric energy. Russia, with an installed capacity of 42.8 million kilowatts, was the second largest producer of electric power. Europe, including all of the U.S.S.R. has about 46 per cent of the world's electric generating capacity, Asia about 7.5 per cent, and Africa less than 2 per cent.

The extent to which electric power has been developed in individual countries of the world varies greatly. To a large degree, the magnitude of these developments and the types of developments have been brought about by the energy resources available for the production<sup>1</sup> of power. However, there are notable exceptions, for in many countries where the necessary energy resources are plentiful very little electric power is produced. In these cases financial and economic problems appear to be the principal deterrents to the use of the energy sources for the development of electric power. In many countries hydro-electric plants are the predominant source of electric power. Included among such countries are Canada, Japan, Italy, Sweden, Norway, Spain, and Switzerland.

The Federal Power Commission has prepared estimates showing the undeveloped hydro-electric power resources of the United States. These estimates are based on the rated capacity of generators that would normally be installed at the power sites, assuming reasonable regulation of flow by storage, with allowance for depletions by irrigation and other consumptive use, and on the assumption that each site will be developed to achieve, in conjunction with the development of other sites, the best overall development of the water resources of the river basin for power and other multiple uses. Included in the estimates of undeveloped water power are projects with respect to which economic feasibility has been demonstrated, as well as projects at sites where physical conditions indicate engineering feasibility and promise at some time of economic feasibility. The estimates are intended to serve principally as an overall inventory of water power potentialities from a long-range viewpoint. They are not necessarily

a forecast of expected development. The latest Commission estimates, as of 1 January 1958, place the total undeveloped hydro-electric power in the United States at about 89 million kilowatts with an average annual generation of approximately 360 billion kilowatt-hours.

As of 1 January 1958, nearly 30 million kilowatts of the potential hydro-electric capacity, in 231 projects, was either under construction or in various stages of planning and authorization. Completion of this capacity would more than double the developed hydro-electric capacity in the United States. If it is assumed that these installations will be completed by 1975, the developed hydro-electric capacity at that time would amount to about 58 million kilowatts, or nearly 50 per cent of the nation's total potential capacity of some 117 million kilowatts, including both developed and undeveloped.

The Federal Power Commission makes annual estimates of future electric power requirements of the United States and of the generating capacity required to supply such requirements. These estimates are not merely projections of past growth. They are the result of detailed analyses of electric power\* consumption in each of the major classes of use such as farm, non-farm residential, commercial, and industrial. The latest estimate indicates that a total electric generating capacity of 351 million kilowatts will be required in 1975. This amount would be a net increase of 205 million kilowatts above the capacity installed at the beginning of 1958. As previously indicated, only about 30 million kilowatts of new hydro-electric capacity can be expected to be installed by 1975 so the bulk of the new generating capacity, even in the years immediately ahead, will have to come from thermal-electric and nuclear power plants.

Looking ahead to 1975, there will be an estimated 59 million kilowatts of potential hydro-electric capacity still undeveloped. Sufficient data are not available to indicate what portion of this undeveloped potential may ultimately be utilized. Some of this potential capacity will undoubtedly be found to be infeasible of development but, at best, it could supply only a minor portion of the electric power supply which will be needed in the United States after 1975. This is not to imply that hydro-electric power is not an important power source. On the contrary, it can continue to serve an important and useful place in the nation's future power supply. It, unlike fuel-produced power including atomic, is a renewable resource and once developed continues to produce energy without depletion of available resource reserves.

The rate at which hydro-electric power is developed throughout the world and the amount of the potential that may ultimately be developed depends upon many factors. In some areas of the United States and

in many areas of the world water is already a critical resource. The pressures of expanding population and of improved living standards make it essential that water resources be conserved and utilized most effectively, not only in the critical areas of today but in all areas which may become critical in the future. Primary consideration must be given to the maximum development of streams for supplying domestic, industrial, and irrigation water requirements. Other beneficial purposes, such as navigation, recreation, and power production, must of necessity have a lower order of priority. Flood control will be inherent in the control of streams for these purposes.

With the advent of nuclear power one's first thought might sense the doom of further hydro-electric power development. However, the contrary is likely to be the case. Hydro-electric plants with ample pondage or with reservoir storage capacity are particularly well adapted for serving variable and short-time electric power loads. Their equipment is relatively simple and rugged in construction, operates at low speeds and temperatures, and can be started quickly. Thus, hydro units are available almost instantly in the event of emergency outages of equipment, or for supplying fluctuations in loads. Combined with either base load nuclear power plants or thermal-electric plants they now provide, and can continue to provide, a dependable and economical source of power.

In this connection, pumped storage hydro-electric developments are receiving increased recognition as a source of economical peaking power. At such developments surplus energy from thermal or nuclear plants can be used to pump water from a tailwater pond to a high-level reservoir for re-use through the hydraulic turbine. Development of the two-way pump turbine is an important factor in the trend toward pumped-storage projects, and the adoption of nuclear power plants as a primary power source may well give impetus to this trend.

A sound programme to develop hydro-electric power must recognize the many other purposes which may be served through the development of water and land resources. In the United States, the multiple-purpose concept of developing river basins is being actively practised. The general objective is the full use of natural resources through an economically sound, comprehensive, integrated development of material wealth — water, land, forest, and mineral — including the conservation and enhancement of exhaustible resources and the greatest sustained yield of replaceable resources. The achievement of this objective involves more than a better use of individual resources. It involves the use of all resources in a plan of development in which the several uses will support one another to provide widest and greatest

benefits, in which the net benefits of the whole coordinated effort will be greater than for its individual parts if developed separately. The provision of upstream and tributary water storage, correlated with main-stream improvements, can make possible repeated and economical multiple uses of water.

Under this concept of river development, loss of life and damage to property resulting from floods may be reduced or prevented. Navigable waterways suitable for the needs of modern commerce may be provided. Hydro-electric power may be developed, thus conserving irreplaceable supplies of coal, oil, and gas. Water supplies for domestic and industrial uses may be provided. Low river flows may be conserved during dry periods and pollution hazards abated. Water may be conserved for the irrigation of lands in arid regions. Lakes and ponds suitable for recreational pursuits may be established.

It has been found that under the multiple-purpose concept of basin development many hydro-electric plants which are economically infeasible when considered alone have become feasible when considered in combination with other uses. This is true, of course, with other features as well as power, and comes about through the sharing of joint costs and through participation in the savings which are generally inherent in multiple-purpose development. Without power as a paying partner these other uses often could not be achieved.

Many multiple-purpose developments in the United States have also been constructed by state and local agencies and private interests. The Federal Power Commission issues licences to non-federal interests authorizing the construction of water power projects on government lands and on streams over which the Congress has jurisdiction. The Federal Power Act, which describes the conditions under which such projects may be licensed, requires that each project shall be best adapted to a comprehensive plan for the development and utilization of the water resources of the river basin. In order to meet this requirement for comprehensive development, the Commission may require hydro-electric projects constructed by non-federal interests to include beneficial features other than power.

Before acting on an application for licence the Secretary of the Army is requested to give his recommendations for the protection of navigation, flood control, and any other of his interests. The Secretary of the Interior is invited to report in connection with public lands, Indian reservations, fish and wildlife resources, and reclamation interests. Other interested federal agencies, and the governors and various agencies of the states concerned, are also invited to give their views on the proposed project. The plans of the applicant and the

recommendations of others pertaining to the application are thoroughly evaluated and, to the extent that it is appropriate and feasible to do so, special conditions are included in the license for the protection of the various interests.

Some of the special licence conditions require the construction of complex and expensive structures such as facilities for the protection of anadromous fish. Only a few months ago the Commission approved passage facilities for the Portland General Electric Company's North Fork hydro-electric project. These facilities include a fingerling bypass pipe-line five miles in length, a two-mile upstream ladder bypassing two dams, a combination fingerling collector, upstream migrant exit, upstream migrant drop structure to compensate for a 19-foot draw-down, and spillway partial screen; and a structure to separate upstream and downstream migrant fish in the ladder. Also, at this company's recently completed Pelton project, approximately one-fourth of the total cost of about \$ 20,000,000 was incurred for fish facilities. Fish passage facilities provided at five federal projects in the Columbia River Basin are costing \$ 82,000,000.

In the issuance of licences for hydro-electric developments, increasing attention is also being given to the preservation and enhancement of recreational and scenic values. The Commission frequently includes special conditions requiring the licensee to provide funds to be used in archaeological surveys and for recreational planning.

In some cases recreational and scenic values cannot be preserved without the loss of power. A prime example is the current re-development of Niagara Falls in the United States and Canada where the fullest possible development for electric power would destroy the scenic value of the Falls. Fortunately, at this site it is possible to develop over four million kilowatts of power without impairing the scenic value. Extensive hydraulic and engineering studies were made to determine the limiting diversion of water for power production. In other cases it might not be possible to develop power and retain the scenic or recreational values. A few years ago the Commission received an application for a power development on the Namekagon River in Wisconsin. This river had unique and special scenic and recreational values which were used extensively. The Commission, following a public hearing, found that the proposed project was not best adapted for beneficial public uses of the Namekagon River, including the use of the stream for recreational purposes. It, therefore, denied the application for power development.

The place which hydro-electric power should occupy in the development of water and land resources should be determined through com-

prehensive investigations which give proper consideration to each of the purposes which may be served. This will vary between countries and between river basins in the same country. Hydro-electric power in the United States and in many countries of the world represents an important and substantial portion of the total electric power supply; but in most cases, even with continued substantial new developments, it is destined to become a progressively smaller portion of the total power supply. There is no indication, however, that remaining economically competitive sources of this non-exhaustible resource will be supplanted by other energy sources.

#### ACKNOWLEDGMENT.

Acknowledgment is made of the valuable assistance given by Mr. Frank L. Weaver, Chief, Division of River Basins, and Mr. James J. Stout, Principal Engineer, Bureau of Power, in the assembly of basic information for this paper and in review of the final draft.



# NEEDS OF ENERGY AND THE BUILDING OF DAMS (Fossil fuels, hydro-electric power, nuclear energy, new sources)

BY

W. BURHENNE

Interparlamentarische Arbeitsgemeinschaft, Bonn

## A. — General.

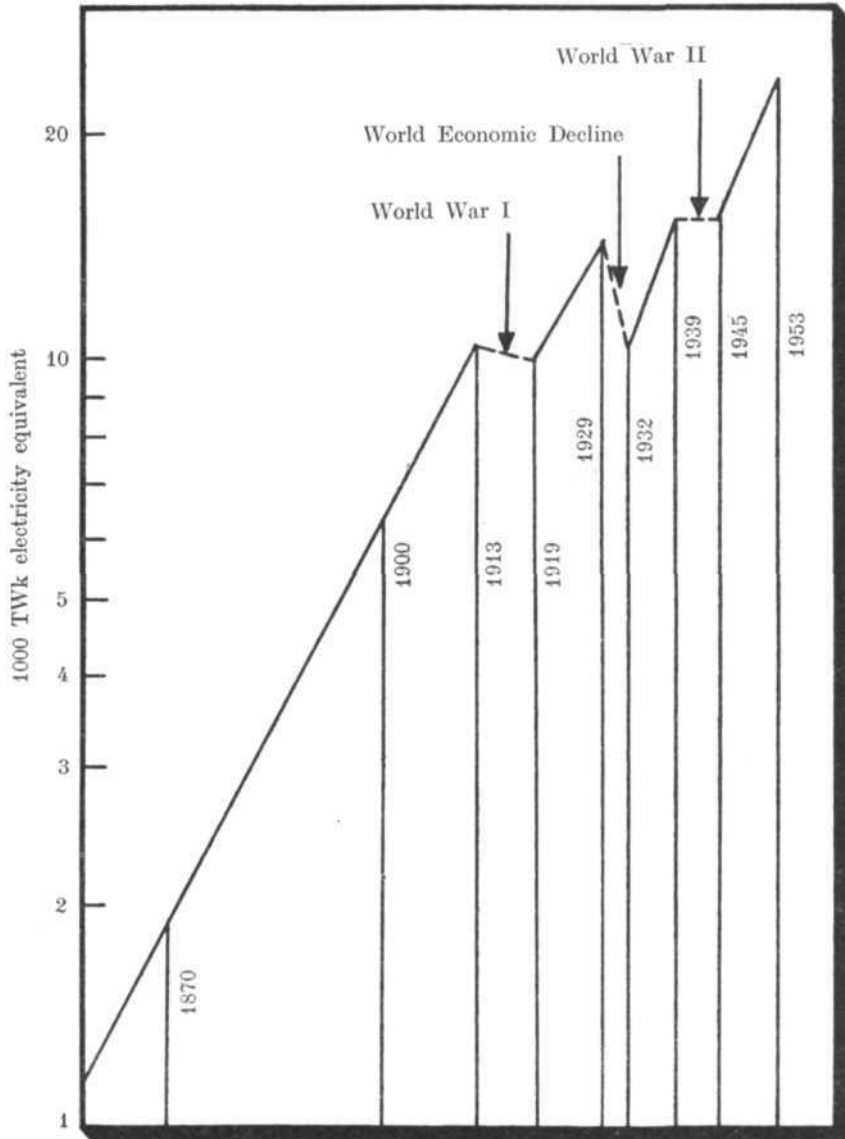
Mankind, increasing in number, depends on the utilization and conservation of the natural resources. Consequently, the « increasing use of energy in the provision of heat, light and power has characterized the development of civilization. The gradual replacement of the burning of wood by the burning of coal, oil and natural gas and the replacement of simple hand-driven machines by the complex power-driven machines made possible by the steam engine, the electric motor and the internal combustion engine, have marked the successive stages of the industrial revolution. Today manual labour supplies only one per cent of the energy used in the world and the amount of energy used per capita gives an accurate idea of the stage of development reached by different countries. In fact, the average income in each country and thus its standard of living is closely related to the consumption of energy per capita, and productivity depends on the number of horse power used per worker. Hence, it is not surprising that the demand for energy is rising steadily in each country since its availability and price largely determine the level of industrial production as well as the standard of comfort. » (O.E.E.C. Report 1956).

## B. — Survey of present situation and development.

The world's primary energy is being provided by the following resources : coal and lignite about 43 per cent, oil about 27 per cent, natural gas about 9 per cent, water power about 6 per cent, and wood about 15 per cent.

Unfortunately, nature has distributed its gifts rather unequally. About 90 per cent of the coal reserves and 80 per cent of the oil and natural gas reserves are situated north of the 20th degree of latitude while two-thirds of the total water power are located to the south of it. Existence and location of these various energy resources appears to be the decisive factors for the kind of development in any country. Indigenous resources are of course cheaper as there are no high transport costs involved.

DIAGRAM 1. — Rates of increase on the world production of commercial sources energy in selected periods, 1860-1953.



Source : World Energy Requirements in 1975 and 2000. Document A/Conf. 2.1/P/902 of the International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy, Geneva, 28th June, 1955.

It has been stated by the O.E.E.C. that the total consumption of energy in Europe has risen, from 1937 to 1953, from 589 million tons to 722 million tons of coal equivalent, that is 22.5 per cent. The contribution of coal to this rise amounts to 6 per cent, that of water power to 86 per cent, and of crude oil to 350 per cent of the former value. While the percentage contributed by coal to the total of energy production has decreased from 85 per cent to 72 per cent, that of water power shows an increase from 2 to 8 per cent and that of crude oil from 6.5 to 12 per cent. In the United States, the proportion of coal in the energy production of the years 1945-1951 has dropped from 51 to 39 per cent. According to the O.E.E.C. Report, nuclear energy will contribute to energy production to a noteworthy extent — and increasingly — only during the next ten to fifteen years.

*Forecasts of Production of Electrical Power in 1960 and 1975 (in TWh)  
in Western Europe.*

	1955	1960	1975	
			Low	High
Total production . . . . .	350	480	1,050	1,400
Hydro production . . . . .	140	185	300	350
Nuclear production . . . . .	—	—	200	200
Thermal production . . . . .	210	295	550	850

### 1. Fossil fuels.

For many years to come coal (pit-coal and lignite) will still retain its function as the mainstay of the world's energy supply. A large-scale increase of coal production is, however, impossible. After 1975, the coal so far used in thermal stations will be increasingly replaced by nuclear energy and will be needed for other purposes (e.g. chemical).

The proportion of crude oil and natural gas to cover the demand for energy is rising rapidly; the opening of new sources is urgent.

In the six countries joined into EURATOM, consumption of electricity will double every ten or twelve years, according to an opinion given by Armand, Etzel, and Giordani. Even if, in these countries, all indigenous resources of energy were being developed and utilized in the best possible manner, during the 20 years to come it will only be possible to cover one-third of the demand. More than two-thirds of the additional supply will have to be provided by power stations running on imported oil or coal; unless in their place the first nuclear power plants will have come into operation.

## 2. Hydro-electric power.

In 1952, hydro-electric world production was (according to Guyol) at 376 TWh, and in the United States, in 1954, at 111.6 TWh (according to Weaver and Atkins) with a total output of 544 TWh of electrical energy.

Vosnesensky submitted to the V-th World Power Conference 1956 an account of the theoretical total of the world's potential power, of which of course only a fraction can be economically developed. The data — multiplied, as a precaution by the factor 0.4 — of the potential water power of the world, possibly still utilizable, give the following picture :

	MW	TWh	%
Europe . . . . .	96,000	840	6.4
Asia . . . . .	536,000	4,700	35.7
Africa . . . . .	280,000	2,460	18.7
North America . . . . .	280,000	2,460	18.7
South America . . . . .	240,000	2,100	16.0
Australia . . . . .	68,000	600	4.5
Total.	1,500,000	13,160	100

These values are (according to Thirring) considerably higher than the estimates of Putnam, the authors to whom he refers holding a different opinion on economy and efficiency of hydro stations.

It has been stated, at the World Power Conference, that electricity generation by hydro stations is to be increased, until 1965, by 75 per cent of the present level. Countries with similar off-flow characteristics of all rivers, and unable to achieve compensation in the annual supply of water power through interconnection, or having rivers which dry up completely, must set up large storage plants in case no other utilizable energy resources are available. The desire for independence from fuel imports for the production of electricity leads, too, to the erection of huge storage plants, if all requirements of varying load shall be met. Additional electricity generation through water power is needed in those countries where coal transport is hampered during the winter, for example by frozen waterways, and difficulties in supply are entailed.

The following table shows to what extent the resources of hydro power in Western Europe which are economically workable are already harnessed. The expression « economically workable » must necessarily be somewhat arbitrary as it depends on the assumption adopted in each Member country when assessing it. The table gives the hydro

potential of the countries rich in water power with an omnibus figure for the rest and the percentage of the potential which is actually used.

*Resources and Production of Hydro Power in O.E.E.C. Member Countries.*

Country	Economically workable resources TWh	Production in 1955 (estimates) TWh	Percentage of resources actually harnessed
Austria . . . . .	40	7.5	19
France . . . . .	68	26	39
F. R. of Germany . . . . .	23	10.6	46
Iceland . . . . .	25	0.4	2
Italy . . . . .	50	30.4	61
Norway . . . . .	105	23.4	22
Sweden . . . . .	80	24	30
Switzerland . . . . .	27	15.1	56
Turkey . . . . .	90	0.1	0.1
Other Member countries .	25	5.5	22
O.E.E.C. Total . . . . .	533	142.4	27
Yugoslavia . . . . .	67	1.6(1)	2

As has been stated in the O.E.E.C. Report, in Western Europe the production of hydro-electricity will rise by 1975 by about 150 per cent as compared with 1955, when capacity stood at 35 million kW. If capacity follows the same trend as production — which is not altogether certain — a further capacity of 53 million kW should be harnessed in the period under review. Part of this new capacity will have to be installed at a considerably higher cost per unit than the average mentioned above. This may therefore entail total investments in the transmission and distribution of power as well as any possible tidal power developments in the future.

Lacking profitability in the money market with the high interest level is a serious handicap on the financing of the naturally long-term investments in hydro power development. Financing such undertakings is neither possible through (net-worth) capital nor through self-financing by means of the electricity price. In almost all countries — as in the mining industry — governmental support, that is from tax money, is needed.

(1) Figure for 1953.

Source : O.E.E.C., *The Electricity Supply Industry in Europe*, January 1956, p. 20.

In the United States in 1920, 60 per cent of the total of electrical output was provided by thermal power and 40 per cent by hydro power, which, in 1954, contributed only 20.5 per cent. In other countries the opposite development is being observed; in Austria, for example, the proportion of hydraulic generation of electricity is, at present, above 80 per cent, in Norway neatly 100 per cent.

On the whole, in spite of the continuous development of water power utilization it could not be kept up with the increase in the demand for electricity. In a survey on the V-th World Power Conference in 1956 in Vienna (« Energiewirtschaftliche Tagesfragen », Nr. 49/50) it is indicated that in some countries possibility of a further development of the utilization of water power is, from the economical point of view, nearing its end.

Even in countries with predominant output of water power it is estimated that at a later time nuclear power plants, partly combined with conventional thermal stations, will cover the basic load, while hydro-electric energy will be used to meet peak demand.

This point of view is applicable to all countries where possibilities for the utilization of water power are available. For nuclear power plants are, with respect to their technical characteristics, basic load plants producing energy in a continuous and uniform way and achieving maximum economy when being operated continuously and at full load. However, there is shortage of energy at peak periods — here the consequence of short-time working must be particularly mentioned —, as well as for the increased winter demand. Likewise, through water power alone the storage of electrical energy becomes possible. Of growing importance are therefore storage power plants, pump storage stations, as well as combined run of water power plants in connection with storage power plants to meet peak demand.

Most modern hydraulic structures in the United States serve several purposes among which electricity generation often plays only the role of an additional advantage. Such points of view as flood control, canals for navigation, irrigation of extended arid and semi-arid areas, are predominant.

### 3. Nuclear energy.

Nuclear energy will become seriously competitive as soon as the building of power plants of the traditional kind will no longer appear economic, or when an overlap with the costs of electricity generation from nuclear fission has taken place.

This moment will be different in all countries. In Great Britain where difficulties have already arisen in the production of energy

the erection of nuclear power plants has already begun; the costs per kWh are equal to those of new steam power plants with equal capacity. It is estimated that by 1975 there will be produced as much energy from nuclear plants as by coal.

Even in the United States where many cheap energy resources are available, nuclear energy has already now been recognized as an economic competitor to the other fuels.

Increasing supply of electrical energy from nuclear plants will also make possible a freer choice of locality which is of great importance to industry since electricity will then become cheaper. At the beginning, it is true, the location of nuclear power plants will also depend on their demand for cooling water.

As to the European demand for energy, the O.E.E.C. Report for 1956 makes in its conclusions the following statement :

« The popular misconception that nuclear energy will make large contributions in the near future is prejudicing seriously the immediate need for development in the coal and other energy industries. At the end of the period of 20 years which is covered by our survey, the contribution of nuclear fuels is unlikely to exceed 8 per cent of the energy requirements of Western Europe. »

#### **4. Solar energy; tidal energy; wind energy; geothermic energy; thermal energy of the seas.**

The UN Department of Economic and Social Affairs gives in its Report « New Sources of Energy and Economic Development » the following details :

« One advantage, for example, is that such a combination may allow a country to economize on use of energy sources of a polyvalent nature, such as fossil fuels, which in some circumstances may be more important for purposes other than electricity generation.

» In such circumstances, new sources of energy such as tidal, geothermic and to a certain extent, wind energy, may be called upon to play an important role where they are susceptible to large-scale exploitation for power generation. This, however, would mainly correspond to conditions existing in more economically advanced regions of the world.

» There are other areas in the world where energy supplies — even of a random nature — are urgently needed for a variety of purposes in a small quantity. Some of the areas are too distant from bulk supplies of energy to make its import economical. This is the case of almost all under-developed areas where agriculture combined

with some form of rural industry is the predominant means of supporting a population. Such areas cover large stretches of territory in various parts of the world, and many of them are within the limits of the zones where solar radiation is most concentrated and where favourable differences of temperature prevail at various levels in the sea. Others on the sea coasts may enjoy tidal conditions suitable for running small tidal mills adapted to power generation. In most of these areas spots could be found where wind speed averages would permit useful wind utilization.

» Primitive means of water pumping is a major reason for lack of sufficient irrigation, while in large arid and semi-arid areas the lack of fresh water is the stumbling block in the way of any reasonable development in the foreseeable future. ... »

### C. — Conclusions.

1. Utilization and conservation of the natural resources are indispensable for covering the demand of the growing numbers of mankind.

As natural resources are directly interdependent, any unconsidered interference tending only to momentary utility may entail prejudicial repercussions in other fields, with consequences of a cultural as well as of a social order.

2. From the examination of all points of view follows :

*a)* Hydro-power plants for peak demand will always be needed as a natural complement to classical as well as nuclear power plants;

*b)* the development of the utilization of nuclear energy for peaceful purposes justifies the claim that hydro-power plants — with regard to the principles noted in paragraph 1 as well as for the high investments involved — should be built only when serving several purposes and needed also for the conservation of the natural resources, for example for flood control, low water compensation, ground water regulation, land irrigation, supply of drinking-water or for fishery.



# FLOOD CONTROL AND NAVIGATION

BY

C. SEMENZA

AND

F. MARZOLO

Director-General,  
Società Adriatica di Eletticità  
San Marco,  
Oalle Goldoni, 4423 A, Venice. Italy

Padua University  
Padua, Italy

## Flood control.

### Single-purpose reservoirs.

Some of the earliest dams in Italy were constructed for controlling floods and the transportation of solid content. Among them should be mentioned the Pontalto and the Mandruzzo dams near Trento, North Italy, interesting examples of masonry arch-dams made of squared stone blocks. A great part of the Pontalto dam dates back to the 16th century. Several restorations and heightenings followed in more recent times.

At present the purpose of a reservoir is seldom confined to flood control. Such reservoirs are, in fact, very unusual in Italy and deserve to be mentioned more for their rarity than for any specific importance.

A reservoir of this kind, with a storage capacity of 5 milion cubic metres was built, and is still operating satisfactorily, in the Veneto region, near Montebello Vicentino; it controls the floods in the river Gua, which often overflows the territory of Este. The reservoir is formed by an earth dam and is located on one side of the watercourse, i.e. between the embankments of the Gua and the Chiampo. Whenever a flood occurs in the river Gua, part of the water is discharged into the reservoir by two series of syphons, either automatic or hand-controlled. This reservoir also has a controlled discharge into another tributary.

Another small reservoir for flood control only was formed on the river Noce, a tributary of the Adige, also in the Veneto region. It is formed by an arch-dam of moderate height and is mainly intended to stop the solid content of the water. The flood control function was considered too for the upper part of the reservoir — to a limited extent in comparison with the drainage area — in connection with a 4 metre heightening of the water level above the crest of the dam.

In the island of Sardinia only one flood-control reservoir has been built, on the Rio Mogoro.

All these reservoirs were built at the expense of the Italian government. Since their only purpose is flood control, they should, as a rule, remain empty in order to receive flood water.

**Multi-purpose reservoirs.**

Far more frequent are multi-purpose reservoirs, in which flood control is combined with other functions, especially power production or irrigation. A great number of multi-purpose reservoirs are to be found in our country as well as abroad.

Many hydro-electric reservoirs in Italy also serve flood control purposes. In this connection we shall cite only the Piave, the basin of this, the most important river in north-eastern Italy, having been the author's special field of study. This river was subject to numerous violent floods until, a few years ago, the problem was finally solved by means of the construction of embankments and a series of reservoirs along the river and its main tributaries. These reservoirs were formed primarily for the production of electricity and also to ensure — following a precise request diagram — the amount of water necessary for the irrigation of the large Veneto Plain during the summer season, which involves a twice-yearly operation of the reservoirs. At the same time these reservoirs also serve flood control purposes.

The storage capacity of these reservoirs is shown in the following Table.

Reservoirs	Storage capacity m <sup>3</sup>
Camposroce . . . . .	4,830,000
Comelico . . . . .	1,208,000
Forno di Zoldo . . . . .	31,692,000
Lago Morto . . . . .	3,015,000
Pieve di Cadore . . . . .	64,700,000
Podestagno . . . . .	39,138,000
Pontesei . . . . .	9,100,000
Romotoi . . . . .	5,530,000
Sappada . . . . .	11,080,000
S. Caterina . . . . .	6,640,000
S. Croce . . . . .	120,770,000
Vajont . . . . .	150,400,000
Valle di Cadore . . . . .	3,823,000
Val Gallina . . . . .	5,840,000
Val Visdende . . . . .	17,107,000
Vodo . . . . .	704,000
Total . . . . .	475,577,000

Large dams were built to form these reservoirs, including the Pieve di Cadore dam, a large arch-gravity structure with a maximum height of 112 metres, crest length 410 metres, total concrete volume 377,000 cubic metres, and the Pontesei dam on the river Mae, a right-hand tributary of the Piave, a thin arch structure with maximum height of about 10 metres, crest length about 150 metres, volume 65,000 cubic metres.

In addition, in 1928-1930 the S. Croce lake was raised to form a reservoir with a total capacity (including the volume due to sinking below the natural level) of 120,000,000 cubic metres, by building an earth dam, 1,975 metres long, 10.5 metres high, concrete volume 350,000 cubic metres.

Another large arch structure, about 265 metres high, is now being built on the river Vajont, a left-hand tributary of the Piave.

Similar structures have been employed in some valleys adjacent to that of the Piave, for the formation of reservoirs serving hydro-electric and irrigation as well as flood-control purposes. Among them we should mention the Barcis dam on the river Cellina, where floods are sudden and rather violent, as they can pass from a discharge of the order of 5-10 cubic metres to a discharge of the order of 1,000 cubic metres in a few hours.

#### **The operation of reservoirs in connection with flood control.**

Single-purpose reservoirs may have either a free or a controlled outlet. On the other hand, multi-purpose reservoirs can only have a controlled outlet, if a satisfactory utilization is desired. The two purposes we are examining — flood control and hydraulic regulation for navigation purposes — are basically opposed, the former requiring at least a partially empty reservoir and the latter a reservoir as full as possible, i.e. the greatest storage amounts and the highest levels.

These opposite requirements in the operation of a reservoir can be adequately reconciled by reserving the upper part of the reservoir for flood control, or, in the event of a flood, by increasing the capacity available by means of a preparatory discharge.

In this connection, the use of operational models is advisable, especially in some cases where operational conditions are particularly complex on account of various contemporary requirements to be met. These models, in which the operational conditions of the reservoir are reproduced, determine the actual working and regulation of reservoirs.

If we examine any given flood-hydrograph when a reservoir with a free discharge is put into operation, we can see that the given hydrograph is reduced to a lower one whose highest value coincides with a point in the descending branch of the first hydrograph.

Therefore in a reservoir with a free discharge the storage capacity — expressed by the area between the two hydrographs — is utilized too quickly.

On the other hand, if the reservoir has a controlled discharge, it is possible to cut down the peak of the hydrograph by an appropriate operation of the reservoir itself.

To obtain the same reduction in the maximum flow-rate, the storage capacity required in the latter case is much smaller than in the former, being better utilized. Besides, in the latter case the reservoir may serve further purposes, i.e. water regulation and utilization.

Consequently reservoirs with a controlled discharge are the only ones that allow a high utilization of their capacity.

Many more remarks could be made on the operation of reservoirs in connection with flood control.

In the case of various flood-control reservoirs located on confluent rivers, conclusions can be drawn regarding the combination of their effects according to their positions and distances. Yet generalizations are difficult; it is more convenient to examine the situation of each drainage area with regard to particular hydrographic events to be expected.

In some Italian reservoirs a preparatory discharge (prior to a flood) is often carried out also for reasons connected with the nature of the reservoir itself, i.e. either because of the reduced discharge capacity of the outlets, or because of the need to avoid damage at the outlet of an upstream hydro-electric station.

In this connection the type of spillway adopted is also to be considered. The adoption of an overflowing dam has the great advantage, as compared to the sluiceways system, of inducing, in the event of a flood, a determined level heightening over the crest, matched by a supplementary storage volume in the reservoir, which thus reaches its greatest extension.

In many new Italian reservoirs the spillway is on the crest of the dam, or at least this can be used for the overflow, in addition to separate deep outlets.

Actually, a reservoir with a free spillway exerts a moderate controlling action, or « lamination », on the flood (occurring when the reservoir is full), which is noticeable when the ratio of reservoir surface to drainage area surface exceeds 2 : 3.

In any case, it is advisable to examine carefully this particular effect among the other functions of a reservoir; in fact, reservoirs

where flood control is not duly investigated may in some cases be detrimental to the river basin <sup>(1)</sup>.

### Navigation.

Reservoirs or artificial lakes designed for navigation purposes may be used directly for navigation itself or to increase the minimum flow-rates of navigable rivers downstream from them, or else to ensure the necessary water supply to navigation canals which cannot be fed directly.

The second case is the most frequent, finding wide application in several countries.

Sometimes the flow-rate of a navigable river is reduced too much by the amount of water diverted for irrigation purposes. This may impair the navigability of the river, as happens in the driest summers in the case of Italy's principal river, the Po, which is navigable for a length of about 540 kilometres. To ensure navigability in its lower part a minimum rate of 400 cubic metres had been fixed at Boretto, near Reggio Emilia. Yet, this flow-rate is to be considered somewhat theoretical as in the driest summers it can be considerably cut down by the development of irrigation.

In the mountainous area of the Po river basin there are a great number of reservoirs, mostly for power production and also for irrigation. In addition, Lakes Maggiore, Como and Iseo have been raised to form reservoirs, but none of these reservoirs was formed for the specific purpose of increasing the navigability of the river.

More reservoirs could be formed in its basin which could, among other effects, bring the minimum flow-rates, in the driest summers, nearer to the theoretical flow-rate mentioned above.

Navigable canals that cannot be fed directly from the rivers can be fed by means of appropriate reservoirs. This is the case especially with the upper part of navigable canals which pass from one river basin into another, as there is often no drainage area near their divide that can feed the canals at a continuous and sufficient rate.

On the other hand, in the waterway systems which develop along an important river, the flow-rates ensured by the river itself and its tributaries are often such as to make up for all possible losses.

---

<sup>(1)</sup> If a flood occurs when the reservoir is full to its maximum level, the flood-wave crosses it more rapidly than it would under natural conditions. In other words, a « moderating » effect of the wave is lacking due to the fact that the reservoir is full. Therefore the maximum flow-rate of the flood could be increased. The occurrence and development of floods must be carefully examined also when the regulation of natural lakes is concerned.

It is therefore desirable that navigation, which from a historical point of view was the first use to which rivers were put, should be given greater importance in Italy, as it is in other countries where many rivers have been made navigable by regulating their flow-rates through reservoirs.

#### **A look at the future.**

In view of the foregoing, it is advisable, in our opinion, that in the future most reservoirs or artificial lakes should be designed as multi-purpose; in many cases flood control should be carefully considered and in others the possibility also of increasing or ensuring navigability in the rivers where reservoirs are formed.

Let us consider now briefly to what extent new large reservoirs could help to control floods in the main Italian rivers.

In many Italian regions rainfall is generally limited to comparatively short periods, and the rivers, whose courses often present considerable differences in level, have very variable flow-rates, being regulated neither by glaciers nor by extensive woods.

This situation is particularly common in central and southern Italy, but it can be met also in several other parts of the country, especially in the eastern zone of the southern side of the Alps in North Italy where there are practically no glaciers.

Also the main rivers — such as the Po and the Adige — are subject to frequent and considerable floods.

The floods that have occurred in the river Po during the last seven years, have caused great damage. Embankments have been swept away at several points on the lower part of the river and serious damage caused by the extensive inundations. The problem of the Po has not yet been solved. Strong embankments have been built along the middle and lower course of the river, but they are still inadequate.

In the Adige, too, floods have been very harmful in the last few decades, also on account of the particular condition of the lower part of the river where the river bottom is higher than the level of the plain. The problem of the Adige floods is however being solved. Besides the erection of proper embankments, a partial regulation by means of reservoirs on the upper and middle part of the river course was adopted and an important diversion towards Lake Garda is now under construction which will be put into operation in case of floods. A large tunnel will discharge a flow of up to 500 cubic metres, thus cutting down the estimated maximum flood-peak by 20 to 25 per cent.

A substantial increase of the flood-control capacity in the drainage

areas of these two rivers through the adoption of reservoirs properly located and grouped would facilitate the regulation of their waters. No important reservoirs have been formed as yet in the neighbourhood of the Isarco, the main tributary of the river Adige. On the other hand, plans have been made for the formation of a large reservoir at Elvas, upstream from Bressanone, which, should its construction prove practicable, would also be very useful from the point of view of hydraulic regulation and flood control in the river Adige.

A similar situation — although to varying degrees — can be found with regard to numerous rivers in central and southern Italy where the formation of more reservoirs is not merely advisable but indispensable. This is the case, for instance, with the tributaries of the Tiber, as well as with the Vomano, Sangro, Trigno, Biferno, Fortore etc.

As regards navigation, it is a form of utilization that does not concern many rivers in our country. Yet the presence of reservoirs increasing the minimum flow-rates of some navigable rivers, such as the Po, would certainly be a substantial advantage. Actually, it is well known that the development of inland navigation, especially with regard to the river Po, would be greatly beneficial to the Italian economy, particularly in the regions between the Upper Adriatic and Switzerland.

The two functions we are examining — flood control and regulation — must, of course, be properly evaluated, whether they are primary or secondary purposes, consideration being given on the one hand to the public and private advantages they afford (reduction of flood flow-rates in the downstream course of a river, saving in embankments and other hydraulic defenses, general economic benefits), and on the other to the higher cost of the reservoir and dam, in the case of multi-purpose reservoirs.

It is therefore reasonable, and indeed indispensable, that either the government or the public bodies concerned with hydraulic defence should contribute directly to the financing of the work. In the legislation of some countries this is provided for by ordinary laws, yet the importance of these problems is such as to require particular provisions.

In the case of multi-purpose reservoirs, it is difficult to achieve combined functions unless the government contributes to an adequate extent to the higher cost of the work and the operational requirements. Naturally, organizations or bodies constructing reservoirs for their own regulation and utilization purposes, have, generally speaking, no reason to enlarge them or to undertake flood-control operations too.

### Summary.

One of the most usual functions of reservoirs or artificial lakes is flood control. This purpose is generally combined with others — power production, irrigation or navigation — although it is sometimes the only one.

In the present paper we are dealing with flood control in relation to navigation. The latter purpose is very important, although less usual than the former.

The two purposes — flood control and navigation — cannot be said to be analogous or correlated, yet their association can be justified by the fact that in both cases the water of the reservoir is generally discharged — at a controlled flow-rate — direct into the river course downstream from the dam; that is to say, the discharge does not involve the construction of a hydro-electric plant, or the feeding of an aqueduct or irrigation system.

We believe that dam construction, for both these purposes, will be considerably developed in the future.

We give below some remarks of a general character on flood-control reservoirs dealing first with single-purpose reservoirs and then with multi-purpose ones, along with some operational problems related to flood control. These will be illustrated with examples taken particularly from our own country.

Some considerations will follow on navigation reservoirs and finally a brief survey of future requirements in both fields with reference to the special conditions in our country.



# **RESERVOIR SUBMERGENCE AND ECOLOGICAL STUDIES IN THE DAMODAR VALLEY**

BY

**P. C. GOSWAMI**

Damodar Valley Project, India

## **The Damodar River System**

The river Damodar in India is well known for its flood damages in the past and for the unified development of this river system now being undertaken. The river arises in the Palamau hills in the State of Bihar and joins the river Hooghly in West Bengal about 30 miles below Calcutta. It is about 336 miles in length and has six tributaries, of which the river Barakar is the longest. The catchment of the Damodar river system comprises an area of approximately 9,240 square miles; the area of the Upper Damodar Valley itself is about 7,375 square miles.

Protection of the Lower Valley from the floods of the Damodar by constructing storage reservoirs was considered as early as the sixties of the last century. Eventually in 1948 the Damodar Valley Corporation, an autonomous body, was set up for the multi-purpose development of the entire valley, with flood control, power generation, irrigation and soil conservation as its main functions.

## **Description of the Storage Reservoirs**

The Corporation has approved the construction of four major reservoirs during the first phase of its activities. A brief description of these reservoirs is given below :

1. Tilaiya. — A 1,200 feet long concrete gravity type dam has been constructed across the river Barakar at Tilaiya. The area of the reservoir is 22.8 square miles. Its catchment area is 380 square miles. Water accumulation in the reservoir started in 1952. Since the reservoir is fairly shallow and water is utilized for power generation, the water level fluctuates a good deal.

2. Konar. — A 12,080 feet long earth and concrete dam was completed across the Konar river in 1955. The area of the reservoir is 9.7 square miles with a catchment area of 385 square miles. Power generation from the impounded water has not yet been taken up.

3. Maithon. — An earth and concrete dam 17,644 feet long (with dykes) at Maithon across the river Barakar about 8 miles above its confluence with the Damodar was completed in 1957. The submergence area will be 44.4 square miles, when the reservoir fills up. The catchment of this reservoir is 2,430 square miles. The impounded water is utilized for power generation.

4. Panchet. — A composite earth-concrete dam 29,303 feet long (with dykes) is under construction at Panchet across the Damodar about 3 miles above the confluence with the Barakar. The dam is expected to be completed during 1958. It will submerge an area of 64.4 square miles. The catchment of this reservoir is 4,234 square miles. The impounded water will be utilized for power generation.

Besides the above four major reservoirs, a few other smaller reservoirs have also been built in the Upper Valley on the smaller tributaries for silt control, irrigation and water supply to neighbouring towns. Each of these reservoirs is only a few square miles in size.

#### **Influence of Submergence on Plants and Animals**

The above-mentioned reservoirs are all situated in regions where previously permanent water areas of large size were not present. The altitude is in the neighbourhood of 1,200 feet in the case of the Tilaiya and Konar reservoirs and 300 feet in the case of the Maithon and Panchet Reservoirs. It is expected, therefore, that at least the major reservoirs, whose submergence areas range from 10 to 64 square miles, will soon bring about some changes in the microclimate in their vicinity. The water table is also likely to be influenced by these reservoirs. The biotic factors operating in the areas before submergence are no longer present. It is but natural that these changes in the environment will effect the plant and animal communities in varying degrees.

#### **Changes in Microclimate**

Of all the climatic factors, humidity is likely to be affected most by reservoir submergence. It is not however possible to judge from data collected over a short period to what extent increased humidity in the vicinity of a reservoir is due to its presence. Data collected over a period of 10 to 20 years may be conclusive on this point. But the rate of evaporation of the reservoir water does indicate to what extent the humidity has increased in the vicinity of these large sheets of water. The rate of evaporation for the preceding 24 hours near

the Tilaiya reservoir varies from 21 to 81 inches as observed during the period 1952-1955 in the month of April. In May, this rate varies from 21 to 91 inches. The submergence area of the Tilaiya reservoir is about 22 square miles. Water evaporating from such a large area at the above rate can safely be taken as increasing the humidity of the atmosphere in the vicinity.

In the region where the major D.V.C. reservoirs are situated, hot desiccating wind is often a limiting factor for certain species of plants. Conditions are likely to be more favourable to these plants after the impounding of the large sheets of water in the neighbourhood, particularly on the lee-ward side, as the wind will now be more moisture-laden and probably cooler.

In the Chotanagpur hills where the Tilaiya and Konar reservoirs are situated, the predominant species occurring in the forests is *Shorea robusta*. This species appears to respond differently on different aspects in this region. It is either absent or occurs only in sprinklings on the dry sunny southern slopes, whereas it is abundant on the moist and shady northern slopes. The fine variations in the microclimate of the two aspects are likely to disappear or may be reversed in the hills adjoining or surrounded by any of the major reservoirs. Response of *Shorea robusta* to this altered situation will probably not be very striking immediately, as natural regeneration of the species has many other limiting factors. But the change is likely to be more obvious in other forms of vegetation which are directly influenced by aspect,

#### **Water Table.**

The depth of the water table of a locality has an important bearing on vegetation. Important timber species like *Shorea robusta* are adversely affected by a shallow water table, whereas *Eugenia jambolana*, *Terminalia arjuna* and *Lagerstroemia flos-reginae* seem to favour such situations. It is expected that the impounded water in the reservoirs will cause a rise of the water table in the adjoining area. The following table compiled from data supplied by the D.V.C. Planning Engineer shows a definite trend towards a rise of the water table after the impounding of water in the Tilaiya reservoir.

#### **Biotic Factors.**

Many pronounced biotic factors operate fairly regularly in the forests of the Upper Damodar Valley region, inhibiting natural succession of vegetation. The three most important factors responsible

TABLE 1.  
Well levels recorded in the month of April.  
(Tilaiya Reservoir vicinity).

Well Number	Reduced well level in feet			
	1952 (Pre-submergence Year)	1953	1944	1955
17	1,275.48	1,280.99	1,281.09	1,279.49
18	1,250.98	1,254.58	1,252.08	1,255.18
19	1,242.80	1,246.50	1,239.80	1,246.80

for retrogressive succession are recurring annual fires, intensive grazing and exploitation of most tree species at the thicket stage. Reservoir submergence has changed this situation over large tracts. Because of the presence of many small hillocks within the submergence area, many islands have been formed, varying in size from a few acres to more than a thousand. The adverse biotic factors just mentioned are no longer present in these islands, thus affording the vegetation opportunities for progress towards the climax. There are other areas, even on the periphery of the reservoirs, where the effects of this protection will be visible in varying degree.

#### Changes already observed

The period of submergence is too short for any conspicuous change to be casually noticed in the vegetation around the reservoirs. Modification of the vegetation is gradual and only careful study and record can show the exact stages of succession that are taking place. However, in the vicinity of the Tilaiya reservoir, which has now been under submergence for nearly six years, some changes are already apparent. These are noted below :

1. Most individuals of the semi-deciduous species *Shorea robusta* occurring on the periphery of the reservoir have died where the slope is gentle. The species is very sensitive to waterlogging. These situations are now likely to be colonized by species favouring or able to withstand waterlogged conditions.

2. The few stunted coppiced shoots of *Shorea robusta* occurring scattered on the southern slopes facing the reservoir appear now to be growing as vigorously as those occurring on the northern slopes. Normally this is not the case.

3. Usually grass and annual herbs in the open become dry at the same time of the year on both northern and southern aspects. It has, however, been found that this vegetation remains green for a longer period on the slopes facing the reservoir. Deciduous tree species like *Lagerstroemia parviflora* and *Holarrhena antidysenterica* are also noticed to shed their leaves later in the year on the reservoir aspect of the hills. This indicates a difference in the microclimate caused by the presence of the reservoir. Ultimately evergreen species may appear in greater number on slopes facing the reservoir.

4. A marked increase both in growth and number of plants in the island artificially created by the reservoir is clearly noticeable. Protection from fire and grazing is of course the main cause for this change. Species previously eliminated by fire and grazing may now reappear in these islands.

An important factor introduced into the phyto-biotic complex are the migratory aquatic birds that now visit the artificial lake at Tilaiya. These are mostly different species of ducks. Some aquatic plants from very distant places may now be introduced into the locality through their agency. A parasitic tape worm (*Ligula* sp.), whose alternate hosts are some aquatic birds, has already appeared in some of the fishes in the reservoir.

#### CONCLUSION

In India, a large-scale programme of storage reservoir construction has been taken in hand for flood control, irrigation and power generation. Similar projects are likely to be taken up increasingly in other underdeveloped countries. These artificial lakes usually bring about major changes in the landscape which may have far-reaching effects on the natural vegetation in the vicinity. These reservoirs therefore provide a rare opportunity for ecological studies. Carefully laid out quadrats will indicate the actual process of succession where only surmises can be made at present. Sometimes, where large islands are created by the reservoirs, animals such as wild boar and deer may become completely isolated in small numbers, at the same time acquiring a degree of safety not enjoyed before. The behaviour of these animals, especially their breeding habits, can be studied with advantage in these islands. Thus these man-made lakes not only add beauty to a normally desolate landscape, but can also be a source of valuable data for ecologists and students of nature.

# UNE SOLUTION NOUVELLE A L'IRRIGATION DES ZONES DE COLLINES : LES PETITES « RESERVES COLLINAIRES »

PAR

Roland DARVES-BORNOZ  
Ingénieur du Génie rural à la Section Technique de l'Hydraulique,  
Ministère de l'Agriculture, France

## La conception générale.

La nécessité de l'irrigation, qui s'impose dans tout le bassin méditerranéen comme facteur essentiel d'augmentation de la production agricole, pose des problèmes particulièrement difficiles à résoudre dans les zones de collines; les solutions classiques qui ont fait leurs preuves pour les plaines alluviales et qui prévoient la construction de grands barrages-réservoirs et de canaux d'adduction et de distribution se trouvent, alors, presque toujours inapplicables sur le plan technique et surtout sur le plan économique. Pourtant les zones cultivables en dehors des plaines alluviales représentent souvent la plus grande partie du territoire cultivé de chaque pays. Ce sont le plus souvent les zones où le niveau de la production agricole est le plus bas et les conditions de vie les plus difficiles. Ceci exige de la part des ingénieurs la mise au point de techniques adaptées à ces conditions spéciales.

Lorsqu'il existe des points d'eau locaux (sources, nappes) il suffit de les aménager et d'amener les quantités d'eau disponibles sur la surface dominée à proximité. Ailleurs il est possible de prévoir des stations de pompage refoulant l'eau des ouvrages de retenue ou d'adduction, situés dans les plaines, sur les zones de collines dominant immédiatement la vallée basse déjà irriguée. Ces solutions classiques ne peuvent cependant être que des solutions *partielles* limitées par l'insuffisance des points d'eau naturels ou par la distance des réseaux de plaines. Elles ne sont donc pas à l'échelle immense du problème. Il faut trouver d'autres moyens ayant une portée plus générale, une valeur plus universelle. C'est à ce souci que répond la technique des petites réserves collinaires qui se développe actuellement en France, entre autres pays.

Cette technique permet d'abord de lever deux écueils fondamentaux en zone de collines (le prix élevé du transport de l'eau dans un

relief mouvementé et la faiblesse des ressources naturelles et locales — puits, source) en créant de toute pièce une multitude de petites réserves artificielles collectant les eaux de ruissellement qui s'écoulent à la plaine sans grand profit. La pièce maîtresse d'un de ces complexes élémentaires consiste donc dans la constitution d'une petite réserve artificielle de 30 000 à 100 000 m<sup>3</sup> en moyenne, retenant les eaux de ruissellement derrière une *digue en terre* de 7 à 15 m de haut en moyenne dominant immédiatement le périmètre irrigable qui ne dépasse pas quelques dizaines d'hectares.

Cette technique crée donc le point d'eau et *supprime* les longs canaux d'amenée, tournant ainsi les deux principales difficultés des projets d'irrigation dans cette zone. L'eau de la réserve sera distribuée sur les terrains irrigables par aspersion plutôt que par écoulement superficiel. L'irrigation par *aspersion*, en effet, s'adapte parfaitement à la zone de collines : elle est possible pratiquement en toute pente; elle économise au maximum les volumes limités d'eau disponible; elle nécessite enfin pratiquement un apprentissage très court pour son utilisation.

L'irrigation par écoulement superficiel dans les mêmes conditions exigerait, pour obtenir la même efficacité, des travaux d'aménagement de sol très importants souvent au-delà de la rentabilité économique; elle peut mettre en cause la stabilité et la structure des sols; enfin, son emploi rationnel nécessite un apprentissage sérieux de la conduite de l'eau sur le sol qui est une des causes essentielles du retard général constaté dans l'utilisation de l'eau d'irrigation d'un périmètre équipé. La dénivellation qui existe entre le barrage et la zone irrigable permettra dans la majorité des cas de faire de l'irrigation par aspersion de façon gravitaire. Le relief accidenté, qui était un facteur négatif dans les solutions classiques, se trouve devenir un facteur positif dans cette optique. La solution ainsi ébauchée pour la zone de collines réside donc dans la réalisation de multiples complexes élémentaires composés de réserves collinaires et de réseaux d'irrigation par aspersion associés.

Toutes les difficultés ne sont pas levées encore; on peut, à priori, opposer à la constitution de ces petits lacs artificiels de collines des objections majeures qui pourraient les condamner : l'importance de l'évaporation, l'importance du débit solide, le coût de l'évacuateur de crue, le coût de la digue. Nous allons les examiner successivement.

Le volume évaporé par une surface libre étant sensiblement proportionnel à cette surface, moins la hauteur d'eau est grande derrière la digue, plus la part relative dans le volume de la réserve de la tranche dite d'évaporation est grande; d'autre part, plus la surface du plan

d'eau est petite, plus l'influence des berges est sensible et tend à accroître l'évaporation plus que proportionnellement à la surface. Ainsi les quantités d'eau perdues par évaporation sont-elles, à priori, plus importantes dans des petites réserves de ce type que derrière les grands barrages-réservoirs. Cet inconvénient est réel; il s'agit d'une donnée de fait intangible, mais elle ne condamne pas pour autant ce type de réalisation. En fait, dans le Midi de la France, comme en Italie, l'évaporation constatée dans ces réserves ne dépasse pas 0,75 m pendant la saison sèche d'une année sèche, soit pour une réserve de 100 000 m<sup>3</sup> de l'ordre de 10 à 15 % de volume d'eau emmagasiné. Des valeurs plus élevées peuvent être trouvées pour des zones subacides; elles ne doivent pas dépasser 25 % de la réserve utile, si celle-ci est suffisamment profonde (une dizaine de mètres en moyenne), ce qu'il est facile de contrôler par les expériences locales sur les réserves existantes ou par extrapolation des données d'évaporomètres des stations météorologiques. Le système reste donc viable.

Les risques de comblement de la retenue par les dépôts provenant du débit solide peuvent être plus graves; on sait, en effet, que le « coefficient de transport » spécifique du cours d'eau, T en m<sup>3</sup>/ha/an, s'il est très variable, a toujours une valeur plus élevée pour les petits bassins à forte pente que pour les grands bassins fluviaux. Ce coefficient, qui a une valeur moyenne régionale, dépend d'un ensemble de facteurs (pentes des versants, nature géologique, facilité d'altération et d'érosion des roches, épaisseur de la terre meuble, couverture végétale, climat et notamment répartition et caractères des pluies, etc.). On peut le déterminer soit par des mesures directes (au moins pour les matériaux fins), soit par analogie à celui des bassins versants placés dans des conditions voisines déjà équipés en barrages-réservoirs. Mais les valeurs extrêmes constatées dans le monde ne dépassent pas 90 m<sup>3</sup>/ha de bassin versant.

Citons, par exemple, comme cas exceptionnels, dans des terrains très affouillables : 8,5 m<sup>3</sup>/ha pour la Drance du Valais (dans les Alpes), 52,8 m<sup>3</sup>/ha pour l'Enza dans les Apennins (Italie), 31 m<sup>3</sup>/ha sur l'Oued el Ouldja (Algérie), 24,50 m<sup>3</sup>/ha sur le Kosi, affluent du Gange (Indes), pour atteindre 4 à 90 m<sup>3</sup>/ha dans de petits bassins torrentiels de Los Angeles (Californie). En fait, dans la majorité des cas les débits solides dans le bassin méditerranéen doivent être de l'ordre de 3 à 5 m<sup>3</sup>/ha/an avec des valeurs extrêmes dépassant rarement 12 m<sup>3</sup>/ha/an pour des bassins versants bien localisés et fortement ravinés.

S'il s'agissait de construire un grand barrage-réservoir placé à l'aval d'un très grand bassin versant très étendu, les risques de com-



blement seraient grands; mais avec la technique des petites réserves collinaires la difficulté peut être levée : il est possible de placer ces petites digues en aval d'un *faible bassin versant*, presque au sommet des collines; même si donc le débit solide spécifique est relativement élevé, la *masse totale* de matériaux à transiter reste faible. Ainsi, par exemple, une réserve collinaire de 100 000 m<sup>3</sup> de réserve placée à la suite d'un bassin versant de 200 ha ne recevra que 1 000 m<sup>3</sup>/an de dépôt (sur la base élevée de  $T=5$  m<sup>3</sup>/ha/an) et, en supposant, ce qui est inexact, que tous ces matériaux s'accumulent dans la réserve, ne sera remplie qu'à moitié au bout de 50 ans, durée d'amortissement normale de l'ouvrage; en fait, en période de crue l'évacuateur de crue laissera passer une fraction notable des éléments fins du débit solide (on sait, par exemple, que, selon A. B. Suleiman, cité par Barbier, les limons du Nil franchissent pratiquement en totalité le barrage d'Assouan). D'autre part, il est possible d'utiliser périodiquement le dépôt éventuel de la réserve pour surélever la digue et augmenter sa réserve dans des conditions économiques. Les quelques cas extrêmes de réserves collinaires en zone d'érosion intense seront donc seuls à traiter dans le cadre d'un aménagement d'ensemble des bassins versants (défense et restauration des sols, reboisement éventuel, etc.) d'ailleurs souhaitable sur un plan plus général.

En plaçant la réserve collinaire le plus haut possible dans la colline, on va en retirer déjà le double avantage suivant : faciliter la desserte gravitaire du périmètre à irriguer et limiter les dépôts solides. Ce principe va permettre de résoudre de plus un problème crucial pour les digues en terre : le coût de l'évacuateur de crue. Le débit de crue va être relativement faible pour un petit bassin versant; les dimensions vont donc en être fortement réduites; il y aura même un changement qualitatif dans sa conception par rapport aux dispositions classiques des grands barrages en terre où une grande partie des dépenses, jusqu'à 50 %, est absorbée par la réalisation d'un évacuateur de crue stable et bien dimensionné évitant tout risque de submersion (qui est la cause essentielle des accidents constatés sur les barrages en terre). Une simple échancrure latérale dans le terrain en place d'une des rives va suffire (avec éventuellement un entonnoir en béton ou en gabions et à la rigueur une cuvette stabilisée par des massifs de béton ou de gabion pour rejeter à l'aval de la digue les eaux de crue). Nous voyons apparaître un des facteurs éventuels du succès de cette entreprise : la rusticité de sa conception que nous allons retrouver pour la digue elle-même. Le barrage sera très généralement une petite digue en terre; seuls, en effet, les barrages

en terre peuvent se construire économiquement dans un grand nombre de sites même peu favorables topographiquement, à la différence des barrages en béton, en maçonnerie voire en enrochements qui ne sont économiques que dans un certain nombre de sites restreints. Seul donc le barrage en terre a le caractère d'universalité permettant la généralisation de ces micro-projets qui peut entraîner le succès de l'ensemble de l'entreprise.

Les engins modernes de terrassement (bulldozer, angledozer, scraper, rouleau pied de mouton) rendent depuis quelques années cette construction parfaitement réalisable sur le plan économique. On peut toutefois envisager également l'ouverture de chantiers locaux destinés à résorber un chômage souvent important en zone sous-développée et n'utilisant pour des raisons sociales que des moyens élémentaires à base manuelle. Avec les moyens modernes de terrassement le prix de revient du barrage (évacuateur et équipement compris), ramené au mètre cube de terrassement, est de l'ordre de 250 à 350 Fr/m<sup>3</sup> de terre, ce qui conduit à un prix du mètre d'eau utile emmagasinée de l'ordre de 25 à 100 Fr qui est du même ordre que celui de grands barrages-réservoirs de plaine.

#### Les études de base.

Le cadre de la conception d'ensemble étant ainsi précisé, examinons sommairement l'ensemble des études nécessaires pour préparer la réalisation d'un complexe collinaire.

Le site du barrage doit être cherché à proximité du périmètre à irriguer le plus haut possible dans le relief et autant que possible à une cote supérieure à la zone à irriguer. Cette recherche du site peut parfaitement être préparée par l'examen d'une carte au 1/20 000<sup>e</sup>, si possible à vision stéréoscopique, ce qui permet de juger des emplacements possibles, des dimensions des digues et des lacs. Une visite conjointe d'un géologue et d'un ingénieur s'impose ensuite sur place.

Trois questions fondamentales peuvent être résolues par l'examen de la terre située à proximité du site envisagé (à moins de 150 m si possible) :

La zone d'assise peut-elle supporter la charge de la digue ?

La zone de retenue est-elle suffisamment imperméable ?

Enfin, les quantités de terre dans les zones de prélèvements proches ou dans la retenue sont-elles suffisantes pour construire la digue ?

L'examen des mouvements de terre, des éboulements existants ou possibles suffit pour répondre à la première question, car les charges unitaires maxima provoquées par le poids de la digue restent en terrains normalement stables largement inférieures aux charges que peuvent supporter les sols. C'est seulement dans les cas douteux qu'il y a intérêt à faire exécuter obligatoirement au laboratoire des essais de compressibilité (appareil de Casagrande et de Tersaghi), De même, l'imperméabilité du terrain peut valablement être appréciée avec de l'expérience par l'observation sur place notamment de la proportion d'éléments fins du sol, ce qui est utilement complété par l'analyse granulométrique comparée aux diagrammes classiques des zones granulométriques d'imperméabilité. La vitesse de filtration étudiée sur place ou au laboratoire est un autre critère de jugement (avec  $K = 10^{-5}$  m/sec correspond à des terrains peu perméables et  $K=10^{-8}$  m/sec à des terrains imperméables).

Enfin, l'analyse granulométrique permet encore de juger l'aptitude du terrain à la construction de la digue (critère de stabilité). D'une façon générale, une terre où l'argile prédomine est imperméable, plastique et soumise à un retrait appréciable; elle a, de plus, une résistance au cisaillement insuffisante si elle est humide et a en général une résistance mécanique faible; c'est donc une terre favorable à la retenue de l'eau mais moins favorable au point de vue de la stabilité de la digue.

Inversement une terre riche en sable n'est pas très imperméable mais elle a une bonne résistance au cisaillement, une bonne résistance mécanique, une plasticité presque nulle; elle ne présente aucun phénomène de retrait ou de gonflement; elle convient donc pour la stabilité des digues mais se trouve mal adaptée seule à la retenue des eaux.

Le meilleur mélange est celui dont la composition granulométrique serait de 30 % d'argiles et limons, 50 % de sables fins et 20 % de sables grossiers et petit gravier. D'autres essais plus complexes sont nécessaires dans des cas plus difficiles (étude des limites d'Atterberg, essais de compression — type essai Proctor — avec: contrôle de chantier, résistance au cisaillement avec l'appareil de Casagrande).

Les conditions générales à réunir pour la terre considérée comme matériau constitutif de la digue, sont en résumé les suivantes :

Avoir une certaine résistance au cisaillement, une granulométrie variée, une bonne homogénéité, une imperméabilité suffisante, une insolubilité totale à l'eau, contenir un faible pourcentage en matières organiques (inférieur à 3 à 6 % du poids de sol sec), avoir une faible tendance au gonflement ou au retrait, être enfin de mise en œuvre

facile et de transport économique : les distances de transport ne doivent pas pour l'essentiel dépasser quelques centaines de mètres pour rester économiques. Il convient de souligner que toutes ces conditions sont en général *facilement réunies* dans la grande majorité des régions cultivables; si des études préalables sont indispensables, elles conduisent, plus qu'à des diagnostics d'impossibilité qui restent très restreints, à des recommandations guidant l'exécution des digues.

La phase suivante de l'étude est celle du bilan hydrologique du bassin versant tenant compte du régime des précipitations, des caractéristiques du bassin versant (étendue, altitude moyenne, surface, état de boisement, perméabilité appréciée), du coefficient de ruissellement, de la valeur des pertes par évaporation dans la future retenue, des pertes par infiltration (qui sont en général négligeables). L'étude des crues est à aborder par des expérimentations locales ou à défaut par des formules locales ou générales (formules de Fuller ou de Coutagne).

Ces données de base vont permettre de déterminer les caractéristiques de la digue qui sera très généralement du type barrage-poids homogène. Elle sera implantée dans des conditions économiques sur des vallons dont la pente moyenne sera de l'ordre de 3 à 8 %, toute pente supérieure réduisant par trop la capacité de la digue pour une hauteur du barrage donnée sauf cas spéciaux. La longueur de la digue au sommet pourra varier suivant le site de 30 à 150 m en moyenne. La hauteur de la digue sera définie par la capacité de la retenue utile correspondant aux besoins du périmètre à irriguer (sur lequel nous reviendrons plus loin) avec des limites résultant de l'étude économique d'ensemble; en général cette hauteur sera de l'ordre de 8 à 12 m dans l'axe du vallon. La capacité de la retenue suivant le site peut varier dans de grandes proportions de plusieurs millions de mètres cubes à quelques dizaines de milliers de mètres cubes; mais la majorité des retenues sera de l'ordre de 30 à 100 000 m<sup>3</sup>. La pente des parements aval et amont aura les ordres de grandeur suivants :

	Pente du parement amont.	Pente du parement aval.
Barrages inférieurs à 10 m . . . . .	1/2,5	1/1,5
Barrages de 10 à 20 m . . . . .	1/3	1/2
Barrages de plus de 20 m . . . . .	1/3	1/2,5

Cependant, si le sol utilisé a une proportion d'argile importante, les pentes seront choisies dans tous les cas comme s'il s'agissait de barrages d'une hauteur supérieure à 20 m. L'épaisseur en crête sera

égale à 1/3 de la hauteur pour les barrages de faible hauteur (avec minimum de 3 m) et au 1/4 de la hauteur pour les hauteurs élevées. La zone d'assise pour des digues de 10 m ne supporte dans ces conditions que des charges unitaires faibles (1,8 à 2,5 kg/m<sup>2</sup>) pour les zones les plus chargées). Or, les terrains utilisés peuvent supporter en général facilement 3 kg/m<sup>2</sup>.

Les dimensions de l'évacuateur de crue seront données par les formules classiques des déversoirs ( $Q=0,42 l h^2 g h$  où  $l$  est la largeur à la base du déversoir,  $h$  la charge prévisible maximum et  $Q$  la valeur maximum du débit de crue). La charge  $h$  à l'amont sera de l'ordre de 0,75 m; une marge de sécurité admissible conduit à prévoir une hauteur de l'ordre de 2 m au-dessus du seuil du déversoir (niveau normal de la retenue) pour le choix de la hauteur de la crête du barrage. Le talus aval sera protégé par l'enherbage avec des mélanges de graminées résistant à la sécheresse dans les conditions locales.

#### **Technique de réalisation de la digue.**

Les arbres et arbustes de la zone d'assise ayant été préalablement abattus, le décapage de la terre végétale trop chargée en matières organiques est effectué au moyen de bulldozer et éventuellement au ripper pour l'arrachage des racines et souches dans la zone d'assise et de retenue. Le piquetage est alors réalisé; des prélèvements de terre pourront être faits pour préciser avec des essais de mécanique de sol la localisation des zones de prélèvements afin d'obtenir le mélange le meilleur dans les conditions locales. D'autre part, si le vallon a dans son axe des dépôts alluvionnaires récents peu homogènes avec une proportion élevée de graviers, il faudra décaper et évacuer à l'aval ces terrains peu favorables à la construction de la digue.

La seconde phase des travaux qui sera exécutée en saison sèche consistera dans la préparation du terrain d'assise, le bulldozer va exécuter si possible dans le sens descendant dans le terrain en place une tranchée de la largeur de l'engin (2,5 à 4,5 m) de la longueur de la digue et de 1 à 2 m de profondeur dans l'axe du vallon où sera placée la conduite de prise. Des tranchées perpendiculaires seront faites ensuite à la main sur 1 ou 2 m immédiatement de part et d'autre de la tranchée longitudinale. Un bétonnage à fond de fouille de l'ensemble sera réalisé enrobant dans le béton la conduite de prise en acier de 300 à 400 mm. Le profil en dent de scie réalisé ainsi évitera la création de « renards » sous le barrage. Un remplissage en terrain compacté par le bulldozer déposant le terrain par petites couches comble la tranchée jusqu'au niveau d'assise en place. Une seconde

tranchée perpendiculaire à la précédente sera exécutée dans l'axe transversal principal de la digue avec des largeurs et hauteurs analogues; elle est remplie de couches compactées du terrain de la granulométrie la plus fine prise parmi les zones de prélèvements. Cette clé d'ancrage imperméable est destinée à limiter l'action des sous-pressions et des infiltrations éventuelles sous le barrage.

La troisième phase du chantier est celle de la construction de la digue elle-même : le travail sera fait pour les courtes distances de transport (80 à 100 m au maximum) par des bulldozers; pour les distances supérieures les scrapers traînés sont plus appropriés (jusqu'à 150 à 200 m). Ces engins d'excavation et de transport vont prélever le sol de la cuvette ou des abords dans les zones de prélèvements reconnues et le porter par couches successives de faible épaisseur (10 à 15 cm) en élévation sur la digue; un bulldozer de puissance moyenne (90 CV) peut excaver et transporter en terrain moyen au moins  $30 \text{ m}^3/\text{h}$  sur 100 m et au plus  $100 \text{ m}^3/\text{h}$  sur 20 m; un scraper de  $4 \text{ m}^3$  tiré par un tracteur à chenille de 90 CV peut déplacer  $90 \text{ m}^3/\text{h}$  au maximum sur 50 m et au minimum  $40 \text{ m}^3/\text{h}$  sur 200 m.

La pression spécifique de  $0,55$  à  $0,65 \text{ kg/m}^2$  exercée par des tracteurs à chenilles puissants (180 à 200 CV) majorée de 15 à 20 % par l'action des instruments portés ou tractés peut être considérée comme suffisante pour le compactage des terres les plus diverses employées pour la construction de ces digues. D'ailleurs, les engins de terrassement travaillent constamment en remontant et la zone basse du parement amont sera ainsi constituée par du sol en place non remanié; il en résulte que la résultante générale des pressions qui est appliquée au  $1/3$  inférieur du parement amont tombera dans un sol en place, stabilisé de longue date, ce qui justifie que l'on puisse négliger dans la plupart des cas l'emploi d'engins spéciaux de compactage (rouleau à pied de mouton) qui seront réservés aux seuls terrains trop argileux.

Cette méthode de dépôt en couche rayonnante et à pente croissante explique de plus que le parement amont contrairement aux normes classiques des grands barrages ait une pente plus faible que celui du parement aval. Notons au passage que les méthodes de sol ciment ou de sol bitume peuvent contribuer dans le cas d'une retenue trop perméable à étancher la cuvette dans des conditions économiques. D'autre part, au pied du parement aval avant la construction de la digue, un drain de pied destiné à abaisser la ligne de saturation sera prévu systématiquement si le matériau employé est assez argileux et très souvent à titre de sécurité dans les cas normaux; il s'agit simplement d'une tranchée de faible profondeur, transversale à la vallée et

comblée d'un blocage de cailloux roulés et de rochers trouvés à proximité surmonté d'un lit de fascines horizontales puis de terre compactée sans solution de continuité apparente avec le sol du parement aval. Cette méthode de construction de l'amont vers l'aval facilite la surélévation progressive et ultérieure d'un barrage en exploitation; il suffit de reprendre la terre déposée dans la retenue ou les abords et de remonter la digue du nombre de mètres souhaitable. Les prélèvements de terre dans la retenue augmentent d'ailleurs notablement la capacité de petites réserves de ce type.

La quatrième phase consiste dans l'exécution d'un évacuateur de crue sommaire muni d'un canal de fuite, l'ensemble étant exécuté au bulldozer sur le terrain en place d'un des versants de la colline où s'appuie la digue.

L'équipement de la prise achève la réalisation : la conduite de prise ancrée sous le barrage se prolongera de préférence par une prise mobile d'eau de surface soutenue par un flotteur suivant les variations du niveau.

L'ensemble des travaux n'aura duré qu'un mois environ et les ouvrages seront disponibles dès l'année suivante après remplissage de la retenue en saison pluvieuse.

Il conviendra également de procéder à la réalisation du réseau de distribution, mais pour ces travaux les conditions climatiques sont moins impératives.

#### **Volumes d'eau nécessaires à l'irrigation et rentabilité du système.**

Dans la majorité des cas les quantités d'eau ainsi retenues resteront limitées et devront être valorisées sur la plus grande surface irrigable disponible à proximité. Souvent donc la solution économique consistera à donner des volumes d'eau d'irrigation aux seules périodes critiques de la vie des plantes, ce qui avec de faibles volumes d'eau permet d'obtenir des accroissements de rendement spectaculaires (tout en restant inférieurs aux rendements maxima qui nécessiteraient des volumes globaux d'irrigation notablement plus élevés).

D'une façon générale les retenues collinaires seront associées donc à la technique des volumes économiques d'eau d'irrigation. Déjà l'apport de 1 000 à 2 000 m<sup>3</sup>/ha à des époques bien choisies apportera des rendements doubles ou triples de ceux obtenus en culture au sec, voir quintuplés pour certaines cultures telles que le maïs. Il ne s'agit que d'ordres de grandeur moyens qui peuvent varier quelque peu suivant les conditions climatiques locales. Dans les conditions de la

France ou de l'Italie l'accroissement de revenu brut à l'hectare est de l'ordre de 120 à 150 000 Fr/ha alors que le coût réel total de l'eau d'irrigation est de l'ordre de 10 à 25 000 Fr/ha/an sans subvention, soit 10 à 25 % de l'accroissement de revenu brut, normes acceptables.

Pour apporter ces 1 000 à 2 000 m<sup>3</sup> à un ha il suffit de retenir l'eau d'un hectare au plus de bassin versant qui donne en général des volumes de ruissellement annuel au moins de cet ordre, ce que l'étude hydraulique devra préciser d'ailleurs. Donc en règle sommaire *un hectare de bassin versant permet d'irriguer un hectare de culture* : ainsi, par exemple, une réserve de 80 000 m<sup>3</sup> utiles pourra être constituée à l'aval d'un bassin versant minimum de 50 ha seulement apportant 100 000 m<sup>3</sup>/an environ (dont 20 000 m<sup>3</sup> pourront au maximum être perdus par évaporation) et permettra d'irriguer 50 ha avec des volumes moyens de 1 600 m<sup>3</sup>/ha.

D'autre part, le rapport de la réserve utile au volume de terre de la digue pourra osciller économiquement dans les conditions moyennes entre 3 et 10. Comme le prix du mètre cube net de terrassement (équipement annexe compris) est de l'ordre de 250 à 350 Fr, il en résulte qu'une réserve utile de 80 000 m<sup>3</sup>, par exemple, exigera la réalisation d'une digue de 8 000 à 27 000 m<sup>3</sup> coutant entre 2 et 6 millions de francs au total, soit 25 à 100 Fr le mètre cube utile emmagasiné, chiffre de l'ordre de grandeur de nombreux ouvrages importants de retenue.

Le prix de l'investissement au titre de la digue à l'hectare dans cet exemple serait de 40 000 à 120 000 Fr/ha. Si on y ajoute le prix d'un réseau de canalisations fixées enterrées, de bouches d'arrosage et de conduites mobiles d'aspersion équipées de sprinklers, qui revient selon les cas de 100 à 200 000 Fr/ha, on voit que l'investissement total oscille entre 140 000 et 320 000 Fr/ha, chiffres admissibles comparés à ceux de grands aménagements (y compris les travaux d'aménagement des parcelles); on aboutit ainsi à la charge totale annuelle due à l'irrigation (amortissement, entretien et exploitation) de l'ordre de 10 à 25 000 Fr/ha et par an ainsi que nous l'avons dit plus haut.

Il nous semble que ce type d'aménagement est appelé dans ces conditions à un large développement dans le bassin méditerranéen. En France, des initiatives se font jour de toute part dans de multiples régions et des réalisations nombreuses peuvent être envisagées dans un prochain avenir. En Italie, un « Office de lacs collinaires » a été chargé d'impulser le mouvement qui devrait avec l'aide de l'État permettre la réalisation en 10 ans d'un programme de 7 000 « lacs de collines ». Les initiatives prises au Maroc avec la réalisation des « r'dir » ou en Tunisie avec des objectifs un peu différents procèdent du même esprit.



Nous pensons que les prochaines années devraient voir le développement de ces complexes de collines associant intimement quatre techniques nouvelles : l'irrigation par aspersion, la notion d'irrigation économique à faibles volumes, la conception de l'amenée de l'eau à la parcelle par conduite sous pression et enfin la technique des digues en terre, fruits d'expériences récentes et variées sur lesquelles on peut tabler avec certitude.

**BENEFITS AND DAMAGES TO THE AMENITIES;  
SCENIC AND RECREATIONAL RESOURCES;  
FISH AND WILDLIFE**

BY

Roman W. SZECHOWYCZ

Chief Forest Officer, Gal Oya Development Board, Ceylon

1. — **Benefits and damages to the amenities : Scenic and recreational resources, fish and wildlife.**

Engineering, when correctly conceived and properly applied, is only the correct use of science to improve the amenities of the population. This includes all engineering works, including such projects which achieve their target by damming rivers for the purpose of generating electricity, for irrigation and for flood control. But such projects affect the whole life of the river valley, disturb the equilibrium established by nature in centuries past, alter the hydrology and thereby compel the natural plant and animal communities to adapt themselves to completely changed conditions.

By constructing a dam, the river valley which in the past was more or less a single unit is divided into three separate parts — the area under the influence of the newly created lake, the lake (reservoir) itself and the watershed of the lake. The changes in each of these units vary according to the geographical location, shape of the valley, climate, etc. and as nature is a « living organism », it is often difficult to predict in advance how she will react to such an operation on her body. Some of the changes which occur after the construction of a dam have either beneficial or noxious effects on men, and on the development of wildlife, fisheries and plant cover; hence a careful examination of the effects is essential in order to ascertain whether the beneficial ones are on the credit or debit side as far as amenities to mankind are concerned. It is, however, difficult to measure certain effects which have a direct bearing on human needs. Some of those are measurable (water, air, food etc.) while some are not (privacy, beauty, happiness, etc.), but all are more or less interrelated. An unhappy man has no appetite, and many stomach cancers are only the results of worry.

## 2. — Area regulated by the new created lake.

### a) Hydrology, agriculture, colonization.

The hydrology of the river below the dam changes completely. The flow is no longer influenced by the change of seasons but by the will of engineers. At the same time, the eroding power of the filtered reservoir water is increased (the energy previously consumed in transporting solid particles being now free) and this results in the deepening of the river bed, which, in turn, lowers the water table in the bottom of the valley. The effect is the stagnation in growth or wilting of old woodlands, as roots of trees are unable to adjust themselves to the new changed conditions.

The lowering of the river bed and detention of water in the reservoir diminish the intensity of floods to a greater or lesser degree and even when floods occur, the water « filtered » by the reservoir carries less suspended particles and the fertility of the fields along the river usually diminishes rapidly. But the effects on agriculture are usually beneficial. The limiting factor for the development of human (and wildlife) populations is lack of water, and once this factor, especially in arid zones, is removed by the construction of a water storage reservoir, it results in a changed land-use pattern. Forest areas disappear and are replaced by cultivated land, towns and villages, to the detriment of the existing plant and wildlife communities. The population of the area increases, and so does the demand for water, and where irrigation is not provided, it results in the lowering of the water table in the area.

I should like to quote as an example the river Weser (West Germany) where I have had an opportunity to study the hydrology of the area. Due to the river regulation work and the construction of the Eder and Diemel storage reservoirs on its tributaries, the river bed is slowly but steadily sinking and in certain parts of the Weser it is now already seven feet lower than in the past. The increased demand for water for domestic purposes and for bigger yields of agricultural products (possible as a result of improved methods of agriculture and proper manuring) have contributed to the lowering of the water table. The following data will be of interest: In the watershed of the Weser in 1884 the total harvest of agricultural products was 14,000 million pounds; whereas the same area in 1943 produced 25,000 million pounds. To produce one pound of dry mass approximately 40 gallons of water are required.

The lowering of the ground water table normally occurs very slowly and it takes more than one generation to observe it; hence such lowering is often unnoticed for a long time.

No country at the present stage of science can permit itself the luxury of leaving the waste areas out of production, and, especially in semi-arid regions, production is possible if the vital water is provided by storage. In Ceylon, the Gal Oya Valley was in the past practically a « dead valley » where life was concentrated only round small reservoirs (locally known as « tanks ») which were constructed in ancient times and renovated in the last century. Miles and miles of land were covered with a low, thorny jungle or with semi-grasslands locally known as « damanas » and the economical value of these « forest » areas was practically nil. After the construction of the dam and after providing water for irrigation, the entire area is now thickly populated. Development of industries has begun and the standard of living is rapidly increasing.

In the past, the mortality of children in the jungle villages was very high. At present, thanks to proper medical facilities, practically every baby born grows to maturity, and settled families numbering twelve and more children are common. This will create in time a « problem within a problem » as the area gradually becomes overpopulated.

**b) Influence of dam construction on fish breeding downstream in the valley.**

In arid and semi-arid regions the river becomes perennial after the construction of the dam and this promotes fish breeding in such areas. As an example, I quote the Gal Oya Valley (Ceylon) where what is now one of the best fishing grounds was created by the dam construction, just downstream of the dam. [The most popular fish is the « Fresh water shark », *Wallago attu* (BLOCH and SCHN.) which grows up to 25 lbs and is the dream of sport fishers. In the past, there was practically no fishing in the river.]

In humid areas, though water is not the critical factor and the non-seasonal fluctuation of the water level in the river creates unnatural conditions and destroys many fish eggs, fish have benefited in many cases. The cool water released from the bottom of the Shasta Reservoirs on the Sacramento river in California has created good spawning grounds for salmon. Similarly the cool water from the Boulder Reservoir has promoted the breeding of trout.

But hydro-electric schemes promote industrialization, and this along with the increase of population often pollutes the water; deforestation to meet the needs of the population increases the temperature of water, while the river regulation work which usually follows the dam construction not only separates the river from the surrounding landscape but deprives the fish of its spawning grounds. Excellent fishing grounds in many rivers have disappeared after

development. This has happened in the river Weser in West Germany and in many other rivers all over the world.

**c) Influence of dam construction on the development of wildlife below the dam.**

The biggest enemy to wildlife population is « Man the destroyer ». Even in the early stages of a river valley project, wanton destruction of wild life is resorted to as a form of recreation and as food for pioneer workers. The fact that the area is opened by motorable roads to « Sunday hunters » from towns, together with the intensive form of agriculture practised, is not conducive to the proper development of wild life. The change in environment resulting from the removal of natural plant cover completes the process of destruction and hence it is no wonder that the general opinion is that such development schemes have a very harmful effect on the wild life of the area. But it would be a mistake to arrive at such a conclusion in respect of areas situated in arid or semi-arid regions. Wild life, in common with all living creatures, depends on water, which prior to the dam construction was not available.

Once more, I'll quote as an example the development of the Gal Oya Valley in Ceylon. In the past, wild life was concentrated only in areas where the water was available all the year round. Outside the comparatively small areas surrounding man-made tanks, it was not possible to come across even a small bird. From time to time, however, it was possible to encounter migrating elephants when they were passing from one tank to another). With the development of the scheme, the number of birds, small mammals, snakes, insects, soil fauna, etc. increased enormously due to the availability of water and food, and due to the increased « edge effect » (windbelts, stream reservation, orchards, etc.). Any place suitable for nesting is now teeming with birds and it is indeed a pleasure to observe them and listen to their songs.

The larger animals (elephant, wild buffalo, leopard, bear, elk, etc.) have disappeared from the settled areas, but the Gal Oya Development Board (an autonomous body created by the Government of Ceylon for the development of the Gal Oya Valley) has proclaimed many areas situated outside these colonized areas as reserves for wild animals to compensate them for the loss of their homeland.

**3. — The newly created lake.**

By the creation of an artificial lake the usual fertile alluvial areas of the valley — often places of historical interest, or famous for their landscape — are submerged and lost for ever; but the new lake

often harmonizes beautifully with the new landscape. The main difference between a natural and an artificial lake is the fluctuation of the water level (especially in an arid climate) and the existence of the dam which cuts off the river below the dam from the lake. These fluctuations not only prevent the proper development of aquatic plants which are essential for the breeding of certain fish species but also destroys many fish eggs by exposing them. The depressions on the border of the water spread, once the water drops, very often become breeding places for mosquitoes. In the early years, dam builders paid little attention to the needs of fisheries. At present, in most countries the law demands that the pisciculturist is consulted and that fish ladders or fish lifts are provided for anadromous fish (salmon, etc.). The cost of such structures is often very high. The cost of the fish ladder on the Bonneville Dam was over six million dollars, but the fishery industry above the dam was not affected by the damming of the river.

In Ceylon and in India, fish ladders are not provided. There are no anadromous fish species and the eel which is cut off from the upper reaches of the rivers, is not a popular or commercial fish.

That the new lakes become excellent places for fish breeding has been proved many a time. In the Tennessee Valley Project, much better fishing exists in the new reservoirs than before in the rivers and even the closed seasons were abolished as it was proved that more fish died of old age than were caught. In the Gal Oya Valley, prior to the creation of the lake, there was practically no fishing in this part of the river. At present introduced exotics [*Tilapia mossambica* (PETERS), *Osphronemus gouramy* (LAC.)] and the indigenous fish have established themselves successfully, providing food and employment.

The lake itself has been proclaimed as a bird sanctuary and named « Senanayaka Samudra » after the first Prime Minister of Ceylon, and this has become a resting and nesting place for many birds. According to general opinion, when a large area is covered by water through the creation of an artificial lake, it improves the local climate. In fact, only a very small area round the lake is influenced (evening breeze, higher humidity of air, etc.) The existence of a lake has however a great psychological effect. People believe that the climate is better (in spite of the fact that this is not confirmed by meteorological data) and they feel happier.

An important factor is that artificial lakes provide enormous scope for recreation — such as fishing, water sports, excursions, etc. — and this usually attract visitors. The commercial opportunities from those resources are very important especially in such countries which

promote tourism as a « local industry » (Switzerland, Ceylon, India, etc.). It is interesting to note that in India, according to data, for every rupee spent by any tourist in connection with hunting, fishing, observation of wild life, and other such activities, over 40 rupees are spent on hotel bills, transport, purchase of goods, souvenirs, etc., thus providing employment for many and bringing in the foreign currency which every country needs.

#### 4. — The watershed (catchment area).

The watershed of an artificial lake is not affected directly by the dam construction. The hydrology of the area does not change, but it is the hub of the whole scheme and as the life of the reservoir depends on it (soil erosion, siltation), everything is usually done to prevent the failure of this vital organ. Thus the attention of engineers, specialists and the public is focussed on this area. Proper management, fire control measures, afforestation, soil and water conservation, etc. are introduced and on a long-term basis it not only adds to the scheme itself, but also ensures better land-use, enriches the country and contributes to its welfare.

In the Gal Oya Valley one of the steps taken to introduce proper soil management, and to compensate at the same time for the wild life losses in the area below the dam, was the proclamation of the National Park round the new lake. It is the best method to prevent the destructive activities of man in general and of shifting cultivators in particular. The aims of the soil conservationist and the wild life protector are different, but the objectives of both are achieved by keeping man away and by providing the area with adequate plant cover. (There is, however, a conflict between these interests : bush and grassland fires are an enemy of the soil conservationist while the wild life protector often encourages them because they provide fresh fodder and prevent large areas from becoming jungle. This conflict is solved by giving priority to proper soil conservation measures.)

The newly created lake attracts many animals and it is a delightful sight to observe, from motor boats, the herds of elephants, wild buffaloes and other animals on the fringe of the reservoir, especially during the dry seasons, when the scarcity of water brings them out of the surrounding jungles, usually just before dusk. The water level in this season drops in the lake considerably. The exposed tank bed is in no time overgrown with grasses which provide a beautiful green carpet and attract the grazing animals by providing fresh fodder. Thanks to proper attention to the watershed after

the construction of the dam and creation of the lake, the Gal Oya River is one of many which have escaped dynamiting, and in its upper reaches, this river which is divided into several deep rocky pools (Gal Oya means « Rock River ») there are excellent fishing grounds. The delight of sportsmen is the Mahsier [*Tor Khudre Longispinis* (GUNTHER)] which is the largest freshwater fish of Ceylon and is often found in hill streams.

#### 5. — Outlook.

The construction of dams for water storage has been intensified in recent years and there is probably hardly a valley which has escaped the attention of engineers. Many projects have now been executed, many are awaiting execution. When a scheme is undertaken, it really requires a local landscape architect to fit factories, generators, transmission lines, etc., into a new and pleasing landscape. Proper planning by engineers and experts in such fields as soil conservation, forestry, agriculture and economics should be done in advance to cut out, as far as possible, the noxious effects of the scheme; when this is overlooked, the results can be seen in no time. For example, in the Gal Oya Valley no such advance planning was done (it was the first multi-purpose scheme undertaken after Ceylon received her independence) and it was not until years after the commencement of the scheme, when most of the destruction had already been done, that any attention was given to the protection of wild life.

Development schemes have to be carried out in order to fight misery and hunger. Hungry people are not easily convinced that anything that can be used for food should be preserved for the enjoyment of posterity. Although such schemes are often very destructive to natural resources they are on the whole a beneficial factor in the cause of nature protection. Conservation of nature is easier in a rich country than in a poor country, as it is easier to educate the public and those who have power in their hands.

At present there is a general outcry the world over for the conservation of water, and hydro-electric and irrigation projects have already encroached on or are threatening to encroach on many national parks and wild life sanctuaries. Some « prophets » predict that the time must come when every drop of water before reaching the sea must be used for human needs, regardless of consequences.

But will it be really so ?

If in the future, man learns to harness atomic power to his advantage and chemists are able to solve the secrets of photosynthesis and



repeat in laboratories the process which the simplest plant can perform, water will no longer be required for agriculture or hydroelectricity. There will be no longer any need to construct costly dams and it will be possible to leave nature alone in her majestic beauty.

#### Summary.

Engineering, when correctly conceived and properly applied, improves the amenities of the population. This refers to such engineering projects as the damming of rivers for purposes of generating electricity, for irrigation, flood control, etc. But such projects affect the life of the river valley, disturb the equilibrium established by nature in centuries past, alter the hydrology of the valley completely, thereby compelling the natural plant and animal communities to adapt themselves to the changed conditions. Such changes are often beneficial (security against floods, availability of water throughout the year for men, wildlife, fish and plants, suitability of the area within the influence of the new dam for settlement and for the development of industry, improvement of the economy of the country, etc.). Some of the effects are noxious (lowering of the water table, resulting in the wilting of old woodlands, destruction of natural plant and wildlife communities, destruction of often beautiful landscapes, flooding of the fertile part of the valley, reduction of the fertility of the land below the dam as a result of flood prevention and the diminished quantity of suspended solid matter in floodwater, etc.).

By damming a river, the valley is divided into three separate units — the area within the influence of the newly created lake, the lake itself and the watershed of the lake. In arid regions, where water is the limiting factor for the proper development of all life, such schemes have practically always a beneficial effect on men, beasts and plants in the area situated within the influence of the new lake. The new lake deprives man of the usually fertile alluvial fields which are submerged, but on the other hand provides an excellent area for the development of fisheries, for water birds and for recreation. In many places such artificial lakes attract tourists, and tourists mean foreign currency, and employment for many. The watershed of the lake is the hub of the scheme and so the attention of engineers and the public is focussed on this vital centre. Proper management — afforestation, contour farming, etc. — on a long-term basis, contribute to the wealth of the country. Often areas round the new lake are left as refuges for wildlife (as was done in the Gal Oya Valley in Ceylon and in many other places) and these become living laboratories for scientists and provide recreation grounds.

No country at the present stage of science can permit the luxury of leaving waste areas out of production, and in semi-arid regions such production is possible only after providing the vital water by storage. (Once atomic power has been better harnessed and the secrets of photosynthesis discovered, perhaps this will no longer be so.)

It is a fact that the conservation of nature is much easier in a rich country than a poor one, and as development schemes contribute to the economic potential of the country on a long-term basis, they not only increase the living standard of the population but thus indirectly make the work of the nature conservationist easier and help to educate the public and those who have power in their hands.

# THE NATURE OF SOCIAL AND ECONOMIC COSTS AND BENEFITS (1)

BY

LAWRENCE G. HINES

Professor of Economics, Dartmouth College,  
Hanover, New Hampshire, U.S.A.

## 1. INTRODUCTION

Although the physical features of a dam appear to be designed solely to check or control the flow of water, a variety of complex social and economic issues are raised as a consequence of such installations. The determination of engineering feasibility seems decisive and relatively immune to political considerations in comparison with the imprecise and sometimes partisan analysis of the social and economic worth of such undertakings (2). In the United States increasing competition for governmental appropriations and the desire to augment economic growth during full employment have prompted economists, Congress, and Federal agencies to re-examine the contribution of public river basin projects to the creation of national income or regional development.

Cost-benefit analysis, the technique of economic evaluation of project worth employed most frequently, is an outgrowth of the Flood Control Act of 1936, which required the Army Corps of Engineers and the Department of Agriculture to determine if flood-control «... benefits to whomsoever they may accrue are in excess of estimated costs ... » (3). Shortly thereafter the Bureau of Reclamation, another

---

(1) The views expressed in this paper do not necessarily reflect those of the W.S. & W.P.C.P., U.S. Public Health Service, to which the author has served as consultant.

(2) The use of impounded water for « multiple purposes » in the United States, as throughout the world, is a relatively recent development. The monumental Hoover dam, authorized in 1928, was the basis of an early large-scale multiple-purpose water project, contributing to the development of irrigation, flood control, municipal water supply, hydro-electric power and navigation. See P. L. KLEINSORGE, *The Boulder Canyon Project* (1941). The techniques of economic evaluation discussed in this paper will be limited to those developed in the United States and employed primarily by agencies of the Federal government.

(3) Section 1, Flood Control Act of 1936.

Federal agency actively engaged in the construction of dams and regional irrigational development, cooperated with the two original organizations in devising means of meeting the recommendation that benefits of public projects exceed costs (4). As a result, some form of benefit-cost analysis has generally accompanied recent requests for federal appropriations to develop navigation, irrigation, flood control, and hydro-electric power (5).

## 2. The Nature of Cost

A nation is never opulent enough to disregard the opportunity for greater output through the choice of a higher use of its resources. Although the success of the private market in achieving optimum resource use may be open to question, there can be little quarrel with the principle that the resources of an economy should be employed in their highest productive capacity. The « cost » of resource use is lowest when the return in the form of product or service is highest. Thus cost is measured by what a given resource will produce in another use. If the « alternative » product, such as electronics equipment, represents a greater economic value from a given complex of resources than agricultural produce, resource-use cost is lower in the former and is the higher income-producing opportunity. The nation is better off that directs its resource in high producing (low cost) opportunities. In the private economy, the direction of resources to higher production areas follows from the value expressions of the market process. The consumer, in relating purchases to different

---

(4) Co-operation among the interested Federal agencies for the development and specification of the techniques of economic analysis of public investment in water control activity has continued on a formal basis since the establishment in April 1946 of the Subcommittee on Benefits and Costs of the Federal Inter-Agency River Basin Committee. The report of the Subcommittee on Benefits and Costs [Proposed *Practices for Economic Analysis of River Basin Projects* (Washington, D.C., 1950)], represents a statement of the fundamental theoretical premises endorsed by the interested agencies. In addition, specific agency practices on comparable items of benefit and cost are collated in Appendixes 1 and 2.

(5) The Bureau of Reclamation, a division of the Department of Interior, is engaged in Federal development of irrigation in Western United States; the Army Corps of Engineers, attached to the Department of Defense, is primarily responsible for flood control and improvement of navigation; an independent agency, the Federal Power Commission, has jurisdiction over Federal hydro-electric installations; and the Department of Agriculture is variously involved in water control functions, as illustrated by the current Small Watersheds Program. Directly or indirectly, all of these Federal agencies engage in dam construction and/or the administration of impounded waters.

prices, provides an index of value and a guide to production decisions. Correct entrepreneurial decisions are confirmed by a market price that fully covers cost of production, whereas misdirection of investment occurs when costs are not covered. More rewarding alternative uses for resources exert a positive attraction to shift resources to investment of greater yield at the same time that the below-cost price compels disinvestment.

Although no economic system can be expected to work with the above simplicity or more than approximate the economist's theoretical optimum of resource allocation <sup>(6)</sup>, the major functions in the American economy are generally performed with a minimum of administrative intervention. Private investment receives endorsement corresponding to the payments for the output that it creates. Public investment that creates output distributed outside the market cannot automatically invoke the endorsement of the private economy. As a result, Federal agencies undertaking water control projects have sought to simulate the private market process through cost-benefit analysis. The cost-benefit analysis must be based on scrupulous adherence to the conditions of the private market, however, if the implications of the analysis are to be comparable with those of the market. There is evidence that this requirement is not fulfilled <sup>(7)</sup>.

---

<sup>(6)</sup> The vaunted efficiency that economists, sometimes uncritically, attribute to the competitive market is decreased by imperfections in the operation of the system and the narrow range of its purposes. Impairment of the ideal market function occurs from restraints upon competition, such as decreased mobility of resources because of monopoly elements, and lack of knowledge that impedes rational consumer decisions, decreasing the authority of the consumer in directing resource allocation. Even if the market economy attains perfect competitive efficiency, however, it provides no satisfactory means of recording or satisfying some social objectives. The individualistic bias of the private market distorts any reflection of ethical judgments or attempt to achieve welfare objectives, even though these judgments and objectives involve the use of resources. The allocation of resources and output schedules of the private economy have no greater ethical justification than the underlying distribution of income. Some social objectives — such as education, national security, public health, and the like — cannot compete with private resource use on a cost-price basis and the market mechanism provides no means by which the individual can indicate his preference for these types of resource-using activities.

<sup>(7)</sup> See O. ECKSTEIN, *Evaluation of Federal Expenditures for Water Resource Projects* [*Federal Expenditure Policy for Economic Growth and Stability* (Washington: Joint Economic Committee Print, 85th Congress, 1st Session, 1957)]; H. MARSHALL, *The Evaluation of River Basin Development* [*Law and Contemporary Problems* (Durham, N.C., Duke University Press, Spring 1957)]; R. M. MCKEAN, *Cost-Benefit Analysis and Efficiency in Government* (Santa Monica: R.A.N.D. Corp., 1955); E. F. RENSHAW, *Toward Responsible Govern-*

In addition to the overstatement of benefits, which appears to typify agency evaluation, project costs are universally understated by the use of a less-than-market rate of interest and the exclusion of taxes as a cost. The failure to adhere to the same cost basis for the government undertaking as required of the private enterprise <sup>(8)</sup> forestalls comparability between public and private investment and frequently invalidates the cost-benefit conclusion that public investment should be undertaken because it yields a return at least equivalent to that of marginal investment in the private economy.

### 3. The Nature of Benefits

The term « benefit » has come to be closely identified with the value precepts of the private market in the economic evaluation of Federal water control projects. Although the construction of dams and the development of river basins may yield « intangible » as well as « tangible » benefits, if the values attributed to such undertakings cannot be monetized they are not included in the cost-benefit ratio, which is the summary economic appraisal of project worth. Social and economic features of the project that cannot be measured and recorded in the orthodox fashion by the private market will inevitably be excluded from the cost-benefit ratio <sup>(9)</sup>. This procedure confers a peculiar advantage upon the Federal undertaking that can be directly valued by reference to the market, such as irrigation products, or indirectly approximated by comparison with similar private services, such as water transportation. Such an evaluation procedure confers a distinct advantage upon the project that duplicates or supplements the activities of the private market while it handicaps the function that is neither measured nor provided by the private economy.

At the same time that quantification of intangible benefits is carefully avoided in computing the cost-benefit ratio, the basic philo-

---

ment (Chicago : Idyia Press, 1957) and SUBCOMMITTEE ON IRRIGATION AND RECLAMATION, Construction Costs and Repayment on Federal Reclamation Projects (Washington : House Committee on Interior and Insular Affairs, 82nd Congress, 2nd Session, 1952).

<sup>(8)</sup> For example, the use of a three per cent interest charge in computing costs of public investment, instead of the higher market rate, constitutes a subsidy to the public undertaking that is roughly equivalent to the total construction costs of a project when the repayment period is fifty years.

<sup>(9)</sup> Full description of intangible benefits may be recorded in the agency evaluation but favourable Congressional action is more likely to be induced by the sometimes spurious but apparently conclusive ratio statement.

sophical *raison d'être* of some Federal agency programmes, such as the « family » farm and regional development, represents an intangible goal of more questionable economic validity and tenuous measurability than many of the factors excluded from the ratio. « Regional development », for example, has become the generic rationalization supporting a variety of programmes designed to change the pattern of national income distribution. Although income redistribution through Federal tax and expenditure policy has long been accepted in the United States, regional development is likely to produce an economic and ethical distortion of the distribution of national income. Ethical justification requires that income redistribution be based upon need, while neither ethical nor economic objectives sanction continuous Federal subsidies to maintain recipients in a precarious economic status. Some Federal projects, although promoted on the ground of raising the standard of living of occupational or sectional groups, may more handsomely reward the higher-income entrepreneurs constructing and servicing the project <sup>(10)</sup>. This is not to deny the obvious — that the section of the country that receives economic assistance will benefit economically — but to question the ethical and economic justification of this form of income redistribution when more selective and sensitive means are available.

#### 4. Benefits, Costs and Resource Conservation

« Development » and « conservation » may be incompatible objectives. Federal subsidies at times accelerate the depletion rate of natural resources beyond the social and economic optimum. Moreover, in concentrating on the « tangible » features of river basin development, intangible values may be disregarded <sup>(11)</sup>. Since the

---

<sup>(10)</sup> The history of Federal irrigation projects in the United States indicates that in spite of subsidies in the cost of project development, in spite of subsidies through price support of agricultural crops, in spite of special assistance from the Department of Agriculture, the average Reclamation Project farmer experiences difficulty in covering his costs of production. See : A. Joss, Repayment Experience on Federal Reclamation Projects (*Journal of Farm Economics*, February 1945); W. E. FOLZ, The Economic Dynamics of River Basin Development [*Law and Contemporary Problems* (Spring 1957), p. 225] and SUBCOMMITTEE ON IRRIGATION AND RECLAMATION (*op. cit.*).

<sup>(11)</sup> The Upper Colorado River Storage Projects illustrates the tendency to overemphasize tangible benefits in project evaluation as well as the indefensible practice of covering the costs of economically questionable activities (in this case irrigation) by more remunerative undertakings, such as hydro-electric power.

essence of development involves at least the rearrangement of resources, river basin projects must be based upon a workable concept of the social welfare rather than superficial adherence to the standards of the private market. Only when the diversion of resources from private to public investment is clearly in the public interest do such undertakings have economic justification.

# SHOULD THE AMENITIES BE MEASURED BY A MONETARY VALUE ?

BY

ENRIQUE BELTRAN

Director del Instituto Mexicano de Recursos naturales Renovables

The subject presented in this paper has been included as a part of Theme Ib which considers the effects of dams on habitat and landscape, with special attention to semi-arid regions. It would of course be inadequate to confine the treatment narrowly to questions of immediate habitat and local landscape because the value of Nature as a source of recreation is much broader. And many of the aspects of the intangible values, which are associated with human recreational needs, apply equally in the case of dams in humid regions as in semi-arid areas.

So I will present as many general considerations as possible. And, when necessary, I will make the application of such views to the specific case of dams in semi-arid countries.

Recreation is a part of human life as necessary as food, clothing or housing. And every day it becomes more and more important to take care of the increasing free time of human individuals.

New technologies and new work organization have been steadily decreasing the daily working hours. Improvements in social security have been giving more and more people the opportunity of retiring from active paid work at an age that, with the modern advances of medicine and hygiene, gives hope of many more years of healthy life ahead.

But unfortunately, people have not been taught about the many ways they may use such spare time. Some people just lose it because they do not know what to do. Others may have a wise idea about utilizing their hours of leisure but find the possibilities for enjoying it not within reach.

Until now, very little has been done by democratic countries to face this problem in all its magnitude. Totalitarian regimes, with the aim of extending control over people, have been more careful about it. Fascist Italy even went so far as to organize a special government branch called « Dopo Lavoro » (after work) to cope with this problem.



We cannot, of course, endorse some of the compulsory methods that a totalitarian regime may use for attaining its aims. But it is necessary that we realize as soon as possible the social necessity of providing people with adequate recreation facilities.

It is possible, of course, to organize sources of recreation such as sports, theatres, movies, art galleries, musical concerts, clubs of all sorts and other social forms. But Nature itself provides us with an unending variety of landscapes that may be a source of enjoyment for uncountable numbers of people. In such contact with Nature they may find a useful and healthy way to spend a great deal of their spare time.

Unfortunately, the use of such facilities is handicapped by two factors: First, people have not been trained to enjoy Nature's beauty; and second, in many places, especially in urban areas, such scenic resources do not exist or are not easily reached.

The answer to the first challenge is — as in most of the problems in nature protection and conservation of resources — education. But this is a long-term affair; and if it is true that we should give it paramount importance, in the meantime it will be necessary to use other approaches.

So, it will be important to try, and try hard, to provide adequate recreational resources for as many people as possible.

Unfortunately, building and maintaining such places are generally expensive. And to many people conditioned to think in terms of industrial or agricultural output, natural areas are unproductive. To them there is no justification for excluding these areas from « better » use.

We are all conservationists — that is why we are taking part in this conference — and it is not necessary to try to convince ourselves of something we already know.

But it is urgent to develop arguments to convince those who fail to understand the reasons that seem so clear to us, and who unfortunately are quite frequently the same people who are empowered to decide such matters.

Going to the specific case of building dams in semi-arid countries, it will be necessary that besides the objective of providing water for irrigation, producing electric power, or avoiding floods, consideration should be given to the use of the reservoirs for swimming, bathing, boating and sailing; or simply as places of special beauty, a quality that is inherent in large bodies of water, especially if we help a little with landscape planning.

We realize that in many cases, in the process of finding place for a dam and planning its construction, seemingly insoluble problems

may arise when viewed uncompromisingly from the utilitarian engineering viewpoint, or from the wider consideration of altering Nature and defacing the landscape.

When this problem was discussed at the Caracas meeting of our Union, I presented a resolution (that was passed) asking that an ecologist be included among the members of boards that, in many countries, are involved in problems of economic development, including the development and use of water through big construction works.

I was sure when introducing that motion, as I am sure now, that many times an undesirable hydraulic project is carried out in a way that a conservationist would never approve, not because it is the only possible way consistent with the chief economic aims of the project, but because the people connected with it — mostly engineers and others of narrow technical training — were unable to visualize the ecological dangers involved. It takes ecological training to foresee such dangers, just as it requires professional training in engineering to see the structural hazards involved in unsound footings or faulty materials.

In such cases, a sound and well-meaning discussion between engineers, technicians and ecologists, may quite frequently reach a solution that should be generally acceptable as well as of far greater benefit to society. In practice, of course, such a solution finds its basis in mutual compromise.

This special example, offered here on the subject of dams, may be as valid and as valuable in the planning of a National Park or other areas where recreation is aimed as the principal use. Here the engineers can help the naturalists avoid dangerous pitfalls.

This takes us back to consider the question that is the title of this paper: « Should the amenities be measured by a monetary value? »

The answer to me is yes...and no. Let me explain why :

The use of « amenities », as we generally understand them when referring to Nature as their source, involves some economic aspects.

Let us suppose that a dam has been built with adequate provision for fishing, swimming, bathing, boating or sailing. The people that are going to enjoy the « amenities » have to go to the place where they exist, and the travel involves expenses in transportation. The recreationists must provide themselves with adequate equipment, which involves buying it. They have to live and eat there, which also involves more expenses.

The same considerations are true in connection with a National Park, or any other area dedicated to similar purposes.

We must realize that there are many people able to think only in terms of dollars and cents. And frequently these people with cash-register minds hold important positions.

It is then necessary to show them that the « amenities » have an economic value. Calculated in terms of expenditures by people using them, they represent a « rent » of the « capital » involved in the area. Sometimes this rent is bigger than any other derived from commercial exploitation of the resources.

But to consider the value of « amenities » only in terms of financial returns — direct or indirect — may prove to be dangerous in the long run.

To accept that a recreation area provides a rent provides a good reason for protecting it against any other use as long as this rent is more profitable, or at least as profitable, as any other possible income.

But if in some future time the value of other potential resources increases, and the exploitation of them may provide a bigger rent than the one coming from the use of the area for recreation, the danger of turning it to actual commercial exploitation should become very pressing.

And if for a previous compromise we have accepted the thesis of rating the « amenities » only for their possible economic value, we shall have no arguments left to defend the scenic, the aesthetic and the spiritual values against the materialistic values of the market place.

So, we have to insist — again and again — on the « intangible values » attached to recreation areas, as a means to provide humans with the possibility of living a more complete and enjoyable life. We have to establish, with no possible argument against, that a well-fed, well-clothed and well-housed human being has still other needs to satisfy. And such needs, aesthetic and others, increase in proportion to the fulfilment of the other basic needs referred to above.

A slave who has to work from sunrise to sunset, day after day, who is undernourished, and always afraid of some punishment, may be so tired and so hopeless that he can summon no spirit of the mind and heart to care for other things than a little more food, more rest, and more comfortable quarters.

But for the citizen of a democratic society the situation is, or should be, a different one. He may be able to do his productive paid work in as short a time as possible, and have as much time of his own to enjoy life. And to attain that aim, we must offer him a wide range of possibilities for such enjoyment, among them those that Nature so generously provides.

Putting the problem under such light, the « amenities » may be measured in part by a monetary value, but their true meaning should be stated in terms of « intangible values ». Such must be established in public understanding, in policy and in law if necessary. They must become so well established as to provide sufficient protection to recreation areas against any interference with their primary aim. This primary aim ? The « amenities » !

# FLOOD-PLAIN ZONING TO ALLEVIATE NEED FOR FLOOD CONTROL STORAGE (1)

BY

C. R. HUMPHRYS

Associate Professor, Department of Resource Development,  
Michigan State University,  
East Lansing, Michigan, United States

Flood-plain zoning has become a well accepted theory in the United States. In order to be operative, it is necessary to assume that river flood-plain land (2) is involved, that a use is contemplated and that planning shall precede use. This is, of course, highly unrealistic in comparison with actual conditions. In the United States we do have a significant acreage of flood plain land; it is frequently highly productive agricultural land, and occasionally it has been intensely developed for industry, navigation services and residential use. It has also been customary to locate road and railroad routes in the level land of the flood plain. The history of development is usually the same throughout the country — this low land has been developed, then the problem of flood damage has required or stimulated planning to prevent the re-occurrence of damage. Federal and State participation in the large-scale public works is assumed and expected.

Flood-plain zoning may be complicated by the possibility of coordinated programmes. A « flood control programme » may be planned along with a « flood prevention programme », zoning may be implemented on the basis that only structures will be utilized to control flood damage or zoning may be initiated with the premise that the water level or flooding will continue unchecked. These concepts differ widely and require different criteria for flood-plain zoning.

Eventually there will probably be general acceptance of the idea that upstream land treatment, tributary dams and downstream dams are all needed to completely solve the problem of flood-plain land use.

---

(1) This paper is available in Greek, German, French and Spanish.

(2) Land subject to inundation by water. Flooding is a cultural term implying damage to valuable land, crops or property and danger to public health and welfare by high water levels caused by natural or cultural factors.

If an ideal formula could be drafted for the theory of flood-plain zoning it could be expressed as :

*Formula A :*  
 Flood Plain Land ; Survey Land and Evaluate Responsibility — Local High local participation ; Determine Use ; Plan and Zone. ; Use (Few problems)

The actual problem of flood-plain zoning could be expressed as

*Formula B :*  
 Flood Plain Land ; Use (Sometimes Intensive) ; Problems Damage ; Survey and Evaluate ; High Federal Participation Low Local Participation ; Plan and Zone ; Use (Many problems)

It is readily apparent that there are some basic differences in the above two formulas. Formula A, although « idealistic », is reasonable and logical. It is also evident that federal and state control or participation would be drastically limited under this approach. This represents an ideal of the democratic form of government.

If Formula A could be followed the need for structures would be limited or eliminated. We must assume that development and use of the low lands would not involve intensive investment; no occupancy by industry or homes. The only need for structures would be to slow down or hold back that portion of the high flow that would peak flow in the lower reaches of the river system.

The lowlands could also be classified on the basis of risk of flooding in terms of frequency and depth (or damage) so that the potential user would be forewarned.

This implies that if such information on flood danger had been available and understood, that development of lowland in the United States would now be much more conservative.

Another practical application of flood-plain zoning would be economic in nature — as the need and pressure for more land and more intensive use, it will be possible to evaluate the investment necessary for protection of risks of varying degrees. If private capital were involved, a flood-plain zoning map would be useful to determine the attractiveness of the venture. If public works programmes are involved the economic considerations would not be as significant.

Formula B is realistic and highly indicative of social education by fact. In the early stages of development the immediate goal is land use that will support the culture of the period — usually agriculture. Gradually a more intensive agriculture develops, involving impressive

installations for drainage, transportation, service centres, and eventually industrial and navigational improvements may be added.

When the problems and damage become painful enough the people will act to control water damage. The solution most frequently involves great financial costs. Up to this point we are still operating in a democratic medium, but if the local people at this point turn to the federal government for assistance, then socialism is the inevitable result.

During the last great depression (1929-1939) many public works projects were initiated to « prime the economic pumps of prosperity ». The effects of some of these programs have been vastly greater than the « citizen individual » can appreciate.

If, in the future, we again must enter the « economic arena » with more and greater public works projects, history will cite another plateau in the modification of our government.

# FLOOD PLAIN ZONING TO ALLEVIATE THE NEED FOR FLOOD CONTROL STORAGE

BY

H. ALDEN FOSTER

Principal Associate  
Parsons, Brinckerhoff, Hall & Macdonald,  
Consulting Engineers,  
165 Broadway, New York, N.Y., U.S.A.

## The Flood Damage Problem

It has been said that « every dog is entitled to at least one bite ». Similarly it may be claimed that every river is entitled to experience a flood; but in the case of a river, there is no limitation as to the number of floods that may be justified.

Under normal conditions of flow in the river, the water surface is retained within the banks. When a flood occurs, the discharge capacity of the normal channel is exceeded, and part of the flood water spreads out over the adjacent flood-plain. In doing this the river is only exercising its inherent right to expand when carrying more than normal flow. The river was there long before Man wanted to occupy the flood-plain; in fact the river made the flood-plain. Throughout the history of civilization, Man has found it much to his advantage to use the river valley for his own use, but often at great cost. Flood damage is the price Man must pay for encroachment on the river's rights to use of the flood-plain. Man's error has not been the neglect of flood-control measures but his refusal to recognize the right of rivers to their own floodways.

There are two general methods for reducing or eliminating loss of life or damage to property by floods :

1. Keep flood water away from Man and his works — this may be accomplished by construction of flood-control structures, such as dams, levees, etc.
2. Keep Man away from flood waters — by preventing him from using land subject to periodic flooding.

These methods may be used independently or in combination.

In the United States, the general practice has been primarily to use flood-control structures — we try to control Nature and ask her to surrender to our needs. In recent years, however, it has been realized that the reduction of flood damages is best accomplished by making



the most economical combination of control of land use with reduction in the magnitude of flood discharge.

### **The Flood Plain**

From a geological standpoint, a river valley consists of two main parts : the Valley Bottom and the Upland Valley Area. The Valley Bottom includes the Normal Stream Channel and the Flood Plain. The Flood Plain may be defined as the area adjoining a river which has been or hereafter may be covered by flood water. Most of the time the entire discharge of the river is retained within the Normal Channel; when the river overflows its banks, it is said to be « in flood ».

### **Effect of Flood Control Structures on Land Use**

Reduction of flood damage by direct control of the flood discharge has an inherent weakness, in that complete elimination of damage is almost never practicable. There is always the probability that a larger flood may occur in the future than that for which the control project was designed. Moreover, the fact that only partial protection against floods has been provided may result in a false sense of security to owners of property in the areas so protected, resulting in even greater future encroachment on the downstream flood plain.

Control of use of flood-plain lands, on the other hand, will always have a positive benefit in reducing flood damages. The constant tendency for property owners to extend encroachment into the natural floodway of the river thereby be kept under strict control.

### **Establishing Control of Flood-Plain Use**

The most effective public measures to promote improved use of flood-plain lands may be summarized under four headings :

1. Subsidized Relocation. — For a particular community subject to periodic flooding, it may be found that the cost of eliminating such flood damages in the future by suitable construction would exceed the expense of moving the entire community to another place free of the risk of flooding. In such a case, it would be a wiser plan theoretically to relocate the entire community than to attempt to erect flood-control structures. This method has received little if any application in the United States; it is always difficult to apply because of the resulting loss of investments and the breaking up of home and community ties.

2. Subsidized Abandonment. — In certain flood plains it may be in the public interest to subsidize the abandonment of an enterprise which is highly vulnerable to flood damage, the owner of the property being suitably compensated for his loss.

3. Land Acquisition. — This involves the outright purchase by a public agency of low-lying bottom lands where frequent flood damage has occurred, with suitable redevelopment of the area in the public interest, such as for parks or recreational purposes. In many cases the land could be leased for private use — e.g. automobile parking — protected by some system of flood warning.

4. Flood-Plain Zoning. — This involves a partial remedy for unwise land use by regulation through zoning ordinances, building ordinances and subdivision control.

Regulation of flood-plain use may serve either or both of two objectives :

a) It may impose limitations of occupancy which causes constriction of a natural stream channel by decreasing the water-carrying capacity of the stream — a « channel capacity regulation »;

b) The regulation may limit the use of a flood-plain to purposes not subject to appreciable flood damage — a « land-use regulation ».

#### **Requirements for Establishing a Zoning Project**

Flood-plain zoning requires the use of « police power » by a community. Although there are not many legal precedents for its use in the United States, it has been upheld by the courts in a few cases. Specific authorization of such zoning has been written into the laws of a few states. It is generally conceded by those who have studied the question that zoning will be upheld by the courts wherever it satisfies certain basic requirements, as :

1. The zoning plan must be reasonable. It must promote public health and safety, or the general welfare.

2. The scheme of zoning must be sound; the method of classification and districting of the valley lands must be applied fairly and impartially.

3. The control must not only be for the protection of the individual owners, but also to prevent injury to other owners, the « innocent bystanders ».

To attain these objectives, setting up a zoning project must be supported by a sound technical background, involving studies of hydrology and meteorology affecting floods in the local area, and reliable estimates of damage resulting from such floods.

### **Master Plan for Valley Area**

An essential feature of any flood-plain zoning project is the preparation of a master plan which sets aside a floodway zone with restricted occupancy. This requires a detailed investigation of the history of floods that have occurred in the area. In addition, since the record of floods may not cover many years, it is necessary to determine whether larger floods may be expected in the future than have been recorded in the past, since not all communities have experienced major floods in recent years. Such a study involves an examination of the major storms that have occurred in neighboring regions and the greatest flood discharges that are known to have occurred on streams in the general region of the area under study.

These studies would lead to the determination of the « Maximum Flood of Reasonable Regional Expectancy » which should be adopted for design of the local floodway, and may be greater than the maximum flood on record. A precise general definition of such a flood is difficult to establish. Its selection for a given locality requires competent technical advices.

After this « design flood » has been adopted, it is necessary to determine the portions of the flood plain that would be inundated when the flood occurs. From this study, a « floodway zone » is set aside, which includes the normal stream channel and those portions of the flood reasonably required to carry the flood flow.

An essential part of the master plan is to set up regulations for use of lands in the floodway district. These may be summarized as follows :

1. The Normal Stream Channel. — No obstructions of any kind would be permitted.

2. The Floodway Zone.

No building may be built or existing structures altered for living purposes or as a place of public assembly which are found to be subject to inundation and therefore rendered unfit for human habitation.

No encroachments will be permitted into the floodway zone which will unduly increase flood height and danger to life and property.

No filling of land will be permitted.

Structures shall be placed so as to offer minimum obstruction to flow of water; structures to be firmly anchored.

Permissible uses : Farming, truck gardening, grazing.

Parks and recreational areas.

Auto parking lots.

Uses in harmony with the zoning of contiguous areas.

3. Floodway Fringe Areas. — These are located in the flood plain but outside the floodway zone. They may be subject to inundation by the design flood, without having any appreciable influence on flood heights. In these areas, the main floor of any structure must be above the design flood height, and basements should be prohibited.

#### **Difficulties in Establishing Flood-Plain Zoning**

Only limited progress has been made in establishing flood-plain zoning in the United States. Some of the reasons that have been suggested for this lack of progress are :

1. The very human trait of wanting to forget unpleasant things, such as floods, just as quickly as possible.

2. The fact that local interests may want to avoid publicity regarding flood hazards in the community.

3. Pressure on local governmental officials by owners of flood-plain property not to depress land values by stigmatizing some areas as being subject to flooding.

4. Local doubts as to the adequacy of enabling legislation.

5. Inadequacies of technical assistance to local planning boards. It should properly be the obligation of the state government to furnish such assistance when it is needed.

#### **Flood-Plain Zoning as Part of Flood Damage Control**

The control of floods is often considered as an end in itself. But to be fully effective, the use of protective works to prevent flood damage should be supplemented by establishing control of the use of flood-plain lands. One reason why the combination of these two methods has received so little application in the United States is that federal legislation has encouraged local areas to turn their flood problems over to federal agencies. Local interests are required to provide lands, flowage easements, etc. for federal flood-control

projects. While it is the practice of the federal agencies to design flood-control projects with the most economical combination of structures and control of land-use, the law does not permit those agencies to exercise such control; this must be done by local interests. The common trait of letting somebody else pay for our losses tends to eliminate much of this local participation.

Protective works are often advocated by local interests in situations where flood-plains have been developed by private owners and the structures erected thereon are subsequently damaged by floods. The question may then be raised as to whether the government — i.e. the taxpayers — should be expected to protect the water-logged victims of known risks. When such protection is expected and provided, the public should have the right to decide what development shall be permitted in the flood-plain. This is of special significance where the development is based on a feeling of false security resulting from the construction of flood-protection works.

#### **Acknowledgment.**

This report is based on material from the following sources, which is gratefully acknowledged :

- GILBERT FOWLER WHITE, Human Adjustment to Floods (*Univ. of Chicago Research Paper*, No. 29, June 1942).
- R. B. WERTHEIMER, Flood Plain Zoning (California State Planning Board, June 1942).
- ROBERT W. SILER, Jr., Flood Problems and Their Solution Through Urban Planning Programs (Tennessee State Planning Commission, Sept. 1955).
- L. B. LEOPOLD and THOMAS MADDOCK, Jr., The Flood Control Controversy (The Ronald Press Co., New York, 1954).
- W. G. HOYT and W. B. LANGBEIN, Floods (Princeton University Press, 1955).
- H. W. ADAMS, Economic Aspects of Flood Plain Zoning (A.S.C.E. Proceedings Separate, No. 882, Feb. 1956).
- JOSEPH I. PERREY, Adjustment of Flood Plain Use Through Zoning (Unpublished Paper presented at the Legal Institute on Planning and Zoning and the Community Planning Conference, Valparaiso Univ., Valparaiso, Ind. Dec. 1, 1956).
- FRANCIS A. PITKIN, Flood Plain Zoning and Flood Insurance (Unpublished Paper presented at Northeastern States Conference on Stream Flow and Flood Control, Princeton, N.J., April 29, 1957).

### **Summary**

This report attempts to give only a brief outline of the function of flood-plain zoning as a part of the overall problem of controlling flood damage. There are many complications involved in using the zoning method for this purpose, the solution of which may vary in different countries or localities.

In general, zoning protects individual owners of property in the flood-plain from financial loss due to their own unwise acts, or from the acts of other property owners in the valley. Zoning also protects the general public from losses (distributed by taxation) caused to the community as a whole through unwise development of flood-plain lands, or from the necessary expenditure of public funds to eliminate or control such losses.

# BARRAGES ET CRUES

PAR

A. REYMOND

Sous-directeur du Laboratoire d'Écologie  
et de Protection de la Nature du Muséum National d'Histoire Naturelle,  
4, avenue du Petit-Château, Erunoy (Seine-et-Oise), France

## I.

La crue est un phénomène général sur la planète. Elle est liée à la variation saisonnière des climats. Ainsi s'opposent aux crues régulières et généralisées des crues saisonnières à retour périodique = crues des régions polaires liées à la fonte des neiges et aux débâcles des cours d'eau du court été boréal ou celles des régions intertropicales découlant du retour régulier de la saison des pluies. En région méditerranéenne, le régime des cours d'eau est caractérisé par une très grande irrégularité faisant alterner de très bas étiages pendant la saison chaude et sèche avec la violence et l'irrégularité des abats pendant la saison humide. Dans ces conditions, les cours d'eau purement méditerranéens se caractérisent par un régime du type torrentiel allant depuis le régime du cours d'eau temporaire entre les paroxysmes des précipitations orageuses. Le régime des crues en région désertique se signale par son caractère sporadique entraînant la rareté relative et surtout la dissémination des paroxysmes, telle région du désert étant le théâtre de précipitations très considérables tandis que d'autres régions devront attendre pendant de longues années une éventuelle inondation. Quelles que soient la rareté et l'irrégularité des pluies et des écoulements d'oued en région désertique, il ne faut pas oublier l'existence de régions privilégiées dans les ensembles désertiques, ces districts privilégiés étant liés soit à l'existence de massifs montagneux au centre même de la zone aride (massifs centraux du Sahara, massifs périphériques en Asie centrale autour du désert de Gobr et du Taklamakan), soit au voisinage de régions de climats plus humides envoyant à périodes régulières des systèmes nuageux au-dessus de la région aride qu'elles avoisinent, et des émissaires fluviaux dont les crues arrosant le désert voisin sont la manifestation bienfaisante du climat moins sévère qui confine avec leurs bassins.

C'est ainsi que nous pouvons distinguer parmi les types de crues qui se succèdent sur les différents bassins hydrographiques de la planète :

1° *Les crues climatiques* liées à un type de climat généralisé sur un ensemble de pays ayant les mêmes caractéristiques générales et les mêmes régimes hydrographiques généraux :

a) climat boréal d'Amérique du Nord, de Russie septentrionale ou de Sibérie;

b) climat des régions tempérées océaniques : Amérique du Nord, bassins des grands fleuves européens ou des territoires européens de l'U.R.S.S.;

c) régime des grands fleuves équatoriaux : bassin du Congo, de l'Amazonie, des régions tropicales d'Indonésie.

Tous ces régimes sont caractérisés par la périodicité régulière des hautes eaux et des maigres; les variations annuelles étant caractérisées par des différences dans l'importance du phénomène mais n'affectant pas la régularité annuelle du retour de l'événement.

Il en va tout autrement, nous l'avons vu, pour l'événement de la crue en régime méditerranéen et *a fortiori* dans les régimes désertiques.

2° *Type mixte* : un type différent de bassin à crues est présenté par des cours d'eau dont le bassin de réception se situe dans une région de climat humide ou très humide tandis que l'émissaire qui en évacue les eaux traverse des régions de climat différent qui peut être du type le plus aride. Le Nil est le type le plus achevé de cette forme de régime, son bassin d'alimentation recueillant les chutes d'eau de la saison des pluies sur les hauts massifs montagneux puissamment arrosés de l'Afrique Orientale pour les déverser dans la Méditerranée après la longue traversée d'un des régimes désertiques les plus sévères du monde.

Le Tigre et l'Euphrate dans le Proche-Orient, l'Indus, les fleuves de l'Asie centrale (Syr Daria, Amou Daria, Tarim) sont à des degrés moindres des représentants de ces types de cours d'eau dont le bassin se trouve partagé entre des régions de climat profondément hétérogène.

3° Un troisième type de crues est liée à des considérations régionales, à l'intérieur d'un ensemble climatique donné, étant caractérisé par la structure du bassin, le régime des pluies, l'évolution géographique différente qui fait par exemple que les crues de la Seine n'ont



pas le caractère de celles de la Loire, de la Garonne ou du Rhône, chacun de ces cours d'eau tirant de la structure et de la situation de son bassin les caractéristiques qui lui sont propres et qui les différencient des cours d'eau qui se trouvent situés comme lui dans le même ensemble climatique.

Ainsi par exemple pour le Rhin et le Rhône, nés tous deux au cœur du massif alpin d'Europe Centrale, mais dont le cours du premier se situe tout entier en climat océanique d'Europe moyenne tandis que le second par ses affluents cénévols au bas alpin participe en son bas cours des violences méditerranéennes.

4° Quel que soit le type de fleuve considéré, mais davantage pour ceux dont le bassin se situe dans des régions de précipitations irrégulières, tout cours d'eau, et presque dans quelques régions que ce soit, peut, à la suite d'un ensemble convergent de circonstances, faire l'objet, selon les périodicités plus ou moins espacées dans le temps, de crues paroxystiques qui échappent aux conditions normales du climat général ou régional et sont l'objet de crues exceptionnelles qui dépassent les limites moyennes de la montée des eaux et figurent à l'état d'exception catastrophique dans le retour régulier du phénomène.

De telles crues, plus ou moins rares, font partie des possibilités du régime du bassin et ont attiré de tout temps, et plus encore de notre temps, l'attention des riverains, des techniciens et responsables de l'administration locale, et de plus en plus des pouvoirs publics.

Elles doivent être prises en considération, si exceptionnelles puissent-elles paraître dans les plans d'aménagement généraux des différents régimes du globe.

5° A une échelle moindre, tel torrent, tel cours d'eau secondaire, tel bassin local peut être à titre apparemment exceptionnel le théâtre d'un cataclysme local, précipitation exceptionnelle, orage de violence extraordinaire, qui peut entraîner soit de graves dégâts, soit une véritable catastrophe locale, dont l'événement doit être interprété pour en tirer les précautions et les aménagements pratiques pour pallier dans la mesure du possible à un éventuel retour de l'accident.

De ce type, par exemple, le débordement du Saison au Pays Basque en novembre 1937, ravageant toute sa vallée de Licq Atherey à Tardets et à Mauléon, ou l'orage fantastique d'octobre 1940 dans les Pyrénées Orientales sur le bassin de l'Agly, du Tech et du Tet, dévastant la région de Prades, de Perpignan, d'Elne et d'Amélie-les-Bains.

La périodicité des crues, le volume des débits mis en cause, l'énorme puissance énergétique des cours d'eau, la valeur des masses liquides

dans des régions d'irrigation et de pluviosité insuffisantes, l'éventualité des pertes en vies humaines et les dégâts matériels à redouter constituent l'ensemble des considérations attirant l'attention générale sur le régime des cours d'eau de l'ensemble du globe, et là particulièrement où ils sont les plus précieux et les plus susceptibles de prendre une grande valeur, c'est-à-dire dans la région méditerranéenne et les régions arides qui lui font suite.

## II.

En présence des ravages causés par les inondations et de la puissance des éléments mis en jeu par les cours d'eau au moment de leur paroxysme, tandis que croissent d'autre part les besoins énergétiques et alimentaires d'une humanité en expansion démographique et que parallèlement le progrès des techniques permet d'envisager comme réalisable ce que les générations précédentes ne pouvaient que considérer comme hors de leurs moyens, le problème de l'organisation générale des bassins hydrographiques se généralise à la surface du globe. Il n'est nul pays qui n'ait envisagé de régulariser ses cours d'eau soit pour y puiser des réserves hydroélectriques et souvent simultanément pour améliorer l'irrigation dans les parties cultivables des plaines élargies de l'aval. Il n'est pas jusqu'en région équatoriale, en Amérique du Sud ou au Congo que de vastes retenues ne soient en cours de réalisation pour constituer les réserves hydrauliques souhaitables à l'établissement de puissantes industries locales.

Il est évident que le problème des barrages se pose différemment dans les parties montagneuses des amonts ou dans les bassins alluvionnaires de l'aval. L'occupation humaine étant de beaucoup la plus ancienne et la plus dense dans les plaines, c'est en général dans la partie inférieure des cours d'eau qu'a d'abord commencé l'édification des barrages dans un double but principal d'irrigation et de protection des régions riveraines, l'utilisation de l'énergie s'étant tout d'abord bornée à l'installation d'industries riveraines au fil de l'eau (moulins, scieries, tanneries, papeteries) dont la localisation le long des fleuves et des affluents remonte souvent à des périodes reculées des temps historiques.

D'autre part, pour protéger l'habitat humain et ses cultures contre les divagations nuisibles des cours d'eau, une tendance a prévalu dès l'abord de tendre les barrages parallèlement aux cours des plus irréguliers de ces fleuves pour opposer une barrière à l'épanchement des eaux lors de l'apogée des débits.

De tels travaux ont été généraux dans l'histoire des activités des populations des vallées des grands fleuves, et ceci dans une époque reculée de l'histoire humaine. C'est ainsi que les Chinois, une des plus anciennes civilisations agricoles du monde, s'étaient évertués à s'opposer par des digues parallèles aux divagations d'un des plus puissants et des plus capricieux des grands fleuves du monde, le fleuve Jaune, dans la basse partie de son cours, entre sa sortie des collines des Ordos et son embouchure dans les mers de Chine. Ainsi en avait-il été du Pô en Italie du Nord.

De telles méthodes d'emprisonnement de cours d'eau à bassin de réception torrentiel, transportant chaque année au moment des crues un important débit solide, ont fini par être surpassées par le dépôt prolongé poursuivi au cours des saisons et des siècles des matériaux d'alluvion transportés par le fleuve à l'époque de ses maximums de puissance et tendant à étendre de l'amont à l'aval l'accumulation des déblais arrachés perpétuellement à la zone de montagne. Le mécanisme est connu : le lit progressivement comblé s'exhausse d'année en année jusqu'à dépasser le niveau des plaines environnantes. Les riverains sont contraints périodiquement de reculer et d'exhausser les digues riveraines jusqu'au jour où, surpassant l'obstacle, une crue d'exception comme il en faut prévoir à coup sûr quelque'une par siècle et une ou deux par millénaire, ne vienne, tous obstacles rompus, se répandre sur les zones mêmes que la digue prétendait protéger et que sa défaillance soumet à des ravages d'autant plus considérables qu'ils ont été plus ajournés. Bien loin de l'éviter, le remède a créé le mal.

Dans ces conditions, la tendance moderne ne doit pas s'obstiner dans ces errements ancestraux qui n'étaient que des palliatifs temporaires mais viser sous la contrainte du nécessaire et du préférable à repenser, bassin par bassin, une tentative de régulariser l'ensemble des cours soit les plus utiles, soit les plus dévastateurs. C'est ainsi qu'il faut distinguer dans l'ensemble des bassins à mettre en défense :

A. — L'organisation des eaux en amont, en ayant en vue de stocker si possible les paroxysmes torrentiels en montagne de façon :

1° à aplatir dans la plus large mesure possible les débits de crue à l'aval;

2° à réserver les masses d'eau gaspillées en excès au cours de l'inondation pour les utiliser au cours des mois de sécheresse, assurés en région méditerranéenne ou désertique, dans le double but essentiel :

a) d'utiliser leur puissance énergétique,

b) d'assurer les besoins en eau des cultures et des hommes durant les mois arides des plaines du bas cours.

B. — L'organisation de l'aval doit prévoir, non pas l'endiguement et ses conséquences funestes, mais autant que faire se peut la dispersion des eaux de la crue par un système de drainage en éventail prévu à l'avance, jalonné si possible par des bassins de retenue et d'épandage où les eaux collectées dans des réservoirs naturels ou artificiels pourront être économisées en vue de leur utilisation agricole pendant les mois de sécheresse. L'exemple de cette méthode est donné dans l'organisation de zones d'épandage et de bassins de retenue dans le bas cours du Tigre et de l'Euphrate en Mésopotamie, ou par l'organisation d'une série de barrages de retenues sur le cours du Zizet et du Rheris dans les oasis marocaines du Tafilalet à la limite des modes de vie méditerranéenne et saharienne au sud de l'Atlas marocain.

C. — Si poussées que puissent être les mesures d'aménagement des bassins torrentiels de l'amont et celles du réseau auxiliaire de dispersion dans les zones déprimées du bassin d'aval, on peut être assuré, dans la plupart des cas, qu'à la suite d'une convergence exceptionnelle des facteurs météorologiques, il surviendra toujours ici ou là un maximum éventuel de longue périodicité, une catastrophe millénaire risquant d'excéder à la fois toutes les mesures de prévention les plus généreusement calculées pour en éviter les ravages, et les précautions prises devront tenir compte, malheureusement très difficilement, de la prévision de l'événement.

C'est ainsi qu'il est souhaitable en tous cas que les habitations humaines soient édifiées le plus en arrière possible de la région inondable, et de préférence sur des sites plus élevés que le niveau prévisible des crues. D'autre part, les ouvrages d'art édifiés dans la période exposées aux sinistres doivent être calculés de façon généreuse tant par la solidité des matériaux utilisés que par l'ampleur des dégagements prévus pour laisser s'écouler sans eau la masse liquide exceptionnelle sans lui offrir un obstacle fragile assurément emporté par la puissance du phénomène.

C'est ainsi que dans la région des Pyrénées Orientales, le vieux pont de Céret, extraordinairement surélevé au-dessus du cours du Tech, probablement à la suite d'une crue analogue à celle de 1575, n'a pas été atteint par la crue fantastique d'octobre 1940 près d'un demi millénaire plus tard, rare cas d'un cataclysme à longue période dont la leçon a été gardée, sinon dans leur mémoire, à tout le moins dans ses conséquences, à travers dix générations. Ca fait exemplaire ne doit pas être si courant.

D. — Les dangers au cours de phénomène d'inondation de cet ordre ne sont pas seulement dus à l'irruption des masses liquides. Des conséquences au moins aussi désastreuses doivent être envisagées du fait des matériaux solides mis en mouvement par l'inondation massive des versants.

Il faut signaler là aussi les grandes différences de l'événement dans les parties hautes du bassin avec ce qui se produit à l'aval.

Par le fait général d'abord que le maximum des chutes d'eau se situe sur les reliefs les plus élevés du bassin hydrographique d'une part, d'autre part que tant par l'inclinaison beaucoup plus grande des versants, l'acuité marquée des différences de relief et la plus grande activité des phénomènes d'érosion, de grandes masses au voisinage de l'équilibre déjà proche du porte-à-faux sont pour ainsi dire préparées à l'avance pour un arrachement brutal par le déclenchement instantané de l'érosion torrentielle par irruption concentrée de l'averse s'abattant à la fois sur toute l'étendue des bassins de réception. Le cataclysme exceptionnel se déclenche alors sous les formes les plus diverses et les plus spectaculaires : torrents abattant une lave aussi solide que liquide, à travers les couloirs d'érosion torrentiels ou ceux préfabriqués des avalanches; versants entiers arrachant aux masses rocheuses la couverture d'éboulis de pente mal enracinés sur le roc; terrasses entières, avec leurs habitations humaines ou leur couvert forestier, descendues en bloc vers la vallée jusqu'à l'obturer par place avec la possibilité d'engrèvement presque immédiat des retenues et barrages perdant à ce moment toute possibilité de jouer leur rôle de blocage mais offrant au contraire un déversoir instantané à la masse liquide surpassant l'obstacle pour le franchir en cataracte et s'écouler en crête rapide en contre-bas. Là aussi l'obstacle humain au lieu d'atténuer le cataclysme n'aura fait que l'exaspérer.

Plus bas, outre le danger de voir se colmater les réservoirs les plus vastes et les plus généreusement calculés derrière les coups de bélier du front d'eau, la masse des transports solides en ses éléments de moindre volume ira s'épandre dans la plaine, répandant sur les cultures et les constructions humaines, les accumulations éparses de l'alluvionnement. C'est là tout particulièrement que l'épanouissement prévu d'avance de l'inondation écartera des régions les plus riches les extensions alluvionnaires qui pourront au contraire être précieuses et enrichir de leurs limons les parties périphériques de bassin de décantation des eaux chargées de terre. Ainsi se sont formées, avec bien d'autres deltas des bas cours, les régions les plus peuplées du monde : delta des grands fleuves de Chine, delta du Nil, basse plaine de Mésopotamie, vallée

alluviale du Pô, vallée alluviale du Bas-Rhône que prolongent vers un avenir de prospérité agricole les épandages d'alluvion récents comme la Camargue et la Crau.

### III.

#### CONCLUSIONS.

Que doit-on conclure de cette revue trop rapide du phénomène de la crue dans les régions à climat torrentiel :

D'abord qu'il est heureux de voir à travers le monde le grand effort convergent par lequel l'activité humaine semble avoir pris conscience de la nécessité immédiate et urgente :

1° De tirer le plus vite possible le maximum du potentiel que, sur la surface du globe, l'énergie hydroélectrique met à la disposition de la faim d'énergie des activités industrielles.

2° Devant la puissance des phénomènes naturels liés à la collection des eaux courantes, de prévoir un plan permanent et généralisé d'organisation du bassin des cours d'eau visant à freiner en amont et utiliser au mieux des cultures de l'aval les paroxysmes si souvent abusifs des paroxysmes climatiques dans les régions où le déséquilibre du climat est la règle générale. C'est au tout premier plan les régions méditerranéennes et désertiques.

3° La nécessité généralisée, dont tous les pays de civilisation ancienne ont déjà pris conscience, et commencent à manifester avec angoisse une susceptibilité de plus en plus aiguë contre les abus et les désastres de l'érosion, par des plans nationaux ou généraux d'y mettre un frein sinon un terme.

Devant des phénomènes anciens mais qui ont pris avec le XX<sup>e</sup> siècle et la nouvelle ère de présence humaine une importance planétaire, tandis que les besoins alimentaires insuffisamment satisfaits d'une population en expansion généralisée commandent une utilisation sans cesse perfectionnée des surfaces culturales, d'autre part la conservation et la protection de ces mêmes surfaces vitales pour l'avenir des hommes, commandent a *fortiori* des mesures généralisées de protection de larges couverts forestiers sur les régions montagneuses et les reliefs périphériques dont la valeur culturelle est moindre ou nulle, la conservation du bouclier forestier par contre indispensable pour stopper, stocker et freiner à leur niveau et sur leur pourtour les excès souvent cataclysmiques des précipitations atmosphériques.

\*  
\* \*

Il ne faut pas se faire d'illusion. L'homme est apparu sur la terre en contemporain d'une des crises orogéniques majeures de l'histoire de la terre. L'*homo* dit *sapiens*, de l'Orient à l'Occident de l'ancien continent, du Nord au Sud du Nouveau Monde, est géographiquement un *homo alpinus*. Toute l'histoire de l'humanité à la surface de la terre, dans les péripéties des épreuves climatiques de sa préhistoire, entre les volcans d'Auvergne ou ceux des ceintures de feu de ses Méditerranées et de ses Pacifiques, entre les glaciers boréaux et les glaciers des hautes montagnes, accompagne la fin ou le répit de la grande architecture alpine. Entre les glaces et les volcans l'homme subit les péripéties de la grande surrection tertiaire. Mais qui dit surrection dit érosion.

Cette érosion commencée dès le début du soulèvement des grandes chaînes tertiaires, il y a des millions d'années, poursuivie au cours de toute la dernière période géologique, nous ne sommes même pas assurés d'y survivre avant son terme.

Une seule chose est certaine, c'est qu'il n'est pas question pour nous de l'arrêter. Ni nos travaux, ni nos forêts, ni nos barrages n'empêcheront le cycle irréductible qui renvoie aux océans, au fil des saisons et des millénaires, les eaux et les montagnes hier ou jadis échappées de leur sein.

En même temps que l'orogénèse, la pénéplanation est en cours, il n'est pas dans nos moyens de l'arrêter.

Mais à l'échelle humaine il est non seulement de notre pouvoir mais de notre devoir de faire en telle sorte que nous en disciplinions et en orientations le décours, que, en quelque façon, nous puissions comme par une vue harmonieuse de l'esprit lui choisir sa meilleure pente, en ralentir les excès, en utiliser les richesses, et ralentissant à l'amont de la haute montagne forestière les ruées de l'eau sauvage nous la retrouvons apaisée et guidée à l'aval pour construire et nourrir nos plaines.

# **EFFECT OF DAMS ON HABITAT AND LANDSCAPE, WITH SPECIAL REFERENCE TO INDIA**

BY

**P. R. AHUJA**

Director, Hydrology Dept.,  
Central Water and Power Commission,  
Bikaner House, New Delhi, India

## **1. Use of dams in ancient India.**

India is broadly divisible into six hydrologic regions (see map, page 289) mainly based on topography, meteorology and resulting drainage patterns. The total water potential in all these regions is about 1,300 million acre feet. There are several differences between the Northern and Southern rivers. The Northern rivers rising from the snow-capped Himalaya are perennial, while the Southern rivers mostly flow in the monsoon period, July to September. The Northern rivers carry more silt than the Southern rivers.

Storage of water for irrigation and water supply dates back in India through several centuries. Some of the small storage works known as tanks were known to have been constructed even as early as in the fifth century B. C. They helped to serve local needs. In the States of Madras and Mysore alone, there are over 60,000 minor and major storage works. In Northern India, the basic pattern of water utilization was diversion, instead of storage, until very recently.

The concensus of current opinion in India is that possibilities of diversions have very nearly been exhausted and further advance in water utilization has to be necessarily by storage.

## **2. Repercussions of dams on historic monuments and remains.**

There is hardly any part in India where there are no valuable historic monuments and remains; and yet the problem of submergence of historic monuments and remains was not existent here till recent times. This is presumably because of relatively low pressure of population and small size of the works constructed.

A major instance of this type is afforded by the Nagarjunasagar Dam at present under construction on the Krishna river (see map for location). The reservoir that will soon be created would submerge historic remains associated with the celebrated Buddhist philosopher, Nagarjuna, in the 3rd century B. C. Efforts are being made to



excavate the historic remains completely and arrange them on the lake margin above the full reservoir level. Likewise, at the Hirakud Dam in Orissa, which was recently completed, an ancient temple situated in the reservoir area was shifted above outside the reservoir.

This problem; is coming up in the case of a few more reservoirs under consideration. But, by and large, except in the case of Nagarjunasagar, the problem in other cases has not assumed serious proportions.

### 3. Inventory of Modern Dams.

As in all development activities, India is at present passing through a period of dam construction of enormous dimensions. The first Five Year Plan was launched in 1951 and was completed in 1956 and now India is going through the Second Five Year Plan which ends in 1961. Before the First Plan, there were 120 dams in India, excluding a large number of small tanks. In the first Plan, 468 dams, weirs and barrages were started and some were completed before 1956. Further, another 188 works have been taken up in the Second Plan period.

Salient features of some of the major dams in India are included in the enclosed table (p. 294).

The total irrigated area was 48 million acres in 1945. An area of 16.3 million acres was added during the first Plan as a result of storages. The additional area that will be brought under irrigation in the Second Plan period will be 21 million acres. This will increase food production in the country by 22 million tons.

The emphasis on hydro-power was very slight before the Plans. The hydro-power produced in India in 1951 was 2.3 m.K.W. which became, by 1956, 3.5 m.K.W. and is likely to reach 6.9 m.K.W. by 1961.

Flood control by dams was not a prominent feature in the earlier days but it is one of important elements of multi-purpose development in recent dams like Hirakud and Damodar Valley.

In the earliest days, storage was obtained by local tanks which were in several instances small earthen dams with masonry surplus arrangements. The twentieth century saw the beginning of the construction of modern dams like Krishnarajasagar and Mettur on the Cauvery. Krishnarajasagar was a solid masonry dam, 8,600 ft. long with a maximum height of 164 ft. The dam lower down at Mettur was 7,070 ft. long and 224 ft. high. Mostly these dams were built by manual labour with a very small component of mecha-

nical equipment. The modern trend in dam building in India has a relatively greater degree of mechanisation in construction. This is, however, not comparable to the extent of mechanisation in the West. There are many reasons for this, including the cheapness of labour, availability of material and the problem of unemployment.

#### 4. Justification for building) dams in the future.

Out of a total available water potential of 1,350 million acre feet, only 170 million acre feet of water would have been utilized by the end of 1961. The utilizable potential is estimated at 400 million acre feet. This gives a balance of 230 million acre feet that can still be exploited.

Out of a total cultivable area of 370 million acres in India, it is estimated that 267 million acres are irrigable. By the end of 1961, only 84 million acres would be brought under irrigation. This leaves a balance of 183 million acres of irrigable area that has yet to be irrigated.

The total hydro-power potential of India is estimated at 40 million K.W. By the end of 1961, 6.9 millions K.W. would be produced. A balance of 33 million K.W. has yet to be developed.

By and large, the pattern of flood control in India has been, and continues to be, by embankments. Efforts are being made to integrate flood control more effectively with other aspects of multi-purpose developments and storages. Inland navigation has so far remained in isolation from other water uses. This is also getting more and more recognition as an integral aspect of multi-purpose water development. A master plan for the improvement of inland navigation facilities is under preparation to provide a perspective for further development in future.

Scenic and recreational resources, fish and wildlife interests do not have, in India, the same priority as in some other countries because of other more pressing economic needs in India. The utilization of water for industrial purposes has been very little so far. Water resources are plenty and industries have remained few. But India is making a bold bid for industrialization and we still certainly see a greater utilization of water in future for industries.

The needs of water for domestic and municipal use are colossal in India but dams are not likely to be the chief instrument for meeting these needs. Domestic water supply is obtained mainly by wells or by easy surface canal systems with storage as, for instance, the Poondi reservoir for the Madras City and the Vaitarna for Bombay.

Thus, dam building in India will continue to be an important national activity predominantly for irrigation, power and flood control.

**5. Co-ordinating the development and use of river systems, conflicts between dams and other uses.**

The era of multi-purpose development may be deemed to have commenced in India after the proclamation of National Independence in 1947. However, in view of the planned economy being built up, arguments for and against big dams and little dams have had no relevance in the Indian context. The Plan provides for a balance between major, medium and minor storages, in the interest of diversification of benefits. Likewise, there has also been no controversy over multi-purpose versus single-purpose dams. In multi-purpose development, all the amenities cannot be measured by a monetary value. The question of standardizing the measurement of costs and benefits has been a very complex matter, in India as elsewhere. This is currently engaging the attention of planners and water engineers in India. Nothing has yet been attempted by way of flood plain zoning.

**6. Social problems resulting from displacement of people.**

In the Hirakud Dam Project, a special land organization unit was set up to be in charge of land acquisition, reclamation, resettlement and evacuation. It involved rehabilitation of 18,000 displaced families residing in 183 villages and 182,590 acres of land submerged by the reservoir, out of which 123,300 acres were cultivable land. Reclamation of forest areas was taken up on a large scale for resettling the cultivators affected by the reservoirs. In the reclaimed area villages have been regularly laid out. Roads, wells, tanks, schools, children's parks, community entertainment centres, hospitals, grain shops, etc., have been started for the benefit of the inhabitants.

House sites were given free in the reclaimed areas and timber was supplied at 60 per cent of the normal rates for the construction of their houses. Manure and fertilizers were supplied free of cost and paddy seed was given on loan.

For the resettlement of landless labourers a co-operative farming assistance was formed. The people have neither settled in the reclaimed centres nor on the periphery of purchased land in other established villages, resettled by their personal efforts. Such people were paid compensation for their losses. Transport was supplied free of cost to enable the affected people to move their belongings. The people of the area had given the utmost cooperation in tackling this delicate problem.

In the case of the Damodar Valley Corporation, however, this was not so easily solved as at Hirakud. The four dams here caused submergence of nearly 70,000 acres of land of which about 2/3 is arable. Under the ordinary law of land acquisition, owners of the acquired property would have been paid compensation in cash. The Government, however, decided to adopt a better policy for the welfare of the people. They wanted to give land for land and house for house. Affected people were given equal land of equal fertility and modern well-planned houses with all facilities. Under the land Acquisition Act the acquisition of land for Talaiya would have cost about 65 lakhs. Due to the improved amenities provided by the Government, it in fact costs 30 lakhs more but, at the same time, afforded considerable benefits to the settlers.

In the Krishnarajasagar Dam in Mysore constructed in 1932, a different type of policy was adopted. Here land was also acquired from those who would benefit by the project and in this way the hardship of land acquisition was minimized to a certain extent. Each landlord holding land above a certain economic minimum was required, on payment of compensation, to give to the Government a part of his land bearing the same proportion to the total holding as the area required for reservoir, canals etc. of the project bears to the total area benefited by it. The Government of Mysore built 25 new villages, arranged irrigation facilities for the available Government waste areas, and acquired from the holders of land of 3 acres and above 33 per cent of their holdings in their manner. Land for building sites was given free. Roads, drains, schools etc., were provided at Government cost. The Government also contributed the construction of the houses, an equivalent value of the property that was submerged and could not be removed.

**7. The problem of co-ordinating the use and development of a river to achieve the maximum net benefits to the economy and the amenities within a nation, or where a stream crosses an International boundary.**

In the semi-federal constitutional system of India, water development essentially falls within the jurisdiction of the State Government. Several rivers -almost all the important ones- pass through many States. The question of coordinating the use and development of a river to the benefit of the nation has thus been receiving governmental attention for a very long time. Agreements were necessary and arrived at between the representative States in the development of rivers like Godavari, Krishna, Tungabhadra, Cauvery, etc.. There were similar problems between the Punjab and the Sind in the undi-

vided area. The first step was to negotiate an agreement between the State Governments concerned on the apportionment of the available waters. Subject to this agreement, States were allowed to develop their shares in the manner they considered best. But where a dam had to be built on the border, separate construction agencies were set up and administrative procedures laid down for co-ordinating these efforts. In India to-day there are several Control Boards which administer the use and development of a river in the best interests of a nation or which lay down policy for the construction of projects. In the case of Damodar, an autonomous Corporation was set up on the model of the T.V.A.. For the setting up of an adequate machinery for co-ordinating the use and development of river in the best interests of a nation, legislative provision has recently been made for the establishment of river boards to draw up plans for unified development in the interests of all the concerned States and the country as a whole. Negotiations for apportionment of water were conducted solely on the basis of mutual goodwill and common interest. But legislative provision has recently been made for central independent arbitration where necessity arises. India is also interested in the problem of the settlement of questions relating to the use and development of rivers in the international sphere. Efforts are being made to solve questions relating to the use and development of Indus water in the best interest of India and Pakistan through the good offices of the World Bank. By agreement with the Peoples' Republic of China, observation stations have been set up in the Chinese portion of the Brahmaputra catchment in order to provide information for flood warnings. These warnings would be of interest both to India and Pakistan. India and Pakistan are also exchanging, in a co-operative arrangement, pertinent data on floods.

**Inventory of**

N°	Name of dam	River basin on wich located	Year of construction	Type
1	Krishnarajasagar	Cauvery	1932	Masonry
2	Mettur	Cauvery	1934	Masonry
3	Lloyd	Krishna	1928	Masonry
4	Thambraparni	Thambraparni	1943	Masonry
5	Wilson	Godavari	1926	Masonry
6	Ekrak dam	Krishna	1871	Earthen
7	Madog dam	Krishna	1867	Earthen
8	Tungabhadra	Krishna	1956	Masonry
9	Hirakud	Mahanadi	Almost complete	Masonry and Earthen
10	Bhakra nangal	Sutlej	Under construction	Concrete
11	Damodar Valley	Damodar	Near completion	Concrete and Composite
12	Nagarajanusagar	Krishna	Under construction	Masonry

**Major Dams in India.**

	Purpose	Catchment area Sq. miles	(Cost) lakhs Rs.	Length	Maximum height	Live storage capacity acft.
	Irrigation power, water supply	4,100	260	8,600 ft	146'	10,10,000
	Irrigation power	16,300	680	7,070 ft	224'	21,46,465
	Irrigation	128	172	5,333 ft	194'	5,55,586
	Power storage	575	436	1,104 ft	215'	1,26,263
	Irrigation	47	8,414	1,663 ft	270'	2,56,864
	Irrigation industry, water supply	159	2,368	7,000 ft	91'	55,946
	Irrigation	540	168	1,850 ft	150'	1,228
	Irrigation power	10,880	6,000	8,007 ft	160'	113,126 mcft
	Irrigation power, flood control	32,200	8,570	80,000 ft	192'	4.4 million
	Power, irrigation	21,100	16,000	1,700 ft	730'	5.7 million
	Irrigation power, flood control	P. 4,234 M. 2,430	8,600	21,315 ft 11,940 ft	133' 162'	10,66,000 9,36,000
	Irrigation power, flood control	—	3,384	18,980 ft	302'	15,00,000





THÈME I *e*

**L'AMÉNAGEMENT DU PAYSAGE  
SELON LES DONNÉES DE L'ÉCOLOGIE**

---

THEME I *e*

**LANDSCAPE MANAGEMENT  
ON AN ECOLOGICAL BASIS**



e) **L'aménagement du paysage selon les données de l'écologie.**

**PLAN DE TRAVAIL**

- A. — Épuisement et restauration des terres.
- B. — Exemples de paysages équilibrés et de méthodes de conservation pour la mise en valeur.
- C. — Principes écologiques de l'aménagement du paysage.
- D. — Exemples pratiques d'aménagement de paysages.

e) **Landscape management on an ecological basis.**

**OUTLINE**

- A. — Exhaustion and recovery of land.
- B. — Examples of balanced landscapes and conservational land uses.
- C. — Ecological principles in landscape management.
- D. — Examples of practical landscape planning and management.

# LANDSCAPE MANAGEMENT ON AN ECOLOGICAL BASIS <sup>(1)</sup>

## GENERAL REPORT

BY

L. G. ROMELL

Djursholm, 1, Sweden

The discussion of Theme I e has been planned with a view of concentrating on landscapes and problems of the Mediterranean region. Material to serve as a basis to the discussion has been assembled under five headings.

### 1. History of characteristic landscapes of the region.

This group of papers should be taken to include a report by Dr. Carl Fries on « The Fate of Arcadia » <sup>(2)</sup>, which was prepared for the introductory Symposium. The paper gives a bird's-eye view of some old pastoral landscapes of Italian and Greek highlands in their present ruined condition. As seen from the air, the unenclosed heights stand out deathly white, sharply set off against the green of the adjoining land. Overgrazing and the trampling of innumerable sheep and goats have worn out the pastured uplands and set erosion at work on a gigantic scale. Not only has soil been washed away from the gullied heights; soil has also been blown away by winds and carried off as dust in enormous amounts by the dry summer winds blowing from the North. Some of this dust settling on lower land acts as a top-dressing and may account for the remarkable sustained fertility of cropped lands, never manured, as observed in Italy and Greece. One should be prepared for a need of artificial manures arising here on a regional scale once the wind erosion of uplands has been stopped by reforestation. This would seem to make wood production in these mountains rather costly and to raise an economic problem hitherto overlooked in geotechnical reasoning.

Two further papers summarize the history of landscape in parts of the region. M. J. P. Barry writes on the garrigue belt of southern France and Professor F. Mancini gives a condensed account of land-

---

<sup>(1)</sup> Opinions and comments expressed in this paper are reproduced *in extenso* and remain the sole responsibility of the author.

<sup>(2)</sup> See Vol. I of proceedings of Athens Technical Meeting.

scape history in Italy. Both authors tell of uplands having been the sites of early culture and cultivation, of grazing with sheep and goats having been a major factor in the deforestation of uplands, and of forest coming back by itself now that the higher country is being abandoned by men and by flocks. Forest is thus reappearing after thousands of years of pastoral use of the land (Barry) and where erosion was intense as early as in the Stone Age (Mancini). The reports bearing witness to this fact both refer to mountainous country north of the Mediterranean receiving a sufficient amount of precipitation.

## 2. Problems of land conservation.

Three papers are concerned with urgent problems of land conservation. They all refer particularly to arid parts of the Mediterranean region.

M. J. P. Challot, Director of Conservation in Morocco, and Dr. Pierre Quezel, botanical expert working in Algeria, report from North Africa. Professor F. Christiansen-Weniger, agricultural expert, reports from Turkey.

There is a striking agreement between the three reports. They all tell of severe damage being done to the soil and to its green cover, with alarming consequences, and they all blame fundamentally the same development as the cause of the trouble. Modernization of the countries has disrupted the precarious relative equilibrium that existed as long as the farmed area was small and worked with simple ploughs, while most of the land was pastured. With recent social and economic development, and populations increasing at a high rate, farming has been intensified, using more efficient implements including machinery, and it has been extended to vast areas formerly untouched by the plough. Pastures much reduced in area must now support much larger flocks and herds than before, forest is browsed to death for want of protection of young growth, steppes are badly overgrazed and left with a useless cover of thorny and poisonous plants, and cropped soils too perfectly tilled are blown away in dust storms. There is a general accelerated expansion of desert or desert-like conditions. Even the « alfa sea », the famous grass steppe of North Africa, appears to be doomed.

It is well worth noticing that Mr. MacLagan Gorrie arrives at similar conclusions for the Middle East, in his paper presented under Theme I a.

In Turkey, as well as in North Africa, agriculture as practised there today appears to experts a far less conservational use of land than was the earlier pastoral use, and the worst mistake made appears

perhaps to have been setting plough to lands that should better have been kept as pasture. This is in interesting contrast to conditions north of the Mediterranean.

### 3. Conservational methods of land use.

Professor F. Christiansen-Weniger reports on terrace cultivation, pointing out its remarkable perfection in Yemen. As is well known, this ancient technique, once widely used, has proved its utility in the Mediterranean region as well.

MM. A. Noirfalise and A. Thill, of the Centre de Cartographie phytosociologique in Brussels, give an account of another method of land use which has stood the test of time. This is the assarted coppice known from the Ardennes, the Eifel, the land around the upper Sieg in Westphalia, and other mountainous country in central Europe. Perhaps for a thousand years, or more, this carefully regulated system of shifting cultivation has been producing good crops of rye at regular intervals on mountain slopes never manured, indeed a remarkable achievement. The rye crop was regularly followed by a dense growth of broom (sown, if needed) quickly filling up between the sprouting oak stools. At some 20 years of age the coppice was cut yielding tannery bark and fuel wood. Then the soil was hoed and burnt over and a new rye crop taken. Such clever multiple use kept the soil well protected for most of the rotation and supplied the top soil with nutrients by the offal from deep-rooted oak and from a legume fixing atmospheric nitrogen.

Professor M. Ferrand, of the French Research Institute for Oils and Oil Plants, and M. F. Jurion, Director of the Agronomical Research Institute for the Belgian Congo (INEAC), review in their papers research work done in the tropics on cultural methods. Their equally authoritative reports supplement each other in a most instructive way, and they go to show that the same problem of soil conservation can be solved along quite different lines, indeed by applying opposite principles. Professor Ferrand unconditionally favours intensive cultivation, a method which he has himself applied with great success. Director Jurion records an alternative method tried out by the INEAC, a scheme of shifting cultivation much like the one traditionally practised by natives and formerly despised by experts. The intensive and the extensive method as now worked out appear equally good conservational methods aiming as they do at keeping the soil protected and not letting it become exhausted. The choice between them must be made on the basis of economic considerations. Subsistence farming in the underdeveloped tropics

will have to depend on shifting cultivation because intensive cultivation can only be resorted to if made to produce something in excess, selling at a profit. As pointed out by M. Jurion in a concluding remark, this may create a dilemma, because tropical shifting cultivation with a forest fallow can neither be easily mechanized nor confidently expected to meet the needs of growing populations.

Old ways and means, such as terrace cultivation, assarted oak coppice, and practices of tropical shifting agriculture, clearly do not go together with modern economy. Today their principal general value is to serve as challenging examples, important illustrations of principles, and useful correctives to mistakes and misjudgments still widely current in literature. Perhaps the main lesson to be learnt from it all is that there are methods of conservational land use widely different, differentially suited to various economic levels, and that indeed methods and techniques must be thus adapted to given levels.

#### **4. Theoretical aspects of landscape management on an ecological basis.**

There are three papers under this heading.

Professor G. Kuhnholz-Lordat stresses the need for not forgetting about ecological relations. He presents a very generalized argument with a graph to show the response of any organism to conditions impressed upon it by its environment.

Dr. J. D. Ovington explains the ecological elements entering into the assessment of land capability and the importance of preserving different types of landscape for study, with a view to benefitting from past human experience. He discusses landscape planning in its relation to ecology and finds that the final strategy of land use can never be settled until the aims of land management are clearly defined and accepted by the community. A plan of management designed to produce a landscape in which the maximum number of people can survive is likely to differ greatly from a plan to provide fewer people with a relatively high standard of living.

M. G. V. Jacks, Director of the British Commonwealth Bureau of Soils, further restricts the role of pure ecology as a basis of landscape planning and management. Discussing the relation of soil conservation and fertility to social and economic development, he distinguishes two phases, one of soil-exhausting agriculture and one of increasing fertility and production, and he associates the change from the first to the second phase with the urbanization of society and the development of industry. This, it is explained, first made improved farming profitable and so rendered possible the investment of money in soil fertility, simply because great urban populations demanded to be fed

and clothed, and produced enough wealth to pay for their demands. The argument is carried further : « In general, a wealthy city will create a productive soil. ... The capacity of the world for food production is limited not by shortage of land or by soil infertility, but by the productive capacity of its urban industries ».

M. Jacks takes a fresh view of vexed problems much discussed, possibly calling for further discussion. Nevertheless, it would seem difficult to dispute his main points including his concluding statement : « If it pays to conserve soil, soil is conserved; if it pays to exhaust the soil, soil is exhausted, and no amount of science will alter that basic fact ».

From the papers reviewed under the present heading, it appears that ecology, in the ordinary sense of the word, is not a sufficient guide in deciding upon principles for policy in landscape planning and management. Ecology alone will not suffice even when the objective of planning or management is restricted and defined as the production of means of subsistence to the largest possible number of people.

#### **5. Examples of landscape planning and management.**

There are two reports from the Netherlands and neighbouring Germany, one from Switzerland, and two from the Mediterranean region.

Dr. E. Barnard, Planning Officer, in a short paper presents a geotechnical programme of landscape planning in Germany. Its objective is explained as « maintaining and creating optimal conditions of human life by the use and management of land in conformity with laws of nature and based on biological and ecological principles », yet with regard also to « aesthetic requirements ». Planting of trees and shrubs « suited to the site » is mentioned as the most important part of the practical work, which is expected to maintain soil fertility and a « typical » landscape.

M. R. J. Benthem, of the Netherlands State Forest Service, Head Planning Officer and internationally known master of his art, contributes a summary plan of an immense task now before him. This is the creation, under the ambitious « Delta Plan », of a new Holland of lands and lakes, with woods and wildlife, banks and beaches, fields and farms, and industrial settlements. Whoever has had an opportunity to study the Dutch work on landscape planning and reconstruction, as has the Union's Landscape Committee last year, must be looking forward with great anticipation to the execution of this huge project and expect it to become a model to be followed in other countries where new landscapes have to be created. What



matters most for the present discussion are the views and notions underlying the work and the principles guiding its execution. The report mentions the following : « application of the principles of conservation »; « balanced treatment of land and water »; planting of « forests » on sandbanks, of « woods and other plantations » on the new lake shores, of « suitable and ecologically sound vegetation of herbs and shrubs » along the main dams, « better » planting of roads and farmyards, and « careful creation of a new environment » in agricultural sectors; « ecologically sound watershed management »; « protection of nature reserves of different kinds »; « wildlife preservation and similar conservation methods ». It would have been valuable to have this better explained and some details mentioned which were demonstrated last year to the visiting landscape group : the use of native trees and shrubs in planting, to the exclusion of exotics, and the preference given to characteristic features borrowed from existing Dutch landscape.

In a concluding paragraph, M. Benthem suggests that the Union's sub-committee on landscape planning co-operate with the F.A.O. commissions for land and water use and forestry and that a joint centre of information be set up.

M. C. Chapuis, of the Moroccan Forest Service, gives an account of landscaping work in the shape of planting of mostly exotic trees, chiefly for beautification, with little regard to indigenous landscape character. It is told that in one place it would have sufficed to protect a thin wood of phenician junipers, yet thanks to a lover of trees it was possible to enrich the site by plantations of eucalypts.

M. A. Glikson, Architect and Planning Officer, summarizes an earlier article of his called « Recreational Land-Use » on a dilemma of landscape planning and preservation, perhaps a dilemma of conservation generally. His argument, as gathered from both articles, is as follows : In the name of God, the nation, or nature in general, romantic lovers of nature have demanded the preservation of wild nature and indigenous or rural landscapes. This defensive action of conservationists was a fight for an artificial separation of areas, or of animal species, from the landscape of modern civilization. Yet theirs was a righteous cause. Indigenous character of landscape is valuable for recreation. The trouble is that neither nature nor history can be designed. Attempts to do so have produced ridiculous junk, ornamental prettification for planned emotionality and permanent enthusiasm. Geotechnical reconstruction of the entire landscape will, instead, bring true environmental quality and serve positive goals of environmental health. Examples of planning in Israel are shown in

the full paper. These appear, on the face of it, very much like town and country planning of conventional design. Their most noticeable common feature, besides siting of houses, is a certain amount of planting of green belts and forest, in a formerly treeless landscape. Mr. Glikson does not mention what trees are to be used for improving his landscape. In a paper contributed to Theme I a, A. Y. Goor, Director of Forests in Israel, mentions two species of Eucalypts as the main species used today in beautifying hitherto bare and desolate hills.

Dr. Theo Hunziker, Conservationist and Planning Officer, reviews Swiss work in landscape planning. This is regular town and country planning, some of it regional, clearly much concerned with the preservation of Swiss nature and landscape character. The idea of landscape planning arose in Switzerland from the need felt of such preservation and this is still viewed as its main objective.

#### 6. Concluding commentary.

The five reports presented on practical landscape planning and management show a remarkable lack of agreement as to fundamental notions, guiding principles and objectives. The Swiss report alone tells of comprehensive planning work penetrated with the idea of classical nature protection, applied to landscape with a view of preserving it or at least conserving as far as possible its important features and specific character. All the other reports deal with work having as its objective change rather than preservation, this being either the creation of new landscapes from the bottom up, or the thorough reconstruction of existing landscapes, or tree planting for amenity in treeless country. All through this work of correcting and reconstructing landscapes, plantings appear as the most generally noticeable feature. Only their objectives vary from unpretending beautification to ambitious reform or society and life on earth, as aimed at by an advanced geotechnical school of modern planners.

The declared programme of such advanced geotechnical landscape planning and management, as ably set forth by A. Glikson, is a « planned reconstruction of town and landscape » meaning the transformation of existing landscapes into perfected new landscapes of the planners' invention, designed by them according to accepted ecological doctrine as they interpret it. This is seen as a goal in itself, « the best act of social creation we can imagine », it is visualized as « the greatest enterprise of planned environmental change since neolithic times », to be prepared for by a « change of attitude toward environment », a change to « a synoptic planning attitude ». Even the

function known as « recreation » is to become « the voluntary preparation of the urban inhabitant for the geotechnical renewal of his region », helping to make « the earth a better habitation ».

This philosophy, presupposing as it seems an unlimited faith in ecology and in planning, is bound up with a Unitarian view of soil conservation, agricultural and other production, amenity, prosperity, health and happiness. It is assumed that beauty and habitability as well as fertility will decline in a landscape left to develop with no planning. It is held that landscapes expertly fashioned to a peak of efficiency will by the workings of ecological laws become beautiful, pleasant, interesting and inspiring to people properly educated. It is postulated that best land uses can be prescribed on an ecological basis.

None of these presumptions are borne out by the reports at hand presented by ecologists and agricultural experts, from which the following conclusions may be gathered.

1. Land uses past and present have always been adapted to definite conditions of human life and society and must be so adapted. Forms of land use widely different according to social and economic level will be appropriate under otherwise identical ecological conditions. They may be equally efficient and conservational uses although differing widely and fitting vastly different levels (papers reviewed under 3).

2. For this and other reasons, plans for best use of the land cannot well be made on the basis of « ecology » alone, apart from social and economic level and development and other human factors (Jurion, Ovington).

3. Far from destroying soil fertility and the productivity of soils, free urbanisation and industrialization will normally enhance both (Jacks).

From this information it would seem that landscape planning for production has little purpose and that the most usefully productive of landscapes may well be exactly the dreariest ones known as yet. Landscape planning if needed will then have to serve needs such as amenity, health and happiness, not production. This is rather the contrary to the theory of a paradise of optimal fertility re-created complete in one operation by geotechnical planning. The postulated ecological amenity of paradises geotechnically designed, a captivating detail of the theory, likewise appears a speculation unattested by evidence, indeed contradicted by known facts about human feelings,

for the so-called recreational values of landscapes are no doubt inseparable from the inspiration given to common people by the beloved familiar landscape of a homeland.

Swiss doctrine and practice of conservational landscape planning, and Dutch practice if not theory, offer a more modest, entirely realistic alternative, which is in accordance with basic principles of classical nature preservation, inasmuch as authentic character of the local landscape is felt as a value and is respected as far as practicable, or used as a model where landscapes must be created afresh.

The attitude of Dutch and Swiss planners is in accordance also with views held by the founders of the I.U.C.N. The Draft constitution of the Union, signed at Brunnen in Switzerland in 1947, was concerned with landscape character (« scenery »; in French : « sites ») and one of its articles made it a task of the Union to promote « co-operation for regional planning with due regard to the principles of the protection of nature »; in French : « le respect des principes de la protection de la nature en matiere d'urbanisme ». As explained in a letter by Dr. J. Ramsbottom, who was present at the founding of the Union, the idea underlying this regulation was to recommend that in landscape planning existing features be preserved, conserved and retained as far as circumstances allow and, to the best of his knowledge, there was no disagreement on that point when the Union was definitely formed in 1948.

Criticism has been ably directed by A. Glikson against the idea of planning for amenity by preserving out-moded landscape. He comments, in brief, that the past cannot be retrieved nor nature and history be designed. This comment touches a fundamental point where the ambitions of planners must clash with conservational ideas of keeping the real thing in nature and landscape, not to be policed and not to be tampered with. The same point is giving internal trouble to conservation. Careful watch should be kept on it and escapes should be sought from the dilemma arising out of it. The precious old heritage to be preserved in the landscape must not become a collection of galvanized corpses. Instead should characteristic features and genuine elements of landscapes dear to us be kept as far as possible as parts of a living whole. Means to that end have as yet been given woefully little attention. Yet there is no doubt that traditionally extensive forms of land use could still today, or now again, fill places usefully even in countries highly developed. If good use was made of such possibilities, important landscape features and elements of great conservational interest could no doubt be rescued at no cost, perhaps at a profit, more often than would be generally

believed. Clear duties and tasks of research and extension here appear to conservational bodies and to land planning organizations.

A discussion on the *aims of conservational landscape planning and management* seems unavoidable and should fittingly be made the first item of the agenda of the meeting. This discussion will have to center around *authentic landscape character*, its conservational significance and the extent to which attention could be given to it in landscape planning and management.

If an agreement on principles of conservational landscape planning and management is reached, it would be in order to prepare for a constitutional basis for landscape planning and management as one of the Union's interests. At present, there is no such basis, since the article on planning that was provided in the Draft constitution was dropped at Fontainebleau in 1948 (\*).

The constitution ought also to be made to refer again to *landscape character* as one of the Union's interests. This could perhaps be done in a better way than by mentioning « scenery » as did the Draft constitution of 1947. Landscape character is more than either scenery or any or all of the several items, including fauna and flora, specified in the constitution now in force. It is, for instance, very much determined by structural features such as the distribution of treeless and wooded land and generally of types of land-use or of vegetation. This is mentioned here because it will be necessary to take the point up for consideration in connection with any discussion on landscape planning.

For a second main theme of discussion, the following suggests itself : *Possible schemes of conservational land management in the Mediterranean region, with particular reference to pastoral landscapes.*

Two matters of great interest related to this subject stand out from the reports presented. First, the problem of ancient grazings in mountains of the northern Mediterranean region. Where these are being abandoned, as in Italy and southern France, they are becoming wooded naturally with broadleaved trees (Barry, Mancini). This natural development appears a simple solution to their conservational problem (Barry), and there may be no need of hurrying it up, for the

---

(\*) It was on the following grounds (as explained in a letter of February 1959 from the U. N. observer) : « Le projet de statuts présenté à Fontainebleau pêchait quelque peu, notamment par le désir dont paraissaient animés certains spécialistes d'empiéter sur le terrain de leurs voisins. C'était risquer évidemment des conflits d'attribution sur le plan juridique et, dans l'action concrète, se condamner à l'impuissance à force de vouloir toucher à tout ».

old pastoral use causing as it does strong erosion may not be an evil in the northern peninsulas where windborne dust is likely to be a factor in the fertility of the cropped soils (Fries). Second, quite otherwise urgent and serious, the conservational problem of arid parts of North Africa and of Turkey, arising in part from indiscriminate grazing and browsing (Challot, Christiansen-Weniger, Quezel), yet not from causes inherent in the old pastoral uses, which appear indeed more conservational than the technically perfected and intensified agriculture practiced today in that region (Challot, Christiansen-Weniger).

## COMPTES-RENDUS DE LA SÉANCE SUMMARY OF DISCUSSIONS

*Président — Chairman* : M. W. ENGELHARDT (Allemagne).  
*Vice-président — Vice-Chairman* : M. H. DEMIRIZ (Turquie).  
*Rapporteur Général* : M. L. G. ROMELL (Suède).  
*Secrétaire — Secretary* : M. J. EARLEY (R. U.).

17 septembre 1958, 9 h.  
17 September 1958, 9 a. m.

*The Chairman, Dr Engelhardt*, opened the session by assuming that all papers which had previously been distributed to participants had been read. He asked speakers to keep in mind the main issue which was what the Union could really do so that constructive achievements might result from the meeting.

He then asked Mr. L. G. Romell to introduce the subject.

Referring to his General Report, Mr. Romell first reviewed the papers presented in connection with the study of the theme (17 in all) and then commented the main points emerging therefrom. The speaker underlined the differences of opinion at present existing among specialists as to the aims of landscape management : must conservation be the emphasis, in other words should the main issue be to safeguard the historic character of a landscape inherited from the past ? Or should landscape planning tend rather to reconstruct or recreate entirely new landscapes ?

Mr. Romell dwelt on the concept of the « authentic character » of a landscape. This was linked with the conservation of its essential features which had been formed in the course of the ages and which gave it its familiar aspect. With regard to landscape management, it was important, in his opinion, to determine the role to be attributed to this « authentic character ». In consequence, Mr. Romell proposed as the first theme of discussion :

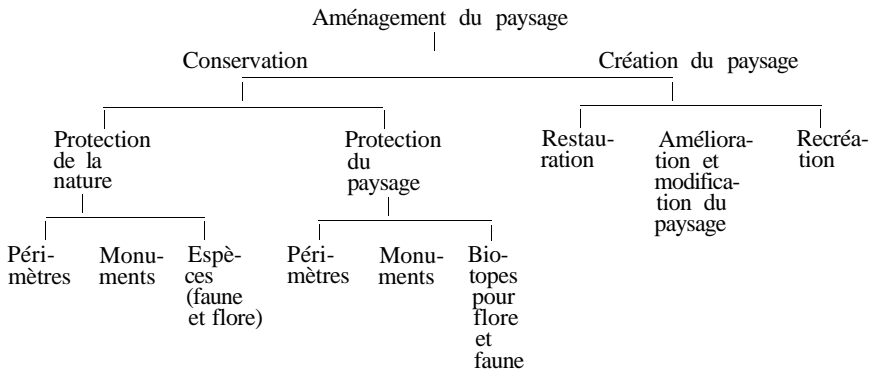
« The aims of conservative landscape management ».

The second theme put forward concerned :

« Methods of conservative management suitable to the Mediterranean region, with particular reference to pastoral landscapes. »

M. G. Kragh (Allemagne) ouvre la discussion en remarquant que la préservation des paysages, d'une part, et la création de nouveaux paysages, d'autre part, peuvent très bien être reconnus comme des

buts distincts de l'aménagement, mais la nécessité d'une coordination est évidente; l'organisation du service allemand de l'Aménagement des Paysages illustre ce point de vue. Elle est schématisée de la façon suivante :



Une telle organisation permet de concilier tous les objectifs de l'aménagement en tenant compte aussi bien des principes écologiques que des considérations économiques. L'U.I.C.N. devrait recommander que dans tous les pays :

1. Des plans d'aménagement soient établis pour toute *modification* apportée au paysage;
2. Des plans d'aménagement soient systématiquement mis sur pied pour tous les périmètres de protection (« Betreuungsgebiete »);
3. Les organismes chargés de l'aménagement du paysage soient renforcés de manière à pouvoir faire face à l'étendue des tâches qui leur sont confiées;
4. La recherche scientifique sur laquelle doivent être basés ces plans d'aménagement du paysage soit encouragée.

M. F. Christiansen-Weniger (Allemagne) soulève le cas des paysages qui ont été détruits par l'homme au cours des siècles, par exemple ceux du Moyen-Orient. Il cite en particulier l'Anatolie centrale où les deux tiers de la steppe actuelle étaient jadis une prairie fertile, avant d'être occupés par l'homme. Maintenant le sol est en proie à l'érosion, sous toutes ses formes. Parallèlement, la population connaît un accroissement considérable par suite des progrès de l'hygiène et de la médecine. Ici, le problème consiste à restaurer un paysage dévasté afin de permettre le développement harmonieux de la



végétation, de la faune et des activités humaines. M. Christiansen-Weniger propose que ce problème de restauration des paysages dégradés soit porté à l'ordre du jour de la prochaine réunion de l'U.I.C.N.

*The Chairman* agreed with *Professor Christiansen-Weniger* that the I.U.C.N. should study the problems of countries where devastation was so great that it was impossible to begin landscape construction and said that this point should be brought to the next meeting of the Ecological Commission and not discussed further at the present session.

Mr. K. Faegri (Norway) emphasized that before defining a programme in relation to landscape management, it was first necessary to be clear on a number of points. There was in the first place no longer anything like an untouched landscape in Europe; there were only different degrees of human interference with the landscape and an imperceptible transition existed between the concept of nature protection and « Landschaftschutz » in the sense of the German Legislation.

Referring to the questions asked by the General Reporter, Mr. Faegri thought that landscapes should be dealt with *as they were*, that is, should be considered as reflecting and continuing to reflect the activities of man. To do otherwise was to be reduced to passivity or deliberately to ignore fact.

Mr. N. Gil (Israel) agreed with Mr. Christiansen-Weniger in believing that the problem in the Middle-East was one of restoring devastated landscapes. He raised the question as to what type of landscape such restoration should tend to shape, adding that conformance to the basic principles of proper land use in relation to climatic, topographical and soil conditions would always ensure that the landscapes were well fitted to the ecological conditions.

M. J. Guilloteau (France) se déclare d'accord avec M. Faegri pour affirmer que les aménagistes doivent concentrer leurs travaux sur le paysage actuel, qui est l'aboutissement des efforts de l'homme dans le passé et reflète une utilisation du sol en rapport avec ses besoins. Il remarque, qu'en règle générale, l'équilibre obtenu est en désaccord — ou en accord — avec les conditions écologiques locales selon que l'homme a utilisé le feu — ou non. Il note également que, parallèlement à son occupation du sol, l'homme a développé certaines activités économiques dont dépend souvent sa subsistance. Ainsi, en Afrique du Sud, le feu a été utilisé pour détruire le bush et installer des pâturages où vivent de nombreux troupeaux. Cet élevage est une des richesses du pays. Il paraît difficile de recommander ici le retour

au paysage ancien. En France, l'usage récent des moissonneuses-batteuses (combine) amène les paysans à élargir les champs et pour cela à détruire des haies et à combler des fossés. Ils créent ainsi des risques d'érosion. Mais il paraît, ici encore, difficile de vouloir maintenir l'état de choses ancien, ce qui obligerait à renoncer à un outillage mieux adapté aux conditions modernes. Ce qu'il faut, c'est diriger cette transformation inévitable pour qu'elle se fasse en accord avec les lois de l'écologie locale. M. Guilloteau pense ainsi que, de manière générale, le rôle de l'U.I.C.N. en matière d'aménagement du paysage, doit être non de faire obstacle aux évolutions nécessaires, mais de les guider de telle façon qu'elles n'aient pas de conséquences néfastes. Cette règle ne contredit d'autre part pas la création des « sanctuaires » et des réserves intégrales jugées indispensables.

Mrs. M. J. Early (U. K.) remarked that it appeared from the papers and from statements by the speakers that the problem of landscape planning differed in each country due to variable geographic, social and economic conditions. It was desirable to have a committee set up in each country to make a survey of conditions under these three headings in relation to landscape management. The speaker proposed a resolution to this effect which was subsequently adopted.

Mr. A. Marcello del Mayno (Italy) agreed with previous speakers on the importance of the problem of landscape restoration. There was no doubt, as the Chairman had said, that this problem should be laid before the Ecology Commission of the I.U.C.N. But it was interesting to raise the question here as to what type of landscape should be restored. As regarded the old Mediterranean countries, Mr. Marcello del Mayno continued, the mark of the past lay heavy and many of the landscapes now characteristic of a country (such as the *Pinus Pinea* landscapes in Italy) were not natural landscapes. The speaker believed that, in the restoration of landscapes, not only the ecological point of view but also the traditional character of the region should be taken into consideration.

M. A. Georgopoulos (Grèce) exprime d'abord la surprise qu'il a éprouvée en lisant dans le rapport de M. Carl Fries (cité par le Rapporteur Général) que certaines cultures grecques bénéficient d'une fertilisation éolienne que leur apporteraient les vents de la montagne chargés de poussière. M. Georgopoulos n'a jamais eu l'occasion de constater une telle fertilisation dans aucune partie de la Grèce. Revenant au thème de la discussion, il souligne le rôle important joué par la forêt dans le paysage; ce rôle est souvent tel que « protéger la nature » c'est en pratique « protéger la forêt ». La forêt a de multiples

utilités, directes et indirectes, et son importance économique ne doit pas être sous-estimée. L'orateur pense que la forêt mélangée d'allure jardinée remplit le mieux les buts multiples de production et de protection.

Referring to the Chairman's wish that the I.U.C.N. clearly define a course of action, Mr. R. G. Benthem (Netherlands) emphasized that one of the essential tasks of the I.U.C.N. should be to give advice on all the great land and water development projects now in preparation. Agricultural enterprise had often led to the creation of new deserts in the past and this was a risk to be avoided in the future. Many great projects now in hand were to be carried out with the financial assistance of several countries, and this was a circumstance which would doubtless make it easier for the principles of ecology and landscape planning to be taken into account. He went on to speak of the need to enlarge the Union's staff in view of essential co-operation with the F.A.O. in this field, so as to include a greater number of technicians (ecologists), some of whom might be specialized in such co-operation with the F.A.O.

The Chairman supported this proposal and asked Dr. Benthem to prepare a resolution to this effect.

In a contribution to the discussion, Mr. Romell then emphasized :

i) that no conservationist to-day would even attempt the impossible task of restoring a historical landscape to its supposedly original condition;

ii) that no present-day conservationist would probably oppose the inevitable transformation of landscapes.

Yet conservationists, or at any rate some of them, had not given up the hope of seeing the existing landscapes preserved in so far as present conditions allowed. Professor Romell proposed a resolution to this effect.

Mr. Faegri (Norway) then contributed two remarks :

i) The statement that forest preservation or reconstitution could be identified with the protection of nature was not generally defensible. There were many unforested man-made landscapes which were also worth preserving if economically possible.

ii) There should be clear comprehension of the limit between the respective fields of the I.U.C.N. and the F.A.O. : the objective of the latter was to obtain maximum production from the earth without impairing future productivity and this was a field in which the Union could assist by giving advice.

Mr. Faegri went on to support the recommendation urging the F.A.O. to enlist the services of a larger number of qualified ecologists. But the I.U.C.N. had other primary objectives, from the historical if not from the economic standpoint, namely the preservation of existing landscapes. The concern of the F.A.O. was to shape the landscapes of to-morrow, that of the I.U.C.N. was to preserve today's.

The Chairman said that the I.U.C.N. had two tasks — to lead landscape planning in the right way, in addition to the main work of the Union.

Commenting Mr. Faegri's remarks and seconding the Chairman's intervention Mr. Benthem again emphasized that it was certainly the task of the Union to help to create landscape and not only to preserve it. Some of the most beautiful agricultural landscapes in the world (for instance the English XVIIIth century landscapes still in existence today) had been entirely created by the hand of man. The present generation had similar opportunities in hand and it was the duty of the I.U.C.N. to contribute to such creative achievement.

Professor Romell then asked the meeting to move on to the second point of the Agenda.

The second theme was then discussed.

The General Reporter asked Mr. R. M. Gorrie to comment on this point.

Mr. R. M. Gorrie (U. K.) first remarked that the I.U.C.N. had to cater for two types of country :

- highly developed countries which had each their own problem of landscape change but which were in a position to reach sound decisions and to carry them out;
- less developed countries with fewer resources in technical skill and money.

The second class — with in most cases a predominantly pastoral economy — needed the Union's assistance to a much greater extent although these countries did not often themselves realize the need for such assistance. It was the Union's first duty to give special attention to these countries, particularly in terms of literature, educational programmes and technical advice.

Le temps ne permet pas de pousser plus avant la discussion de ce second point de l'ordre du jour. En souhaitant que de futurs débats permettent de revenir sur ces importantes questions, le Président déclare clos les travaux de la Réunion Technique pour le Thème Ie.

# LES VARIATIONS DE L'ÉQUILIBRE AGRO-SYLVO-PASTORAL DE LA GARRIGUE MÉDITERRANÉENNE

PAR

J. P. BARRY

Laboratoire d'Ecologie et Protection de la Nature  
du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris,  
Brunoy (S.-et-O.)

La région méditerranéenne française n'est pas un paysage harmonieux qui a bien passé l'épreuve du temps. Son occupation par l'homme, depuis des millénaires, n'a certes pas contribué à la conservation de la végétation originelle qui était très certainement une forêt de feuillus formée, tout au moins dans le sud du département du Gard que nous avons plus particulièrement étudié, par un mélange en proportion variable de chêne vert (*Quercus ilex* L.) et de chêne pubescent (*Quercus pubescens* WILLD. ).

La végétation actuelle est essentiellement une végétation humanisée qui est la résultante des dégradations anthropiques des siècles passés, pour ne pas dire des millénaires. Comment donc se présente-t-elle dans la région que nous avons choisie ? Au sein d'une importante région géographique, « la garrigue de Nîmes », s'ouvre une vaste combe, « la Vaunage », qui présente trois zones topographiques nettement individualisées : une plaine d'altitude moyenne de 40 m, des pentes de 10 à 60 %, un plateau d'une altitude oscillant entre 160 et 200 m. A chacune de ces zones correspond une végétation spontanée spécialisée. Actuellement (1958) seule la plaine est cultivée, les pentes et le plateau sont totalement incultes mais présentent des traces d'anciennes interventions humaines tant pastorales qu'agricoles. C'est pourquoi il est indispensable d'établir l'historique de l'occupation humaine de notre territoire.

Pour les périodes préhistoriques, de nombreux vestiges (dolmens, oppidas, pierres plantées...) attestent une importante civilisation de plateau dès l'Énéolithique (environ 20.000 ans avant J.C.) qui semble se continuer sans interruption jusqu'à la période gallo-romaine. Durant cette période anhistorique, plus de dix fois supérieure à la période historique, il est impossible d'estimer la valeur des modifications intervenues au sein de la végétation originelle. On peut admettre que ces anciennes peuplades avaient une civilisation à

dominance pastorale exclusivement sur le plateau et pratiquaient une agriculture de cueillette\_\_\_Malgré cela des incendies (feux de chasse) et même des défrichements ont pu avoir lieu, mais ce n'est qu'une hypothèse.... Il est toutefois logique d'admettre qu'il devait exister un équilibre économique, nécessaire à la vie, entre le troupeau et son terrain de parcours (*Saltus*) et la forêt (*Silva*) fournissant quelques fruits sauvages comestibles, du bois et du gibier.

Avec la colonisation romaine (thermes, mosaïque, murs de maisons) et la période gallo-romaine, apparaissent les défrichements à la fois dans la plaine et sur les pentes. On peut retrouver trace de cette occupation agricole dans d'anciennes chartes (les Cartulaires) qui décrivent les biens ruraux du clergé. Il semblerait donc que dès le début de l'ère chrétienne, toujours dans le cadre de notre dition, il y ait eu un équilibre économique précaire entre le champ (*Ager*), le pâturage (*Saltus*) et la forêt (*Silva*) sur l'ensemble du territoire. Mais cet équilibre économique, dû à l'autarcie de notre région méditerranéenne crée un déséquilibre de la végétation spontanée qui était progressivement dégradée par le complément nécessaire du troupeau, le feu.

Cet équilibre économique s'améliore avec netteté aux XVI<sup>e</sup> et XVII<sup>e</sup> siècles ainsi que nous l'indique les « compoix » (inventaires précis de la propriété rurale servant de base à l'établissement de la taille — impôt foncier —), qui couvrent en général ces deux siècles. Ils sont suffisamment précis pour permettre l'établissement de cartes montrant l'exacte répartition des trois composants de l'économie agricole sur l'ensemble d'une commune. Aux compoix succède, à partir de 1835, le cadastre qui fournit les mêmes renseignements.

Quatre siècles de connus, deux cents siècles d'inconnus, voilà où aboutissent nos recherches phytohistoriques. Il est bien évident que cette faible documentation autorise les hypothèses les plus fantaisistes. Il faut donc, si l'on désire demeurer dans le domaine des réalités tangibles, restreindre les investigations historiques aux époques couvertes par les compoix (XVI<sup>e</sup>, XVII<sup>e</sup> et plus rarement XVIII<sup>e</sup> siècles) et le cadastre (XIX<sup>e</sup> et XX<sup>e</sup> siècles). Ces archives font apparaître des modifications tellement importantes que l'on est en droit de se demander si les hypothèses admises pour toute la période antérieure sont exactes.

En effet, à l'architecture économique des XVI<sup>e</sup>, XVII<sup>e</sup>, XVIII<sup>e</sup> et XIX<sup>e</sup> siècles basée sur la répartition de l'*Ager* dans la plaine, sur les pentes et le plateau, du *Saltus* sur les pentes et le plateau et de la *Silva* sur le plateau succède, à la suite de la crise phylloxérique (1870-1880) et du bouleversement économique de la fin du

XIX<sup>e</sup> siècle, un *Ager* de plaine, un *Saltus* de pente et de plateau, et une *Silva* de plateau. Actuellement (1958), les conditions économiques régionales ont fait disparaître le troupeau, il ne reste plus qu'un *Ager* intensif de plaine et une *Silva* plus ou moins bien venante sur les pentes et le plateau. Le *Saltus*, qui n'est plus exploité depuis une dizaine d'années, évolue progressivement vers la *Silva* par embuissonnement et ensemencement spontané. A la faveur de ce déséquilibre économique d'une part, de la rareté des coupes et des incendies d'autre part, la *Silva* se restaure et s'organise assez rapidement,

Schématiquement, et avec une extrême prudence, il est possible de présenter ainsi les variations de l'équilibre agro-sylvo-pastoral au cours des siècles.

Civilisation néolithique (20.000 ans av. J.-C.).	Plaine et pentes probablement non défrichées.
Civilisation de l'Age du Fer (800 ans av. J.-C.).	<i>Saltus</i> et <i>Silva</i> de plateau. <i>Ager</i> inexistant ou très faiblement représenté.
Civilisation gallo-romaine (premier siècle après J.C.).	Défrichement de la plaine et des pentes.
Compoix (XVI <sup>e</sup> , XVII <sup>e</sup> , XVIII <sup>e</sup> siècles). Cadastre (à partir de 1835).	<i>Ager</i> de plaine, de pente et de plateau. <i>Saltus</i> de pente et de plateau. <i>Silva</i> de plateau.
Crise phylloxérique (1870-1880).	<i>Ager</i> de plaine.
Première guerre mondiale (1914-1918).	<i>Saltus</i> de pente et de plateau en voie de disparition. <i>Silva</i> de plateau.
Deuxième guerre mondiale (1939-1945).	<i>Ager</i> de plaine.
Période actuelle (1958).	<i>Silva</i> de pente et de plateau en voie d'organisation. Disparition du <i>Saltus</i> .

L'aménagement du territoire aux XVI<sup>e</sup> et XVII<sup>e</sup> siècles était établi selon un principe fondamental : l'utilisation raisonnée de toutes ses ressources qui devaient satisfaire à tous les besoins humains.

— Les terres profondes et riches de la plaine étaient cultivées en céréales ou en prairies artificielles (*Ager* céréalier).

— Les terres moins riches, mais suffisamment profondes de plateau étaient le domaine de la vigne plus ou moins mélangée d'oliviers (*Ager* viticole et *Ager* oléicole).

Une juste répartition topographique de ces deux *Ager* est recherchée entre 1500 et 1650. En effet, il apparaît, à travers les compoix, une translation progressive de l'*Ager* viticole de la plaine vers le plateau tendant ainsi vers une meilleure utilisation du terroir et par

cela même de l'économie agricole, toutes autres cultures, sur ce type de terrain, n'étant pas rémunératrices. Cette mobilité du vignoble indique bien la recherche d'une juste et parfaite répartition des deux anciens *Ager* fondamentaux du Midi méditerranéen.

— Les terres très maigres ou squelettiques fournissaient soit un modeste *Saltus* de parcours aux troupeaux d'ovins et de caprins, soit une forêt dégradée par le feu dont le principal constituant était le chêne kermès (*Quercus coccifera* L.) auquel se substitue, à la faveur d'un trop grand éloignement du village, d'une faible quantité de bétail sur une commune, ou d'une protection seigneuriale (Devès-Devois) un taillis de chêne vert (*Quercus ilex* L.) et de chêne pubescent (*Quercus pubescens* WILLD.).

L'équilibre économique existait :

- *Ager céréalier* nécessaire à la nourriture de l'homme et du bétail;
- *Ager viticole* fournissant une denrée noble servant aux échanges;
- *Saltus de parcours* assurant la nourriture du troupeau unique fournisseur de matière organique pour les cultures;
- *Silva* donnant le bois nécessaire.

Mais le principal élément perturbateur était le troupeau qui est à la base de toutes les dégradations car, pour assurer sa nourriture, l'homme a brûlé et rebrûlé la végétation spontanée. Ce sont ces feux, répétés depuis des siècles, qui ont abouti au paysage actuel. La végétation actuelle à dominance d'espèces pyrophytiques est le test le plus certain de l'accumulation, au cours des siècles, des pratiques incendiaires de l'éleveur méditerranéen. Depuis 1920, à la suite de la disparition progressive du troupeau, la nature reprend ses droits spontanément et l'on assiste à la reconstitution progressive de l'ambiance silvatique détruite il y a plusieurs millénaires, mais aux détriments d'un déséquilibre économique grave, qui est axé sur l'unique exploitation de la plaine par un vignoble à grand rendement.

Il faudrait donc restaurer l'équilibre agro-sylvo-pastoral disparu ? Nous ne le croyons pas car cela entraînerait des modifications profondes dans l'architecture actuelle tant démographique qu'agricole. En effet, il faudrait :

— Recréer un *Saltus* au détriment de la forêt actuellement en cours de régénération et d'extension, ce qui aurait comme conséquence inéluctable la multiplication des incendies qui entraînerait une nouvelle dégradation de la *Silva* et une activation de l'érosion déjà suffisamment importante.



— Augmenter la population. Actuellement la densité démographique suffit à peine à l'entretien du vignoble de plaine puisqu'il faut faire appel à une main-d'œuvre saisonnière étrangère. Il ne faut pas oublier que les régions rurales du département du Gard ont perdu depuis 1850 de 30 à 50 % de leur population.

— Dans l'état actuel de l'économie régionale et nationale le *Saltus* et la *Silva* ne sauraient être d'un revenu suffisant pour les remettre en culture et leur médiocre valeur économique ne pourrait être modifiée que par d'importants travaux de restauration d'une rentabilité très problématique.

Il faut donc admettre que, dans l'état actuel des choses, il ne faut rien changer; ce qui est, est bien malgré les crises économiques qu'entraînent la monoculture viticole. Mais si les paysans ont délaissé les pentes et le plateau, c'est au profit des phytogéographes. En effet ces abandons, échelonnés sur une centaine d'années, leur fournissent un remarquable terrain de travail.

#### Résumé.

Les variations de l'équilibre agro-sylvo-pastoral ne peuvent être précisées, avec certitude, qu'à partir du XVI<sup>e</sup> siècle (compoix); pour les périodes antérieures, toutes les hypothèses sont possibles, mais aucune ne présente de garantie suffisante.

Depuis 1500 jusqu'à 1870 (crise phylloxérique), la répartition des cultures, du pâturage et de la forêt ne varia pas. Mais, à la suite du bouleversement économique et agricole du XIX<sup>e</sup> siècle, l'*ager* a été relégué aux terres profondes et riches de plaine et de combes, le *saltus* a disparu et une *silva*, mal venante et de mauvaise qualité, s'installe progressivement sur l'ensemble du parcellaire anciennement cultivé et pâturé de pente et de plateau. Il n'y a plus équilibre, mais déséquilibre puisque l'économie ne repose plus que sur la monoculture intensive de la vigne.

# NOTIZIE

## PER UNO STUDIO DEL PAESAGGIO ITALIANO

PER

F. MANCINI

Istituto di Geologia applicata, Firenze (Italia)

1. Le prime popolazioni agricole in Italia risalgono al Neolitico, epoca in cui ebbero luogo intensi fenomeni erosivi forse non dovuti soltanto al clima ma in piccola parte anche all'uomo. Le prime fasi della agricoltura in Italia e nei paesi vicini sono ampiamente illustrate da P. Laviosa Zambotti in un grosso volume (Le più antiche colture agricole europee. Milano 1943. Editore Principato).

2. La collina e la montagna italiane, dalla civiltà appenninica (bronzo) a ora, sono sempre state via più densamente abitate date le cattive condizioni igieniche e di sicurezza che esistevano in molte pianure litoranee e interne.

3. Man mano che la popolazione cresceva, ed il ritmo fu continuo, pur subendo varie flessioni fra cui una notevole nel basso medio evo, terreni sempre più magri e difficili furono messi a coltura.

4. Le malsane regioni di pianura ospitavano in passato i greggi durante l'inverno specialmente nella Maremma toscana e laziale, nel Tavoliere, nelle altre pianure meridionali con clima invernale piuttosto dolce.

Durante l'estate ovini e bovini sfruttavano invece i pascoli della montagna appenninica al di sopra del limite della vegetazione forestale spesso compresso verso il basso dall'uomo pre crearsi nuove aree per il pascolo.

Le migrazioni dai pascoli montani a quelli di piano e vice-versa avevano creato non solo usanze e costumi particolari ma una nota inconfondibile nel paesaggio dell'Italia meridionale. Lo spostamento avveniva infatti su larghe strade erbose « regi tratturi » governate da severi regolamenti.

Oggi il patrimonio ovino è molto diminuito e gli spostamenti si fanno in gran parte con i camions. L'allevamento però si va facendo ogni giorno più stanziale anche perchè la selezione punta verso razze più delicate ma molto più produttive.

5. Nell'Appennino invece il carico sui pascoli montani si è fatto nell'ultimo ventennio meno oneroso, soprattutto per una sensibile diminuzione degli ovini sicchè fuochi per far rispuntare l'erba non sono più molto necessari.

Il diminuito carico ha già permesso al bosco di riaversi ed anche di riconquistare pian piano aree da cui era stato in precedenza scacciato. Anche lo spopolamento montano naturalmente lavora in tal senso. Il fenomeno è particolarmente appariscente in Abruzzo dove si è avuto un certo esodo dei montanari verso la pianura ma soprattutto una diminuzione delle pecore di qualche milione di unità dal 1900 ad oggi.

6. Le grandi bonifiche, iniziate molti secoli or sono da Sovrani ed Ordini religiosi, continuate sino ad oggi dallo Stato e dai privati, hanno profondamente mutato, soprattutto nell'ultimo secolo, l'aspetto di quasi tutte le pianure italiane. In tali regioni quasi dovunque c'è oramai una densa popolazione che vive su una ricca agricoltura, fiorenti commerci, e industrie talora molto importanti.

#### **Summary.**

Agriculture dates back to the later Stone Age in Italy and so may possibly have had some small part in the extremely severe erosion that took place during this period.

From the Bronze Age on, hills and mountains have become ever more densely populated while much of the low country has long remained unused except for winter grazing, on account of its being unhealthy and unsafe; this was the case with the Tuscan and Latin Maremme and the Apulian low plain, Tavoliere di Puglia. In summer, herds and flocks were kept on treeless ground in the Appennine mountains, often cleared of woods in order to provide grazing.

Today the Italian plains constitute a highly fertile densely populated country while in the highlands people and flocks are becoming scarcer and woods more abundant. This is seen particularly in the Abruzzi, where the numbers of sheep have decreased by millions since 1900.

# L'AGRICULTURE « MINIÈRE » AU MAROC ET SES DANGERS

PAR

J. P. CHALLOT

Chef de l'Administration des Baux et Forêts  
et de la Conservation des Sols, Rabat

En traversant au printemps, par l'une des routes qui la sillonnent, la belle plaine de Chaouïa, l'observateur est frappé par l'absence à peu près complète des terres en jachère : toutes les parcelles qui n'ont pas été utilisées pour les céréales d'hiver (blé ou orge) sont semencées en maïs, alors que peu d'années auparavant, la règle de culture dans cette zone était la jachère bisannuelle. Au cours de cette période de repos, le sol, utilisé comme terrain de parcours avant que la récolte ne permette d'envoyer le bétail dans les chaumes, bénéficiait encore d'une petite fumure organique.

En supprimant la jachère et en intensifiant leur agriculture, les fellahs n'ont pas pour autant renoncé à la possession de leur bétail : ils le concentrent sur l'emprise des routes et envoient le surplus surcharger les terres collectives voisines, dont le cas sera étudié un peu plus bas.

Cette intensification de la culture qui n'est compensée ni par l'apport de fumier, ni par l'enfouissement d'engrais verts, ne peut conduire qu'à une lente mais sûre diminution de la proportion des éléments humiques dans le sol, donc à une diminution parallèle de son pouvoir de rétention d'eau. La baisse de fertilité s'accompagnera d'une moindre résistance à la sécheresse et, comme dans les plaines du Manitoba, soumises depuis trop de temps à une monoculture destructrice de l'humus, on verra les rendements descendre progressivement.

Dans ce cas, l'on ne peut guère encore avoir à redouter que la baisse de fertilité du sol, baisse dont on peut concevoir qu'elle soit un jour enrayée, grâce à la généralisation de l'emploi des engrais verts ou, mieux encore, à une augmentation du cheptel bovin par la constitution de réserves fourragères. Il n'y a pas en général destruction complète du sol par érosion, sauf lorsque la disparition à peu près totale des éléments humiques diminue à tel point le pouvoir d'absorption de l'eau qu'une pluie intense arrive à entraîner, même sur pentes faibles, un certain ruissellement.

Le cas est beaucoup plus grave lorsqu'il s'agit de défrichement et de mise en culture de terres à vocation pastorale.

Le gaspillage du capital foncier est, dans ce cas, d'autant plus rapide que les coupables du défrichement n'ont en général aucune expérience, aucune tradition agricole, et que ce sont de médiocres cultivateurs.

C'est là que l'on mesure peut-être le mieux le bouleversement des conditions sociales traditionnelles qu'a éprouvé le pays en moins d'un demi-siècle : la plupart des tribus montagnardes du Maroc ne pratiquaient la culture, autrefois, que dans une mesure très restreinte, autour des sources et des points d'eau. La base de l'alimentation était l'élevage : quant au grain, ces solides guerriers faisaient de temps en temps des incursions en plaine pour s'en procurer. L'exercice d'un tel mode de ravitaillement devenant impossible, ces populations, trop peu évoluées, n'ont pu atteindre du premier coup le stade normal qui leur aurait permis d'échanger le grain qui leur manquait contre l'excédent du croît de leurs troupeaux.

S'aveuglant sur l'extension indéfinie de la capacité de leurs terrains de parcours, elles ont entamé un vaste mouvement de défrichement sans pour autant restreindre l'effectif de leur bétail.

Cette mise en culture, sans la moindre précaution contre l'érosion, de terres dont la vocation était uniquement pastorale ou accessoirement forestière, entraîne leur rapide enlèvement par l'eau sur les pentes, ou par le vent dans les plaines steppiques.

Les sols qui disparaissent ainsi irrémédiablement par érosion, après avoir donné quelques récoltes dont seules les premières faisaient illusion, sont immédiatement remplacés par de nouveaux défrichements dont le rythme s'accroît encore sous la pression démographique.

En outre, ainsi qu'il a été indiqué plus haut pour la fâcheuse évolution de l'agriculture ancienne, les néocultivateurs dont il vient d'être question ne diminuent en rien pour cela le nombre de leurs têtes de bétail et concentrent ces dernières sur des surfaces de plus en plus réduites, au détriment évidemment du capital-fourrage.

Or, les modalités et les effets de cette surcharge de bétail se produisent déjà même dans les zones où il n'y a pas de défrichement possible et méritent d'être étudiés à part.

\*  
\* \*

Parmi les principaux concepts qui devraient dominer un élevage bien organisé, il en est un qui échappe généralement aux propriétaires marocains de troupeaux, c'est la notion de la « possibilité en herbe » d'un pâturage donné, c'est-à-dire du nombre maximum de bêtes qu'il

peut porter de manière continue (en tenant compte de la nécessité de laisser périodiquement les plantes fourragères se régénérer) sans se dégrader.

L'absence de cette conception résulte d'abord de cette vieille notion orientale que la richesse se mesure au nombre de têtes de bétail, bien plus qu'au poids de viande produit, ensuite, de la généralisation de la forme collective de la propriété pastorale. Il est particulièrement impossible de concevoir qu'un propriétaire de troupeaux, se rendant compte de ce que la valeur fourragère des terres de parcours de sa tribu est en diminution, se décide de lui-même à réduire d'un tiers ou de la moitié le nombre de ses animaux. Bien plus, éblouies par les taux de location qu'on leur offre, certaines collectivités prennent en plus en « embouche » (on ne peut employer ce terme sans une triste ironie) les animaux que leurs voisins agriculteurs ne peuvent plus conserver sur leurs terres, faute de jachères.

Jadis la question se réglait du fait même de l'insécurité : les luttes intestines, les razzias amenuisaient fréquemment l'effectif des troupeaux et permettaient au tapis végétal de se reconstituer. Particulièrement, les zones frontières, d'ailleurs mobiles, entre deux tribus ou deux confédérations de tribus, dangereuses à fréquenter par les bergers en période de tension, constituaient au cours des trêves qui permettaient de les utiliser, d'excellentes réserves fourragères.

On peut affirmer que, sauf dans les forêts domaniales qui bénéficient des mises en défens temporaires imposées par les périodes de régénération des essences ligneuses, la plupart des pâturages collectifs n'ont jamais connu un repos, même d'une année seulement, depuis trente ans.

Qu'en résulte-t-il ? Aucune plante appréciée par le bétail ne peut arriver à se développer jusqu'au point où elle est susceptible de fleurir et de donner des graines pour la campagne suivante : il s'ensuit une élimination à peu près totale des plantes annuelles — qui sont, en général, les meilleures — et une disparition lente, mais certaine, des plantes vivaces, puisque celles qui meurent ne sont pas remplacées par de nouveaux semis.

Cette diminution de la densité des plantes fourragères provoque, soit une mise à nu du sol, alors attaqué par les deux formes de l'érosion, soit une pullulation des espèces vénéneuses, refusées par le bétail, ou très épineuses. Ces dernières ont encore cependant un intérêt, méconnu la plupart du temps : à l'abri de la protection mécanique qu'elles constituent, certaines plantes, même annuelles, arrivent à fleurir et à grainer, ralentissant ainsi, quelque peu, la marche de la dégradation.

C'est un spectacle véritablement poignant pour l'observateur un peu averti des questions botaniques, de constater la rapidité avec laquelle se gaspille le capital fourrager du Maroc.

Au cours de certaines années, marquées par une pluviométrie particulièrement déficiente ou irrégulière, la nature obtient brutalement — et sans profit pour personne, sinon pour les chacals et les hyènes — une diminution parfois considérable du nombre de têtes de bétail que n'avait pu assurer avec plus de modération mais en temps utile, une sagesse humaine absente ou impuissante. Malheureusement, avant de mourir d'inanition ou de déficience physiologique, les animaux condamnés à mort par le trop fort rationnement, dû à l'excès même de leur nombre, ont prélevé leur part sur la maigre pitance commune et, tout en diminuant celles des survivants, ils ont encore contribué à l'accélération de la dégradation du paysage végétal.

Il est sans doute difficile de voir apparaître sur les statistiques du bétail, notamment celles du tertib, l'évolution dramatique de cette consommation de capital. Si des monographies locales pouvaient être entreprises, elles devraient tenir le plus grand compte du « poids » des différents chiffres, car les recensements faits il y a trente ans étaient évidemment moins poussés qu'ultérieurement.

En outre, il est possible que le nombre des animaux continue à augmenter alors que derrière cette augmentation, signe apparent mais fallacieux de prospérité, se cachent, soit l'amaigrissement individuel, soit la préparation de la prochaine mortalité catastrophique.

Si l'aspect du terrain de parcours (proportion des plages érodées, proportion des épineux et des vénéneux, proportion des plantes vivaces par rapport aux plantes annuelles) peut donner une idée du stade dans la marche vers la ruine définitive, seule l'observation botanique continue peut permettre d'apprécier la vitesse de cette marche.

Il est évident que cette dernière est d'autant plus rapide que le climat est plus sec et plus irrégulier. Dans les zones semi-désertiques, situées au sud de l'Anti-Atlas et que l'auteur de cette note suit avec attention depuis plus de cinq ans, la désertification est absolument impressionnante, et ce n'est pas sans appréhension que l'on songe aux difficultés qui se produiront à relativement bref délai, lorsque les tribus qui auront imprudemment gaspillé leur réserve pastorale réclameront l'aide de leurs voisins chez lesquels une pluviométrie un peu meilleure aura permis un certain décalage avant l'aboutissement de la même fatale échéance.

\*  
\* \*

Lorsque l'appauvrissement des pâturages est moins rapide qu'au sud de l'Anti-Atlas, où l'on saisit le phénomène type, il n'en est pas moins constant sur l'ensemble du Maroc et, ce qui fait son extrême gravité, même quand il peut sembler relativement lent, c'est qu'il est à peu près général et qu'il s'ajoute à la diminution de fertilité des terres mal cultivées indiquée au début de ce rapport.

La généralisation des méthodes épuisantes, « minières », résulte de la combinaison de pratiques ancestrales, mises lentement au point sous un régime à peu près permanent de précarité et d'insécurité, avec la rapidité du développement économique et social qui a caractérisé le vingtième siècle.

Pour bien juger la situation, il ne faut pas oublier que la population du pays va doubler au cours des cinquante prochaines années et que les espoirs fondés, soit sur le développement des secteurs irrigués, soit sur celui de l'industrialisation, ne pourront assurer l'alimentation normale que d'une partie de cet accroissement.

Ce qui précède a été tiré d'un article datant de 1950, publié dans le *Bulletin économique et social du Maroc*. Depuis la date de cette étude, l'agriculture « minière » continue de faire peser ses menaces mais les efforts soutenus depuis plusieurs années en matière de reboisement, de restauration des sols, et d'améliorations pastorales, les réalisations de « l'opération labour » en matière agricole et les projets de création d'un fonds de soutien de la production animale permettent d'espérer que le jeune gouvernement marocain obtiendra, d'une manière durable, l'adhésion des agriculteurs et des éleveurs aux saines pratiques d'exploitation plus nécessaires que jamais.

#### **Summary.**

Morocco's population is rapidly increasing and much of the productive land of the country is being spoiled by exhaustive farming and excessive grazing. This is seen as the result of an unfortunate adaptation of traditional practices to more intensive use of the land.



# WACHSENDE GEFAHR DER BODENVERNICHTUNG IN DER TÜRKEI, DURCH DIE ENTWICKLUNG DER LANDWIRTSCHAFT SEIT 1923, UND IHRE BEKAEMPfung

VON

F. CHRISTIANSEN-WENIGER

Ankara. Turkey

Um ein Bild über die Gefahren geben zu können, die dem Ackerboden der Türkei drohen, müssen zuerst die natürlichen Verhältnisse des Landes kurz geschildert werden, um dann nach einem Blick auf das Anwachsen der Bevölkerung seit 1923 die Lage der Landwirtschaft bei Gründung der türkischen Republik und ihre Entwicklung bis heute darzustellen.

Der Boden Anatoliens ist durch die Oberflächengestaltung des Landes und die Klimabedingungen der Erosion in jeder Form stark ausgesetzt.

Die Türkei verfügt mit Ausnahme einiger Mündungsebenen von Flüssen an den Küsten und den Gebieten um Konya und Mus nur über wenige grössere, ebene Bodenflächen. Nur 11,34 % des Landes sind eben (Neigung 0 bis 1°). Die von Harvey Oaks und Ziya Arikök (1) 1956 herausgegebene Bodenkarte der Türkei kommt in Bezug auf die Neigung der Böden zu folgendem Ergebnis.

TABELLE 1.

### Neigung der Bodenflächen in Anatolien.

Nicht bestellbar . . . . .	Neigung 15-40 % u. darüber	67,32 %
Sehr hohe Erosion . . . . .	Neigung 8-15 % u. darüber	16,00 %
Massig-hoch . . . . .	Neigung 3- 8 % u. darüber	1,90 %
Leicht-massig . . . . .	Neigung 1- 3 % u. darüber	0,38 %
Leicht . . . . .	Neigung 1- 3 % u. darüber	3,06 %
Keine . . . . .	Neigung 0- 1 % u. darüber	11,34 %

---

100,00 %

Es ist schwer, in wenigen Sätzen ein Bild von der Mannigfaltigkeit der anatolischen Klimate zu geben. Ihre Vielgestaltigkeit ist bedingt durch den Aufbau der Halbinsel. Das Innere ist vom Einfluss der Meere weitgehend abgeschlossen. Dadurch entstehen ausgesprochene

Binnen- und Küstenklimate mit nur schmalen Übergangszonen. Ostanatolien, ein ausgesprochenes Hochland, hat im Winter Anschluss an das innerasiatische Hochdruckgebiet mit seiner grossen Kälte.

Die Winde, die im Sommer häufig vom Schwarzen Meer nach Süden wehen, geben an den Randgebirgen alle Feuchtigkeit ab und erreichen das innere Hochland extrem trocken. Weickmann (2) schreibt : « Bei dieser Zirkulation erfolgt geradezu eine systematische Austrocknung der Hochebene ».

Eine ausführliche Beschreibung der einzelnen Klimate gibt Christiansen-Weniger (3). Zwei Tatsachen müssen hier hervorgehoben werden. In allen Gebieten Anatoliens, auch in denen des Trockensteppen-Klimas, kommen vereinzelt ergiebige wolkenbrucharartige Regen vor. Sie bringen örtlich in kurzer Frist oft erhebliche Wassermengen. Das Innere Zentralanatoliens, ein ausgesprochen sommertrockenes Gebiet, wird durch Winde, die die Randgebirge überwinden, von Zeit zu Zeit stark ausgetrocknet. Ebenso können im Südosten im Frühjahr aus dem Zweistromland extrem trockene Winde wehen.

Das Klima bedingt trotz seiner Vielfalt in allen Klimazonen Anatoliens gleichermassen eine starke physikalische und chemische Verwitterung. Es begünstigt in den Trockenzonen für längere Zeit im Jahre auch auf den ackerbaulich nicht genutzten Böden eine lockere Lagerung der Oberkrume, die damit für Wind und Wasser leicht angreifbar wird.

Das natürliche Pflanzenkleid Anatoliens ist durch den Menschen im Laufe der Jahrtausende stark verändert worden. Der Wald wurde weitgehend vernichtet. Er wuchs, da das Klima seine natürliche Ausbreitung nur in wenigen Gebieten begünstigt (Bernhard, 4) und der Mensch durch Waldweide den Aufwuchs weiter erschwerte, nicht nach. Das führte an den Meeresküsten im günstigsten Falle zur Bildung von Macchie, im ungünstigen Fall zu Bergrutsch oder Bodenabschlammung und damit zum Hervortreten der kahlen Felsen. In den Übergangsbereichen von den Randgebirgen nach Zentralanatolien ist die Verkarstung besonders fortgeschritten. In Inneranatolien hat die Waldvernichtung zur starken Ausweitung der Steppe geführt. Heske (5) rechnet, dass zwei Drittel der heutigen Steppengebiete durch Eingriffe des Menschen geschaffene Steppen sind.

Bei Gründung der türkischen Republik 1923 war Anatolien noch dünn bevölkert. Man kann rechnen, dass auf dem Lande selbst etwa

10 M Menschen lebten. Die vom Bauern pflanzenbaulich genutzte Fläche lag etwa bei 6,5 M ha, unter 10 % der Gesamtfläche (77,2 M ha). Der Ackerbau war noch oasenartig über das Land verteilt. Der Bauer nutzte pflanzenbaulich nur die fruchtbarsten Flächen, vor allen Dingen die, die in der Nähe der Dörfer lagen. Die Steppenweiden umfassten gut 43 M ha. Dazu kamen 6,3 M ha Wiesen und Weiden.

Die Ackerbearbeitung erfolgte bis auf sehr geringe Ausnahmen noch mit dem alten hölzernen Hakenpflug (Karasaban). So wurde nur die Oberfläche des Bodens bis zu etwa 10 cm aufgerissen und nicht gewendet. Nach der Bearbeitung blieb der Acker in grober klumpiger Beschaffenheit zurück. Die so bearbeitete Schwarzbrache bot dem Wind nur geringe Angriffsmöglichkeit zum Ausblasen der Feinerde und entsprach der Forderung des türkischen Sprichwortes (Christiansen-Weniger, 6) : « Den schweren Span verweht der Wind nicht » Mit dem Karasaban kann die Schwarzbrache mehrfach bearbeitet werden, ohne dass die grobe Oberflächenstruktur beseitigt wird. Bei dem noch relativ geringen Umfang des Pflanzenbaus waren die bestellten und gebrachten Flächen der einzelnen Dörfer noch nicht sehr ausgedehnt und rings von natürlicher Steppe umgeben. Die Arbeit mit dem Karasaban bot einen weiteren Schutz gegen die Entstehung von Staubstürmen. Das Verhältnis von Tierbestand und Steppenweide war noch relativ günstig.

In normalen Jahren trat daher eine Überweidung der Steppe nicht ein, ebenso wurde die Waldweide nicht übermässig ausgenutzt. Die Steppe konnte sich laufend regenerieren, vor allem auch, da ein erheblicher Teil der Flächen gute Böden hatte.

Das war die Ausgangsposition der türkischen Landwirtschaft in den zwanziger Jahren. Noch 1937 konnte Christiansen-Weniger (7) bei der Erörterung der Bedeutung der Boden-Erosion für die Intensivierung der türkischen Landwirtschaft schreiben :

« In the reconstruction of her agriculture Turkey is in a position to avoid the mistakes which have been made in other countries. She can and she will so arrange the measures to be taken that soil fertility, even in the regions threatened by erosion, shall be maintained for long years to come. »

Die landwirtschaftlichen Verhältnisse haben sich in den letzten 30 Jahren, vor allem aber seit 1950, aus verschiedenen Ursachen heraus grundlegend geändert.

Die von Atatürk eingeleitete und seitdem konsequent verfolgte Politik zur Verbesserung der gesundheitlichen Verhältnisse und zur Hebung des Lebensstandards der Landbevölkerung hat ihre Früchte in dem starken Anwachsen einer gesunden Bevölkerung getragen. Heute liegt die jährliche Zuwachsrate der Einwohner der Türkei bei 650.000 bis 700.000 Menschen (vgl. auch Darstellung 1).

TABELLE 2.

Bevölkerungsentwicklung in der Türkei von 1923 bis 1958 (8).

		Zunahme je Jahr.
1923 (1) . . . . .	12.400.000	
1927 . . . . .	13.648.279	1923-1927 . . . . . 300.000
1940 . . . . .	17.820.940	1927-1940 . . . . . 321.000
1950 . . . . .	20.947.188	1940-1950 . . . . . 312.000
1955 . . . . .	24.121.778	1950-1955 . . . . . 635.000
1958 (1) . . . . .	26.200.000	

Anfänglich waren über 80 %, 1955 noch immer 76,6 % aller Erwerbstätigen in der Landwirtschaft beschäftigt. Jährlich rücken über drei Viertel der neu in das Erwerbsleben eintretenden jungen Menschen, jetzt rund 400.000, in die Landwirtschaft nach. Heute leben auf dem Lande bereits 19 M Menschen.

Das Anwachsen der bäuerlichen Bevölkerung hat eine Vergrößerung der pflanzenbaulich genutzten Fläche zur Folge. Bis 1934 stieg dabei infolge Verbesserung der landwirtschaftlichen Methoden durch die Bemühungen der Regierung die bebaute Fläche relativ stärker an. Von 1934 bis 1950 zeigt die Kurve (Darstellung 1) einen ungefähr gleichmässigen, dem Bevölkerungszuwachs parallel laufenden Anstieg, um von da an stürmisch zuzunehmen. Besonders gut zeigt dies die Kurve des je Kopf der Bevölkerung pflanzenbaulich genutzten Landes. Zwischen 1927 und 1934 nimmt es in sieben Jahren von 0,56 ha auf 0,73 ha oder um 30,4 % zu. Von 1934 bis 1950 beträgt die Steigerung auf 0,77 ha, in 16 Jahren nur 5,5 %, um sich dann in weiteren sechs Jahren bis 1956 auf 0,98 ha oder um 27,3 % zu erhöhen.

---

(1) Geschätzt.

TABELLE 3.  
Bodennutzung (9).

Nutzungsart.	1927	1934	1944	1950	1956	1956 zu
	( <sup>1</sup> )	( <sup>1</sup> )	( <sup>2</sup> )	( <sup>2</sup> )	( <sup>2</sup> )	1927, %
Bestellte Fl . . . . .	4.364	6.817	8.087	9.868	14.556	333,4
Schwarzbr. . . . .	2.332	3.674	4.814	4.674	7.897	338,5
Ges. Ackerfl . . . . .	6.696	10.491	12.901	14.542	22.453	335,0
Weinberge, Obst und Ge- müsegarten, Oliven . . .	0.900	1.121	1.385	1.466	1.858	203,5
Insges. Pflanzenbaul. ge- nutzte Fläche . . . . .	7.596	11.612	14.286	16.008	24.311	320,0
Wiesen und Weiden	6.300	6.298	6.216	6.300	6.390	101,5
Steppenweide . . . . .	42.046	38.032	32.804	31.506	23.117	55,0
Wälder . . . . .	9.170	9.170	11.893	10.418	10.418	113,5
Oedland . . . . .	11.162	11.162	11.513	12.480	12.476	111,7
Seen und Sümpfe . . . . .	961	961	986	986	986	113,2
Ges. Fläche . . . . .	77.235	77.235	77.698	77.698	77.698	100,6

Als Folge der laufenden Ausdehnung des Ackerbaus hat der Bauer immer neue Flächen und zwar die fruchtbarsten Böden der Steppenweide umgebrochen und eingesät. So vermindert sich nicht nur die Grösse der zur Verfügung stehenden Steppenweide von 1927-1956 um 45 %, sondern gleichzeitig auch sehr wesentlich ihre Qualität.

Wie Tabelle 3 zeigt, hat sich die pflanzenbaulich genutzte Fläche seit 1927 um 220 % vergrössert. Die ursprünglich wie Oasen in der Landschaft verteilten Felder sind zusammengewachsen. Die nach den Autoren der Bodenkarte bei den heutigen Methoden der Bodenbearbeitung als ohne Gefahr der Erosionsschädigung zu nutzende Fläche von 16,4 M ha ist, wie Tabelle 3 zeigt, bereits um 8 M ha überschritten. Es besteht die Gefahr, dass viele dieser Flächen durch Erosion schnell verarmen, damit für die ackerbauliche Nutzung unrentabel und deshalb von den Bauern liegen gelassen werden. Diese

(<sup>1</sup>) Ohne die Provinz Hatay.

(<sup>2</sup>) Mit der Provinz Hatay.

Böden sind dann meist nicht mehr in der Lage, wieder eine geschlossene Steppenvegetation hervorzubringen. Dadurch verstärkt sich laufend die Erosionsgefahr und in Trockengebieten die Möglichkeit zur Entstehung von Staubstürmen.

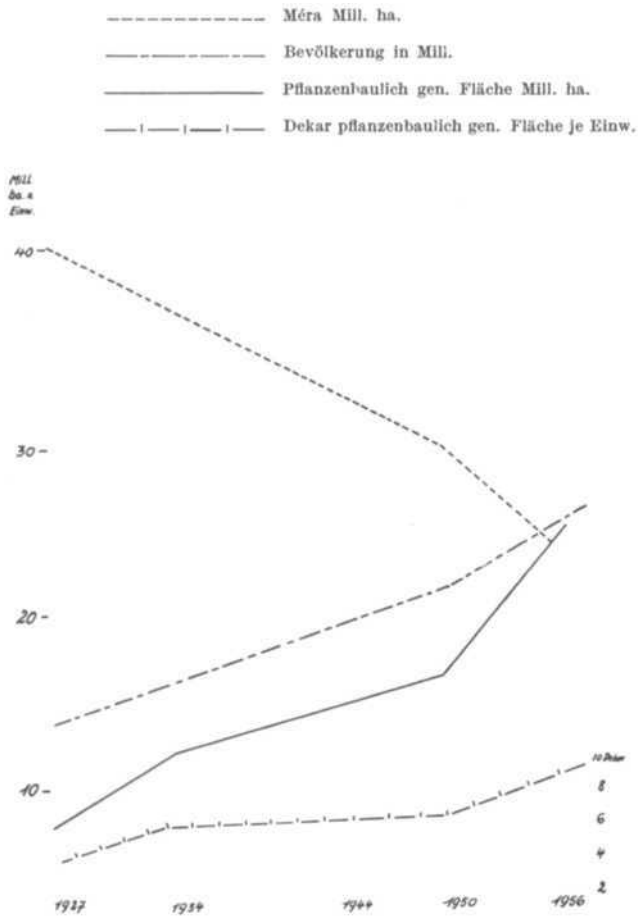
TABELLE 4 (10).

	In Millionen Stück.				
	1927	1936	1946	1956	1956 zu 1927, %
Schafe .....	10,2	20,8	23,4	28,0	274,5
Ziegen .....	6,9	10,7	12,9	16,5	239,0
Angora-Ziegen .....	2,6	4,3	3,8	5,0	192,5
	19,7	35,8	40,1	49,5	251,1
Rinder .....	6,8	8,3	9,7	11,5	169,2
W. Büffel .....	0,7	0,8	0,9	1,1	157,3
	7,5	9,1	10,6	12,6	168,4
Durchschnittliche Futterfläche je Tier in ha :					
Wiesen und Weiden ...	0,231	0,140	0,124	0,103	44,6
Méra .....	1,542	0,824	0,635	0,372	24,2

Zu der vergrösserten ackerbaulichen Nutzung tritt eine starke Vermehrung des Viehbestandes (vgl. Tabelle 4). Seit 1927 hat die Zahl der Schafe um 174,5 % und die der Ziegen um 126,2 % zugenommen. Die Folgen dieser Entwicklung auf die zur Verfügung stehende Futterfläche sind zweifach. Einmal hat sich das Gesamt-Areal der Steppenweide nach Güte und Grösse seit 1927 um 55 % vermindert. Zum anderen ist die je Tier zur Verfügung stehende Fläche durch die Zunahme der Weidetiere entsprechend kleiner geworden. Um einen groben Überblick zu gewinnen — eine feinere Analyse ist bei der Ungleichheit der Verhältnisse in den verschiedenen Gebieten des Landes und bei dem Fehlen von Unterlagen, die ins einzelne gehen, nicht möglich — wurde die Kopffzahl aller Tiere zusammengenommen und danach die je Tier jeweils zur Verfügung stehende Weidefläche errechnet (s. Darstellung 2). 1923 standen je Tier rund 1,7 ha Steppenweide und 0,280 ha Wiesen und Weiden zur Verfügung. Bis 1956 sind die Zahlen auf 0,372 ha bzw. 0,103 ha, also auf 22,4 % und 36,8 % abgesunken. Die Weidemöglichkeit ist dabei noch auf die ertragsärmeren Steppenflächen abgedrängt. Die Folge

der Entwicklung ist eine starke Überweidung der Steppenflächen und eine immer erhöhte Inanspruchnahme der Waldweiden. Die dadurch entstehenden Schäden sind durch das starke Anwachsen der Ziegenhaltung von 9,5 M Tiere auf 21,5 M Tiere noch erhöht. Die

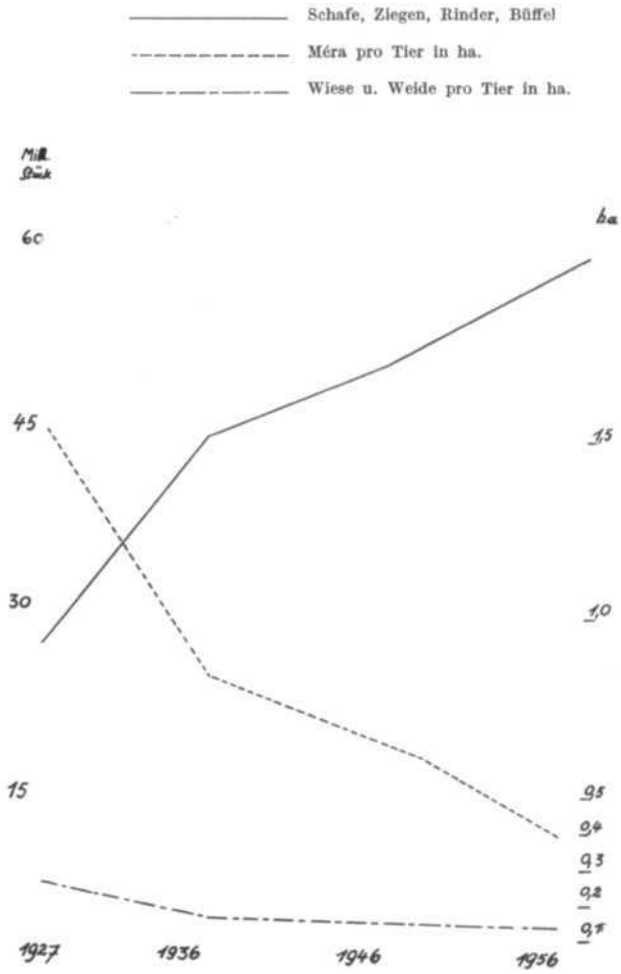
### DARSTELLUNG 1.



natürliche Steppe Anatoliens ist heute weitgehend degeneriert (vgl. Walter, 11). Die Erosionsgefahr ist entsprechend gestiegen. Der wenig bewachsene Steppenboden, der im Frühjahr beim Austrocknen in der Oberfläche besonders locker gelagert ist, kann sowohl durch die Wassermengen der Frühlingsgewitter als auch durch die trocknen Frühjahrsstürme angegriffen werden.

Verschärft wird die Gefahr für die türkischen Böden durch die technische Revolutionierung der türkischen Landwirtschaft, die vor allem nach 1950 eine rapide Entwicklung genommen hat. Allein in den

**DARSTELLUNG 2.**



sechs Jahren von 1950 bis 1956 wurden nach der Statistik 8,3 M ha neu umgebrochen. Das sind 110 % der gesamten 1927 genutzten Fläche. Die Traktoren nahmen von 1948 über 1950 bis 1956 von 1756 auf 16.585 auf 43.000 zu. Entsprechend stieg die Zahl der Traktorenpflüge von 1756 Wende- und 1119 Scheibenpflügen auf 43.000



Wende- und 31.000 Scheibenpflüge. Die Scheiben-Eggen vermehrten sich von 680 auf 18.000 und schliesslich die Gespannpflüge von 684.000 1948 auf 1.100.000 1956. Die Mechanisierung hat zur Folge, dass jetzt in den Gebieten der Trockenlandwirtschaft grosse zusammenhängende Flächen gebracht werden können. Die Oberfläche der bestellten und gebrachten Felder ist nicht mehr wie früher mit groben Erdklumpen bedeckt, sondern sie hat meist eine ebene, fein gekrümelte Oberfläche. So können die trocknen Stürme des Frühjahrs, vor allen Dingen, wenn sich die Wintersaaten schlecht entwickelt haben, aus der Steppenweide, den Stoppelfeldern und den bestellten Aeckern leicht Staub ausblasen und sich, wenn die örtliche Oberflächengestaltung es erlaubt, zu gefährlichen Staubstürmen entwickeln.

Sowohl im April 1956 als auch im gleichen Monat 1957 wurde Zentralanatolien von verheerenden Staubstürmen heimgesucht. Im Konyagebiet wurden 1956 in manchen Dörfern auf 75 % der bestellten Fläche der Weizen total vernichtet. Ähnliches konnte in anderen Gebieten Zentralanatoliens beobachtet werden. An Hauswänden oder Schneezäunen an Chausseen entstanden Ablagerungen von bis zu einem Meter Höhe. In den betroffenen Gebieten waren die Gräben und andere Senken mit Feinerde aufgefüllt.

Die Türkei ist ihrer Bodengestaltung und ihrem Klima nach ein Gebiet stärkster Boden-Erosion durch Wasser. Es ist leicht, schlagende Beispiele für die Schlämmeistung des Wassers in historischer Zeit anzuführen. In diesem Zusammenhang interessiert in erster Linie die heutige Abtragung von den durch Ackerbau und Tierhaltung genutzten Flächen. Hierfür sei ein besonders instruktives Beispiel angeführt :

1937 wurde bei Ankara eine Talsperre eröffnet, deren Stau-See 13 M cbm Wasser fasst. Er wird durch einen Fluss mit einem Einzugsgebiet von 70.000 ha gefüllt. Heute, 21 Jahre später, ist die Talsperre nach Angaben der Wasserbautechniker bereits zu fast 40 % mit Schlamm angefüllt. Sie enthält demnach 5 M cbm Schlamm (Christiansen-Weniger, 12).

In den Küstengebieten, wo reichere Niederschläge fallen, kann man in Hanglagen immer wieder beobachten, dass die Vernichtung von Wald oder Macchie, um die gerodete Fläche ackerbaulich zu nutzen, in vielen Fällen bald ein Abrutschen der ganzen Bodenmasse, in anderen eine schnelle Verminderung der Bodenkrume durch Abschwemmung und damit jeweils Verkarstung zur Folge hat. Nur ausnahmsweise kann sich die Macchie den unfruchtbar gewordenen und für den Pflanzenbau nicht mehr nutzbaren Boden zurückerobern

und so vor weiterer Vernichtung schützen. Auf die grosse Gefahr für den West- und Mittelraum des Taurus, ein Gebiet von 100.000 km<sup>2</sup>, weist neuerdings H. Schmidt (12) nachdrücklich hin.

Wie gezeigt, ist nur ein kleiner Teil der türkischen Böden (11,3 %) eben und unterliegt daher nicht der Wasser-Erosion. Wohl aber sind auch hiervon bei unsachgemässer Bearbeitung und Fehlen von Windschutz in den Steppengebieten grosse Flächen durch Windausblasung gefährdet. Eine weitere Schädigungsmöglichkeit der Aecker, auf die hier nur kurz hingewiesen sei, ist die Versalzung von Bodenflächen bei Bewässerung.

Die Erhaltung der Böden ist somit in Anatolien ein Problem, das nicht nur die direkt den Boden nutzenden Berufe wie die Landwirte, die Forstleute und die Gartenbauer, sondern das gesamte Volk angeht, da die Erhaltung der Ernährungsgrundlage der Türkei von der Lösung dieser Aufgabe abhängt. Die heute gegebene Lage, wie sie durch die natürlichen Verhältnisse und durch die über Jahrtausende gehenden Eingriffe des Menschen, deren schädliche Wirkung mit Einsatz der Maschinen teilweise vervielfältigt wird, geschaffen wurde, erfordert schnelle und durchgreifende Massnahmen (Schmidt-Colinet, 14). Ein umfassender Plan für die Bodennutzung, der alle Beteiligten, die Forst-, die Landwirtschaft, den Garten- und Obstbau, die Siedlung und die Industrie erfasst, muss aufgestellt und durchgeführt werden. Die Verwirklichung eines solchen Planes wird gewaltige Aufgaben der Aufforstung, der Schaffung von Windschutz und Bewässerungsmöglichkeiten, der Umsiedlung von Dörfern, der Umstellung von Erzeugungsmethoden des gesamten Pflanzenbaus und der Tierhaltung zu lösen haben.

Es erscheint zweckmässig, das Problem nicht gleich für das gesamte Land anzugreifen, sondern mit der Arbeit in einem typischen grösseren Bezirk, etwa in einem Vilayet (Provinz) zu beginnen und damit ein begrenztes und übersichtliches Musterbeispiel zu schaffen. So könnte der durch die Arbeit entstehende Nutzen, die Erhaltung des Bodens und die mit den Massnahmen verbundene Steigerung und Sicherung der landwirtschaftlichen, gärtnerischen und forstlichen Erzeugung demonstriert werden. Gleichzeitig böte sich die Gelegenheit, die für die Durchführung der Aufgabe notwendigen Fachleute auszubilden. Das Ziel wird allerdings immer die Ausdehnung der Arbeit auf die gesamte Türkei bleiben müssen, um so die Produktivität der Böden auf die Dauer zu erhalten und so weit wie möglich zu erhöhen.

Zusammenfassend ist festzuhalten : Durch die Bodengestaltung und durch die jeweils gegebenen Klimabedingungen sind in der Türkei für die Schädigung der Böden durch Abschlämmung und in den Step-

pengebieten darüberhinaus durch Windausblasung sowie durch Versalzung die Voraussetzungen in hohem Masse gegeben. Die Entwaldung grosser Bezirke hat bereits zur Versteppung weiter Gebiete, zur Verkarstung in Gebirgen und zur Vernichtung grosser Bodenflächen geführt. Die Entwicklung von Ackerbau und Viehhaltung in den letzten Jahrzehnten hat die Gefahren für den Boden nicht vermindert, sondern verschärft. Eine Abhilfe kann nicht mehr durch einzelne Massnahmen — die landwirtschaftliche Verwaltung hat durch Schaffung von Beratungsstellen und einschlägigen Instituten die örtliche Arbeit zum Teil schon wirksam in Angriff genommen, ähnliches gilt für die Forstverwaltung — sondern nur durch die Gesamtheit von Regierung und Volk gelöst werden. Voraussetzung zur Einschränkung der Bodenzerstörung ist eine sorgfältige Planung für die Nutzung der Böden. Ihr muss die Aufforstung, Schaffung von Windschutz, zweckmässige Terrassierung und eine der Erosion entgegenarbeitende Ackernutzung folgen. Die Viehhaltung muss weitgehend umgestellt werden. Die Ziegenhaltung ist einzuschränken. Die Ernährung der anderen Tierarten ist über Futterbau und planmässige Weidenutzung zu sichern. Die Pflege der Steppenweiden muss erreichen, dass der Pflanzenwuchs durch die Tiere nicht vernichtet wird, sondern sich nach der Beweidung immer wieder erholen und neu entwickeln kann.

#### Summary.

Land relief and climate make Turkish soils highly susceptible to damage from erosion by water; in the steppe districts also to damage from wind erosion and, in irrigated areas, from salt. Large tracts after deforestation have become steppes or have been eroded to rock pavements. Yet as late as in 1937, the erosion problem in Turkey was viewed hopefully, even by the present author. Since that time, under strong demographic pressure, mechanization and expansion of agriculture have brought about an alarming situation by accelerating soil degradation. A contributing cause is a heavy increase in the numbers of sheep, goats and cattle. As a countermeasure, advisory work is being done by agricultural and forestry experts appointed by the authorities. This is deemed insufficient. Planning for the best use of land is needed, and quick action must be taken. Recommended measures include planting of forest and of trees for lee, irrigation, terracing, and improving agricultural techniques for better soil conservation. Overgrazing should be checked by lee-farming, planned grazing, and reduction of the number of goats.

## LITERATUR.

1. HARVEY OAKS und ZIYA ARIKÖK, Allgemeine Bodenkarte der Türkei der Forschungsanstalt für Boden und Düngung, Ankara, 1954.
2. WEICKMANN, L., Zum Klima der Türkei, Heft 1, 1922.
3. CHRISTIANSEN-WENIGER, F., Grundlagen des türkischen Ackerbaus, Leipzig, 1934.
4. BERNHARD, R., Grundlagen, Geschichte und Aufgaben der Forstwirtschaft in der Türkei, Yüksek Ziraat Enstitüsü, Ankara, 1935.
5. HESKE, FR., Die Erschliessung der Steppe, Gedanken zu einem Nationalplan der Walderhaltung, Dürrebekämpfung und Innenkolonisation in der Türkei (*Mitteilungen d. Institutes f. Forstwirtschaftsgeographie und Forstwirtschaft des Nahen Ostens an der Forstlichen Fakultät der Universität Istanbul*, No 7).
6. CHRISTIANSEN-WENIGER, F. und TOSUN, O., Die Trockenlandwirtschaft im Sprichwort des anatolischen Bauern, Ankara, 1939.
7. CHRISTIANSEN-WENIGER, F., The importance of soil Erosion for the intensification of field husbandry in Turkey (*Herbage Reviews*, Vol. 5, No. 4, 1937).
8. CENTRAL STATISTIC OFFICE, 1955, Allgemeine Volkszählung.
9. — The Summary of Agricultural Statistics, 1936-1956.
10. — Livestock Statistics, 1929-1937, 1945-1950. — Structure et Production agricoles, 1934-1950, 1946-1953.
11. WALTER, H., Das Problem der Zentralanatolischen Steppe (*Die Naturwissenschaften*, 43 Jg., 1956, S. 97-102).
12. CHRISTIANSEN-WENIGER, F., Wesentliche Probleme der türkischen Landwirtschaft (*Übersee Rundschau*, 1956, H. 9).
13. SCHMIDT, H., Voruntersuchungen für eine Bewässerung der Antalya-Ebene (*Wasser und Boden*, 10. Jg., 1958, S. 1-5).
14. SCHMIDT-COLINET, W., Türkei zwischen Steppe und Wald (*Holzzentralblatt*, Nr. 139, 1957).

*Anm. zu 9 und 10.* — Die landwirtschaftliche Statistik der Türkei ist in vielen Dingen, vor allem war sie es in ihrem Aufbau ab 1927, auf Schätzungen angewiesen, da vielfach exakte Unterlagen noch nicht voll vorhanden sind. Dadurch sind ihre Zahlen mit einem gewissen Fehler belastet. Bei den hier durchgeführten Betrachtungen dürften sie grössenordnungsmässig aber nicht sehr ins Gewicht fallen.

# QUELQUES ASPECTS DE LA DEGRADATION DU PAYSAGE VÉGÉTAL AU SAHARA ET EN AFRIQUE DU NORD

PAR

Pierre QUEZEL

Maître de Conférences à la Faculté des Sciences d'Alger

Il est seulement dans notre dessein de souligner ici par quelques exemples la dramatique intensité des dégradations du paysage végétal survenue au Sahara et en Afrique du Nord depuis quelques dizaines d'années. La gravité du problème qui semble d'ailleurs échapper à l'inconscience de la majeure partie de la population autochtone et du grand public, est telle cependant, qu'il est d'ores et déjà possible de se demander ce qui restera bientôt, du patrimoine forestier nord-africain en particulier, si des mesures de préservation d'une extrême rigueur ne sont pas prises dans un avenir immédiat.

Dans tout le Sahara central (QUÉZEL, 1954), la végétation arborescente n'est pratiquement plus représentée que par la forêt steppe à « ethels » (*Tamara articulata*) localisée strictement sur les bords des oueds sablonneux, et la savane arborée à *Acacia* un peu plus largement répandue dans les zones d'épandages. La régression accusée par ces deux formations végétales au cours de ces dernières dizaines d'années est extrêmement importante. Les ethels dont la croissance, lorsqu'ils sont protégés, est facile et rapide, disparaissent et agonisent en beaucoup d'endroits. On a invoqué pour expliquer ce phénomène l'absence de régénération. Mais comme nous avons pu nous en rendre compte, les très jeunes plants de *Tamarix* ne sont pas rares au Hoggar et la raison doit être recherchée ailleurs. Elle est en réalité sous la dépendance de deux facteurs principaux : l'existence au cours de ces dernières décades de séries d'années particulièrement arides, qui, tarissant l'inféro-flux des oueds détermine la mort de ces arbres, et surtout l'important accroissement des facteurs anthropo-zoogènes. En effet, l'assèchement progressif du climat en particulier entre les années 1930-1950 rend peut-être compte du dépérissement de ces arbres dans les zones de piedmont du Hoggar et de l'Aïr, mais dans la zone montagneuse, les précipitations sont toujours assez importantes pour assurer leur maintien. Ici le principal responsable est l'homme et, plus spécialement, l'Européen qui, au cours de ces dernières années, a envahi le Sahara et dont les besoins en bois, pour son chauffage, sa

cuisine et ses bâtiments, sont infiniment plus importants que ceux de l'autochtone. La disparition de toute végétation arborescente non protégée, à la périphérie des centres habités, disparition qui s'étend chaque année dans un rayon de plusieurs kilomètres, s'explique de la sorte. Un autre responsable est le chameau qui, de sa dent avide, détruit inexorablement les jeunes pieds nés au cours des années pluvieuses et qui auraient dû assurer le maintien de l'espèce. Ainsi se rompt un équilibre biologique extrêmement précaire et seuls, les individus adultes tôt ou tard destinés à périr sous la main de l'homme, arrivent à se maintenir.

Pour les peuplements d'*Acacia*, le problème est absolument analogue; ici encore, la régénération est abondante au cours des années pluvieuses, mais bien peu des jeunes pieds, qui déjà ont à résister à la rigueur du climat, échapperont à l'appétit du chameau.

Sous un climat éminemment hostile, les habitants du désert concourent donc aveuglément à ruiner les maigres vestiges de végétation arborescente qui ont pu y subsister. Et pourtant grâce à de récents travaux palynologiques (PONS et QUÉZEL, 1956), nous commençons à nous rendre compte que ce désert actuel est un phénomène géographique extrêmement récent. Çà et là, à sa surface, se rencontrent encore en place des paléosols riches en humus dont les plus récents se sont édifiés il n'y a pas plus de cinq à six millénaires. Dans tout le massif central saharien, ils contiennent encore des pollens appartenant aux espèces qui végétaient alors sur ce sol aujourd'hui stérile. Les résultats sont très homogènes, partout figurent le Pin d'Alep, les Genévriers, le Cyprès (dont quelques exemplaires subsistent encore au Tassili des Ajjer), les Chênes, le Micocoulier, et en montagne le Cèdre, les Pistachiers, le Noyer.

Ainsi donc, dans le Sahara central, depuis le début de l'ère historique, les modifications de la végétation ont accusé une importance jusqu'à ce jour insoupçonnée, la forêt ou la garrigue méditerranéenne xérophile ont cédé la place au désert. Si nous ne possédons actuellement de documents palynologiques que pour le Sahara central, il est infiniment probable que ceci est vrai, à plus forte raison, pour la lisière septentrionale du grand désert. Le problème posé est des plus angoissant : depuis 4 à 5.000 ans, la région méditerranéenne, dans les zones montagneuses du Sahara tout au moins, a reculé de plus de 1.000 km.

Il est facile d'incriminer des modifications climatiques pour expliquer ce phénomène. Certes nous ne les sous-estimons pas, avec la pluviosité saharienne actuelle (entre 50 et 100 mm pour les localités incriminées) une végétation typiquement méditerranéenne non résiduelle est impensable. Mais il n'en reste pas moins que la colonisation

et l'exploitation par les pasteurs et les nomades de tous ces territoires a dû contribuer à ruiner très rapidement une végétation arborescente, certainement à l'extrême limite de ses possibilités de survie.

De tels phénomènes se retrouvent avec presque autant d'acuité au Sahara septentrional : toute la région comprise au Nord de Ghardaïa était encore peuplée, il y a moins d'une centaine d'années, par des colonies plus ou moins disjointes de « Betoum » (*Pistacia atlantica*); c'est là, au début de ce siècle, que le général MARGUERITTE a eu le glorieux privilège de participer à la destruction des dernières Atruches algériennes. Qu'en reste-t-il aujourd'hui ? Quelques taches çà et là, quelques pieds isolés dans les dayas. Les Betoums sont partis alimenter les fours et les chantiers de Ghardaïa et de Laghouat. Et pourtant, il est difficile d'incriminer ici une modification climatique; le Betoum vit encore largement sous une pluviosité de 100 mm, et sa prétendue absence de régénération n'est que la conséquence du pâturage intensif auquel est soumise toute cette région. A l'heure actuelle cet arbre est devenu rare et localisé et au train où vont les choses, il n'est pas douteux que dans une cinquantaine d'années, on comptera les survivants. La steppe désertique où domine *Haloxylon scoparium*, méprisé même par les troupeaux, aura tout envahi.

Il ne faut pas croire que pareilles catastrophes sont l'apanage exclusif des régions sahariennes, la même régression de la végétation s'observe partout en Afrique du Nord, sur les hauts plateaux, comme dans le Tell, dans le Tell comme en montagne.

La steppe d'alfa (*Stipa tenacissima*), qui fut une des grandes richesses de l'Algérie il y a moins de cinquante ans, a été ruinée par une exploitation abusive sur la plus grande partie de sa surface et tout spécialement sur les hauts plateaux oranais et algérois. La mer d'alfa des anciens auteurs n'est plus qu'un souvenir. Seule une exploitation extrêmement prudente et partout contrôlée, peut assurer la survie de ces peuplements dont la régénération par semis spontanés (MARION, 1953) est tellement exceptionnelle qu'elle fut pendant longtemps regardée comme impossible. La steppe d'alfa doit donc être considérée comme une formation végétale fossile qui ne se maintient que par reproduction végétative; sa mise en place, comme semblent le confirmer les cas observés de régénération spontanée qui ont toujours lieu sous abri forestier, date très probablement d'une époque où la forêt de Pins ou de Genévriers couvrait les hauts plateaux Nord-africains.

L'Algérie tellienne, dans le Constantinois tout spécialement, possède encore de magnifiques forêts constituées surtout par les Chênes (*Quercus suber*, *Q. faginea* et *Q. afares*). Dans la zone littorale

humide c'est la forêt caducifoliée qui est climacique, mais elle ne s'est maintenue que dans les zones à faible peuplement humain. Partout ailleurs, elle a cédé le pas au maquis et aux peuplements de Chênes-lièges; et encore bien des futaies d'afarés en particulier, transformées en terrain de parcours et de pacage pour les troupeaux, doivent être considérées comme de véritables forêts fossiles où la strate arborescente est encore en place, mais où toute régénération au sol est rendue impossible; la forêt persistera aussi longtemps seulement que la strate arborescente actuelle restera en place. Les troupeaux ne sont d'ailleurs pas les seuls responsables de la régression de la forêt caducifoliée algérienne; l'administration forestière elle-même, pensant favoriser l'extension du Chêne-liège beaucoup plus rentable du point de vue commercial, a effectué là des coupes sombres à la fin du siècle dernier. Or, comme nous l'écrivions en 1956 : « Cette politique toutefois, ne s'est pas toujours soldée par un succès, car la régénération spontanée du *suber* demeure toujours problématique, d'autant qu'elle reste tributaire d'une mise en défens prolongée et efficace, il faut bien le reconnaître, pratiquement irréalisable en Afrique du Nord. Dans ces conditions, bien des forêts de zéens se sont vues transformées en taillis mixtes pour longtemps dépourvus d'avenir forestier ».

Sur les montagnes Nord-africaines, la forêt essentiellement constituée par divers conifères, marque des signes analogues de régression. Le Cèdre de l'Atlas forme encore certes de belles futaies au Maroc et dans le Constantinois en particulier, mais à la suite d'exploitations excessives, d'incendies criminels et de pacages abusifs, l'étendue de ses peuplements a sans doute diminué de moitié, en Algérie tout au moins, depuis le milieu du siècle dernier. Les cimetières de Cèdres se rencontrent en bien des points de l'Atlas saharien et du haut Atlas. La forêt disparue, le sol se dégrade, la roche apparaît, et la régénération qui devrait être assurée par des semis spontanés est en réalité inversement proportionnelle à l'intensité du pacage, c'est-à-dire nulle dans bien des cas. C'est ainsi que le Cèdre a disparu en particulier du Djebel-Amour <sup>(1)</sup> et n'a été préservé que par l'établissement de parcs nationaux et de réserves forestières en bien des points du territoire algérien.

Le problème est analogue pour le Sapin de Numidie dont les stations du Tababor sont bien souvent pitoyables.

Le Génévrier thurifère enfin constitue la seule essence arborescente végétant encore au-dessus de 2.400 m sur les Atlas où il atteint l'altitude de 3.000 m. Bien que ne constituant pas de véritables forêts,

---

(1) Cf. CLARY (1892) et renseignement confirmé par les autochtones à L. FAUREL.



cet arbre, sur le haut Atlas en particulier, joue un rôle important dans la fixation et la préservation des sols. Sa destruction se solde par le développement des xérophytes épineux en coussinets qui ne font en général que prélude à l'installation d'éboulis mouvants à peu près totalement stériles. Or, pour avoir parcouru pendant quatre étés les sommets du haut Atlas (1957), nous pouvons affirmer que l'état de régression de ses peuplements est extrême, et ce qui est plus grave, certainement récente. EMBERGER, en effet, signale en particulier en 1938 l'excellent état des formations à Thurifères de la haute vallée de l'Ahansal; or, en 1953-1954, nous n'avons plus rencontré dans cette même région que des peuplements extrêmement dégradés constitués à peu près exclusivement par des individus agonisants. Ici encore, les incendies naturels ou criminels, les mutilations inconsidérées sont responsables de cet état de fait.

Ainsi donc, sous l'action conjuguée des modifications climatiques et de l'inconscience humaine, nous assistons à la ruine progressive de toute végétation sylvatique au Sahara et en Afrique du Nord. Ces faits sont extrêmement graves, car à l'allure où sont allées les choses depuis quelques millénaires, l'ou peut se demander ce que sera ce Maghreb dans quelques siècles, si ses habitants ne réalisent pas l'extrême importance de ce cataclysme et ne mettent pas en œuvre tous les moyens dont ils disposent pour sauver ce qui peut encore être préservé. La dégradation et la destruction de la forêt s'accompagnent inévitablement sous le climat méditerranéen de la dégradation et de la destruction des sols, et modifient profondément les conditions de vie. Les sources tarissent, l'évaporation n'est plus régularisée par une couverture arborescente ou au moins arbustive dense, l'humidité atmosphérique s'abaisse et les contrastes climatiques s'accroissent. Même sans imputer une diminution des précipitations, le paysage végétal s'aridifie.

Il n'est pas dans nos intentions de proposer ici des remèdes; mais il faut avant tout que la population réalise la gravité du problème. Seule sa coopération peut rendre efficace l'action des organismes tels que les Services Forestiers et la Défense et la Restauration des Sols dont certaines réalisations forcent déjà l'admiration. Puisse cependant notre cri d'alarme être entendu ! Il est bien évident que l'équilibre précaire qui existait il y a un siècle en Afrique du Nord entre la couverture végétale et la population s'est inexorablement rompu à la suite de la poussée démographique et de la modernisation du pays. Persister dans les traditions ancestrales d'élevage, de culture et d'exploitation forestière inconsidérée revient actuellement à assurer sous peu la ruine du pays.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE.

- CLARY, L. R., Herborisations dans le Djebel Amour (*Bull. Soc. Bot. France*, 1892, p. XLIV-LX).
- EMBERGER, L., Les arbres du Maroc (Larose éd., Paris, 1938, p. 312).
- MARION, J., Objectifs et premiers résultats de l'expérimentation alfatière, notamment au Maroc (*Ann. Rech. forest. au Maroc*, Rapp. annuel, 1952, pp. 51-162).
- PONS, A. et QUÉZEL, P., Premiers résultats de l'analyse palynologique de quelques paléosols sahariens (*C. R. Sc. Acad. Sciences*, t. 243, pp. 1656-1658).
- QUÉZEL, P., Contribution à l'étude de la Flore et de la Végétation du Hoggar (*Mém. Inst. Rech. Sah. Alger*, 1954, p. 164).
- Contribution à l'étude des forêts de chênes à feuilles caduques d'Algérie (*Mém. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, nouvelle série, n° 1, 1956, p. 57).
- Peuplement végétal des hautes montagnes de l'Afrique du Nord (*Encycl. Biogéo.*, Lechevalier, Paris, 1957, p. 463).

# DIE TERRASSENLANDWIRTSCHAFT VON JEMEN

VON

F. CHRISTIANSEN-WENIGER

Ankara, Turkey

Hinter einer Küstenzone von 40 bis 60 km Breite am Roten Meer steigt das Land von Jemen nach Osten zu an. Nach mittleren Höhen bei Taizz und Ibb von 1.200 bis 2.000 m über NN erreicht der eigentliche Hochlandsblock eine durchschnittliche Gipfelhöhe von 3.000 m. Die inneren Hochebenen, zu der die von Sana, der grössten Stadt des Landes gehört, haben Höhen von 2.200 und 2.600 m. Weiter nach Osten kommt der Abfall auf 1.000 bis 1.500 m zur innerarabischen Wüste.

Die westlichen Gebirgshänge sind zum grossen Teil durch die Bauern in einer sich über viele Generationen erstreckenden Arbeit terrassiert worden. Bei der grossen Gesamtfläche, die die Terrassen einnehmen, tritt in Jemen neben die Landwirtschaft in den Küsten- und Hochebenen als selbständige weitere Form die Terrassenlandwirtschaft. Die Terrassen sind sehr sorgfältig und mit grossem fachlichen Können angelegt. Die begrenzenden Mauern oder Wälle folgen den Höhenlinien. Sie verlaufen daher sehr selten gerade, sondern meist in mehr oder weniger geschwungenen Kurven. Am besten sind die Terrassen vom Flugzeug aus zu beobachten, weil man dann von oben auf die Flächen sieht und damit einen guten Eindruck von ihrer Ausdehnung und Form hat. Fliegt man von Hodeida nach Taizz, so kommt man zum Beispiel über eine einzelne Bergkuppe, die sich mehrere 100 m aus der Talsenke erhebt.

Der Berg ist rundherum von der Gipfelfläche bis zur Talsohle terrassiert. Vom Flugzeug aus sieht man den Berg von stufenweise übereinanderliegenden Flächen, den Terrassen, umgeben, deren Begrenzung die Höhenlinien darstellen.

Die Grösse des jeweils gewonnenen Ackers und die Höhe der Terrassenmauer in weniger steilen Lagen des Terrassenwalles, richtet sich nach der Neigung des Geländes. An steileren Hängen ist die Mauer hoch und die Terrasse schmal. Die Terrassierung wird aber auch im Tal fortgesetzt. Hier sind bei geringer Neigung der Felder die Terrassenwälle oft nur knapp einen Meter hoch, aber dafür oft sehr lang. Sie schliessen so eine relativ grosse Fläche ein.

Im Gebiet der Terrassenlandwirtschaft ist jeder Acker in eine Horizontalebene umgewandelt. An der abfallenden Seite sind die Terrassen durch einen etwa 25 cm hohen Erdwall begrenzt. Einerseits können sie so das Wasser auch grösserer Regenfälle aufstauen, andererseits werden Terrassenwälle oder Mauern vor Zerstörung durch abstürzende Wassermassen geschützt. Selbstverständlich werden schwere Wolkenbrüche trotzdem gelegentlich mehr oder weniger grosse Schäden hervorrufen. Diese werden aber augenscheinlich von den Bauern schnell wieder beseitigt. Bei einer Bereisung des Gebietes konnten wir nur einmal an einer höchsten Terrasse eine Zerstörung des Walles auf grösserer Breite feststellen. Terrassiert sind nicht nur die Haupt- sondern auch die Nebentäler. Ist der Einschnitt zu gering oder am Fels kein Boden vorhanden, so sind zumindest gegen Wildbachbildung Quermauern gezogen. Bei kleinen und mittleren Tälern ist die Terrassierung so weit getrieben, dass überhaupt kein entwässernder Bach mehr entstehen kann. Man hat in diesen Fällen keine V-förmig tief eingeschnittenen Täler, sondern solche mit breiter Sohle, die durch die Terrassen landwirtschaftlich voll genutzt werden.

Trotz der primitiven Geräte, die der jeminitische Bauer benutzt — er hat als Hauptgerät den hölzernen Hakenpflug mit Eisenspitze, dazu oft eine primitive Schleppe und ein Planierbrett, das mittels Ketten von den Tieren gezogen wird — sind die Terrassenäcker gut planiert. Die Bestellung wird sorgfältig und sauber ausgeführt, die Bestände werden meist vorbildlich unkrautfrei gehalten. Wo Wasser vorhanden ist, erfolgt eine sorgsame Furchenbewässerung. Steht kein Bewässerungswasser zur Verfügung, so leitet der Bauer das von den nicht bestellten Hängen abfliessende Regenwasser durch Dämme, die er am Hang heraufführt, auf seine Terrassen.

Dass die Terrassenflächen horizontal sind, beweist jeder starke Regen, der vom Boden nicht sofort aufgesogen werden kann. Dann bilden sich über die Terrasse verstreut Überstauungen oder die ganzen Flächen werden zu kleinen Seen. Angesichts der primitiven Geräte, mit denen der Bauer dieses Ziel erreicht, ist es eine bewundernswerte Leistung.

#### **Zusammenfassung.**

Die Terrassenlandwirtschaft in Jemen, die vor allem die mittleren westlichen Höhen umfasst, baut auf einer von vielen Generationen mit grossem Können und hohem Arbeitsaufwand durchgeführten Terrassierung von Hängen und Tälern auf. Die Terrassen reichen oft vom Sattel des Tales oder von der Bergkuppe bis zur Talsohle. Sie gliedern so das Gebiet auch steilster Hänge in Horizontalflächen auf

und nehmen selbst starken Niederschlägen die Möglichkeit zur Boden-erosion. In mittleren und kleineren Tälern wird das Niederschlagswasser so vollkommen aufgefangen, dass sich nicht einmal mehr ein Bach bilden kann. Trotzdem auch in Jemen die Wälder fehlen, ist durch die Terrassierung der Boden vor Erosion vorzüglich geschützt und es ist, so widersinnig es klingt, ein « fruchtbares Gebirge » geschaffen. Auf den Terrassen wird der bekannte Mokka-Kaffee gezogen, wird Obst, Gemüse, Luzerne und manches andere angebaut.

# LE RÔLE DE L'AGRICULTURE SCIENTIFIQUE DANS LA CONSERVATION DE LA NATURE EN RÉGIONS TROPICALES ET ÉQUATORIALES

PAR

M. FERRAND

Conseiller d'Agronomie de l'Institut de Recherches  
pour les Huiles et Oléagineux, Paris

La mise en culture du sol en régions forestières et en régions de savane par les populations autochtones et plus encore par les planteurs européens est souvent considérée à juste titre comme un facteur de dévastation de la nature et de destruction des sols.

Cependant, il ne fait aucun doute que l'exploitation du sol par l'homme pour ses besoins alimentaires comme pour la production de certaines matières premières ne peut que s'accroître avec l'augmentation continue de la population du globe.

Faut-il rappeler ici que la destruction du couvert naturel a, dans beaucoup de cas, non seulement détruit le paysage naturel primitif sur de grandes étendues de la planète, mais a stérilisé en même temps les sols primitivement cultivés. La Chine déboisée presque entièrement dès l'antiquité, a dû réfugier son agriculture dans des vallées étroites et surpeuplées soumises périodiquement soit à des sécheresses catastrophiques, soit à des inondations non moins redoutables (famines et destructions matérielles).

La Grèce, par des déboisements inconsidérés a subi dans beaucoup de ses paysages une érosion qui a desséché et ruiné au cours des siècles une grande partie de ses terres très fertiles avant l'ère chrétienne.

Le « Croissant Fertile » du Proche-Orient a de même été saccagé par la destruction du couvert et par l'abandon d'un système d'irrigation soigneusement établi.

Les phénomènes de la destruction de la fertilité des sols après disparition de ses protections naturelles sont d'autant plus rapides que l'on se rapproche des conditions climatiques excessives des régions tropicales et équatoriales. Le climat perpétuellement chaud et humide active la décomposition de la matière organique, provoque la dégradation des argiles et les phénomènes de latérisation. Les pluies violentes entraînent un lessivage des éléments solubles, base de la

nourriture des plantes, qui sont emportés en profondeur dans les sols légers ou qui sont éliminés par les rivières sur les terrains quelque peu en pente.

L'érosion est proportionnelle à la violence des pluies battantes (à l'équateur, 1.500 à 4.000 mm d'eau par an, sans parler des endroits plus exceptionnels où il pleut beaucoup plus encore). Ces phénomènes inévitables dans une certaine mesure sont multipliés par dix et bien davantage encore s'ils se développent sur des sols privés de protection naturelle : forêts équatoriales ou herbes denses des savanes souvent aussi ombragées d'arbres.

Cependant, si la mise en culture d'étendues importantes en régions de savanes et en régions forestières tropicales et équatoriales sont indispensables à la vie des populations de ces pays et aux besoins de l'homme blanc, il est indiscutable que ce ne sont pas les exportations d'éléments fertilisants résultant des récoltes qui ruinent les sols, mais infiniment plus et avant tout *les méthodes pratiquées pour réaliser ces cultures et la production des denrées nécessaires.*

Les méthodes brutales et extensives utilisées par les européens jusqu'après la première guerre mondiale ont désertifié des étendues très importantes : mauvais choix des situations par l'agriculture, brûlage complet de la végétation naturelle (1.000 tonnes par ha en forêts équatoriales), cultures en « clean weeding », absence des soins nécessaires à l'entretien de la fertilité (couvertures), absence de fumures organiques ou minérales, utilisation des sols jusqu'à épuisement total.

Pour ne citer qu'un exemple, une importante région du Sénégal au Sud de Saint-Louis ne vaut guère plus aujourd'hui que la Mauritanie désertique, alors qu'elle était couverte de forêts il y a cinquante ans.

Quels sont donc les remèdes et comment l'agriculture rationnelle peut-elle concourir à conserver la nature et à en user pour ses besoins avec toute la modération nécessaire ?

1° Il ne faut mettre en culture que les sols qui sont véritablement à vocation agricole, c'est-à-dire ceux qui ont les propriétés biologiques et physico-chimiques qui leur confèrent une fertilité suffisante et durable à la condition d'être bien traités. En zone équatoriale africaine il y a peut-être 3 ou 4 % des sols de la région forestière qui sont dans ce cas. Mais, vu les énormes étendues, ils suffisent aux besoins humains.

Un sol ne devrait plus aujourd'hui être mis en culture sans que les services pédologiques aient déterminé sa valeur agricole.

2° Il faut pratiquer sur ces sols des méthodes de culture intensive pour obtenir la production maximum par hectare et non étendre sans mesure les surfaces cultivées dans de mauvaises conditions.

Ces méthodes visent :

a) à préserver dès le départ le sol des ardeurs du soleil : la couverture naturelle doit être aussi vite que possible remplacée par une couverture artificielle qu'il faut bien entretenir;

b) à conserver et à renouveler la matière organique par des brûlages réduits au strict minimum selon la culture envisagée; pour les arbres à grand écartement les brûlages ne sont plus du tout nécessaires; à la couverture établie artificiellement, il faut joindre des paillages de couverture morte autour des arbres;

c) à entretenir la fertilité minérale par apport régulier d'engrais chimiques;

d) à établir des assolements rationnels dans lesquels interviennent des jachères, dans le cas des cultures annuelles.

3° L'objection économique faite antérieurement à ces systèmes est, par l'expérience actuelle, réduite à néant, car il est aujourd'hui prouvé que toutes ces méthodes sont payantes parce qu'elles augmentent considérablement le rendement des cultures, à condition toutefois :

a) que l'on plante des variétés hautement sélectionnées susceptibles de répondre aux soins et aux fumures trois ou quatre fois plus que les variétés semi-sauvages (cas du Palmier à huile, de l'Hévéa, du Coton, du Maïs, du Riz, etc.);

b) que les cultures soient établies dans les conditions de sol et de climat qui leur conviennent.

Il est donc indispensable pour déterminer scientifiquement les sols à cultiver, pour déterminer les soins les plus économiques et les plus conservateurs des sols à donner aux cultures, pour acclimater et sélectionner les variétés cultivées les mieux adaptées à chaque territoire, que les pays neufs soient tous dotés de stations agronomiques de recherches bien équipées en hommes et en matériel.

Indirectement, ces stations de recherches deviennent ainsi un facteur important de la conservation de la nature.

Les bonnes méthodes de culture donnent plus de bénéfice aux planteurs, n'appauvrissent pas les sols, nécessitent des surfaces beaucoup moins étendues, protègent les pays de tous les types d'érosion et sont ainsi un facteur important de la conservation de la nature.



### Résumé.

On accuse, souvent avec raison, les exploitants agricoles européens et autochtones de compter parmi les facteurs de dévastation de la nature dans les régions intertropicales. Il est indiscutable que l'homme, au cours des siècles, par son action mal dirigée, a désertifié ou endommagé gravement des étendues considérables, particulièrement en Asie et en Afrique. Cependant, ce n'est pas l'indispensable satisfaction de ses besoins alimentaires et industriels qui est en cause dans le phénomène dévastateur, mais les méthodes agricoles désastreuses qu'il utilise sans se soucier de l'avenir.

L'agriculture scientifiquement dirigée peut satisfaire les besoins de l'homme sans être dévastatrice à la condition de ne mettre en culture que les sols à vocation agricole, déterminables par les méthodes pédologiques, à la condition d'utiliser en agriculture toutes les méthodes conservatrices de la fertilité aujourd'hui connues, à la condition aussi de planter uniquement des variétés sélectionnées permettant de produire par unité de surface trois à dix fois plus, selon les cas, que les variétés semi-sauvages encore trop souvent cultivées aujourd'hui.

Des stations de recherches agronomiques, établies dans tous les pays dans le but d'atteindre ces desiderata, peuvent donc être un important facteur de protection de la Nature en même temps qu'un facteur essentiel de progrès économique.

# L'AGRICULTURE CONGOLAISE ET L'ÉCONOMIE DES RESSOURCES NATURELLES

PAR

F. JURION

Directeur Général de l'Institut National pour l'Etude Agronomique du Congo Belge,  
Bruxelles, Belgique

L'agriculture au Congo belge et au Ruanda-Urundi a évolué parallèlement à l'organisation politique et au développement économique et social du pays. On peut reconnaître quatre époques auxquelles correspondent quatre types d'exploitation du sol : l'agriculture coutumière, l'agriculture extensive de rapine, l'agriculture extensive conservatrice et, enfin, l'agriculture intensifiée.

Chacune de ces formes d'économie agricole marque le milieu écologique de son influence propre, qui s'exerce sur le sol, sur la végétation, sur la vie animale.

## **L'agriculture coutumière.**

Bien avant l'arrivée de l'Européen au centre de l'Afrique, et grâce aux échanges intercontinentaux très anciens, l'autochtone avait complété les ressources aléatoires de la cueillette, de la chasse et de la pêche par les produits d'une agriculture rudimentaire.

Les modes d'exploitation relevaient, sur presque toute l'étendue du Congo, de l'agriculture nomade ou « shifting cultivation » qui a été qualifiée, au Congo, de « système bantu ».

Les principes de l'agriculture nomade ont fait l'objet d'une littérature abondante tant à l'étranger qu'au Congo belge (3, 4, 5, 6). Il paraît superflu de les développer ici.

Il suffira de rappeler qu'en forêt, la pratique des cultures mixtes, l'adoption de cycles courts d'utilisation du sol, permettaient un rétablissement du couvert forestier et évitaient la dégradation du sol par épuisement ou érosion. Les processus de recolonisation après culture ont été étudiés par l'I.N.É.A.C. Celui-ci a reconnu les éléments favorables : proximité des lisières, présence de semenciers, de rejets de souches, etc., et défavorables : densité du recrû de manioc, abondance de plantes lianeuses, présence de termitières, etc. (7, 2).

Aux lisières de la forêt dense où, du fait du climat, le dynamisme forestier est moins marqué et où certaines tribus prolongeaient les cycles cultureux, le couvert forestier a progressivement régressé pour

faire place à des formations herbeuses. L'incendie périodique de celles-ci ne laissait plus aucune chance au couvert forestier de se rétablir. Dans ce cas, la dégradation du couvert et du sol vont de pair sans que l'on constate cependant des phénomènes d'érosion. L'agriculteur primitif du Centre africain a, certes, dégradé le milieu naturel par le feu mais sans pousser le mésusage du sol jusqu'au stade qui favorise son érosion par l'eau ou le vent. Ce n'est qu'en cas de pénurie de terres, situation exceptionnelle avant l'époque coloniale, qu'il a dangereusement abusé de ses ressources foncières.

#### **L'agriculture extensive de rapine.**

Après avoir rempli ses devoirs de pacificateur et de protecteur, le pionnier européen se préoccupa de créer des ressources pour le pays et ses habitants. Les cultures de subsistance furent étendues et des plantes industrielles introduites, avec succès d'ailleurs. Cette politique, insuffisamment étayée par la connaissance du milieu écologique, aboutit à un élargissement considérable des surfaces cultivées. En forêt, les abattages s'étendirent de façon désordonnée sans qu'on se préoccupât du devenir du sol dont l'usage n'était pas réglementé. L'incinération poussée des abattis, l'abandon des cultures mixtes, les sarclages soignés imposés par les cultures industrielles, l'allongement des cycles culturaux et la réduction des périodes de jachères constituaient autant de facteurs qui précipitaient la dégradation de sols de fertilité très labile. Le rendement des cultures régressait en même temps et, lorsque le champ était abandonné, un maigre recrû forestier s'installait s'il ne faisait place à des formations herbeuses évoluant vers la savane sous l'action du feu.

Dans les régions densément occupées, à relief plus accentué, la dégradation trop poussée du sol pouvait favoriser son érosion.

Ce type d'agriculture restait réellement nomade mais il avait perdu les avantages de la forme primitive. C'est pourquoi il a été qualifié d'« agriculture de rapine ». Le cultivateur prospérait momentanément au détriment du capital sol-végétation.

#### **L'agriculture extensive conservatrice.**

Dès 1908, le Gouvernement du Congo belge avait installé un réseau de stations expérimentales. Celles-ci, en ordre principal, s'étaient préoccupées de l'acclimatation et de l'introduction de cultures nouvelles et ce n'est qu'en 1933, lors de la reprise de ces stations par l'Institut National pour l'Étude Agronomique au Congo belge (I.N.É.A.C.) que la mise au point des méthodes culturales fut inscrite à leur programme.

Il fut rapidement démontré que les cycles cultureux prolongés, même interrompus par des courtes périodes de repos, entraînaient une chute progressive des rendements. C'est ainsi qu'à Yangambi, les rendements relatifs du riz passèrent de 100 à l'ouverture à 20 à la quatrième culture et qu'à Bambesa (8) le rendement des cotonniers tomba, en six années, de 1.032 kg à 231 kg de coton graines à l'hectare.

Entre-temps, les systèmes cultureux coutumiers avaient été étudiés et, dès 1939, les principes d'une agriculture conservatrice avaient pu être dégagés (4, 5). On reconnaissait la nécessité de cycles cultureux courts alternant avec des périodes de repos sous couvert naturel, toujours longues, mais variables suivant la fertilité des sols. Ces principes présidèrent à l'instauration du système de la « culture en couloirs » pour les zones forestières et de la « culture en bandes » pour les régions de savanes. En réalité, dans cette première phase on s'est limité à rationaliser les systèmes coutumiers et à stabiliser la population rurale. Les surfaces dévolues à chaque agriculteur ont été déterminées en fonction des terres disponibles et de leur degré de fertilité. En l'absence de données expérimentales précises, il fallait s'assurer d'une marge de sécurité suffisante pour éviter des mécomptes pour l'avenir.

En même temps que les services gouvernementaux lançaient l'organisation rurale sur ces bases, l'I.N.É.A.C. mettait sur pied des expériences à très longs termes en vue d'abord de confirmer la valeur de la méthode mais surtout pour préciser, dans chaque milieu écologique, la durée du cycle de cultures le plus approprié, le temps de repos sous jachère naturelle ou sous couvert artificiel et la manière de traiter celui-ci.

Il sortirait du cadre de cette note introductive de rapporter tous les résultats acquis et force est de se limiter aux conclusions déjà dégagées de quelques expériences et de les étayer par des données chiffrées relatives au rendement d'une des cultures.

Une expérience menée à Bambesa (1), en forêt, sur latosol fertile comporte les objets suivants :

a) Cycles cultureux de 3, 4 et 6 années dans lesquels interviennent, en succession variable, des plantes telles que le maïs, le cotonnier, l'arachide, le manioc et le bananier;

b) Périodes de repos de 3 à 5 ans sous culture de *Pennisetum purpureum* ou sous jachère naturelle forestière de durée moyenne (7 ans) ou longue (13 ans).

L'évolution de la fertilité du sol en fonction des traitements peut être appréciée par la variation des rendements du cotonnier chiffrée aux tableaux I et II.

TABLEAU I.

**Rendement du cotonnier en fonction des traitements appliqués depuis le premier défrichement.**

Cycle cultural	Type de jachère ou de culture améliorante entre chaque cycle	Rendement en coton-graines				
		Premier cycle kg/ha	Deuxième cycle		Troisième cycle	
			kg/ha	(% du premier cycle)	kg/ha	(% du premier cycle)
3 ans	Trois ans de <i>Pennisetum</i> recépé .	758	767	<b>101</b>	584	77
	Trois ans de <i>Pennisetum</i> non recépé . . . . .	881	739	84	630	72
	Cinq ans de <i>Pennisetum</i> non recépé . . . . .	762	616	81	—	—
	Recrû forestier de 7 ans . . . . .	671	712	106	—	—
	Moyenne . . . . .	768	709	93	—	—

L'analyse de ces tableaux montre qu'une période de repos sous couvert non exploité de *Pennisetum* de 3 à 5 ans est insuffisante pour rétablir la fertilité initiale même si cette période de repos alterne avec un cycle court d'utilisation. Les productions enregistrées au troisième cycle (tableau I) sont inférieures de  $\pm 25$  % à celles du premier cycle cultural. Si la durée d'exploitation du sol est prolongée jusqu'à 4 ans et 6 ans, la dégradation de la terre est accentuée et l'influence régénératrice d'une courte période de repos sous *Pennisetum* est encore réduite. Dans les conditions du milieu étudié, et pour les objets à *Pennisetum* considérés, on peut conclure que, sans apport extérieur, la fertilité ne peut être maintenue.

Par contre, la jachère naturelle de durée moyenne (7 ans) pour autant qu'elle succède à un cycle cultural court, paraît, dans l'expérience relatée, suffire pour rétablir la fertilité. Toutefois, lorsque la

TABLEAU II.

Rendement du cotonnier en fonction des traitements appliqués.

Cycles culturaux	Type de jachère ou de culture améliorante entre les cycles culturaux	Rendement en coton-graines							
		Premier cycle				Deuxième cycle			
		Quatrième année		Première année		Première année		Deuxième année	
		kg/ha	% de la 1 <sup>re</sup> année du 1 <sup>er</sup> cycle	kg/ha	% de la 1 <sup>re</sup> année du 1 <sup>er</sup> cycle	kg/ha	% de la 1 <sup>re</sup> année du 1 <sup>er</sup> cycle	kg/ha	% de la 1 <sup>re</sup> année du 1 <sup>er</sup> cycle
4 ans	Trois ans de <i>Pennisetum</i> recépé . . . . .	988	88	844	85	691	70		
	Trois ans de <i>Pennisetum</i> non recépé . . . . .	929	90	768	83	533	57		
	Cinq ans de <i>Pennisetum</i> non recépé . . . . .	949	77	675	71	523	55		
	Recrû forestier de sept ans . . . . .	976	92	750	77	—	—		
6 ans	Trois ans de <i>Pennisetum</i> recépé . . . . .	837	99	877	105	598	71		
	Trois ans de <i>Pennisetum</i> non recépé . . . . .	940	85	793	84	559	59		
	Cinq ans de <i>Pennisetum</i> non recépé . . . . .	850	70	537	63	638	43		
	Recrû forestier de sept ans . . . . .	822	94	514	63	—	—		
	Moyenne . . . . .	911	87	720	79	545	60		

durée continue d'exploitation du sol est prolongée (4 ans et 6 ans), la jachère forestière de durée moyenne est manifestement insuffisante. Dans ce cas, l'inventaire périodique de la végétation fait ressortir l'envahissement du terrain par les graminées : la recolonisation est beaucoup plus lente qu'après un cycle cultural court. Ces premières données expérimentales, bien qu'incomplètes, confirment nettement la nécessité de recourir à un système agricole en équilibre avec le milieu, système qui, en agriculture extensive conservatrice, implique un cycle cultural court et une jachère naturelle forestière de durée appropriée.

Pour les savanes, qui le plus souvent constituent des formations déjà dégradées, les mêmes principes agronomiques sont d'application mais, dans ce cas, il faut en plus protéger la végétation contre le feu périodique pour assurer l'efficacité de la période de repos. Il est d'ailleurs démontré au Congo belge que la mise en défens des savanes guinéennes permet toujours la réinstallation du couvert forestier dense, en un temps variable suivant les types de sol. L'incendie répété au contraire réduit le potentiel productif du sol comme le démontrent les quelques résultats enregistrés à la station de Gandajika (8) dans un essai comparant l'effet de la protection contre le feu et celui de l'incinération régulière de la savane :

TABLEAU III.  
(Rendements en kg/ha.)

	1954	1955	
	Coton-graines	Maïs en grains secs	Coton-graines
Après trois ans de jachère incinérée régulièrement . . . . .	545	800	556
Après trois ans de jachère protégée du feu . . . . .	748	1.150	690

Dans les formations herbeuses, il ne suffit donc pas d'équilibrer les périodes de cultures et de jachères, mais il importe surtout de protéger ces dernières du feu. C'est une précaution dont certains agriculteurs congolais ont déjà compris l'intérêt. Dans plusieurs régions, les jachères herbeuses sont abritées à 80 % au profit des cultures et du sol, dont on évite l'épuisement progressif ou l'érosion.

Ces quelques principes simples sont à la base de toute l'organisation paysannale au Congo belge et leur valeur n'est plus contestée pour autant que leur application se fasse avec souplesse et bon sens. Il faut, en effet, tenir compte du degré d'évolution de la population rurale, de ses coutumes, de la topographie de la région, de la valeur des sols qui sont autant d'éléments variables qu'il faut d'abord connaître avant d'adopter les règles d'application propres à un terroir déterminé.

### **L'agriculture intensifiée.**

Les systèmes cultureux décrits, même sous leur forme la plus conservatrice au point de vue du sol, n'en restent pas moins des systèmes primitifs. Ils mobilisent d'énormes superficies en regard des surfaces emblavées qui ne sont que de 1/6 à 1/4 des lots attribués au paysan. L'abattage annuel de la forêt ou le défrichement de la savane constituent une lourde charge. En forêt, le recours à la mécanisation est pratiquement exclu et tout le travail reste manuel. L'association logique de l'élevage à la culture est compliquée. La diversité des spéculations rémunératrices est difficile à concilier. Ce sont autant d'entraves à la promotion du paysan astreint à des travaux pénibles pour un revenu modique.

Le stade actuel n'est donc qu'un palier intermédiaire qui doit être dépassé aussi rapidement que possible. Les moyens à mettre en œuvre sont, par ordre de priorité :

- la prospection des terroirs, en vue de leur spécialisation,
- les fumures minérale et organique,
- la lutte contre les parasites,
- la mécanisation de certaines opérations culturales,
- le développement de l'élevage et son intégration dans le système cultural.

Le but poursuivi est de tirer le profit maximum des surfaces cultivées, d'allonger le cycle cultural par les fumures, de réduire la durée de la période de repos et même de remplacer progressivement la jachère par des cultures améliorantes plus facilement mécanisables qui pourraient en même temps assurer l'alimentation du bétail. La combinaison de ces moyens, pour autant qu'ils demeurent économiques, doit avoir un effet encore inestimable tant pour la protection des ressources naturelles que pour la promotion du paysan noir. L'effort physique actuellement requis, sera sensiblement réduit et le revenu par jour de travail largement accru. D'autre part, les surfaces libérées seront mises en réserve, soit pour l'extension ultérieure des cultures, soit pour



absorber l'accroissement de la population ou pour des productions nouvelles animales ou forestières.

De très nombreuses expériences ont été réalisées par l'I.N.É.A.C. pour étudier les différents points cités. Des résultats appréciables ont déjà été enregistrés dont l'agriculture indigène commence à profiter.

Il n'est pas possible de développer ici les progrès déjà réalisés dans cette voie, mais on donnera toutefois pour terminer les résultats d'un essai théorique (8) qui permet d'apprécier l'efficacité de quelques-uns des nouveaux moyens mis en œuvre. L'essai rapporté compare les effets de deux modes de culture, l'un abusif (sarclage intégral), l'autre conservateur (paillis) et fait aussi ressortir l'influence de la fumure minérale sur la fertilité du sol.

TABLEAU IV.

Essai théorique de protection du sol.  
Rendements des cotonniers en kg/ha de coton-graines.

Année	Sarclage intégral		Paillage du sol	
	non fumé	avec fumure minérale à partir de 1953	non fumé	avec fumure minérale à partir de 1953
1947-1948. . . . .	1.032	—	1.127	—
1948-1949 . . . . .	1.067	—	1.332	—
1949-1950. . . . .	849	—	1.488	—
1950-1951. . . . .	506	—	1.262	—
1951-1952 . . . . .	358	—	1.318	—
1952-1953. . . . .	231	—	893	—
1953-1954 (1) . . . . .	200	440	1.117	1.434
1954-1955 (2) . . . . .	204	667	1.398	1.843
1955-1956 (3) . . . . .	186	797	1.464	1.977
1956-1957 (4) . . . . .	124	706	986	1.344

(1) Année normale.

(2) Année favorable.

(3) Année favorable.

(4) Année défavorable.

Pendant les six premières années, on constate que la culture continue avec sarclage intégral, n'est rentable que pendant les trois années initiales et que, par après, la productivité régresse par suite de l'épuisement et de l'érosion du sol en surface. Par contre, pendant la même période, le paillage maintient la fertilité et même l'améliore. Cet apport extérieur garantit la conservation des propriétés physiques et chimiques du sol, assure aux plantes un bilan hydrique favorable et protège la terre des effets nocifs du soleil et de l'érosion.

Toutefois, lorsque les traitements primaires sont combinés avec la fumure minérale (les quatre dernières années), le niveau de fertilité s'accroît dans les deux cas, mais de façon plus sensible dans le sol utilisé de façon abusive antérieurement.

Les voies à suivre sont ainsi dégagées et il appartient aux agronomes de rechercher les combinaisons des facteurs d'intensification les plus rentables.

Il est toutefois patent que l'intensification de l'agriculture des pays tropicaux sous-développés implique la culture d'une ou plusieurs plantes dont les produits trouvent un marché largement ouvert à des prix rémunérateurs. Dans le cas où seule l'agriculture de subsistance peut être pratiquée, la forme extensive conservatrice est la solution imposée mais elle nécessite de vastes espaces. Si la pression démographique ne permet plus de maintenir l'équilibre entre les cultures et les jachères, il faut envisager des glissements de populations avec tous les inconvénients que cela présente. Si les déplacements sont impossibles, la conservation des ressources naturelles devient un problème techniquement et économiquement insoluble.

## BIBLIOGRAPHIE.

1. Du BOIS, H., Types d'assolement en culture extensive de la zone cotonnière Nord (*Bulletin d'Information de l'I.N.É.A.C.*, vol. VI, n° 4, 1957).
2. Du BOIS, H. et LECOMTE, M., Note sur la conservation des sols et la régénération forestière à la station et dans le paysannat de Bambesa (*Conférence africaine des Sols*, Goma, 1949, Communication n° 127).
3. JURION, F., Conférence inaugurale du V<sup>e</sup> Congrès international de la Science du Sol (Léopoldville, 1954).
4. — La culture indigène et l'expérimentation culturale (*Bulletin Agricole du Congo belge*, vol. XXXII, n° 4, 1941).
5. LEBRUN, J., Les forêts congolaises et les méthodes culturales indigènes (Journées d'agronomie coloniale, 1933).
6. TONDEUR, G., L'agriculture nomade au Congo belge, 1957 (Publication de la Direction de l'Agriculture et des Forêts, Ministère des Colonies).
7. Systèmes culturaux applicables à la production de plantes annuelles en zone équatoriale congolaise (Commission I.N.É.A.C. pour l'étude de la jachère. *Conférence africaine des Sols*, Goma, 1949, Communication n° 146).
8. Rapports annuels de l'I.N.É.A.C.

### Résumé.

L'auteur distingue quatre époques dans l'évolution générale du Congo belge auxquelles correspondent quatre formes d'agriculture :

- L'agriculture nomade;
- L'agriculture extensive de rapine;
- L'agriculture extensive conservatrice;
- L'agriculture intensifiée.

Il rappelle succinctement les caractéristiques des deux premières formes et dégage leurs incidences sur la conservation des ressources naturelles.

La nécessité d'un équilibre entre les périodes de culture et de repos est ensuite développée et des résultats expérimentaux relatifs à la culture extensive conservatrice sont donnés. Ceux-ci confirment la valeur de la thèse émise.

Toutefois, cette troisième forme d'agriculture ne peut être considérée que comme un palier nécessaire pour concilier momentanément la production et la conservation des ressources naturelles. Partout où la chose est économiquement réalisable, elle doit progressivement évoluer vers la forme d'agriculture intensifiée qui permettra l'exploitation prolongée du sol, la réduction des périodes de repos et la mise en réserve des surfaces libérées ou leur affectation à d'autres utilisations.

# LES TAILLIS SARTÉS DE L'ARDENNE

PAR

A. NOIRFALISE & A. THILL

Centre de Cartographie Phytosociologique, Bruxelles, Belgique

L'essartage a longtemps représenté une des constantes de la vie rurale ardennaise et il a survécu, en divers endroits, jusqu'au début du XX<sup>e</sup> siècle. Il a permis à des populations croissantes de subsister sur des terres pauvres, en tirant parti de la forêt par des cultures sur brûlis. Cette pratique est déjà citée dès 1265; elle est décrite avec précision dans les textes du XVII<sup>e</sup> siècle et dans les mémoires annexés à la carte de FERRARIS (1770-1778). En 1863, le botaniste belge CRÉPIN en donne encore une relation très vivante. C'est d'après ces sources et d'après divers témoignages oraux que nous décrivons ce que fut l'essartage des taillis de l'Ardenne, avant d'envisager ses conséquences écologiques.

## 1. Modalités de l'essartage en Ardenne.

Dans sa forme originale, l'essartage fut associé au régime du taillis simple à courtes révolutions. Il se pratiquait dans les forêts communales, concédées au cours des temps à l'usage des villageois. Ces forêts étaient exploitées pour la production de bois de feu et d'écorces de tannerie. On essartait après la coupe à blanc étoc, qui se faisait à des intervalles variables selon les lieux et la fertilité des sols. En Haute-Ardenne, on cite des intervalles de 25 à 30 ans et même davantage en Moyenne- et Basse-Ardenne, où les sols sont souvent meilleurs, l'intervalle était de 18 à 25 ans, quelquefois moins. Ainsi, dans le pays de Bouillon, un prescrit de 1543 fixe à 16 ans la révolution des taillis sartés (G. HOYOIS, 1949).

Après la coupe, on procédait à l'écobuage. Dans le courant du mois d'août, la couverture vivante du sol (graminées, vacciniées, mousses, etc.) était arrachée au moyen d'une houe à large lame et, après séchage, rassemblée en petites meules d'environ 1 m auxquelles on incorporait des feuilles mortes et des brindilles de bois laissées sur la coupe. Après incinération, les cendres et la terre calcinée étaient répandues entre les souches, le seigle était aussitôt semé et le sol travaillé superficiellement (cherbottage).

L'été suivant, le seigle donnait une bonne récolte, souvent supérieure à celle des terres de culture. Les documents d'époque citent 22 hl de grain et 35 quintaux de paille à l'hectare sur les meilleurs sols, 15 hl et 28 quintaux sur les sols moins fertiles ou épuisés par des sarriages trop fréquents.

On ne procédait généralement qu'à cette seule culture. Dans certaines contrées, au XVIII<sup>e</sup> siècle, d'après les Mémoires de FERRARIS, elle était suivie d'une seconde (sarrasin ou avoine) et quelquefois même d'une troisième, selon les besoins locaux et l'âge des taillis exploités.

A la culture céréalière succédait la jachère à genêt (*Sarothamnus scoparius*). Ce dernier levait en masse et spontanément dans les taillis régulièrement sartés, dont le sol conservait, d'un cycle cultural à l'autre, un stock grainier suffisant. Sa germination, favorisée par le feu, avait déjà lieu dans les seigles. Dans les taillis nouvellement essartés, tout comme dans les endroits peu favorables à sa repousse (sols superficiels et pierreux, sols trop acides) le genêt était semé à la volée. Il a donc fait l'objet d'une culture systématique, attestée par de nombreux témoignages.

La sarothamnaie était généralement coupée après 3 à 4 ans, quand elle atteignait environ 1<sup>m</sup>50 de hauteur. Sa récolte était très appréciée : le genêt servait de litière pour l'étable, d'allume-feu et de matériau de protection pour les cloisons, les murs en torchis et les meules. On effectuait, le cas échéant, une seconde récolte, quand le genêt n'avait pas été complètement étouffé par la repousse du taillis.

La jachère à genêt semble avoir été pratiquée d'une manière régulière et générale, dans la plupart des taillis sartés, tout au moins aux alentours des villages. Le genêt est une légumineuse spontanée en Ardenne et particulièrement bien adaptée aux sols acides; elle a certainement contribué à conserver la fertilité des sols forestiers : d'une part, elle fixe l'azote libre de l'air dans ses nodosités radiculaires; en outre, grâce à la densité de son recru et à la vitesse de sa croissance, elle était capable d'absorber et de fixer rapidement les éléments nutritifs libérés par l'incinération de la végétation naturelle et de s'opposer, de la sorte, à leur lessivage par les pluies. Enfin, bien qu'elle se développe en fourrés denses, ceux-ci laissent filtrer assez de lumière (les rameaux sont pratiquement aphyllés) pour permettre la reconstitution d'un tapis herbacé de mousses et de graminées et la repousse des cépées du taillis.

Les forêts réservées (haute futaie) n'étaient essartées qu'exceptionnellement, à l'occasion d'une coupe à blanc. Dans ce cas, on ne procédait pas à l'écobuage; les brindilles et les branches sèches étaient

éparpillées sur le sol et brûlées à feu courant; on ne tirait qu'une seule récolte de seigle; l'essartage était plutôt, dans ce cas, une opération de nettoyage en vue de la replantation.

## 2. Abus et dégénérescence du système.

La description que nous venons de donner est celle d'un système agro-sylvicole relativement équilibré et conservateur dans son principe. Mais il souffrit de nombreuses dérogations et, sous la pression démographique, finit par tomber dans l'abus. Dès le XVII<sup>e</sup> siècle, de nombreux rapports font allusion à l'extension croissante et au dépérissement des taillis sartés. Les souches s'épuisent par vieillissement et les peuplements s'éclaircissent; on raccourcit l'intervalle des coupes et on néglige la jachère à genêt, là où elle ne s'installe pas spontanément; on s'efforce de tirer, à chaque coupe, deux et même trois récoltes au lieu d'une; enfin, les jeunes taillis sont livrés, après l'essartage, au pâturage du bétail et, s'ils sont momentanément interdits, c'est principalement dans le but de sauvegarder la récolte de genêts. De plus en plus, aussi, les communautés rurales empiètent sur la lisière des forêts réservées et des futaies sont livrées au pâturage et à l'essartage périodique. Les forêts communales s'épuisent et disparaissent. Au XVIII<sup>e</sup> siècle, on manque de bois de feu dans certaines localités et la production d'écorce de chêne est devenue déficitaire dans beaucoup de cantons. Dans certains essarts, on laisse vieillir la sarothamnaie jusqu'à 9 ou 10 ans pour en tirer du bois de chauffage; les genêts ont alors 3 m de haut et dépassent parfois 25 cm de circonférence à la base : c'est un fourré arbustif préjudiciable à la repousse du taillis et au développement des brins ligneux issus de semis naturel.

La carte des Pays-Bas, levée par FERRARIS, vers 1775, traduit les résultats de cette évolution. Beaucoup de localités sont entourées de maigres taillis largement clairières et de terres incultes parsemées de buissons, de peuplements de genêts, de fougeraies à *Pteris aquilina* et de plages de Callune, qu'on continue de pâturer et d'essarter par écobuage tous les 10, 20, 30 ou 40 ans. Ce sont les « terres à sarts », les « pâtures-sarts » et les « landes-sarts » des vieilles cartes, qui représentent le stade ultime de régression de beaucoup de forêts communales.

Cette situation fut à l'origine des nombreux conflits qui, durant les XVII<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècles, opposèrent les pouvoirs publics aux communautés rurales. On s'efforça par des règlements de cantonner le droit de sartage et l'on imposa, au surplus, des mesures de sauvegarde, telle que l'obligation de regarnir les taillis ruinés (ces

regarnissages se firent quelquefois au moyen du chêne pédonculé) et l'interdiction d'y faire pâturer le bétail. Ces tentatives allaient trop à l'encontre des besoins croissants de la population : elles n'eurent que des effets limités.

Ce n'est qu'à partir de la seconde moitié du XIX<sup>e</sup> siècle, que l'essartage commence à tomber de lui-même en désuétude, notamment dans l'Ardenne septentrionale, plus directement touchée par le développement industriel et l'exode rural. Mais on essarte encore fréquemment en Ardenne centrale et occidentale, au début du XX<sup>e</sup> siècle. La pratique disparaît après 1918 pour revivre localement, pendant la guerre 1940-1945.

Les anciens taillis sartés sont encore actuellement exploités en taillis simple ou transformés par griffage en taillis sous futaies ou en jeunes futaies de chêne. Les plus dégradés ont été regarnis par plantation de feuillus ou de résineux (chêne, hêtre, pin, épicéa). Les landes-sarts et les pâtures-sarts elles-mêmes, qui n'ont pas été incorporées au domaine agricole, ont été reboisées en épicéa et portent des pessières de première génération.

### 3. Conséquences écologiques de l'essartage.

On a fréquemment insisté, dans le passé, sur la dégradation des taillis sartés et l'épuisement des réserves forestières de l'Ardenne. Mais les écrits ne distinguent pas ce qui, dans cet état de choses, découle de l'essartage ou du pâturage et de leurs abus respectifs, tant ces pratiques furent intimement associées. Les contemporains infèrent aussi de la dégradation des taillis — conséquence directe du vieillissement des souches et du broutage des bêtes — que le sol s'est épuisé et que sa fertilité est compromise. Pour pouvoir juger de ces questions, il convient de comparer les vieilles futaies d'Ardenne avec les anciens taillis sartés et leurs stades de régression, induits par les abus de toutes sortes.

#### 1. Effets sur la composition des forêts.

Les taillis sartés sont des formes de substitution de la forêt primaire, dont l'image survit dans les grandes futaies domaniales de l'Ardenne. Ces vieilles futaies, soustraites de tout temps à l'usage des communautés rurales ont, elles aussi, payé un lourd tribut à la métallurgie ardennaise qui en tira, jadis, d'énormes quantités de charbon de bois, au prix d'une exploitation souvent excessive. Mises en repos au début du XIX<sup>e</sup> siècle, elles se sont reconstituées spontanément. Ce sont partout des hêtraies mélangées, à chêne sessile et érable sycomore, avec sous-bois de *Luzula nemorosa* sur les plateaux

schisto-gréseux, de *Festuca silvatica* dans les grands versants ombragés et de *Vaccinium myrtillus* sur les plateaux grésio-quartziteux et dans les versants secs et ensoleillés.

Les anciens taillis sartés, par contre, sont partout des chênaies de chêne sessile, où l'on ne trouve que très rarement de vieilles cépées de hêtre. Dans le sous-bois, les espèces inféodées à la hêtraie sont remplacées par des espèces plus héliophiles, telles que *Deschampsia flexuosa*, *Vaccinium myrtillus*, *Pteris aquilina*, *Holcus mollis*, *Anthoxanthum odoratum*, *Rhytidiadelphus triquetrus*, *Dicranum scoparium*, etc. (flore du *Quercion*).

La composition des anciens taillis sartés diffère elle-même selon que l'essartage est abandonné de longue date ou qu'il a persisté jusqu'au seuil du XX<sup>e</sup> siècle. Dans ce dernier cas, les graminées sont plus abondantes, de même que les mousses : *Deschampsia flexuosa* domine sur les sols superficiels, *Holcus mollis*, *Anthoxanthum odoratum* et *Agrostis vulgaris* sur les sols plus profonds; d'autre part, *Vaccinium myrtillus* et *Polytrichum formosum* sont nettement représentées. Enfin, dans les taillis encore récemment sartés, le coudrier est généralement plus fréquent qu'ailleurs et il semble bien que la même remarque puisse s'étendre au pommier sauvage (*Malus acerba*). Mais c'est surtout le genêt, *Sarothamnus scoparius*, qui constitue le meilleur indice des essarts récents. Le genêt ne pousse pas dans la hêtraie naturelle, même sur les coupes à blanc (c'est alors le sureau à grappes, le framboisier et la digitale qui se développent). Par contre, il existe dans les taillis encore récemment sartés et peut s'y développer en fourrés plus ou moins denses à l'occasion des coupes. Certaines observations montrent, toutefois, que le genêt se raréfie avec le temps et l'allongement des révolutions, ce qui traduit un épuisement progressif du stock grainier du sol. Au demeurant, la survivance du genêt dans les anciens taillis sartés dépend aussi de la nature du sol : cette espèce affectionne visiblement les sols profonds et c'est là qu'elle réapparaît le plus volontiers lors des coupes.

Des levées massives de genêt s'observent aussi dans les coupes à blanc des pessières installées sur d'anciens taillis sartés, d'anciennes pâtures-sarts ou d'anciennes terres cultivées, surtout si l'aire de la coupe est parcourue par le feu. Ces peuplements de genêts, laissés à eux-mêmes, dégénèrent à partir de la quinzième année et sont envahis par des semis épars de bouleau, de sorbier et de chêne.

## 2. Effets sur la productivité des forêts.

Liée au taillis à courtes révolutions, la pratique de l'essartage s'opposait à toute production de bois d'œuvre; encore aujourd'hui,



les anciens taillis sartés n'ont souvent qu'une réserve maigre ou nulle de gros bois et sont à ce point dévalorisés que leur conversion en futaie par griffage ou leur enrésinement se poursuivent d'année en année. Le taillis sarté a définitivement perdu la fonction économique et sociale qu'il joua durant des siècles : celle de fournir le bois de chauffage, les écorces de tannerie et des appoints de céréales. Il serait injuste de ne le juger qu'en fonction de sa valeur actuelle, devenue quasi nulle dans l'Ardenne contemporaine.

Si la valeur économique des taillis est si fortement dépréciée, c'est en raison des nouvelles exigences du marché et non pas par un manque de productivité physique. Il semble en effet que, dans sa forme équilibrée, associée à la jachère à genêt, le taillis sarté n'ait pas perdu grand chose de sa fertilité primitive. La croissance du chêne n'y paraît pas déficitaire, eu égard aux qualités de chaque station, et la même remarque peut s'étendre au pin comme à l'épicéa qu'on y a introduit. Ce n'est que dans les taillis fortement dégradés jusqu'au stade de la lande (généralement par excès de pâturage) que la croissance de ces essences s'est révélée moins favorable.

Il n'en est pas de même, cependant, pour le hêtre. Les peuplements créés au moyen de cette essence sur d'anciens taillis sartés ou pâtures-sarts et davantage encore sur les landes-sarts, sont souvent de croissance mauvaise; ils produisent un humus acide du type mor; la flore du Fagetum s'y reconstitue difficilement et la régénération naturelle du hêtre est malaisée à obtenir.

### 3. Effets sur les qualités du sol.

Il n'existe guère de différences d'ordre pédologique entre les hêtraies naturelles et les taillis de chêne sessile où l'essartage est abandonné de longue date. Les humus y sont sensiblement du même type; la décomposition des litières est un peu moins rapide sous la hêtraie (où l'ombrage est plus prononcé) mais l'humus y est de qualité un peu meilleure (rapport C/N moins élevé). Il est probable que l'abondance de la myrtille dans les vieux taillis, tout comme les différences microclimatiques et un tassement plus marqué du sol, suffisent à expliquer ces faits. L'essartage, dans la mesure où il fut soucieux de conserver l'ambiance forestière, ne semble pas avoir exercé d'action dégradante ni podsolisante, comme c'est, par exemple, le cas pour la lande. Ces conclusions s'expliquent fort bien si l'on tient compte de la nature des sols ardennais; d'origine silicatée, ces sols ont un niveau de fertilité très bas; d'autre part ils sont généralement peu altérés et riches en squelette, ce qui leur confère une incontestable stabilité. Ce n'est que dans les sols mieux altérés, comme il en existe

sur certains plateaux, que les anciens taillis sartés marquent des signes de fatigue pédologique, avec formation de mor. Ces chênaies sont souvent envahies par la molinie et la callune n'y est pas rare.

Les taillis sartés jusqu'au seuil du XX<sup>e</sup> siècle (tels qu'il en existe encore beaucoup en Ardenne centrale ou occidentale) présentent des caractéristiques pédologiques assez différentes. La réaction du sol dans les horizons superficiels est légèrement supérieure à celle des vieux taillis ou des futaies de hêtre; le sol y est plus meuble en surface, l'humification plus rapide et meilleure pour la fane du chêne et de ses compagnes; il n'est pas rare de trouver, dans la flore, des espèces réputées plus exigeantes comme *Viola riviniana* et *Polygonatum multiflorum*. Enfin la croissance du chêne ne laisse nullement à désirer.

Il semble donc que le régime du taillis sarté, pour autant qu'il n'ait pas été impliqué dans les multiples abus qui l'ont si souvent accompagnés, n'ait pas grevé la fertilité et la productivité des sols ardennais pour ce qui concerne les essences naturelles du taillis (chêne). Mais il a certainement modifié certaines propriétés biologiques des sols, celles-là même dont la conservation paraît liée au maintien de la forêt climax.

#### Résumé.

L'essartage des taillis de chêne a été pratiqué, dans les forêts communales de l'Ardenne, jusqu'au début du XX<sup>e</sup> siècle. Il s'effectuait par écobuage et se répétait tous les 20 ans en moyenne; il était habituellement suivi d'une jachère à genêt (*Sarothamnus scoparius*), recoupée après 3 ou 4 ans.

Dans sa forme traditionnelle et conservatrice, il semble bien que l'essartage n'a pas diminué la fertilité des sols forestiers de l'Ardenne; dans les anciens taillis sartés, les caractéristiques pédologiques ne diffèrent guère de celles qui prévalent encore dans les vieilles hêtraies du pays qui en représentent la forêt primitive; la croissance du chêne et des réserves n'y est pas déficitaire, par contre la hêtraie s'y reconstitue difficilement et s'y régénère fort mal.

Il en fut autrement quand les taillis sartés furent livrés au pâturage du bétail, pratique qui se généralisa à partir du XVII<sup>e</sup> siècle. Ils se dégradèrent progressivement jusqu'au stade de la lande, elle-même essartée et pâturée; ce sont les landes-sarts et les pâturages-sarts si largement répandus autour des localités à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle (carte de FERRARIS) et qui ont été, pour une grande part, reboisées en épicéas dans les cinquante dernières années.

# SOCIO-ECONOMIC ASPECTS OF SOIL CONSERVATION AND FERTILITY MAINTENANCE

BY

G. V. JACKS

Director, Commonwealth Bureau of Soils,  
Harpenden, England

One characteristic which distinguishes the human race from all other living species is its quite exceptional capacity for both creating and destroying soil fertility. Ecologically, man behaves as half animal, half vegetable — as animal in that, as an individual, he can move about from place to place and so exerts only a transient effect on the soil, as vegetable in that he can form permanent communities rooted to one place and enduring for centuries, and exerting a cumulative and very powerful influence on the course of soil evolution. We call these permanent communities *cities*, and for convenience we may call this vegetable state of mankind *civilization*. In this sense the word has no cultural, ethical or political connotation; it implies merely that people work in cities.

In the history of the human race, the appearance of the vegetable state is very recent, and we have comparatively little data on which to base studies of the effects of permanent human settlements or civilizations on the soil. We have, however, at the present time numerous obvious examples of both the destructive and the constructive effects of civilization on soil fertility. The destructive effects are most apparent in the widespread phenomenon of soil erosion, much of which is a direct consequence of loss of soil fertility under human management, and the constructive effects are seen in the phenomenally high yields of crops now being obtained particularly, but not solely, in the industrialized countries of north-western Europe. The fertility (which for present purposes I equate with productivity) of the soils of these countries is now far greater than it has ever been before, under either plant or human settlement.

Whether a human society, at a given stage of its development, is fertility-destroying or fertility-creating depends primarily on the state of its social and economic organization. To be fertility-creating it must, like a plant society, accumulate a surplus of potential energy, over and above what it requires to sustain existence, and it must be socially organized so as to transform that energy into soil fertility.

A plant society gets its external energy from the sun and converts some of it, by the very inefficient processes of photosynthesis and decay, into soil fertility. A human society gets its surplus energy (or wealth), other than what it derives from the soil, mainly from what it produces in cities and it also will, if suitably organized, transform a small but adequate part of the surplus into soil fertility. This is an ecological necessity for survival. Many human societies and civilizations have disintegrated because they were not organized to transform enough of their wealth into soil fertility.

When the human race has invaded new land its first response to the struggle for survival has always been, at least until quite recently, to adapt itself as far as possible to the existing balance of nature by adopting some form of « shifting cultivation » or by nomadic pasturing. In other words, in the early stages of social evolution, when man is still in the animal state, he behaves like all other animal species in consuming the readily available soil fertility, leaving it to the plant world to restore what he has consumed. As human societies evolve — as population increases and the standard of living rises — they become increasingly avid consumers of soil fertility, and unless and until they develop some form of social organization that will restore the fertility which they consume, they must remain on the move. Those societies which have formed permanent and enduring settlements have always and inevitably become economically organized so as at least to maintain, and usually to increase, the previous level of soil fertility.

Many of the earliest civilizations were based on irrigated agriculture in which the maintenance of soil fertility was, from the social standpoint, very simply achieved by directing and controlling a supply of silt-laden water to the fields. One of the civilizations, in the Nile Valley, thereby achieved such a perfect ecological balance with its environment that it has endured from the dawn of history until the present day. Subsequently the centre of civilization moved to the moister, natural forest regions of Europe where more complex forms of society were needed to create the fertility required to produce human food in abundance and to keep the forest at bay. I do not know whether soil fertility, as measured by crop yields, actually increased during classical times, but it must at least have been maintained, and, according to all accounts, agriculture declined disastrously in the Dark Ages following the break-up of the Roman Empire. Mediterranean civilization got the wealth it needed to maintain soil fertility by trade and warfare, and when its commercial wealth and military power declined so also did its agricultural productivity. Perhaps the chief form in which wealth was given to the soil was slave labour which,

under the prevailing conditions, was as effective a producer of fertility as machinery seems to be to-day. In those days when fertilizers were scarce physical labour must have played a greater part than it does to-day in maintaining fertility.

Much fuller details have been preserved of the growth, and the effect on the soil, of the extremely complex, dynamic, and perhaps fundamentally unstable phenomena of what is known as western European civilization. European agricultural history offers the first adequately documented account we have of the secular evolution of soil from its « natural » state to a climax of development under continuous human control. For at least a thousand years of settlement human society in the broad-leaved forest region of Europe was incapable of maintaining the fertility of the soil, but it developed an almost universal system of agriculture, involving fixed rotations including a soil-restoring fallow, and a complementary social system that prevented a rapid exhaustion of the soil. These things were not planned; they were natural responses to a deteriorating environment, as is shifting cultivation in the untamed tropics to-day. Exhaustion of soil fertility, though slow, was inevitable, as it always is when an expanding society is not producing a surplus of wealth with which to fertilize the soil.

In western Europe the change from a soil-exhausting to a soil-conserving agriculture occurred gradually, over several centuries, but its beginning, at the close of the Middle Ages, was associated with a change from a predominantly agricultural society to an increasingly urban and, therefore, commercial and industrial society. The cities created wealth in many forms from other sources than the soil, and some of this wealth found its way into the land in the form of capital investment in improved farming which became profitable because the growing cities demanded increasing quantities of food and clothing and could pay for them. It should be noted that improved farming became possible because the change in the economic base of society from feudalism to capitalism allowed land to be held individually and removed the rigid restrictions on improvement imposed by common tenure. But the restrictions on *improvement* were incidental; the restrictions were imposed to prevent all avoidable loss of fertility and were necessary so long as a surplus of wealth was not available to enrich the soil. The principal improvements which increased soil productivity included the extended use of clover that overcame the former limiting factor, nitrogen supply, more thorough cultivation, the marriage of livestock and arable farming, land drainage, the use of chemical fertilizers and, most recently, the use of machinery. All these things involved the investment of money

in soil fertility, and the money was available solely because great urban populations demanded to be fed and clothed and produced enough wealth to pay for their demands.

The influence of urban economics on the general level of soil productivity is well illustrated by the effects of the Industrial Revolution on English agriculture. Being the first country to become fully industrialized, England acquired enormous wealth in the nineteenth century, and much of the surplus wealth was plowed into the land in the form of capital improvements. English agriculture became the most productive, though not necessarily the most efficient, in the world. Then, about 1870, with the opening-up of the New World, the attractions of English land for English capital disappeared, food could be purchased more cheaply abroad, and English agriculture went into a rapid decline which persisted until 1940. Economic conditions have changed since the second world war, and, besides heavy private investment in soil fertility, the State now supports agriculture to the extent of nearly £ 300 million a year. The productivity of English soil is now higher than ever before.

It will be seen that man becomes a fertility producer when he has reached a state of social organization at which he can produce a large surplus of wealth over and above the immediate necessities of existence. Surplus wealth nowadays derives mainly from industrial cities, and much greater increases in soil productivity have occurred since the beginning of the Industrial Age than in the whole of previous history. It does not necessarily follow that any of the surplus wealth is used for increasing soil productivity (it was not so used in England between 1870 and 1940), but, in general, a wealthy city will create a productive soil. It is well known that many of the most productive areas in the world are in the neighbourhood of cities.

With few exceptions, farmers will not produce more than they themselves require unless it pays them to do so. It pays them when there is a large and wealthy urban population to provide for, that extracts its wealth not from the soil, but from whatever is made in the cities. To all intents and purposes the cities are the sole source of soil fertility in a region where man has destroyed the natural vegetation. And, as a general but not invariable rule, the greater the proportion of the population that is urban the higher is the productivity of land.

This is a fact of great importance when one considers the question — how many people can the world support ? Under human management the productive capacity of land, anywhere, is almost limitless, provided man can afford to make the land fertile. He can supply, if necessary from outside, all the elements of fertility — plant food,

water, heat, even light, but he only does so when it is profitable, when the inhabitants of cities demand the produce of the soil and can pay for it. The capacity of the world for food production is limited not by shortage of land or by soil infertility, but by the productive capacity of its urban industries.

In the absence of cities, or, more correctly, of an adequate urban population, human society is a natural predator on soil fertility. Agriculture is either self-sufficient or else exploitative, exporting soil fertility to acquire capital to found cities and industries. In earlier times human societies in the pre-urban stage tended to be self-sufficient, and evolved social structures which prevented rapid and irreparable exhaustion of the soil. Examples are tribal systems based on shifting cultivation and still prevalent among primitive societies to-day, and the feudal system of Western Europe that strictly limited the individual exploitation of soil fertility when there was no economic incentive to increase it. Recent examples may be the formation of co-operative soil-conservation districts to fight soil erosion in North America, South Africa, Australia and elsewhere, and the collectivization of land in Russia.

In recent times the tendency has been for young societies to be more predative on the soil than were their predecessors, largely as a result of improved means of trading with the rest of the world. Soil exhaustion has consequently been much more precipitate and over large areas has been followed by far-reaching soil erosion. The present, almost world-wide occurrence of soil erosion can be explained on ecological grounds by the fact that large areas of the world have been settled only within the last two centuries and contain societies which are still in, or just emerging from, the soil-exhausting phase in which there is no surplus of urban wealth with which to fertilize the soil. There are also long-settled areas, notably in south-east Asia and around the Mediterranean, where the occurrence of widespread soil erosion is associated with a relatively low degree of urbanization — where there are too many people trying to extract a living from the soil and too little wealth flowing from the cities to the country to enable farmers to protect and enrich their land. From the ecological standpoint it is difficult to visualize how these long-established societies which have lost the adaptability of youth can so transform their social and economic structure as to become fertility-producing.

The United States of America is the outstanding example of a country in which the beneficial influence of industrialization on soil fertility is becoming apparent, though only within the last few decades. The increase in agricultural productivity in the United States within

the last 20 years has been phenomenal, but it is by no means certain that that trend will continue. Indeed, it has been said that one of the greatest tasks for agricultural science in the U.S. is to find ways of disposing of the surpluses which science has produced ! The well distributed wealth of the cities enables the great mass of the urban population to pay what must, according to the law of supply and demand, be regarded as excessively high prices for the produce of the land, and some of the money received by the farming community has been used to increase the productivity of the soil <sup>(1)</sup>. That process will continue so long as, and no longer than, it is profitable. The great upsurge in the productivity of American land could only have been achieved by the investment of money in the soil. Erosion still continues, and will continue, to take its toll of American soil, but it is a fact not only that a fertile soil is usually less erodible than an infertile soil, but also that a fertile soil is more carefully tended by its farmer.

It is noteworthy that other young countries, particularly Australia and South Africa, which in the past have suffered, and still suffer, severely from soil erosion are now taking active and effective steps to protect the soil and to rebuild its fertility to a higher level. It is still too early to know whether the present economic urge towards soil conservation will be permanent, but it is significant that the countries which have been most successful in introducing soil conservation on a nation-wide scale are those which are in process of becoming industrialized — those which are producing enough wealth in their cities to make it profitable for farmers to conserve, and to increase production from, their soils. In the future much will depend on the social structure of the communities. It does not necessarily follow that industrialization leads to soil conservation. The social organism must possess a metabolic system that will convert industrial wealth into soil fertility. All that can be said at present about this is that a large, well-to-do urban proletariat that demands and can pay for a high standard of nutrition is an essential link in the chain. If it pays to conserve soil, soil is conserved; if it pays to exhaust the soil, soil is exhausted, and no amount of science will alter that basic fact.

---

<sup>(1)</sup> In many other countries, too, the State takes measures to ensure that the cities pay the farmers sufficient to enable them to maintain the fertility of the soil.



### **Summary.**

Man is both a great destroyer and a great creator of soil fertility. His destructive capacity is most evident in the desolation caused by soil erosion, and his constructive capacity in the immense productivity of the soils of some industrialized countries. Whether a human society or settlement destroys or conserves soil fertility depends on the state of its social and economic organization. Predominantly agricultural societies tend to exhaust the soil, urban societies tend to increase its productivity. The wealth made in cities increases the demand for the produce of the soil and makes it profitable for farmers to increase the productivity of the soil in order to satisfy the cities' demands. The factor determining whether conservation of soil and soil fertility is practised is its profitability. Continuing profitability can only come from a steady flow of wealth from the cities to the farms. Historical examples are given to illustrate that periods of soil conservation and increasing fertility are associated with a high level of urban prosperity based on the creation of new wealth.

# REFLEXIONS SUR LES MODIFICATIONS APPORTÉES PAR L'HOMME AUX BIOTOPES NATURELS

PAR

G. KUHNHOLZ-LORDAT

Muséum National d'Histoire Naturelle,  
Ecologie et Protection de la Nature, Brunoy (S.-et-O.), France

La présente communication a pour but de montrer comment l'écologie peut venir en aide à la protection de la nature, et d'expliquer, par là, la nécessité de souder de plus en plus ces deux mots : écologie, conservation. Je pense rester ainsi aussi bien dans le cadre d'une Commission d'Ecologie que dans celui d'un Congrès pour la Conservation de la Nature, organismes séparés cette année dans l'espace, l'un à Venise, l'autre à Athènes, avec pourtant les mêmes préoccupations.

\*  
\* \*

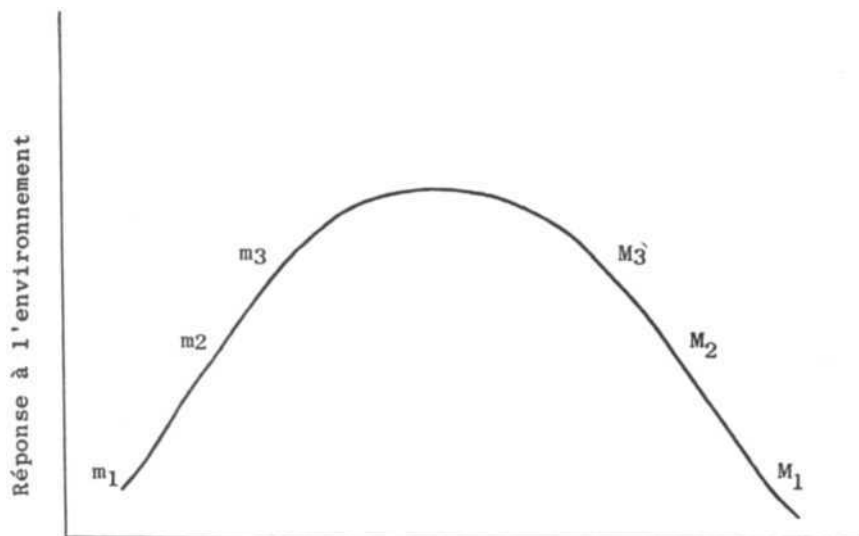
Pour comprendre et exploiter les dénouements éventuels des modifications apportées à un biotope, il est nécessaire de connaître toutes les possibilités de réaction d'un être donné qui vit dans ce biotope.

Un être n'est pas obligé d'utiliser toutes ses ressources comprises entre le minimum et le maximum de son amplitude écologique ( $m_1$   $M_1$ ). Il vit généralement dans son optimum (par exemple  $m_2$   $M_2$ ). Si l'environnement se modifie, il a la possibilité de mettre en jeu ses ressources inutilisées jusque là soit en élevant son optimum ( $m_3$   $M_3$ ) soit en l'abaissant vers  $m_1$   $M_1$ . Une telle fluctuation de ses réponses (en ordonnées) aux sollicitations de l'environnement (en abscisses) détermine l'« accommodation ».

Il est bien évident que le biologiste doit connaître ces réponses possibles pour conseiller utilement le technicien afin qu'il ne modifie le milieu ni en deçà ni au-delà des limites de l'amplitude écologique. Cela ne veut pas dire que ces vues théoriques souhaitables puissent être toujours réalisées, mais cela veut dire que le technicien doit en être averti avant de déclarer s'il peut ou ne peut pas en tenir compte.

Si l'être est « sténo » c'est-à-dire incapable de s'accommoder des modifications de l'environnement, l'issue ne peut être que la mort ou la fuite.

Par la mort, il apporte de nouvelles causes de modification au biotope et favorise soit la venue d'êtres nouveaux, soit le développement d'êtres en place. Il devient donc créateur d'une métabiose qui se greffe en quelque sorte sur l'évolution déclenchée qui lui fut fatale. L'écologiste dynamique, qui étudie particulièrement les changements du milieu et ses répercussions sur la vie des peuplements n'a pas le



Sollicitations de l'environnement

droit de négliger cela sous prétexte qu'il y a mort. Il doit étudier non seulement les causes de celle-ci mais aussi ses conséquences. C'est pourquoi la mort n'est pas pour lui une cause d'arrêt mais, au contraire, un nouveau point de départ dans ses recherches.

Quant à la fuite, elle pose deux problèmes très importants : celui du déplacement et celui du nouvel habitat.

Pendant le trajet, ce sont tous les problèmes relatifs à la *vulnérabilité* d'un être qui, ne se trouvant plus dans son optimum écologique, se heurte à de nouveaux obstacles pour lesquels il n'est pas préparé. Il existe des sédentaires invétérés à fragilité écologique tellement grande que toute fugue hors de leur biotope spécifique leur est fatale. On songera, à ce sujet, aux faunes reliques et même aux flores stabilisées çà et là au cours des lentes migrations vers l'équateur.

Si le *nouvel habitat* adopté correspond aux limites écologiques ( $m_1$   $M_1$ ), il ne se pose aucun problème. Mais si l'être déplacé se heurte à des sollicitations inconnues de lui, le biologiste devra étudier ses nouvelles réactions. Là se posent les questions de l'acclimatation et de l'adaptation.

Je ne pense pas qu'il faille s'attarder sur le terme « acclimatation ». C'est une source de malentendus et d'équivoques. Si un être se déplace d'un biotope à un autre où il redevient sédentaire, c'est que les sollicitations du nouveau milieu sont conformes à ses possibilités de réponses. Je rappelle que l'être n'était pas obligé d'utiliser toutes ces possibilités dans le biotope antérieur et qu'il peut par conséquent les faire entrer en ligne dans le nouvel habitat. C'est peut-être à cela que l'on donne le nom d'« acclimatation ».

Quant à l'« adaptation » ce n'est pas ici le lieu d'en traiter. Ses mécanismes nous échappent encore. Elle a donné prétexte à des développements d'ordre philosophique. L'écologiste ne peut être satisfait que s'il constate, objectivement, un sédentarisme devenu possible dans un environnement différent (et non semblable). Cela ouvre la porte aux notions mal étayées encore d'endémiques, d'écotypes, de vicariantes, de races géographiques... d'où la subjectivité n'est pas totalement exclue.

\*  
\* \*

Voici des exemples de changement de biotope, auxquels je m'intéresse particulièrement, concernant *l'origine animale de la formation des dunes*. Les Hamsters (rongeurs cricétidés) ont, par leurs terriers innombrables, ameubli la surface de vastes territoires tibétains; le vent l'a affouillée et a accumulé en dunes les particules ainsi libérées. Les chevaux arrachent les plantes dont les organes souterrains sont riches en matières de réserves (rhizomes très longs d'*Aeluropus litoralis*); cet arrachage joint aux galopades fréquentes facilitent l'érosion éolienne et la formation conséquente de monticules dunaires, comme aux llanos vénézuéliens et en Camargue. Je serais heureux de rassembler toute documentation à ce sujet.

\*  
\* \*

Je pense qu'il faudrait poser en principe que, dans le cadre du présent propos, le problème de *la protection de la nature contre l'homme* peut être posé de la façon suivante :

- 1 ° Veut-on conserver seulement le biotope ?
- 2 ° Veut-on changer le biotope ?

3° Peut-on trouver un équilibre entre les facteurs de conservation du biotope et les facteurs modificateurs ?

Voici deux exemples :

1° *Les orthoptères dévastateurs de la végétation aux Indes*. L'élite évoluée souhaite la destruction de ces insectes. Mais l'indigène non évolué s'y oppose. Aucune solution n'est possible (dans l'immédiat du moins). Le biotope est détruit.

2° *La culture du riz en Camargue*. L'apport d'eau douce modifie le biotope naturel (mis en réserve pour permettre la nidification des oiseaux). Veut-on du riz ou des oiseaux ? Peut-on trouver une solution qui satisfasse à la fois les riziculteurs et les ornithologistes ? En supposant qu'il y en ait une, qui aura qualité pour imposer sa réalisation ?

L'échelon des intéressés se borne généralement à celui des vœux. La recherche de la coexistence des intérêts ne peut être faite alors qu'à l'échelon des commissions de conciliation. Si celle-ci échoue, c'est en dernier lieu l'échelon de l'arbitrage.

Cela s'appelle une procédure, c'est-à-dire un processus lent et compliqué.

Est-il obligatoire ? Généralement oui. Il ne le serait pas si ceux qui causent la perturbation des biotopes et ceux qui en réclament la conservation se constituaient eux-mêmes en commission amiable de conciliation. Tout ce que nous savons à cet égard n'est pas très encourageant, du moins en France. Peut-être parce que les parties adverses prennent trop vite et séparément des positions intransigeantes qui conduisent à l'arbitrage obligatoire. Pour éviter ces prises de position unilatérales, il semble que l'Union pour la Conservation de la Nature pourrait utilement recommander, sur le plan international, que tout projet de modification de site ne puisse être pris en considération par les pouvoirs publics que s'il est élaboré en commission mixte. Cela va à l'encontre des usages en cours, dans les pays où les pouvoirs publics ont une action prioritaire. Cette priorité paraît être la cause de la plupart des mésententes.

Pratiquement, si l'on veut bien admettre que la protection de la nature est, essentiellement, œuvre de biologiste, l'U.I.C.N. devrait recommander aux techniciens modificateurs de biotope d'accepter la *collaboration* étroite des biologistes. Cela éviterait à ces derniers la très désagréable surprise de se trouver devant le fait accompli.

En conclusion, la double notion « sollicitation-réponse », aussi indispensable à un biologiste que peut l'être celle d'oxydo-réduction à un chimiste, paraît être utile à une compréhension plus exacte de la mission qui incombe à des conservateurs de la nature. C'est aux biologistes, soit de l'utiliser dans la restauration des ambiances compromises par des facteurs naturels, soit de la faire admettre aux techniciens non biologistes, chargés de la « réparation » ou mieux, de la « prévention ».

#### Résumé.

Pour comprendre et exploiter les dénouements éventuels des modifications apportées à un biotope naturel, il faut connaître toutes les possibilités de réaction (en ordonnées sur la figure) aux sollicitations de l'environnement (en abscisses). Si le maximum de ces possibilités est  $m_1 M_1$ , il peut n'en être utilisé qu'une partie ( $m_2 M_2$ ), ce qui laisse encore des possibilités pour les déplacements ou pour un autre habitat. Ainsi peut se concevoir l'« accommodation ».

En deuxième partie, le problème de la *Protection de la Nature* est posé avec les diverses procédures qui peuvent être envisagées dans les trois cas habituels : conserver seulement le biotope, modifier le biotope, trouver un équilibre entre les facteurs de conservation et les facteurs modificateurs.

# ECOLOGY AND LANDSCAPE PLANNING

BY

J. D. OVINGTON

The Nature Conservancy, London

The population of the world has probably increased by over 50,000,000 persons during the two years since the last technical meeting of the I.U.C.N. in Edinburgh. A large proportion of the human race is undernourished and the need to provide adequate food for everyone is now recognised as an immense task demanding international co-operation and understanding. However, land use cannot be considered solely in terms of food production, for man also expects his environment to supply clean air and water, timber and other natural products as well as facilities for recreation and aesthetic satisfaction. The greater demands placed on the natural resources of the world by an ever increasing population necessitate the preparation of detailed plans of land use which will incorporate all suitable conservation techniques.

Man, because of his adaptability, has been able to settle over nearly the whole of the land surface of the earth and most of the existing landscapes bear witness to the success or failure of his past efforts in utilizing natural resources. It is important, therefore, to preserve examples of different types of landscape and to examine them ecologically in terms of human activity and the physical factors of the environment. In this way, it should be possible to benefit from past human experience and, if necessary, to create new landscapes based on sound ecological principles and capable of meeting the modern stresses of life.

One fundamental attribute of a landscape is that it should have some degree of ecological stability over a long period of time, but this in turn implies a constancy of human activity and climate. In the past, a change in the intensity of land use has frequently initiated a natural sequence of events which has continued until the landscape changed completely and some new equilibrium was reached. For example, the widespread deforestation of the catchment areas in certain semi-arid regions of the world upset the hydrological cycle causing precipitation to flow quickly off the land instead of being evaporated or transpired locally. The rapid and excessive run-off carried away valuable top soil so that it is now extremely difficult

to establish any form of vegetation cover. Drastic changes of this kind cause a depletion of capital, whether measured in terms of water, soil, organic material or biological diversity, and result in a relatively stable landscape which is of little value to man since it is ecologically impoverished. The wet moorlands of Highland Britain or the dry deserts of the Negev bear witness of the ability of man to create stable landscapes of low producing capacity.

In other regions of the world man has been more successful in combining stability with higher productivity by gradually developing specialized methods of land use which enable him to live in harmony with his environment. Unfortunately, some of these traditional forms of land use require a large input of human energy and are not readily adaptable to modern conditions. Consequently they are gradually being abandoned for economic reasons even though they are based on sound ecological principles. The disappearing Swedish Enge, for example, is a form of land use in which a hay crop can be harvested without loss of soil fertility by maintaining the correct proportion of woodlot to meadow (ROMELL, 1957). Plant nutrients removed in the hay are replaced in the top soil by the nutrient rich litter falling from deep-rooted tree species.

Other landscapes owe their stability to the use of artificial fertilizers. In the high producing agricultural region of western Europe, with its long history of human occupation and experimentation in land use, trees are no longer used to maintain soil fertility but serve primarily to provide shelter or balance to a landscape. The natural forest soil has been completely replaced by an agricultural soil, kept fertile by using all kinds of agricultural machinery to maintain soil structure, by growing leguminous crops and by applying large quantities of fertilizers. If the supply of artificial fertilizers from external sources was to cease, it is doubtful if this intensive land use with its attractive field pattern could continue.

Although a landscape may have long-term stability, there are always minor or cyclic fluctuations occurring from year to year and from season to season. Natural variations in the population densities of animals are well known and the complex relations existing between predators and prey or between animal numbers and food supply have been recorded frequently. Comparable short-term changes occur in such renewable land resources as soil fertility or water. For example, one measure of soil fertility is the availability of plant nutrients but the distribution of nutrients within an ecosystem varies greatly as a result of the annual interchange of nutrients between the soil and vegetation. When a crop is harvested, that part of the circulating nutrients which is contained in the crop is removed. Consequently



the magnitude of the nutrient cycle and the rate at which nutrients are replaced by natural processes constitutes an ecological limit to the use that can be made of the land to supply man's wants. In general, land can be used more intensively where the cycles are large and nutrients are readily renewable. Man, by controlling the vegetation cover, may greatly modify the amount, distribution and circulation of nutrients within a landscape, e.g. the annual turnover of nutrients as a result of afforesting a calluna moor may be increased ten times. Ultimately, land utilization must depend on the balance between the internal circulation and the external movement of nutrients into and out of the landscape.

A landscape is usually a mosaic of a number of different types of ecosystem and the ecologist must endeavour to understand not only the dynamics of each ecosystem but also its relationships to the other components of the landscape. For example, small woodlots are often present in an essentially agricultural landscape where they have an aesthetic value as well as the obvious practical value of providing winter grazing and timber for farm buildings, etc. Ecologically, the importance of the tree stands cannot be defined satisfactorily in such limited terms. The influence of the woodlands on wind velocity, temperature, light intensity, precipitation and evaporation is well documented (GEIGER, 1950) and the woodlots must affect the growth of the neighbouring agricultural crops through changing the local micro-climate. In addition, by delaying run-off, the trees modify the hydrological cycle and reduce flooding and water pollution. Wildlife, both beneficial and harmful, may find refuge within and beneath the protective cover of the tree crowns. The ecologist will also need to consider the distribution and status of the woodlands within the landscape. Are they, for instance, on land unsuitable for agriculture because of topographical and pedological conditions or are they located to prevent erosion along a stream course? Should the species composition of the wood be changed and is there sufficient natural regeneration to keep the woodland as a permanent feature of the landscape?

Clearly, it is difficult for the ecologist to provide the land planner with a precise ecological evaluation of a landscape because of the complex factors conditioning stability, cyclic fluctuations and the inter-relations between the different ecosystems constituting a landscape. Nevertheless, a knowledge of past and present land use, current productivity and site factors can serve as a first basis for planning proposals and various comprehensive schemes of land classification have been developed to give a somewhat empirical assessment of land-capability. Schemes of land-capability classification are normally

based upon an appraisal of site factors, e.g. slope, drainage, liability to erosion, soil stoniness and fertility as well as social factors such as field size and the amount of idle land. Ecologically it is most important that the capability survey should be as detailed as possible so that there is a close correlation between land use and terrain. Utilization must nowhere exceed the capacity of the land, for this will lead to site degradation and loss of potential. The landscape must also be considered as a whole and it may be desirable to use only part of the landscape at its maximum agricultural capacity. Thus, the provision of wildlife sanctuaries or of food for wild animals may be regarded as an essential part of good land management and areas may be set aside specifically for this purpose (GRAHAM, 1947).

The final strategy of land use can never be settled until the aims of land management are clearly defined and accepted by the community. A plan of management designed to produce a landscape in which the maximum number of people can survive is likely to differ greatly from a plan to provide fewer people with a relatively high standard of living. Consequently, landscapes will always be a compromise between ecological, social and economic factors but the importance of the ecological approach will tend to increase as the balance is reached between world population and the utilization of natural resources. At present, what this balance should be is a matter of conjecture, but there is still time for landscape architects and ecologists to co-operate so as to understand more fully the ecological principles involved in landscape planning and to prevent further depletion of natural resources.

#### REFERENCES.

- GEIGER, R., *The Climate near the Ground* (Harvard University Press, 1950).  
GRAHAM, E. H., *The Land and Wildlife* (Oxford University Press, 1947).  
ROMELL, L. G., *Man-Made « Nature » of Northern Lands* (*Sixth Tech. Meet., International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources*, 51-53, 1957).

#### Summary.

In order to benefit from past human experience in the management of land, it is important to preserve different types of landscape. Each landscape must be examined ecologically in terms of its stability, cyclic fluctuations, ecosystem complex, present use and potential capability. At present, ecological considerations alone cannot give a final evaluation of a landscape since economic and social factors must also be taken into account. A plan of management designed to produce a landscape in which the maximum number of people can survive is likely to differ greatly from a plan to provide fewer people with a relatively high standard of living.

# LANDSCHAFTSPLANUNG IN DEUTSCHLAND

VON

E. BARNARD

Münster, Landeshaus

Wie in einigen anderen Ländern, so wird auch in Deutschland die Auffassung vertreten, dass der historische Naturschutz der heutigen landschaftlichen Entwicklung und den Eingriffen in das Landschaftsgefüge nicht mehr ausreichend entspricht und dass moderne Landschaftspflege an Hand sorgfältiger Landschaftsplanung betrieben werden muss. Die Gründe dafür sind vor allem in der Tatsache zu suchen, dass die heutige Nutzung natürlicher Quellen sowohl in der Landwirtschaft wie auch in der Industrie stark mechanisiert und technisiert wurde, und dass mit einer weiteren technischen Entwicklung zu rechnen ist auf Grund der Bevölkerungszunahme in der ganzen Welt, die von 1850 mit 600 Mill. Einwohner bis 1957 auf 2 800 Mill. anwuchs.

Das Ziel der Landschaftsplanung und damit der Landespflege ist die Sicherung und die Herstellung optimaler Lebensbedingungen für den Menschen durch naturgemässe Pflege und Gestaltung des Landes auf biologisch-ökologischer Grundlage. Ausgangspunkt sind die jeweiligen örtlichen Verhältnisse, die regional verschieden sind.

In Deutschland sind z. Zt. folgende Eingriffe in das Gefüge des Landschaftshaushaltes zu beobachten, die zu dem bisher grössten landschaftlichen Umbruch führten :

1. Flurbereinigungen;
2. Veränderungen des Gesamtwasserhaushaltes;
3. Umwandlung von Wald in Kulturland;
4. Umwandlung von Ödland (Moor und Heide) in Kulturland;
5. Bau von Wegen, Strassen und Kanälen;
6. Bau von Siedlungen und Industrieanlagen;
7. Bau von Talsperren für Wasser- und Energiegewinnung;
8. Abbau von Lagerstätten (Kohle, Sand, Steine).

In steigendem Masse werden in Deutschland Landschaftsplaner zu diesen Massnahmen hinzugezogen, deren Bestreben es ist, zunächst den biologisch-ökologischen Belangen und zweitens den gestalterisch-

ästhetischen Forderungen zu genügen. Dabei stellen richtig angelegte Neupflanzungen aus standortgerechten Bäumen und Sträuchern die wichtigsten praktischen Massnahmen dar.

Voraussetzung ist eine Zusammenarbeit (teamwork) von Anfang an und die Mitwirkung des Landschaftsplaners darf nicht auf eine abschliessende grüne Dekoration beschränkt bleiben. Erst eine wohlüberlegte landschaftliche Einbindung lässt die neuen technischen Baumassnahmen zu echten Bestandteilen der Landschaft werden, garantieren eine nachhaltige Bodenfruchtbarkeit, sichern das typische Landschaftsbild und rechtfertigen einen weiteren Schutz. Ständiger Kontakt mit Landschaftsplanern auf internationaler Basis kann Erfahrungen und Beobachtungen untereinander erweitern zum Nutzen der Menschen in der ganzen Welt. Diesem Zweck dient letzten Endes der heutige Schutz der Natur und der natürlichen Hilfsquellen durch Landschaftsplanung auf ökologischer Basis.

# THE IMPORTANCE OF LANDSCAPE PLANNING IN LAND AND WATER DEVELOPMENT SCHEMES

## With special reference to the Dutch Delta Plan

BY

R. J. BENTHEM

State Forest Service, Netherlands

### INTRODUCTION.

The preparation and execution of development programmes in different countries reflect the present-day need for a coordinated land-use policy. In many cases these programmes are aimed at the extension and intensification of land utilization for purely agricultural purposes. They present however a real opportunity for the application of the principles of conservation. To contribute to a balanced treatment of land and water, experts in the field of landscape planning therefore have to insist on playing an active part in the teamwork of these projects.

With the present trend in social and economic development, any large-scale management of nature and natural resources will only be possible in future if based on extensive technical and financial provisions. And this can only be attained as a part of multiple-purpose development schemes.

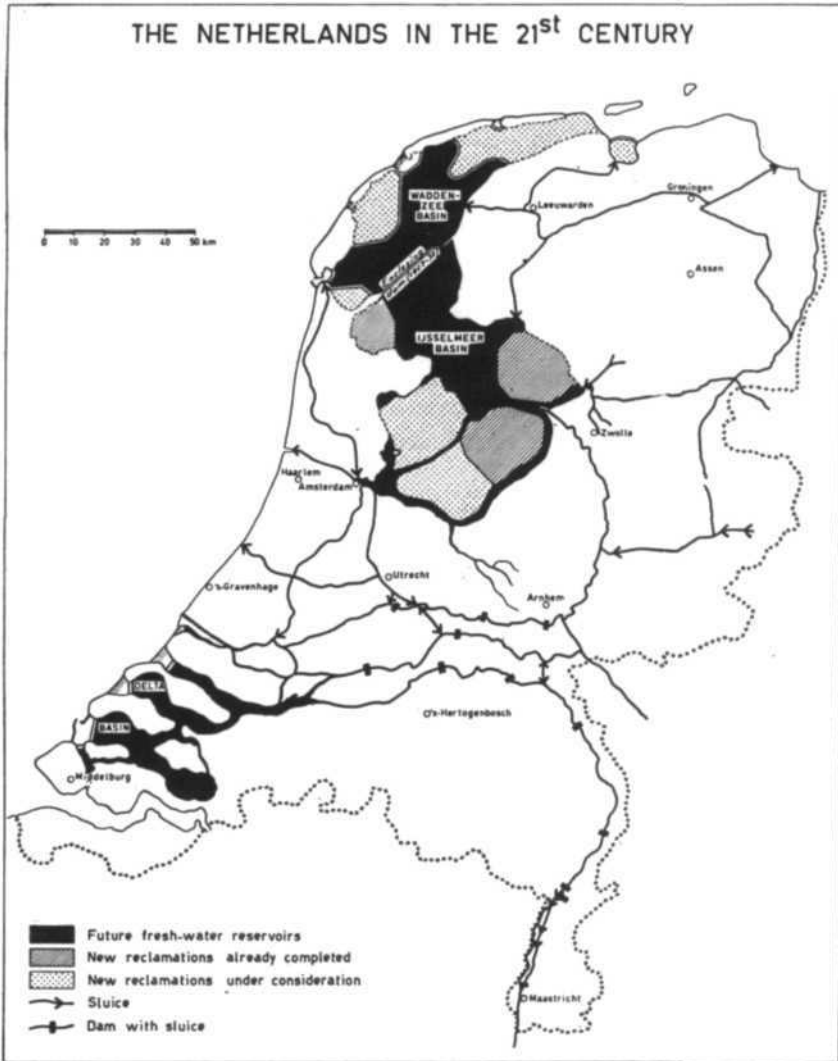
#### **New project in the Netherlands.**

As a contribution to the exchange of ideas in this special field I should like to draw attention to an important new project which is now being prepared in the Netherlands. The execution of this work will have a considerable influence on part of the landscape of these lowlands.

The principal objective of this project is to fight against the water. But at the same time, the conservation of water, and the use of land are also important aims to be pursued in this scheme. At first sight it may seem a little strange that the people of the Netherlands, who, as is generally known, have been fighting the water for many centuries, are now planning measures for its conservation. It may seem even more paradoxical that, although they have always suffered from a surfeit of water, they now worry about a threatening shortage of it.

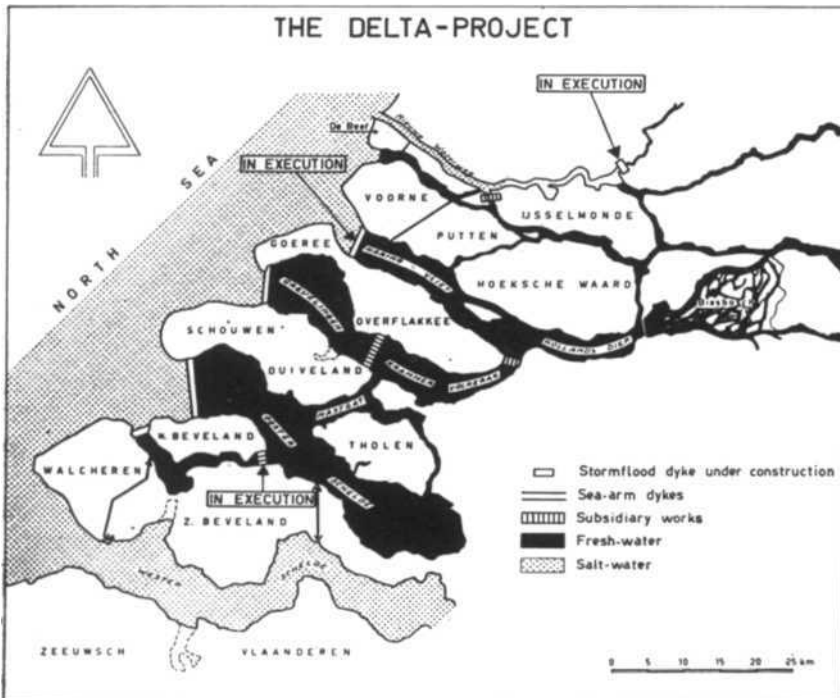
**Protection of land.**

In the southwest of the Netherlands the long row of coastal dunes is interrupted; here lies an archipelago where the sea penetrates into the land in deep, wide streams. In consequence of the unprecedented



calamity of the floods of 1953, the execution has been started in this district of the so-called Delta Plan. The primary objective of this Plan is to close the entrances of these estuaries by means of large

dams, and thereby to create a closed coastal front. After the construction of these dams the coast can be more easily defended against the sea than by the numerous long dykes of the separate islands. Moreover a considerable part of the low-lying, densely populated western districts of Holland will then be given far more effective protection. The execution of this Plan is fraught with problems for the hydro-technicians, many times greater than those with



which they were faced with the enclosure of the former Zuiderzee. Under this programme estuaries to a depth of 30 metres and with a very heavy stream will have to be closed. The execution of this project can only be considered if use is made of the latest developments in technical equipment.

**Storage of water.**

The Delta Plan is also of great importance for several aspects of national and regional development. One of these is the possibility of water supply and water control in a large area of cultivated land

which may be improved by the supply of fresh water. The estuaries of to-day will, once the dams have been constructed, be transformed into one vast freshwater basin, which will be filled with river water. After deduction of the parts to be reclaimed this basin will cover an area of 40,000 hectares. This will make it possible to form a freshwater stock of approximately 500 million cubic metres. During the summer season this water can be distributed over several drought-susceptible cultivated areas. If it should appear to be possible to withdraw from this basin a 1-metre layer of water, this will be enough to supply 200,000 hectares with 200 millimetres of water during the growth of crops. The gross increase of the yield which may be effected by the supply of this water, may be reckoned at 40 million Dutch guilders per annum.

This stockpiling of fresh water is also of importance for lessening the risk of salination, which constitutes a constant danger to the arable and horticultural districts in the west and southwest of the country. Elimination of this danger in the southwest district would result in a gross production increase of eight million Dutch guilders' worth of arable products.

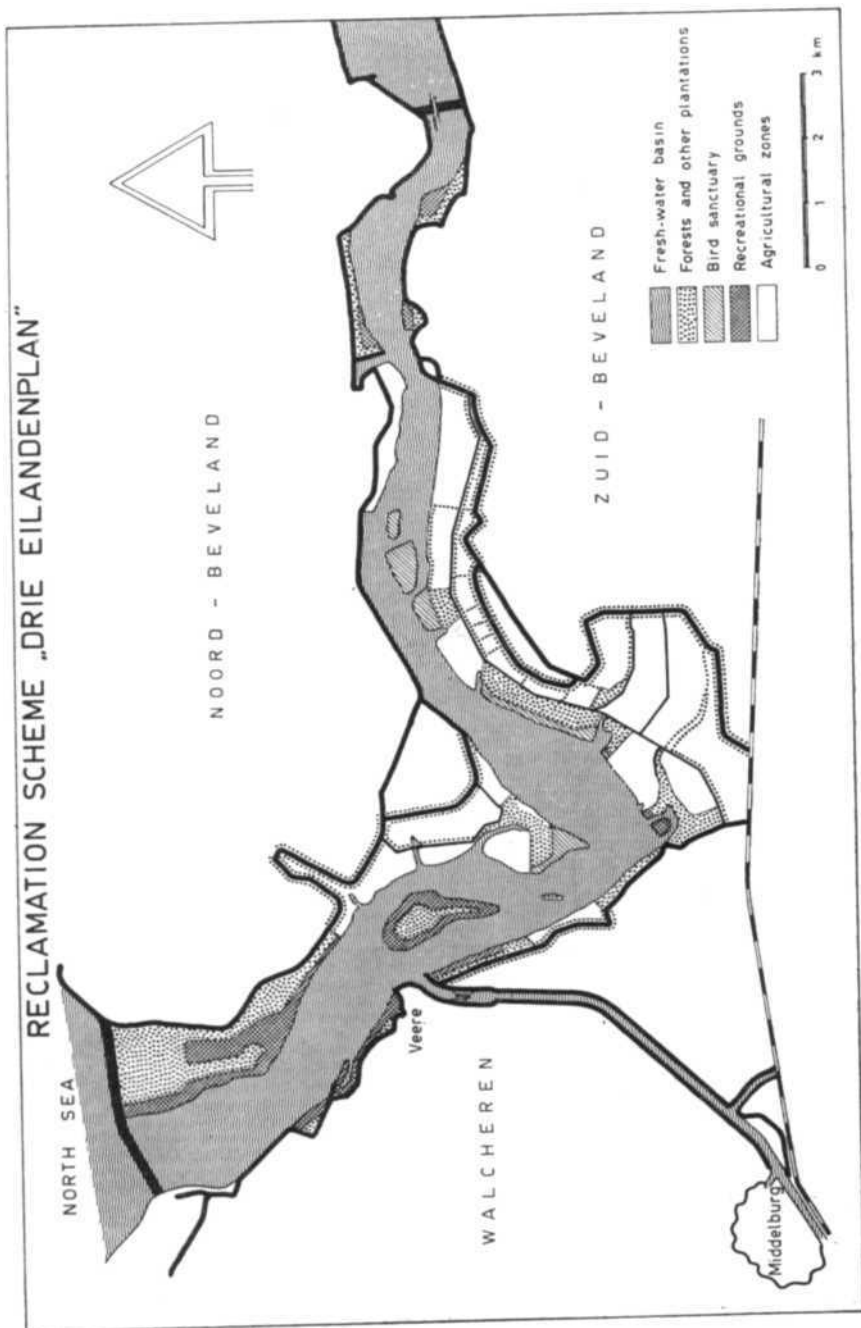
The full effect of this water control can be expected after the completion of the Delta Plan, when the water level of the river Rhine and its branches will be regulated in the Netherlands by means of dams. Apart from this freshwater basin in the Delta area, the IJsselmeer basin, which will be left after the completion of the former *Zuiderzee*, will likewise come to play an important part in the provision of water supply to the north and northwest of the country. In its final state this basin will cover an area of 120,000 hectares. In the far distant future it may be possible, by closing the island coast in the extreme north of the country, to form a third large freshwater basin in the Wadden area. Together, the basins of IJsselmeer and Waddenmeer will cover an area of about 2,000 square kilometres.

#### **Landscape planning.**

##### **Nature reserves.**

A radical change of landscape will take place through the execution of the Delta Plan, though the water will constitute a dominating element in the future as well as in the present landscape. The ecological factors of today are largely controlled by the tidal waters. A considerable part of this water is salt, while in other places it is brackish. Moreover in the northeast of the area an interesting land-





scape of freshwater river marshes, « Biesbosch », is under the influence of tidal streams, and has consequently a varying water level. In future, however, exclusively controlled fresh water will determine the character of the landscape, and only Rotterdam and Antwerp will retain an open communication with the sea.

As a result of this change of environment several interesting biotic communities will be destroyed. From the point of view of nature protection this is much to be regretted. The culture of oysters, quite an important means of livelihood, will likewise disappear. On the other hand, however, new shore vegetations, such as communities of reeds and rushes and river woods will probably come into existence here. As a water fowl sanctuary this area may perhaps retain its full value. Many thousands of ducks, geese and waders have their wintering grounds and feeding area on and along these waters. Dutch conservationists are now trying to promote the creation of a number of nature reserves of different types in this area. These would include reserves in the salt water basin of the Westerschelde and bird sanctuaries in the future freshwater reservoir. Efforts are at the same time being made to preserve the most important part of the Biesbosch area, as it is a very valuable and typically Dutch river landscape and breeding place of the night heron.

#### **Recreational areas.**

In planning this new landscape much attention will be given to the use of land and water for recreational purposes. This will meet the urgent need for recreation areas in the densely populated western districts. Forests will be laid out on several sandbanks in the former estuaries. The shores will be covered with woods and other plantations. Camping sites and recreation centres will promote the development of tourism and aquatic sports. Artificial beaches and dune formations will be constructed in front of the big dams, in order to provide an additional protection for these sea-walls. A suitable and ecologically sound vegetation of herbs and shrubs will be planted in order to protect many new vulnerable soil formations against the danger of wind erosion.

In this planned development of recreation the construction of an entirely new system of roads, which will be built over the dams, will play an important part. The now isolated centres of the archipelago can then easily be reached from the large cities of Holland and a new recreation district of sea, beaches, dunes, inland waters, islands, polders and forests covering an area 70 kilometres long and 20 kilometres wide will be opened up.

### **The agricultural landscape.**

The acquisition of new land for agricultural purposes is one of the side objects of this development scheme. The extent of the new land, however, will be only of limited significance. Nevertheless the careful creation of a new environment in these agricultural sectors will be realized as part of the landscape planning. This means that shelterbelts will have to be set up round the new farms, along roads and orchards and in other places which should be protected against the effects of the climate.

### **Landscape treatment of urban and industrial settlements.**

In some sectors of the Delta area new industrial settlements will be developed. This will particularly be the case in the areas south and west of Rotterdam and in the Flushing district along the Westerschelde. Special care will be taken to fit these projects in the structure of the surrounding landscape by the creation of green belts.

### **Execution of the Delta Plan.**

A special Delta Act makes it possible to carry out these large-scale plans. A great amount of money is required and some decades will slip by before the Plan is completed. Preparations, however, are in full swing. The construction of two of the big dams has already been started, and the first landscape plan for one section, the so-called « Three Islands Plan », has in the meantime been drawn up and approved by the government.

### **Incorporation of landscape planning in development schemes.**

#### **General need.**

In many countries there seems to be an increasing need to adapt the use of land and water to the requirements of the modern community. In this connection not only newly occupied areas call for the establishment of a satisfactory landscape pattern, but also existing zones. Till now many reclamation schemes have been one-sided and have throughout the world led to a deterioration of both nature and landscape, and to a loss of soil fertility.

In the new development programmes there is a need for more woods, more shelterbelts, better planted roads and farmyards, protection of nature reserves of different kinds, ecologically sound

watershed management, wildlife preservation and similar conservation methods, all this being an integral part of real multiple-purpose development.

Landscape planning, a new activity, opens up the possibility for this.

#### **Task of the Union.**

According to the resolutions of the last general assembly of the I.U.C.N. in Edinburgh the cooperation of this organization with F.A.O. and its committees is of the greatest importance in promoting a better treatment of nature and landscape. Particularly desirable would be cooperation between the I.U.C.N.'s sub-commission on landscape planning and the F.A.O. commissions for land and water use and forestry. It might be a good plan to set up a joint centre of information, so that the I.U.C.N. may have some influence on the numerous programmes which are being executed for the benefit of underdeveloped countries.

#### **Summary.**

In the Netherlands a far-reaching new plan is in the course of preparation, which by closing the estuaries in the southwest, will entail considerable alterations in the landscape. A large freshwater basin will be formed, which will result in many advantages for agriculture, as it will permit both the supply of water to drought-susceptible areas and control of the increasing salination. Certain biotic communities of salt and brackish water will, to a considerable extent, be destroyed. The idea, however, is to establish a number of important reserves in the remaining salt, brackish and freshwater basins. In this Delta Plan special attention will be given to afforestation, landscape planning and recreation.

The need for landscape planning is also felt in other countries. It is desirable for the I.U.C.N. to cooperate with the F.A.O. commissions for land and water use and for forestry, in order to have the principles of conservation applied wherever this may be possible. The establishment of an information centre is deemed desirable.

# EXEMPLES PRATIQUES D'AMENAGEMENT DE PAYSAGE AU MAROC ORIENTAL

PAR

C. CHAPUIS

Ingénieur des eaux et forêts, Oujda, Empire Chérifien

## INTRODUCTION.

Les vastes développements panoramiques qu'offre la nature au Maroc Oriental ne peuvent être appréciés que d'un cadre formant avec eux un saisissant contraste, et, plus qu'en tout autre province du pays, l'arbre est apparu comme un moyen aussi indispensable qu'efficace pour trancher avec la sévère nudité du paysage.

A dire vrai, les efforts à tenter pouvaient paraître vains sur cet immense territoire où la charge, même faible, des troupeaux, dégradait, chaque jour un peu plus, les reliques d'une pauvre végétation, et il faut convenir que, dans leur début, les tentatives ont surtout rencontré le scepticisme général.

D'abord limitée aux zones forestières les plus humides, l'action forestière, soutenue par les méthodes plus efficaces de la restauration des sols, a permis d'atteindre des zones beaucoup plus arides et a fait reculer profondément vers le sud les limites de notre activité au Maroc Oriental.

Les réalisations ont presque toujours pu combiner la restauration des terres à des avantages économiques et un heureux aménagement de la nature, grâce au goût de quelques techniciens consciencieux qui, partis de méthodes simples, les ont remarquablement perfectionnées en un court délai.

## PREMIÈRE PARTIE.

### **L'aménagement des secteurs les plus favorisés par les méthodes traditionnelles.**

A. — C'est en effet aux points les plus faciles que l'effort a été porté en premier lieu, et c'est ainsi qu'en 1942, un boisement de pin d'Alep était entrepris au col de Taforalt, pour rétablir autour de cette charmante bourgade une végétation forestière avec une essence locale, à laquelle étaient adjointes quelques espèces exotiques : pin maritime et eucalyptus.

Il couvre, à ce jour, une surface d'une centaine d'hectares, est en plein développement, et crée au col de Taforalt un cadre excellent pour observer la chaîne des Béni Snassen et la plaine des Triffas en bordure de la Méditerranée.

Il entre dans la catégorie de ces reboisements déjà nombreux en Afrique du Nord, dont celui de Tlemcen est le magnifique modèle.

Le même effort a été accompli en bordure de la mer Méditerranée, à Saidia; cette fois, sans utiliser une essence locale. Il aurait certes pu suffire d'interdire au pâturage la forêt maigre de genévriers de Phénicie des dunes de Tazagraret, pour empêcher celles-ci de se mouvoir en direction des cultures voisines. La présence d'un ami des arbres a permis d'enrichir cette zone par des plantations d'eucalyptus gomphocéphala, après échec relatif du pin d'Alep.

Commencées en 1949, elles couvrent à l'heure actuelle plus de 70 ha, et permettent d'apprécier le développement de la plage de Saidia et les îles Zaffarines d'un décor ombragé, de plus en plus fréquenté. Une route les traverse pour atteindre l'embouchure de la Moulouya.

B. — Un effort plus intense a dû être entrepris pour essayer de créer la même zone de verdure à 8 km d'Oujda, dans le climat plus ingrat de la plaine des Angads. Commencé en 1949, ce périmètre a été, pour les forestiers, une sévère école, qui leur a permis de mettre très soigneusement au point les règles de plantation dans un secteur venté, froid et aride, et familier aux sauterelles.

Créé pour lui-même, dans un cadre sans intérêt, il offre pourtant au visiteur, au travers de ses 250 ha (dont 90 sont reboisés) une agréable impression de familiarité et de goût. Le botaniste y trouvera, groupées, toutes les espèces d'eucalyptus et d'acacias adaptés au pays, avec les pins d'Alep, les thuyas et même les bétoums locaux.

Parmi tous les périmètres installés dans le Maroc Oriental, c'est le seul qui constituerait une opération économique très défavorable s'il ne représentait la somme de toutes nos expériences en matière d'installation d'une végétation dans le pays. Il a vu tous nos échecs et a permis d'améliorer les méthodes et de choisir les essences les plus adaptées à cette région.

C'est à partir de ces résultats qu'il a été possible de faire reculer de 150 km vers le Sud, la limite de notre action sur la végétation naturelle.

Il est vrai qu'en 1947, un essai réussi de reboisement en pin l'Alep avait été entrepris à Jérada, à la limite des hauts plateaux. Ce n'était cependant que la répétition du travail de Taforalt en un secteur favorable au pin d'Alep.

Seules, les méthodes plus intensives de la restauration des sols devaient nous permettre de faire un bond plus important vers les zones arides,

## DEUXIÈME PARTIE.

### **Les méthodes intensives modernes ont permis d'assurer un aménagement des paysages les plus déséquilibrés.**

A. — Les premiers essais ont porté cependant sur des zones relativement faciles à travailler au point de vue du climat, et toujours à proximité de centres importants.

On avait ainsi la possibilité de poursuivre des buts les plus divers :

1° en luttant contre l'érosion et contre l'envasement de certains quartiers populeux durant les périodes d'orage;

2° en réalisant des reboisements profitables économiquement;

3° en aménageant des sites dont pouvaient facilement profiter une importante population.

C'est ainsi que fut entrepris, en 1952, le périmètre du Jbel Hamra à 5 km au Sud de la ville d'Oujda, sur une petite montagne où les bancs calcaires du Jurassique recouvrent les marnes rouges du Permotrias.

La disposition favorable des couches géologiques permettait, en favorisant l'infiltration, d'améliorer considérablement le débit d'un nombre important de sources et de puits situés sur une nappe d'une longueur de 20 km environ, à l'aval de la partie montagneuse.

Les moyens employés ont été beaucoup plus puissants que dans toutes les opérations antérieures puisqu'il y a été construit 8 km de route touristique empierrée, et 15 km de pistes secondaires, ainsi que plusieurs kilomètres de banquettes horizontales et de murettes en pierre. Une zone de 50 ha a été en outre profondément sous-solée.

Au total, 250 ha, sur les 400 englobés dans le périmètre, ont été reboisés avec des essences locales : pin l'Alep, thuya, cyprès de l'Atlas, caroubier ainsi qu'avec des essences exotiques : eucalyptus divers, acacias divers, cyprès de l'Arizona.

Les frais engagés, environ 20 millions de francs, ont permis de combattre efficacement l'érosion et de supprimer totalement l'envasement des bas quartiers d'Oujda. Ils ont également amené une amélioration du débit des puits, et on peut estimer que l'aménagement du paysage, qui est certainement à l'heure présente le résultat le plus directement appréciable de l'opération, a été obtenu par surcroît.

C'est la réalisation type de ce que nous souhaitons obtenir. Du haut du Jbel Hamra, où l'on accède par la route touristique, la vue

s'étend au Nord sur les plaines d'Oujda et de Marnia, ainsi que sur les monts des Béni-Snassen, tandis qu'au Sud se profilent les monts du Ghar Rouban et de Jérada.

Au premier plan, les reboisements variés du périmètre forment l'écran souhaitable pour assurer au tableau grandiose de plaines et de montagnes le cadre de verdure qui leur convient, et l'observatoire de l'armée, qui pourra ultérieurement changer d'usage, rehausse la qualité du décor.

On peut dire du périmètre de Berkane qu'il est la réplique réduite de celui de Jbel Hamra à Oujda. Il possède le double avantage d'être très visible de la plaine des Triffas et de la ville (qu'il couronne d'un îlot de verdure) et de fournir en sens inverse un très joli cadre dominant la vallée du Zegzel et la ville de Berkane.

Ces résultats, très rentables, s'ajoutant à ceux obtenus au Bastion Lobardette près de Debdou ont été acquis avec une relative facilité. La plus grosse difficulté, celle propre à tous les périmètres de ce genre réalisés au Maroc, fut d'obtenir l'expropriation des occupants et de les indemniser,

B. — Il restait à tenter un nouvel effort en secteurs plus arides et, à partir de 1955, deux nouveaux périmètres étaient timidement constitués à Berguent (Ras el Ain) et Taourirt, en des points d'aspects désolés, avec une pluviométrie annuelle de l'ordre de 250 mm et des froids d'hiver sensibles.

En raison des premiers succès obtenus, une troisième expérience était tentée en 1957 à l'oued Bou Rdim à proximité d'El Aioun.

Pour les travaux exécutés sur des terres collectives ou privées, la rentabilité fut recherchée avant toute autre chose, et les contractants du Service de la Défense et de la Restauration des Sols furent particulièrement alléchés par l'offre de plantations fruitières sur grosses banquettes. Seul, le périmètre de Ras el Ain à proximité de Berguent, fut réalisé en terrain domanial et consacré aux plantations forestières.

Les méthodes usuelles furent mises en pratique sur des bassins versants d'oueds, toujours traités à partir des crêtes. Dans certains cas, le sous-solage put être pratiqué, mais la meilleure innovation fut la grosse banquette, soigneusement nivelée, avec des trous de plantation creusés légèrement en aval de la courbe de niveau. De cette façon, le bourrelet de banquette, vu en plan, acquiert une forme sinueuse, semblable à celle de la banquette elle-même vue en élévation; les terrassements sont plus importants, mais on obtient une concentration presque parfaite de toute l'eau de ruissellement au pied de chaque arbre.



La modification des conditions de milieu obtenue était d'importance, puisque la densité des plantations forestières réalisées en tête de bassin put être accrue, à trois reprises, sans difficulté, avec une réussite de 100 %. Les 8 ha de plantation d'essences locales et exotiques les mieux adaptées au climat, prospèrent remarquablement à la densité de 500 arbres à l'hectare, en un lieu où la pluviométrie de l'année agricole 1956-1957 a été de 180 mm.

Le système a été considérablement développé, et il y a maintenant à proximité de Taourirt un périmètre couvrant environ 170 ha dont 25 en plantations forestières. Les oliviers, introduits en 1956 et 1957, ont réussi à 98 %, se sont considérablement développés, et, après deux années de plantation, les plus âgés atteignent 1<sup>m</sup>40 de haut et sont en fleurs.

Il faut noter qu'un essai de plantation très réduit, effectué il y a cinq ans dans la même région, a donné des arbres productifs avec une moyenne de 4 kg d'olives à la fin de l'année 1957.

Les nombreux visiteurs, marocains et étrangers, qui ont parcouru ces périmètres, ont pu constater la qualité du site, mis en valeur par les plantations forestières, au milieu d'un paysage d'aspect lunaire mais plein de grandeur. Le déroulement harmonieux des bourrelets de banquettes, où les oliviers commencent à apparaître, sera plus tard remplacé par les lignes vertes des arbres, et les ravins, maintenant éteints, mais comptant en eucalyptus et tamaris, sont déjà marqués par des lignes de végétation.

Ces possibilités de modifier, par de simples terrassements, les conditions naturelles de végétation, ont causé une grosse surprise aux réalisateurs eux-mêmes qui ne doutent plus de pouvoir étendre leur activité dans les zones les plus sévères.

Le périmètre d'El Aïoun a ainsi été réalisé en 1957 et porté immédiatement à 110 ha. Dès 1958 il pourra atteindre plus de 250 ha.

La surprise des agriculteurs marocains a été telle que les demandes d'exécution de travaux semblables affluent, et que le service doit envisager de nouvelles méthodes pour vulgariser son action.

Au début de 1958, les autorités locales décidaient de consacrer aux travaux de reboisement et de restauration des sols une importante part des fonds de sous-emploi affectés à la province.

Bousculant nos timides projets, elles décidaient d'étendre sur 200 ha l'essai concluant, couvrant 20 ha, sur les flancs de la Gaada de Berguent; d'entreprendre un nouvel essai à Tendrara, à 200 km d'Oujda, et de faire réaliser par les services agricoles un périmètre ne recevant qu'un simple appui technique du service forestier.

Personne ne doute plus qu'en chaque cas la nature ne réponde aussi favorablement qu'elle l'a fait au col du Guerbouz, où 30 ha

d'amandiers et de figuiers fleurissent et fructifient chaque année dans un encadrement de pins d'Alep, sur un sol dont les larges plaies se cicatrisent, ou encore dans les monts Zekkaras où l'on voit revivre la cuvette montagneuse d'Azrouv, plantée de 15.000 amandiers et de 10.000 oliviers.

La tâche est certainement immense, mais l'efficacité des techniques modernes de la restauration des sols pour redonner au fellah du Maroc Oriental le goût d'aménager une terre dont il n'espérait plus rien, de s'attacher à restaurer une nature qui répond si magnifiquement à l'effort qu'on lui consacre, est solidement établie.

Le fait qu'un périmètre bien réalisé procure à son propriétaire une vive satisfaction esthétique, accroît considérablement l'intérêt qu'apporte l'espoir de récoltes futures.

# RECREATIONAL LAND USE

(Extract) (1)

BY

A. GLIKSON

Head of Planning Department, Housing Division,  
Ministry of Labour, Israel

## Methods of approach to recreational planning.

The beginning of land-use planning for recreation lay with those romantic lovers of nature who demanded the preservation of indigenous or rural landscape in the name of God, the nation, or nature in general. Their approach was defensive, and their fight actually was for the salvation of this or that natural area and animal species from the impact of techniques and industry and thus for its artificial separation from the landscape of modern civilization. For them the destruction of indigenous landscape was an indictment against our civilization, an offense against the wholeness of life.

We feel that theirs was a righteous cause; the rational arguments which they used to defend nature, however, were less convincing to businessmen and politicians. Investment in recreational facilities is by no means a good business proposition if such facilities are not intended for mass recreation. Nor could an expectation of greater man-hour production as the direct outcome of the influence of landscape on human health and vitality be substantiated. Arguments concerning the loss of income of local hotels, gas stations, and other small businesses were employed as a last attempt to preserve the integrity of the landscape (American Society of Landscape Architects, 1952), but expectations of short-term profits through exploitation of land for lumbering, mining, and power generation always proved much more attractive.

The truth might be that for conservationists the very existence of wild nature is the real issue. By advocating the part-time use of landscape as an amenity, they tried to influence a utilitarian society to co-operate in the realization of their lofty ideal.

---

(1) Extract from the author's *Recreational Land Use*, a contribution to *Man's Role in Changing the Face of the Earth*, published by the University of Chicago Press, 1956. Here reproduced by courtesy of the Wenner-Gren Foundation for Anthropological Research and the University of Chicago Press.

Given the existence of such mercenary interests, it should be considered a most fortunate achievement that conservation societies and outstanding individuals have succeeded in many countries in preserving limited areas of wilderness as nature reserves or national parks. Even in these the fight for preservation against industrial or agricultural interests, on the one hand, and against invasion by holiday-makers, on the other hand, has to be vigilantly pursued. It is no wonder, therefore, that pessimism is widespread among nature preservation societies (CLARKE, 1946-1947). They understand that stretches of wilderness are becoming museum pieces — exhibits to show the coming generations what they have lost. The rate of deterioration of landscape is still much faster than that of preservation, and the prospects of accomplishing by preservation a finer environment are indeterminate.

But, while the fight of the conservationists is directed against certain basic symptoms of environmental change, it does not touch on the man-land relationship as a whole, on comprehensive environmental reconstruction. Positive goals of environmental health have to replace the defensive actions of conservators. As PATRICK GEDDES wrote in his *Cities in Evolution* (1949, p. 51), « The case for the conservation of nature must be stated more seriously... not merely begged for on all grounds of amenity, of recreation, and repose, sound though these are, but insisted upon ».

Out of the theoretical development of, and the still very limited practical experience in, regional and town planning, the most important conclusion to be drawn with respect to planning for recreation is the need for comprehensiveness. Land-use planning for recreation should be comprehensive in the geographical sense. For practicability, the interdependent recreational facilities of the house, the town, and the region have to be equally considered and provided for. The problem of recreational pressure on the countryside cannot be solved without providing first for the necessary recreational areas and facilities within the town. The same is true of planning for public open spaces in the town and planning of individual houses and flats. On the other hand, the most efficiently planned town, containing a full quota of recreational facilities, is still a beautiful prison if its regional surroundings do not offer the town dweller an attractive and accessible environment. Ample recreational facilities should confront man in all the different spatial frameworks through which he moves; the problem cannot be partly solved, because the very compression of recreational land use into an insufficient framework negates the possibility of recreation.

Planning for recreation in regions and towns should be comprehensive also in the functional sense. As far as possible, the environ-

ment planned for functions such as working, trading, circulating, and dwelling should be recreational as well as utilitarian. To be effective, recreation has to be found casually in the factory at the hour of rest, on the way home, and at home. Vigilance with respect to the availability of recreational facilities should not be limited to a few zones or to the center of a city but should encompass the whole city — its houses, gardens, squares, and streets, providing at one place nooks for individual seclusion and elsewhere for excitement and pleasure in a social context. Recreation would thus represent one of the elements composing habitability.

To the numerous extant formulations of the aim of planning we would, then, add another : Planning aims at perpetuating recreation in all environmental frameworks. This implies that recreation should be part and parcel of the function of all land use and not only the destiny of specific chosen areas of land. It belongs to the planning program to turn town and country as a whole into a functional and aesthetically enjoyable environment.

When recreation is considered a part-time function of man, necessitating a specially treated, segregated environment, there occurs an awkward contradiction in the act of planning for recreation : the more one plans explicitly for recreation, especially on the regional scale, the less satisfactory the result. There are several reasons for this difficulty. A planned natural or historic environment in holiday resorts cannot fulfil the longing of many vacationers to return to the lost rural or indigenous landscape. Neither nature nor history can be « designed ». Attempts to do so have led only to the fabrication of ridiculous junk — ornamental « prettification » in a money-making atmosphere — but not to any true environmental quality. Also, such planning assumes on the part of contemporary men a sort of contentedness with the existence of « utilitarian » land areas, the inferior environment of everyday, for which, it is further assumed, part-time compensation can be had by recourse to a complementary artificial recreational environment. The dual existence of discrete ugly and beautified environment is thus perpetuated; it becomes the confirmation of the rupture between daily life and the good life, which is one of the marks of our big cities — the confirmation of a dualism which ought to be eliminated by planning.

Whereas the planning of separate zones for industry, through-traffic, and residence, as practised today, seems to be in many cases a reasonable method, recreational zoning, as it is often proposed, may miss the very meaning of recreation : it is precisely the specialization of functions which upsets the equilibrium of man in the modern city and which should be balanced by variety — variety which recreation

should provide. To become a true source of recreation, the whole of our regional surroundings has to be turned into an environment which provides for nourishment, occupation, interest, enjoyment, and health at the same time. Planning for recreation should be enlarged from compensatory or defensive zoning to planning for comprehensive purposes of higher environmental quality everywhere.

Summing up this short survey of the planning problems of the present recreational crisis, we present two statements :

a) It is impossible to provide for the theoretically needed amount of land for outdoor regional recreation if it is intended to be exclusively recreational land. Given the increase in world population, first call on land rests with food production, power generation, and industry — especially in the immediate surroundings of large population centers. Recreation, therefore, would have to be confined to the remaining « useless » wastelands, coastal and mountainous areas, or preserved stretches of indigenous landscape, wherever these happened to be located, and for as long as no economic importance was ascribed to them.

b) It is, however, not even desirable to develop a specific recreational environment on the regional scale for the part-time use of inhabitants of the large cities. Visiting such an environment may be a matter of social or erotic interest, of fashion or prestige, but it does not represent a true source of physical and psychological enrichment and renewal. The reason lies in the inevitable overcrowding, which together with recreational specialization, should be considered as contrary to the essential recreational needs of metropolitan inhabitants. From the point of view of quality of recreation, we have to search for areas of basically functional importance — areas of indigenous nature, fishing, pasturing, lumbering, etc. — where recreation would represent one of multiple uses for such land.

Our conclusion, therefore, is that the crisis of recreational land use can be solved only by opening up for recreational use the whole of a region. Nowhere should recreation be an exclusive function of an area; a landscape should be useful and beautiful at the same time — a resource of life and of its renewal.

But is it possible to expect the recreational need for rest and beauty to become the instigator of such a general reconstruction of landscape and environment ?

### Reconstruction of landscape.

There is an intrinsic conformity of aesthetic and functional qualities of an environment, and in this conformity lie all prospects for recreational improvement. To be precise : not all functions create environmental beauty, nor is all environmental beauty functional; but quality creates conformity between them. This was most probably sensed by those nature-lovers who maintained that disfigurement of landscape meant also the decline of our civilization and life. But, as long as mechanistic concepts of land as a food-producing substance prevailed, that feeling found no material « nutrient », and aesthetic and recreational values remained widely separate from reality. Today the teaching of ecology, organic agriculture, soil science, and land-capability classifications are making conformity a scientific certainty. Now, indeed, « the case of nature conservation... can be insisted upon ». The disfigurement of landscape is not merely a symptom but also one of the basic physical causes of cultural decline; it is the effect of a radical change in the relation of man to land and a new cause of human deterioration as well. It is a source of vital aesthetic and recreational dissatisfaction and at the same time a source of deficiency in quantity and quality of food, water, wood, climate, and habitability of the earth. The recreational crisis is part and parcel of the general crisis of basic resources.

Though industrial developments are closely linked with the rise of the birth rate in many countries, the landscape as transformed by industry is incapable of providing the nourishment for an increased population over a long time. It is a landscape of man-made erosion and of declining fertility — and other ever mounting physical problems. All the emphasis is on maximum crops and high profits within the shortest time and for a price which is to be paid by future generations. The land can be interpreted as being functionally degenerate. To secure a permanent basis of civilization, a further step, one of environmental reconstruction, is needed.

In the shaping of tools, houses, and even cities we have learned the intrinsic relationship of material, function, and form, brought to high expression in handicrafts, architecture, and city design. Now, recent developments in biology have made us understand the natural processes to a degree where we begin to recognize our immediate power over, as well as our final dependence upon, the ecological functions. The outstanding importance of our new biological knowledge lies in the fact that it sets us at the beginning of new enterprises on a larger scale, which may be called « reconstruction of landscape »,

« regional design », or as Geddes put it, « geotechnics » (2). This is a scientific enterprise as far as it is the observation and the emulation of nature's rule of return, and an artistic enterprise as far as nature leaves us the freedom, or even incites us, to express our developmental longings in the creation of higher qualities of environment.

The first realization of geotechnics — in the United States especially the Tennessee Valley Authority; in European countries the beginnings of afforestation and agricultural intensification, such as in Israel — as well as of the theory of landscape reconstruction, as developed in the last few years, indicates the changes in the cultural landscape to be expected : an increase in forests and wooded strips, an intensification and variegation of agricultural land use according to soil capabilities, terracing and strip cultivation, the following of lines of natural contours or soil qualities in the delimitation of parcels and fields, and the bringing to an end of the grid pattern of fields introduced by the land surveyor and the real estate merchant. There emerges a reallocation and redevelopment of whole rural countryside, as begun in the Netherlands and in other European countries — a far-reaching reorganization of the treeless « food factories » or of the abandoned eroded fields into smaller fields bounded by wildlife strips.

The application of ecological principles of maintenance of soil fertility will lead in different countries to different landscape designs, because such application will be based on research into regional soil conditions and capabilities and human conditions. For many regions we can imagine as the result the creation of a pattern of freely curved wooded strips, traversing the plains in many directions, widening here and there into woods, running along streams and rivulets, and eventually connecting with the mountainous hinterland, where they would gain in width and finally merge into forests. The shady pathways, the rivers, and the forests of wildlife, for which people in many countries long, would again come to life — not because we should be ready to pay for recreation but because we should be obeying the scientifically recognized rules and preconditions for our permanent settlement and nourishment. Numerous planners have observed that in land-use planning on the regional scale recreation is always among the objectives « obtained... as collateral benefits » (BLANCHARD, 1950). Game preserves would be kept not because of the unceasing endeavours of conservation societies but because « the cover needed for watershed conservation [would be]... restored to the drainage channel and hill-

---

(2) That Geddes used the term « geotechnics » is reported by BENTON MACKAYE in « Geography to Geotechnics », a series that appeared in *The Survey*, October-December, 1950, and April-June, 1951. New York : Survey Associates, Inc.



sides » (LEOPOLD, quoted in GRAHAM, 1944, p. 170). A beautiful recreational landscape, as SHARP (1950, p. 67) has pointed out, « arose out of activities that were undertaken primarily for other motives, rather than that it was deliberately created for itself ».

We can imagine also an increase in planting along roads and trenches to avoid soil erosion and the planting of green belts around villages and cities to absorb the urban floodwaters, to minimize the range of influence of urban dust and smoke, and to create a harmonious transition of great recreational value from town to country. Green strips may converge on the cities and even penetrate into them. Here certain new trends of town planning, which have already found expression in several countries, conform entirely with the large geo-technical principles of reconstruction. In former centuries the formally arranged private garden symbolized in a way the conquest and taming of nature by man. The free design of public gardens during recent decades has been the next step and may represent a memorial which the townsman erects in the heart of his city to remind him of the lost natural landscape. It is a condensed artificial landscape in which a large variety of plants, as well as rocks and water, often represent the natural landscape « in a nutshell ». In many new towns, however, a new way of designing planted areas has appeared; these designs admit, without much artificial treatment, a wedgelike penetration of the surrounding landscape into the center of the city. In this way an extensive net of green pathways subdivides the town in a natural way into the residential neighborhood units; it represents the most attractive and convenient route of communication among places of work, homes, shopping centers, and friends, and it joins with sports fields, playgrounds, and schools. Here recreation has been truly integrated into the whole of the functions of urban life, and there is no longer a need for obtrusively specialized recreational facilities.

The new town no longer represents an isolated fortress, as in past centuries, or an agglomeration of houses alienated from its regional surroundings, as in the nineteenth century, but a regionally integrated nucleus of the landscape, from which open freely the channels which connect its center with the region and through which its lifeblood streams in and out. The function this pattern fosters and expresses may be interpreted as the mutuality of social and biotic life. The human communities of such a region can be strengthened only through the enhancement of its biotic communities. Its biological improvement, however, involves its aesthetic and recreational improvement.

Man has changed his landscape time and again. But all large-scale landscape design has been based on functional rather than aesthetic foundations. It may be expected that both « useful » and « use-

less » landscape will gain, by the new reconstruction of landscape, much of that « indigenous » character which is so valuable for recreation (MACKAYE, 1928, pp. 138 and 169). But what does that indigenous character signify in this context ? It would be superficial to explain it merely as a return to a primitive past. « Indigenous » should be interpreted, as MacKaye has, as a quality of past, present, and future. As appeared in a recent memorandum of the (British) Soil Association, « The primitive environment was better, not because it was primitive, but because the rule of the natural biological cycle prevailed » (ANONYMOUS, 1955, p. 77). In the same way recreation would be better, not as an attempt to return to the past, but as a way to eternally desirable values. The indigenous character of landscape which may result from application of scientific methods would be a confirmation of the quality of our work of reconstruction. That landscape would be a realization of our aspirations toward health and wholeness.

#### Realization of recreation.

We began this essay by searching man for his needs and the landscape for its recreational resources; we found man's needs to be rising at the same time that the recreational landscape is deteriorating; only comprehensive regional reconstruction can restore the true sources of recreation. Now we have to look for the human resources for this tremendous enterprise which may be described as *recreation of environment*. Our problem has become reversed, and it is no longer possible to separate « recreation by environment » from « recreation of environment ». Indeed, the very term « recreation » hints at this ambiguity : recreation means the revitalization of man's life by whatever circumstances, but it means also the restoration of life in man's biotic and physical environment. Recreating and being recreated — both are included in the original meaning of recreation, and, indeed, only in this double sense can it be realized.

We have dealt with the problem of recreation for the most part skeptically. As long as we are satisfied with *expecting* recreation from the environment, there is much room for skepticism. Hope begins when we deal with recreation in its active as well as its passive aspects. Such recreation loses the character of temporary compensation; it becomes a positive act of observing, enriching one's experience, widening one's interests, participating in the activities of communities, and developing receptivity for environmental qualities.

In our time we often meet the tendency to identify recreation with certain ways of behavior in free nature and in foreign places — a sort of planned emotionality and permanent enthusiasm. When we speak

of « active » recreation, we aim not at the instigation of any such recreational enthusiasm but at positive purposes of recreation. Active recreation may become the voluntary preparation of the urban inhabitant for the geotechnical renewal of his region; it may be the first step — reconnaissance — in the long-overdue fight against soil erosion, declining fertility, and landscape devastation, aiming at the qualitative and quantitative enhancement of food-growing areas as much as of the habitability in town and country. This sort of recreation would serve the progress of regional survey of towns and country. As conceived by GEDDES (1949, p. 157), it would renew our acquaintance with our regions, « rationalize our own experience », and prepare us for its planned change by widening our factual knowledge as well as educating us to a synoptic planning attitude; it would become a « regional survey for regional service » (BOARDMAN, 1944, p. 187).

Wherever attempts at land reconstruction have been made, it has emerged clearly that this is a multi-purpose enterprise, involving agriculture, water supply, power production, industry, transportation, and population movement and geared to residential as well as recreational purposes. To be successful, such an enterprise has to be undertaken by collaborating parties of different interests. The rural forces alone in our time are unable to accomplish the task. Urban scientific and technical achievements have to be fully applied to the country to bring about afforestation, dam-building, terracing, drainage, planting, re-allotment of land, and construction. If repair of the man-land relationship were to become the essential content of recreation, the recreational return of the urban inhabitant to the land would mean the beginning of mutuality of urban and rural land-use interests and of co-operation in planned regional reconstruction.

We can now summarize by forecasting three stages of environmental development beyond those set forth at the outset — though these represent no certainties but only postulates :

4. Urban man should realize that, when he conquered the countryside and created towns, he at the same time lost important environmental values. Forced thereby to search for his own recreation, he returns to the country. The more that industry and cities expand, the greater is the demand for recreation — but the greater also are the chances to realize recreation in its double sense by combined economic rehabilitation, social re-education, and physical reconstruction.

5. In the reconstruction of landscape, co-operation between town and country and among professions would re-create a fertile and habi-

table environment. It would be the greatest enterprise of planned environmental change since Neolithic times and the best act of social creation we can imagine. With the help of science, man reconstructs nature in its own image, which is at the same time his own best image.

6. Acting toward these purposes, man would rediscover the land as an inexhaustible resource of human recreation; making such discoveries, he would at the same time regain confidence in his own creative capabilities. Recreation would then become means and ends in one — and the earth, a better habitation.

#### REFERENCES.

- BLANCHARD, R. W., 1950, Master Land Use Plan for Crooked Creek Reservoir (*Landscape Architecture*, XXXVII, 140-141).
- BOARDMAN, Philip, 1944, Patrick Geddes, Maker of the Future. Chapel Hill : University of North Carolina Press, 504 p. (The life-story of the great biologist, geographer, educator, and planner is at the same time a forecast of the science of renewal of manwork and environment).
- CLARKE, Gilmore D., 1946-1947, A Challenge to the Landscape Architect (*Landscape Architecture*, XXXVII, 140-141).
- GEDDES, Sir Patrick, 1949, Cities of Evolution. 2nd ed., London : William and Norgate, 241 p. (This book is the only publication of Geddes' numerous scripts on comprehensive planning. The more one penetrates into Geddes's ideas and formulations, the wider appear the horizons of the future in thought and action.)
- GRAHAM, Edward H., 1944, Natural Principles of Land Use. New York : Oxford University Press, 274 p. (In this scientific work the importance of our new biological knowledge for a comprehensive change of the landscape becomes obvious.)
- MACKAYE, Benton, 1928, The New Exploration : A Philosophy of Regional Planning (New York: Harcourt, Brace & Co., 235 p.).
- SHARP, Thomas, 1950, Planning Responsibility of the Landscape Architect in Britain (*Landscape Architecture*, XL, No. 2, 67-72).

# LANDSCHAFTSPLANUNG IN DER SCHWEIZ

VON

Theo HUNZIKER

Büro für Regionalplanung, Zürich, Suisse

## EINLEITUNG.

Die fortschreitende wirtschaftliche und technische Entwicklung, die rasche Bevölkerungszunahme und die Umwandlung der Bevölkerungsstruktur durch Verstädterung verursachen in den Landschaften der Schweiz immer deutlicher sichtbare und teilweise bedenklich stimmende Veränderungen. Diese kommen vor allem in der zunehmenden Ausweitung der Siedlungen, in der Zunahme technischer Anlagen auch ausserhalb derselben und in der starken Umwandlung der Agrarlandschaft zum Ausdruck. So vorteilhafte Ergebnisse dieser Wandel in verschiedener Hinsicht zu zeitigen vermochte, so sehr hat er andererseits infolge mangelnder Koordination der gestaltenden Kräfte eigentliche Landschaftsschäden in Form von Beeinträchtigungen der landschaftlichen Eigenart, Gewässerverunreinigung, Luftverschmutzung, Lärm, Verkehrskollisionen usw. hervorgerufen, die geeignet sind, die gesunde Weiterentwicklung des Einzelnen wie der Gemeinschaft zu gefährden.

Diese Vorgänge haben in den letzten Jahrzehnten Orts-, Regional- und Landesplanung zu einem dringenden Anliegen von öffentlichem Interesse werden lassen. Gleichzeitig wurden damit die eng verknüpften Bestrebungen des erhaltenden und gestaltenden Natur- und Heimatschutzes zu wesentlichen praktischen Betätigungsfeldern. Neben ihnen — und mit zahlreichen Beziehungen zu ihnen — ist der Städtebau auf den Plan gerufen worden.

Immer mehr setzt sich somit nicht nur in Fachkreisen, sondern auch bei Behörden und in weiten Kreisen unseres Volkes die Erkenntnis durch, dass alle sich in der Landschaft abspielenden Vorgänge (Wohnen, Wirtschaften, Erholen, Verkehren) einer gesunden Gesamtentwicklung der Landschaft untergeordnet und dementsprechend wirksam koordiniert werden müssen, d.h. kurz gefasst, einer sinnvollen *Planung* bedürfen.

Die geschilderte Entwicklung spiegelt sich wider in einer vor allem seit Ende des letzten Krieges ständig wachsenden Zahl von Veröffentlichungen in der Fach- und Tagespresse über Fragen, die mit dem Sachgebiet « Landschaftsplanung » zusammenhängen. Um nicht

bereits Gesagtes in anderer Form zu wiederholen, gestatten wir uns, die Berichterstattung unter Ziffer 1-5 zu beschränken auf einen Auszug aus dem Aufsatz von BODMER (3) über « Landesplanung », der knapp und klar gefasst den Entwicklungsgang, die Zielsetzung und die gegenwärtige Stellung der Landschaftsplanung in der Schweiz umreißt. Die Ausführungen werden unter Ziffer 5 ergänzt durch einen Hinweis auf die neueste Entwicklung sowie abschliessend durch ein Verzeichnis der wichtigsten neueren Literatur.

### **1. Entwicklungsgang.**

Ueber den Weg regelmässiger internationaler Kongresse für Städtebau, Wohnungswesen und Landesplanung drang der Gedanke der Landesplanung in viele Länder vor und fasste Fuss je nach der Intensität der Industrialisierung. In der Schweiz geschah dies verhältnismässig spät, obwohl unser Land schon lange zu den hoch industrialisierten gehört. Der Grund hiefür liegt in der Tatsache, dass die Entwicklung von Industrie und Gewerbe von Anbeginn an stark dezentralisierende Tendenz aufwies; deshalb sind auch unsere Städte noch nicht zu so überdimensionierten Gebilden herangewachsen wie in vielen andern Ländern. Der Gedanke der Landesplanung hat sich bei uns mehr als Folge des Heimat- und Landschaftsschutzes und des traditionellen Städtebaues ausgebreitet. Erst in jüngster Zeit treten Argumente wie Störung des Gleichgewichtes zwischen Stadt und Land, Bodenverknappung und Bodenspekulation, vermehrte Dezentralisation der Industrie, Landesverteidigung und Luftschutz, Hauptstrassenplanung und Gewässerschutz in den Vordergrund im Verlangen nach wirksamer Landesplanung. Zu den Pionieren gehören Architekten und Ingenieure, die bereits anlässlich des internationalen Wettbewerbes um einen Bebauungsplan für Gross-Zürich 1915-1918 auf gewisse räumliche Fehlleitungen hinwiesen. Die Städtebau-Ausstellung 1929 in Zürich, im Auftrage des BSA von Hans Bernoulli und Camille Martin organisiert, vermittelte zum ersten Mal einen systematischen Vergleich über die Grundlagen und die Entwicklungstendenzen der 10 grössten Schweizerstädte. An Hand konkreter Planungsfragen und zahlreicher Bebauungsplan-Wettbewerbe von Städten und grösseren Ortschaften zeigte sich immer wieder die Notwendigkeit, gewisse Fragen, wie Verkehr, Landschaftsschutz, Freiflächen usw. in grösseren Zusammenhängen, über weitere Räume hinweg zu untersuchen und zu planen. So wandte sich 1935 der Bund Schweiz. Architekten (BSA) mit einer Eingabe an den Bundesrat, worin die Landesplanung in der Schweiz als dringlich angemeldet wurde. Zwei Jahre später setzten die Fachverbände (BSA und SIA)

eine Schweiz. Landesplanungskommission ein, deren eingehende Untersuchungen und Empfehlungen im Jahre 1943 zur Gründung der Schweiz. Vereinigung für Landesplanung führte, die dann 1944 eine Geschäftsstelle (Zentralbüro für Landesplanung) mit Sitz in Zürich eröffnete.

Die Schweiz. Vereinigung für Landesplanung (VLP) ist eine halböffentliche Institution, der Bund, Kantone, Gemeinden, Firmen und Private als Mitglieder angehören. Sie ist nach Vereinsrecht aufgebaut, ergänzt durch Fachorgane und Spezialkommissionen. Die VLP gliedert sich in 8 Regionalplanungsgruppen (RPG) : Bern, Graubünden, Nordostschweiz, Nordwestschweiz, Zentralschweiz, Tessin, Westschweiz und Wallis.

## **2. Aufgaben und Ziel.**

Seit 1850 hat sich die Bevölkerung der Schweiz verdoppelt. Vom gesamten Schweizer Boden sind rund  $\frac{1}{4}$  unproduktiv,  $\frac{1}{4}$  Alpweiden,  $\frac{1}{4}$  Wald und  $\frac{1}{4}$  Kulturland. Die Bevölkerung wohnt mit wenig Ausnahmen im letzten Viertel, der Kulturlandzone. Die effektive Siedlungsdichte, auf die letztere bezogen, beträgt demnach heute etwa 450 Menschen pro km<sup>2</sup>. Seit ungefähr 1920 werden jährlich etwa 1.500-2.000 landwirtschaftliches Kulturland als Bauland aller Art, sowie für Strassenbau, Sportspiel- und Flugplätze absorbiert. Die Bodenverknappung verschärft sich zusehends. Sollen andererseits Gewerbe und Industrie ihren Platz auf dem Weltmarkt behaupten können, so müssen sie darauf bedacht sein, Leerlauf und erhöhte Gestehungskosten, resultierend aus ungünstigen Standortbedingungen, auszumerzen. Städte und Ortschaften müssen in die Lage versetzt werden, neue organisch gestaltete Wohnquartiere zu schaffen, die ein gesundes, ruhiges Wohnen und eine Entfaltung des kulturellen Lebens ermöglichen. Das gesamte Schweizervolk und seine Gäste aus dem Ausland haben Anspruch auf vermehrten Schutz und Erhaltung des Landschaftsbildes im Grossen und Kleinen.

Alle diese Aufgaben zusammen mit dem weiteren Ausbau und teilweiser Neuanlage des Verkehrsnetzes drängen sich auf engem Raum zusammen und erheischen eine vorausschauende, koordinierende Planung mit einer klaren Gesamtkonzeption und dem Ziel eines optimalen Gesamtnutzeffektes. In diesem Sinne und als räumliche Standortsplanung ist die Landesplanung gleichzeitig Grundlage und Rahmen für die Erhaltung einer freien Wirtschaft und deutlich abgegrenzt gegen integrale Planwirtschaft.

### **3. Räumlicher Aufbau.**

In Uebereinstimmung mit dem staatspolitischen Aufbau der Schweiz ist auch die Landesplanung von unten nach oben, von der Gemeinde zum Land, angelegt. Das Schwergewicht liegt bei der Ortsplanung. Diese umfasst in der Regel das Gebiet einer Gemeinde. Die Ortsplanung ist zwar überwiegend Bauplanung, doch wird im Rahmen der rechtlichen Möglichkeiten versucht, auch das landwirtschaftliche Gebiet miteinzubeziehen, insbesondere ist auf die Notwendigkeit der Koordination von landwirtschaftlicher Güterzusammenlegung und Ortsplanung hinzuweisen. Planungen, die sich über das Gebiet mehrerer Gemeinden erstrecken, werden als Regionalplanung bezeichnet. Orts- und Regionalplanung sind auf die Gesamtkonzeption der Landesplanung auszurichten.

### **4. Rechtsgrundlagen.**

Die bisherigen Rechtsgrundlagen der schweizerischen Landesplanung sind unübersichtlich in vielen Einzelgesetzen und Erlassen zerstreut. Die wichtigste Grundlage bilden die kantonalen Einführungsgesetze zum ZGB und die kantonalen Baugesetze. Von Bundes wegen sind nur Rechtsgrundlagen möglich, wenn dem Bunde verfassungsmässige Kompetenzen zukommen. Das Schwergewicht liegt somit bei der kantonalen Gesetzgebung, um so mehr als das gesamte Bauwesen und vor allem auch die Strassen der kantonalen Hoheit unterstehen. Die Rechtsgrundlagen wechseln von Kanton zu Kanton und müssen häufig genug für jede einzelne Planungsmassnahme gesondert studiert werden. Gesamthaft gesehen sind die Rechtsgrundlagen nicht nur unübersichtlich, sondern auch ungenügend. Rechtlich steht die Schweiz. Landesplanung etwa da, wo sich die englische 1909 befand.

### **5. Stellung in der Gegenwart.**

Praktisch hat die Landesplanung doch mehr erreicht, als die unzulänglichen Rechtsgrundlagen vermuten lassen. Rund ein Viertel aller Gemeinden haben Ortsplanungen durchgeführt oder besitzen doch wenigstens eine Bauordnung neueren Datums. Dazu kommt eine stattliche Zahl von Regionalplanungen, die teilweise über kommunale Erlasse rechtskräftig wurden. Bedeutender als die Zahl der Planungen ist die ideelle Wirkung der Landesplanung, die nicht nur die genannten aktuellen Probleme ins Bewusstsein rief, sondern immer wieder den Sinn und die Bereitschaft zur Koordination geweckt und den Boden zu vermehrter und fruchtbarer Zusammenarbeit unter den verschiedenen Fachinstanzen und den Behörden vorbereitet hat.



Auch setzen sich die Organe der VLP immer wieder dafür ein, dass auch in mittleren und kleineren Gemeinden die vielfältigen Planungs- und Baufragen durch Fachleute und mit derselben Sorgfalt und Hingabe behandelt werden wie in den Städten und grossen Gemeinden mit eigenen Bau- und Planungsämtern. Wenn man bedenkt, dass in der Regel mehr als 50 % der kommunalen Gelder für Bauausgaben ausgegeben werden, dass ferner im Laufe der nächsten Jahrzehnte Milliarden für den Ausbau des Hauptstrassennetzes, für landwirtschaftliche Bodenverbesserungen und Güterzusammenlegungen, für Abwasserreinigungsanlagen usw. aus öffentlichen Mitteln aufzubringen sind, so darf und muss erwartet werden, dass die Gesichtspunkte der Landesplanung und ihre Forderung nach Koordination von Anfang an Berücksichtigung finden. Neben ihrer technischen Aufgabe erfüllt die Landesplanung in diesem Sinn die Rolle eines öffentlichen Gewissens.

Noch deutlicher und unerschrockener aber muss die Landesplanung ihre Stimme erheben wenn es um die Frage geht : Wie soll und kann die Schweiz in 20, 30, 50 Jahren aussehen, wenn 6, 7, 8 oder 10 Millionen Menschen auf derselben Bodenfläche leben müssen wie heute ?

Wie sehr die Forderung nach vermehrter Landschaftsplanung bereits im Bewusstsein der Öffentlichkeit Fuss gefasst hat, beleuchten abschliessend die beiden folgenden Tatsachen :

Die Eidgenössische Technische Hochschule (ETH) in Zürich widmete ihre letzte, überaus stark besuchte Vortragsreihe dem Thema « Schicksalsfragen der Schweiz : Die Zukunft von Feld, Wald und Wasser » und erhob damit von höchster Warte aus die Forderung, Boden und Wasser als wichtigste Lebensgrundlagen der Bevölkerung in bester Weise zu verwenden. Zugleich sind zur Zeit gerade über den Kreis der VLP hinausgreifende Bestrebungen im Gange, um an der ETH eine umfassende Ausbildungsmöglichkeit auf dem Gebiete der Landesplanung zu schaffen, die über die vorhandenen Ansätze hinaus eine systematische Ausbildung von Landschaftsfachleuten in den Fachrichtungen « Orts- und Regionalplanung », « Verkehrsplanung » und « Landschaftsgestaltung » ermöglichen soll.

## **6. Zusammenfassung.**

Hand in Hand mit der Verdoppelung der Bevölkerung seit 1850 und der wirtschaftlich-technischen Entwicklung mehren sich in den Landschaften der Schweiz die Anzeichen offenkundiger Landschaftschäden (z. B. zunehmende Gewässerverschmutzung, Beeinträchtigungen der landschaftlichen Eigenart usw.). Andererseits sind schon seit einigen Jahrzehnten, vor allem aber seit Ende des letzten Krieges

auch vermehrte Anstrengungen zu verzeichnen, deren Ziel darin besteht, eine koordinierte Beanspruchung der Landschaft zu verwirklichen (Orts-, regional- und Landesplanung, Natur und Heimatschutz usw.). Im vorstehenden Bericht wird die Landschaftsplanung herausgegriffen und ihr Entwicklungsgang bis zur Gegenwart beleuchtet. Dabei zeigt sich in aller Deutlichkeit, dass ihr Ziel, alle in der Landschaft sich abspielenden Vorgänge (Wohnen, Wirtschaften, Erholen, Verkehren) einer gesunden Gesamtentwicklung der Landschaft unterzuordnen und demgemäss zu koordinieren, in der Schweiz immer mehr zu einem dringenden Anliegen des öffentlichen Lebens heranwächst.

#### LITERATUR.

1. E.T.H.-TAGUNG FÜR LANDESPLANUNG, Vortragsreihe (Zurich, Leemann, 1943).
2. GUTERSOHN, H., Harmonie in der Landschaft (*Schriftenfolge der Schweiz, Vereinigung f. Landesplanung*, Nr 1, Solothurn, Vogt-Schild, 1946).
3. LANDESPLANUNG, Textbeiträge namhafter Autoren (*Ja. Ztschr. f. menschliche Begegnungen*, Heft 12, Aarau, Sauerländer, 1956).
4. MARTI, H., Erfahrungen und Zukunftsaufgaben der schweizerischen Landesplanung, Plan 8, 1951.
5. MEYER, R., Stellung und Ausbildung des Planers, Plan 3. 1956.
6. PETER, H., Regionalplanung im Kanton Zürich.
7. Plan. Schweiz. Ztschr. f. Landes-, Regional- und Ortsplanung (Solothurn, Vogt-Schild).
8. SCHAUMANN, W., Die Landesplanung im Schweizerischen, Englischen und Französischen Recht. Eine rechtsvergleichende und rechtspolitische Studie (Zurich, Regio, 1950).
9. SCHWEIZERISCHE REGIONAL- UND LANDESPLANUNG, Bericht der Schweiz. Landespl. Kommission (Zurich, Polygrafischer Verlag, 1943).
10. WERNER, M., Gedanken zur Ferienlandschaft, Plan 4, 1954.
11. WINKLER, E., Gedanken zur Ausbildung des Landesplaners (*Plan. Schweiz. Ztschr. f. Landes-, Regional- und Ortsplanung*, Nr 6, Solothurn, Vogt-Schild, 1953).

#### Résumé.

Parallèlement à l'augmentation de la population, qui a doublé depuis 1850, et au développement économique et technique du pays, la dégradation du paysage s'affirme en Suisse et se manifeste par des signes de plus en plus nombreux (pollution des eaux, préjudices portés au caractère spécifique du paysage, etc.). Il faut relever d'autre part que depuis plusieurs années déjà et surtout depuis la fin de la dernière guerre, des efforts accrus ont été tentés en vue de réaliser un plan coordonné de mise en valeur du paysage (aménagement local, régional et national, protection de la nature et du patrimoine national, etc.). On s'est attaché, dans le présent rapport, à définir la notion d'aménagement du paysage aussi bien qu'à en retracer l'évolution jusqu'à nos jours. La conclusion qui s'en dégage de toute évidence est que l'application de cette technique nouvelle, qui vise à coordonner et à subordonner à un plan d'ensemble toute utilisation du paysage (habitation, exploitation, délassement, tourisme), devient de plus en plus, en Suisse, une impérieuse exigence de la vie publique.

## **RECOMMANDATIONS DES RÉUNIONS TECHNIQUES** **adoptées par l'Assemblée Générale**

L'Assemblée recommande :

- que les principes de la protection de la nature en matière d'aménagement du paysage soient unanimement respectés;
- que le Président du sous-Comité du Paysage s'efforce d'obtenir de chaque pays, au cours des deux prochaines années, une étude sur les conditions géographiques, sociales et économiques, affectant l'aménagement des paysages et sur les problèmes qui en découlent; ces études devraient constituer une base pour l'examen de ces problèmes et la formulation de solutions possibles. De plus, les grands projets visant à l'aménagement des terres et des eaux modifiant actuellement de vastes parties du monde, l'U.I.C.N. devrait collaborer avec la F.A.O. dans la préparation de ces projets. Dans ce but, le personnel technique de l'U.I.C.N. devrait s'adjoindre des experts à qui la F.A.O. assurerait son aide.

## **RECOMMENDATIONS OF THE TECHNICAL MEETINGS** **adopted by the General Assembly**

The Assembly recommends :

- that in landscape planning due regard should be paid to the principles of nature protection.
- that the Chairman of the Landscape Planning Committee should endeavour to obtain from, each country during the next two years a survey of geographic, social and economic conditions affecting landscape planning, and the problems arising therefrom; these surveys should form a basis for the study of the problems and the formulation of possible solutions.
- that, as large-scale land and water development schemes are changing extensive parts of the world, I.U.C.N. should collaborate with F.A.O. in the preparation of these schemes. For this purpose the technical staff of the I.U.C.N. should be increased by the addition of experts who would be seconded by F.A.O.

# TABLE DES MATIÈRES. — TABLE OF CONTENTS

Pages

## THÈME I: — THEME I:

Conservation du Sol et de l'Eau.  
Soil and Water Conservation.

### THÈME Ia - THEME Ia

#### Utilisation de la végétation dans le contrôle de l'érosion. The Use of Vegetation in Erosion Control.

PLAN DE TRAVAIL . . . . .	5
OUTLINE . . . . .	6
RAPPORT GÉNÉRAL : JEAN-PAUL HARROY. Utilisation de la végétation dans le contrôle de l'érosion . . . . .	7
COMPTES RENDUS DES DISCUSSIONS. — SUMMARY OF DISCUSSIONS . . . . .	14
RAPPORTS : — PAPERS :	
Le rôle de la végétation dans la conservation du sol et de l'eau : F. R. FOSBERG . . . . .	31
Rôle de la végétation naturelle ou non dans la conservation du sol et de l'eau W. ROBYNS . . . . .	37
Causes spécifiques au XX <sup>e</sup> siècle poussant partout l'homme moderne à détruire la végétation naturelle: JEAN-PAUL HARROY . . . . .	42
The use of vegetation in erosion control : Forestry Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations . . . . .	47
Défrichement pour l'extension des cultures : action en faveur du « Better Farming » : L. VIRELIZIER . . . . .	55
Origines et rôle pathogène de l'Overstocking dans l'étiologie de l'érosion du sol. Possibilités d'y remédier : D. ADAMANTIDIS . . . . .	61
La lutte contre les incendies : TOBIAS LASSER . . . . .	65
The use of vegetation in erosion control : PANOS MARGAROPOULOS . . . . .	71
Érosion et Écologie : J.-P. BARRY . . . . .	78
Maintenance or restoration of natural plant cover in the Middle East : R. MACLAGAN GORRIE . . . . .	83
Erosion control and afforestation of the Tiberias drainage basin : A. Y. GOOR . . . . .	88
Extracts from : Role of vegetation in soil conservation with special reference to plans and programmes for India : J. K. BASU . . . . .	92

	Pages
Development of erosion in mountainous regions of the Azerbaidzhan S.S.R. and an attempt to check this process : G. A. ALIEV . . . . .	98
Le rôle de la végétation naturelle dans le contrôle de l'érosion et la protection du sol aux Antilles françaises : HENRI STEHLE . . . . .	104
Vegetation for erosion control; technical and social methods for its effective use : D. A. WILLIAMS . . . . .	112
L'utilisation de la végétation, et plus spécialement des arbres, dans le contrôle de l'érosion au Ruanda-Urundi : POL DONIS . . . . .	119
Provision of vegetation to provide local protection against wind and water erosion of soil: MUNAWAR HUSSAIN . . . . .	121
Control of erosion by vegetation on local areas : HERBERT C. STOREY ...	129
Protection contre l'érosion hydrologique assurée par diverses cultures en Guinée forestière : P. BONNET et P. VIDAL . . . . .	134
Utilisation de la végétation pour la protection des sols cultivés contre l'érosion au Congo belge: G. TONDEUR . . . . .	146
Soil conservation methods adopted in the Mountain Zebra National Park with special emphasis on the use of vegetation in erosion control A.M. BRYNARD . . . . .	151

**THÈME 1b — THEME 1b**

**Les conséquences des barrages sur l'habitat et le paysage (végétation, climats locaux, etc.), plus particulièrement dans les zones semi-arides.**

**The effects of dams on habitat and landscape (vegetation, local climate, etc.) with special attention to semi-arid regions.**

PLAN DE TRAVAIL . . . . .	159
OUTLINE . . . . .	161
GENERAL REPORT : E. SWIFT. Effects of dams on habitat and landscape especially on semi-arid regions. . . . .	163
COMPTES RENDUS DES DISCUSSIONS. — SUMMARY OF DISCUSSIONS . . . . .	166
PAPERS: — RAPPORTS :	
Use of water in ancient civilizations in the Mediterranean area : B. HELLSTROM . . . . .	171
The repercussion of dams on historical and archaeological monuments and prehistoric remains : J. O. BREW . . . . .	187
Dams and supplemental works in soil and water conservation : W. C. LOWDERMILK . . . . .	193
The Nile and its utilization: H. E. HURST . . . . .	202
Hydro-electric power in the comprehensive development of water resources: FRANCIS L ADAMS . . . . .	210
Needs of energy and the building of dams (Fossil fuels, hydro-electric power, nuclear energy, new sources) : W. BURHENNE . . . . .	217
Flood control and navigation: C. SEMENZA and F. MARZOLO . . . . .	225

	Pages
Reservoir submergence and ecological studies in the Damodar Valley : P. C. GOSWAMI .....	233
Une solution nouvelle à l'irrigation des zones de collines : Les petites « réserves collinaires » : ROLAND DARVES-BORNOZ .....	238
Benefits and damages to the amenities, scenic and recreational resources, fish and wildlife: ROMAN W. SZECHOWYCZ .....	250
The nature of social and economic costs and benefits : LAWRENCE G. HINES .....	258
Should the amenities be measured by a monetary value ? : ENRIQUE BELTRAN .....	264
Flood-plain zoning to alleviate need for flood control storage : H. ALDEN FOSTER .....	272
Barrages et Crues : A. REYMOND .....	279
Effect of dams on habitat and landscape, with special reference to India : P. R. AHUJA .....	288

#### THÈME Ic - THEME Ic

#### **L'aménagement du paysage selon les données de l'écologie, — Landscape management on an ecological basis.**

PLAN DE TRAVAIL. OUTLINE .....	299
GENERAL REPORT : L. G. ROMELL. Landscape management on an ecological basis .....	300
COMPTES RENDUS DE LA SÉANCE. — SUMMARY OF DISCUSSIONS .....	311
RAPPORTS : — PAPERS :	
Les variations de l'équilibre agro-sylvo-pastoral de la Garrigue médi- terrannée : J. P. BARRY .....	317
Notizie per uno studio del paesaggio italiano : F. MANCINI .....	322
L'agriculture « minière » au Maroc et ses dangers: J.-P. CHALLOT .	324
Wachsende Gefahr der Bodenvernichtung in der Turckei, durch die Entwicklung der Landwirtschaft seit 1923, und ihre Bekämpfung : F. CHRISTIANSEN-WENIGER .....	329
Quelques aspects de la dégradation du paysage végétal au Sahara et en Afrique du Nord : PIERRE QUEZEL .....	341
Die Terrassenlandwirtschaft von Jemen : F. CHRISTIANSEN-WENIGER	347
Le rôle de l'agriculture scientifique dans la conservation de la nature en régions tropicales et équatoriales : M. FERRAND .....	350
L'agriculture congolaise et l'économie des ressources naturelles : F. JURION .....	354
Les taillis sartés de l'Ardenne : A. NOIRFALISE et A. THILL .....	364
Socio-economic aspects of soil conservation and fertility maintenance : G. V. JACKS .....	371
Réflexions sur les modifications apportées par l'homme aux biotopes naturels: G. KUHNHOLTZ-LORDAT .....	378

	Pages
Ecology and landscape planning: J. D. OVERTON . . . . .	383
Landschaftsplanung in Deutschland : E. BARNARD . . . . .	387
The importance of landscape planning in land and water development schemes. With special reference to the Dutch Delta Plan : R. J. BENTHEM . . . . .	389
Exemples pratiques d'aménagement de paysage au Maroc oriental : C. CHAPUIS . . . . .	397
Recreational Land Use (Extract) : A. GLICKSON . . . . .	403
Landschaftsplanung in der Schweiz : THEO HUNZIKER . . . . .	413
RECOMMANDATIONS. — RECOMMENDATIONS . . . . .	419
TABLE DES MATIÈRES. — TABLE OF CONTENTS . . . . .	420

\*  
\* \*

N.B. — L'impression du Thème *Ib* a pu être réalisée grâce au soutien financier de l'Unesco.



**PUBLICATIONS DES RÉUNIONS TECHNIQUES DE L'UICN,  
PUBLICATIONS ON THE TECHNICAL MEETINGS OF I.U.C.N.**

Documents préparatoires à la (première) Conférence Technique Internationale pour la Protection de la Nature, août 1949, États-Unis (1949, 102 p., presque épuisé).....**Fr.b. 50 — \$ 1.**

Preparatory Documents to the (first) International Technical Conference on the Protection of Nature, August 1949, U.S.A. (1949, 97 p., almost out of print).....**Fr.b. 50 — \$ 1.**

(Première) Conférence Technique Internationale pour la Protection de la Nature — First International Technical Conference on the Protection of Nature, Lake Success, U.S.A., 22-29.VIII.1949 — Procès-Verbaux et Rapports — Proceedings and Papers (1950, xi + 583 p.).....**Fr. b. 175 — \$ 3.50.**

- Education et protection de la nature.
- Education and nature protection.
- Grands problèmes de la recherche écologique en relation avec la conservation des ressources naturelles.
- General problems involving ecological research in the conservation of natural resources.

Procès-Verbaux et Rapports de la (deuxième) Réunion Technique, La Haye, Pays-Bas, 20-22 septembre 1951 (1952, 108 p.).....**Fr. b. 50 — \$ 1.**

- Le paysage rural considéré comme milieu naturel de la flore et de la faune dans les pays densément peuplés.
- Gestion des réserves naturelles.

Proceedings and Papers of the (second) Technical Meeting, The Hague, Netherlands, 20-22 September 1951 (1952, 105 p.).....**Fr. b. 50 — \$ 1.**

- Rural landscape as a habitat for flora and fauna in densely populated countries.
- Management of nature reserves.

(Tercera) Reunión Técnica — (Troisième) Réunion Technique — (Third) Technical Meeting, Caracas, Venezuela, 1952 (1954, 556 p.) ... **Fr. b. 250 — \$ 5.**

Entre autres : — Amongst other themes :

- Conséquences du recours aux feux courants en agriculture.
- Consequences of the use of fire for agriculture.
- Les espèces endémiques des petites îles.
- Endemic species of small islands.

La plus grande partie des rapports contenus dans ce volume sont en traduction espagnole. L'U.I.C.N. tient à la disposition de ceux qui le désirent les versions originales ronéotypées de certains articles.

The main part of the papers in this volume appear as Spanish translations. A certain number of stencilled original articles are still available and can be sent on request.

Hydroélectricité et Protection de la Nature. Une confrontation — Hydro-Electricity and Nature Protection. Stating the Case. (Thème I de la troisième Réunion Technique, Caracas, Venezuela, 1952, présenté par Lord Hurcomb — Theme I of the third Technical Meeting, Caracas, Venezuela, 1952, edited by Lord Hurcomb.) (Volume II de la Collection U.I.P.N. « Pro Natura », Sedes, Paris, 1955, 224 p.).....**Fr.b. 175 — \$ 3.50.**

La préservation de la faune libre en régions semi-arides. Thème II de la troisième Réunion Technique, Caracas, Venezuela, 1952, présenté par A. Villiers — Wildlife preservation in semi-arid areas. Theme II of the third Technical Meeting, Caracas, Venezuela, 1952, edited by A. Villiers. (Extrait de *La Terre et la Vie*, 1958, 88 p.).....**Fr.b. 75 — \$ 1.50.**



Quatrième Réunion Technique — Fourth Technical Meeting — Vierte Technische Tagung. Salzburg, Autriche — Salzburg, Austria, 15-19.IX.1953. Procès-Verbaux et Rapports — Proceedings and Papers — Protokolle und Referate (1954, 260 p.).....**Fr.b. 100 — \$ 2.**

- Protection de la Nature et Tourisme.
- Promotion of Nature and Tourism.
- La protection de la faune et de la flore dans les hautes altitudes.
- Protection of fauna and flora at high altitudes.

Procès-Verbaux et Rapports de la cinquième Réunion Technique — Proceedings and Papers of the fifth Technical Meeting, Copenhagen, Danemark — Copenhagen, Denmark, 25.VIII-3.IX.1954 (1956, 172 p.).....**Fr. b. 100 — \$ 2.**

- Faune de l'Arctique.
- Arctic fauna.
- Insecticides, herbicides et leurs répercussions.
- Insecticides, herbicides and consequences of their application.

Sixième Réunion Technique — Sixth Technical Meeting, Édimbourg, Écosse — Edinburgh, Scotland, 20-28.VI.1956. Procès-Verbaux et Rapports — Proceedings and Papers (1957, xxii + 265 p.).....**25 shillings — Fr. b. 150 — \$ 3.**

- Aménagement et contròle des réserves.
- Management problems of nature reserves.
- Réhabilitation des régions biologiquement dévastées.
- Rehabilitation of areas devastated by man.
- Écologie et aménagement du paysage.
- Relationship of ecology to landscape planning.

Conséquences de la Myxomatose — Consequences of Myxomatosis. Thème II de la sixième Réunion Technique, Édimbourg, Écosse, 1956 — Theme II of the sixth Technical Meeting, Edinburgh, Scotland, 1956. (Extrait de *La Terre et la Vie*, 1956, 168 p.).....**Fr.b. 100— \$ 2.**

Septième Réunion Technique — Seventh Technical Meeting, Athènes, Grèce — Athens, Greece, 11-19.IX.1958.

**Vol. I.** — Érosion et civilisations. Éducation en matière de Conservation. Pollution atomique — Erosion and civilizations. Conservation education. Atomic hazards. (1959, 256 p.).....**Fr. b. 150 — \$ 3.**

**Vol. II.** — Conservation du sol et de l'eau — Soil and water conservation. (1960, 423 p.).....**Fr. b. 250 — \$ 5.**

- La végétation utilisée contre l'érosion.
- Use of vegetation in erosion control.
- Conséquences des barrages sur le paysage.
- Effects of dams on landscape.
- Aménagement du paysage basé sur l'écologie.
- Landscape management on an ecological basis.

**Vol. III.** — Conservation du sol et de l'eau — Soil and water conservation. — Taux de ruissellement et d'évaporation. — Rates of run-off and evaporation. \*

**Vol. IV.** — Conservation du sol et de l'eau — Soil and water conservation (1960, 374 p.).....**Fr. b. 250 — \$ 5.**

- Ressources aquatiques naturelles.
- Natural aquatic resources.

**Vol. V.** — Animaux et végétation rares de la région méditerranéenne — Rare Animals and Plants of the Mediterranean region. (Extrait de *La Terre et la Vie*, 1959, 209 p.).....**Fr. b. 125 — \$ 2.50.**

\* En préparation — In preparation.

**(20 % de réduction pour les membres et Amis de l'U.I.C.N.)**

**(20 % reduction for members and Friends of I.U.C.N.)**



PRINTED IN BELGIUM