

BADJI MOKHTAR ANNABA- UNIVERSITY
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR -ANNABA

جامعة باجي مختار- عنابة

Faculté des Sciences
Département de Biologie



كلية العلوم
قسم البيولوجيا

THÈSE

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat ès sciences

Thème

Contribution à l'Etude Ecologique d'un Hydro-système de la région de Jijel : cas de la zone humide de Beni-Belaid (Algérie)

Option : Écologie végétale

Par

Bouldjedri Mohammed

Devant le jury :

Président : Benyacoub S.Professeur, Université Badji Mokhtar, Annaba.

Directeur de thèse : de Bélair G....Maître de conférences "A", Université Badji Mokhtar, Annaba.

Examineurs :

- 1- **Ramdani M.**..... Professeur, Université Ferhat Abbas Sétif.
- 2- **Bekdouche F.**..... Maître de conférences "A", Université A. Mira Béjaia.
- 3- **Alioua A.**.....Maître de conférences "A", Université Oran.
- 4- **Benslama M.**..... Professeur, Université Badji Mokhtar , Annaba.

Année (Juillet 2013)

Remerciements

Ma première pensée va tout naturellement à mon directeur de thèse **Gérard de Bélair**, Je serai toujours reconnaissant envers lui, qui m'a donné l'occasion de faire cette thèse. Je le remercie pour la confiance qu'il m'a témoignée en me confiant ce travail qui m'a permis de découvrir le monde passionnant des marais temporaires et des zones humides de manière générale. Son écoute et ses conseils avisés, qui m'ont à de multiples reprises remontés le moral!... Qui a toujours répondu présent à mes attentes, on me recevant chez lui où il m'a appris tant de choses que se soit en matière d'identification des plantes en herbiers ou des analyses en AD-4, ce qui m'a donné le courage pour poursuivre la réalisation de ce projet de recherche. Je tiens à le remercier pour son encadrement et son soutien. Merci pour sa grande chaleur humaine et pour sa disponibilité. Grâce à lui, les moments de découragement connus de tous les thésards furent rares et brefs. Ce travail lui doit beaucoup.

Ma gratitude va également à Monsieur **Serge D. Muller**, qui malgré ses nombreuses obligations a aimablement accepté de m'accueillir au niveau de son laboratoire paléobotanique à l'institut des sciences de l'évolution (UMR5554), Université Montpellier-2-CNRS. Il a bien voulu m'accorder sa confiance en co-dirigeant cette étude. Prenant sur son précieux temps pour m'aider, stimuler et m'encourager. Il a suivi ce travail dans tous ces détails avec une rigueur scientifique exceptionnelle. Il m'a accordé son amitié et a accepté de publier avec beaucoup d'humilité avec moi, comme avec beaucoup d'autres jeunes auteurs Maghrébins. Cette thèse n'aurait pas été la même sans la rencontre avec lui. Il a su me communiquer sa passion des marais et des tourbières dans le monde entier.

Mes sincères remerciements s'adressent aux membres de jury qui ont bien voulu accepter de lire et juger ce travail.

Leurs suggestions ont largement contribué à améliorer ce travail. Le professeur **Bengacoub Slim** a bien voulu m'honorer sans équivoque en présidant ce jury, de même mes remerciements vont également aux membres examinateurs tous passionnés des zones humides et de l'écologie végétale: **Bekdouche Farid; Ramdani Messaoud; Benslama Mohamed** et Mme **Alioua Amel**.

Pour continuer avec celui qui a joué un rôle déterminant dans la réalisation de cette étude, je tiens à remercier mon compagnon de terrain **Dr. Mayache Boualem**, c'est un homme de terrain dont la patience singulière n'a pas manqué d'égayer nos sorties sur le terrain.

Parmi tous mes collègues qu'il sera difficile de tous citer, je tiens à rendre un hommage particulier et à remercier spécialement le **Pr. Houhamdi Moussa**, **Dr. Chefrour Azzedine**, et **Dr. Saheb Mnouer**, pour leur amitié, leur humour et leur bonne humeur de tous les instants; ils m'ont accordés un soutien moral très précieux; sans oublier Mr **Boudjelal Ferhat** pour son aide au traitement des images satellitaires.

Par ailleurs; le soutien de l'entourage est un élément indispensable pour aller jusqu'au bout de ce travail; à toutes les personnes que j'ai croisé pendant l'étude, ainsi que les différentes manifestations scientifiques en Algérie, en France et au Maroc; et qui sans le vouloir, ont contribué à son avancement. Ma petite famille m'a soutenu dès le début et jusqu'aux dernières minutes. Merci à ma femme d'avoir autant cru en moi, toujours un havre de réconfort. To my children; thank you **Zaki, Hani, and Wassim**.

 *Mohammed Bouldjedri* 

Liste des figures



Figure1. <i>Plaine côtière de Jijel traversée, d'Ouest en Est, par les oueds Mencha, Djendjen et Nil (Image satellitaire non traitée, Landsat, 2000, Algérie N-32-35).....</i>	7
Figure2. <i>Carte topographique 1960, INC, montrant le lac de la zone humide de Beni-Belaid comme ancien bras mort de l'oued El-Kébir (ancien delta), (échelle 1/25000).....</i>	9
Figure 3. <i>Carte topographique de la zone d'étude montrant son hydrographie et la divagation de l'oued El-Kébir, 1958 INC, (échelle : 1/50000).....</i>	14
Figure 4. <i>Profil en long de l'Oued El-Kébir-Rhumel (d'après Mebarki, 1982-84, complété).....</i>	15
Figure5. <i>Carte de la pluviométrie annuelle du Nord-Est algérien (établie d'après A.N.R.H., 1993: données moyennes de 60 ans, périodes du 1^{er} septembre 1921 au 31 août 1960 et du 1er septembre 1968 au 31 août 1989).....</i>	18
Figure 6. <i>Isohyètes en petite Kabylie (année 1941-1942)(Seltzer 1946).....</i>	18
Figure7. <i>Fluctuations pluviométriques dans la région d'étude (ONM station Achouat-Jijel-1994-2008).....</i>	20
Figure 8. <i>Régime des vents à la station météorologique de Jijel. Pourcentage moyen des vitesses de vent selon les directions (1990-2008).....</i>	25
Figure 9. <i>Diagrammes ombrothermiques de Bagnols & Gaussen. (A) et (B), anciennes données Seltzer1946 pour les stations Jijel et El-Milia. (C), données actuelles pour la station de Jijel.....</i>	26
Figure10. <i>Histogrammes groupés avec effet 3D, des précipitations/évaporations à la station météo de Jijel (1990-2008).....</i>	29
Figure11. <i>Subdivisions phytogéographiques de l'Afrique septentrionale (méditerranéenne et saharienne), selon Quézel, 1978.....</i>	32
Figure12. <i>Définition des secteurs phytogéographiques du Nord de l'Algérie (carte 2 in: Quézel & Santa, 1962-63).....</i>	38
Figure13. <i>Localisation des zones refuges majeures de végétaux, identifiées par les études génétiques en région méditerranéenne (d'après Médail & Diadema, 2009).....</i>	43
Figure 14. <i>Carte de localisation géographique des 11 points-chauds (Hotspots) de biodiversité végétale du bassin méditerranéen (d'après Médail & Quézel, 1997, modifiée Véla & Benhouhou, 2007).....</i>	44
Figure15. <i>Répartition des types d'endémiques au niveau des 15 sous secteurs phytogéographiques de l'Algérie du Nord (d'après Quézel & Santa 1962-63, modifié par Véla & Benhouhou, 2007).....</i>	46
Figure16. <i>Répartition des niveaux de rareté exprimée en pourcentage, par sous secteur phytogéographique, d'après (d'après Quézel & Santa 1962-63, modifié par Véla & Benhouhou, 2007). (R: rare, AR: assez rare, RR: très rare, RRR: rarissime).....</i>	48
Figure17. <i>Mare Gauthier 4 à <i>Juncus maritimus</i> & <i>Isoetes velata</i>, S= 2,5 à 6,5 ares (Photo prise par G. de Bélair en date 3 octobre 2008).....</i>	68
Figure18. <i>Numidie comme carrefour biogéographique (de Bélair,2008b).....</i>	69
Figure19. <i>Première observation en fleurs de <i>Nymphoides peltata</i>, dans la zone humide de Guerbès-Senhadja (cliché G. de Bélair, le 05 Juin 2001).....</i>	70
Figure20. <i>Abutilon theophrasti en fleur, dans la zone humide d'El-Kennar (Jijel). (cliché M. Bouldjedri, le 25 Août 2009).....</i>	71
Figure21. <i>Ophrys mirabilis,(photo K. Rebbas en date du 01 mai 2010).....</i>	72
Figure22. <i>A gauche : <i>Echinophora spinosa</i> (le 25 Août 2009), sur dunes de sable à Beni-Belaid, à droite <i>Ludwigia peploides</i> (le 25 Mai 2006), cette dernière trouve son apogée de développement aussi bien à Beni-Belaid qu'El-Kennar où elle se montre envahissante ; (cliché M. Bouldjedri).....</i>	73
Figure23. <i>la zone humide de Beni-Belaid ; A : Situation géographique ; B : Orographie et réseau hydrographique ; C : Subdivisions phytogéographiques selon Quézel & Santa 1962-63.....</i>	76

Figure 24. <i>Plan d'échantillonnage du site</i>	80
Figure 25. <i>Composition colorée 7-5-3, montre terrain inondés en bleu-noir et noir (image Landsat ETM, du 11/04/2010)</i>	84
Figure 26. <i>Evolution des entités d'occupation des terres pendant la période 1987-2010</i>	86
Figure 27. <i>Photographies aériennes de la zone humide de Béni-Belaid (1973-2004) : source institut national de cartographie et télédétection –Alger</i>	87
Figure 28. <i>Répartition par type d'origine biogéographique de la flore inventoriée</i>	96
Figure 29. <i>Répartition par type biologique de la flore inventoriée</i>	98
Figure 30. <i>Test de permutations sur l'ACP inter-date</i>	100
Figure 31. <i>Plan factoriel 1/2 de l'analyse factorielle des correspondances (AFC)</i>	102
Figure 32. <i>Structure temporelle de la végétation des 23 stations. Plan factoriel 1/2 de l'analyse discriminante inter-classe (3 années x 181 espèces végétales x 4 saisons)</i>	105

Liste des tableaux

Tableau 1 : <i>Précipitations moyennes annuelles des stations de notre site</i>	19
Tableau 2. <i>Régime pluviométrique saisonnier des stations de la région d'étude</i>	20
Tableau 3. <i>Valeurs moyennes mensuelles des températures en degrés centigrades (°C)</i>	21
Tableau 4. <i>Les groupes et types thermiques de Rivas-Martinez 1996</i>	22
Tableau 5. <i>Valeurs de l'indice de sécheresse estivale d'Emberger-Giacobbe pour les stations pluviométriques de la zone d'étude</i>	22
Tableau 6. <i>Valeurs de l'indice de De Martonne et bioclimats correspondants</i>	23
Tableau 7. <i>Indices mensuels d'aridité de De Martonne des trois stations de la région d'étude</i>	23
Tableau 8. <i>Valeurs mensuelles de l'humidité relative moyenne (1990-2008)</i>	24
Tableau 9. <i>Évapotranspiration potentielle moyenne mensuelle et annuelle, calculées par la formule de Thornthwaite à la de Jiejel (1990-2008)</i>	29
Tableau 10. <i>Divisions et nomenclature des unités phytocorologiques de l'Algérie</i>	35
Tableau 11. <i>Unités d'occupation des terres</i>	86
Tableau 12. <i>Espèces recensées dans la zone humide de Beni-Belaid</i>	89-95

Lexique Arabe-Français

Arch : Tribus

Châabas : Ravins de montagnes

Daira : Sous préfecture

Djebel : Montagne

Douar : Petite agglomération

Garâas : Étangs

Nechâs : Aulnaies

Oued : Cours d'eau relativement important sans pour cela atteindre la notion de fleuve, et qui peut connaître des crues violentes

Wilaya: Département administratif (préfecture)

Abréviations

ANRH : Agence Nationale de Recherche Hydrologique

APG : Angiosperm Phylogeny Group

ETM : Enhanced Thematic Mapper

FNDA : Fonds National de Développement Agricole

INC : Institut National de Cartographie

ONM : Office National de Météorologie

UICN : Union International pour la Conservation de la Nature

Liste des acronymes des auteurs



Noms d'Auteurs: Les abréviations retenues sont celles qui sont généralement utilisées par les flores européennes. Les abréviations des auteurs sont également standardisées et suivent le livre de Brummitt et de Powell, *Authors of Plant Names* (1992). (wikipedia.org)

Batt.	Jules Aimé Battandier(1848–1922)
Boiss.	Pierre Edmond Boissier (1810–1885)
Barrat.	Joseph Barratt (1796–1882) Bonnet
Br.Bl.	Josias Braun-Blanquet (1884-1980)
Briq.	John Isaac Briquet (1870-1931)
Burdet.	Hervé Maurice Burdet (1939-...)
Coss.	Ernest Saint-Charles Cosson (1819–1889)
de Noé.....	Vicomte de Noé (fl. 1854-1871)
Desf.	René Louiche Desfontaines (1750–1833)
Durieu	Michel Charles Durieu de Maisonneuve(1796–1878)
Emb.	Marie Louis Emberger (1897-1969)
F.	Faure
Font Quer.....	Pius Font i Quer(1888–1964)
G. ou Gatt.	Gattefossé
Gr.	Wernner Rodolfo Greuter(born 1938)
Heywood.....	Vernon Hilton Heywood (born 1927)
Hochr..	Bénédict Pierre Georges Hochreutiner(1873–1959)
J. ou Jah.	Jahandiez
Kuntze	Carl Ernst Otto Kuntze (1843-1907)
L.	Carolus Linnaeus(1707–1778)
Lam.	Jean-Baptiste de Lamarck (1744-1829)
L'Hér.	Charles Louis L'Héritier de Brutelle (1746-1800)
Letourn.	Letourneux
L. ou Lit.	de Litardière
Link	Heinrich Friedrich Link (1767-1851)
Maire.....	René Charles Joseph Maire(1878-1949)
Medik...	Friedrich Kasimir Medicus (1736-1808)
Murb.	Svante Samuel Murbeck (1859-1946)
Poir.	Jean-Louis Marie Poiret (1755-1834)
Pom.	Pomel
Q. ou Qu.	Quézel
Reut.....	Georges François Reuter(1805-1872)
Sauvages.....	Francois Boissier de Sauvages de Lacroix (1706-1767)
Sch.Bip.	Carl Heinrich Schultz Bipontinus (1805-1867)
Spach.....	Édouard Spach (1801-1879)
Stein.	Berthold Stein (1847-1899).
Trab.	Louis Charles Trabut (1853-1929)
We.	Weiller
Wi.....	Wilczek

Communications, formation et publication sur le sujet

1) Communications aux séminaires et colloques :

➤ Communication 1 :

BOULDJEDRI M., DE BELAIR G. Diversité floristique de la région de Jijel, Séminaire international Biologie et Environnement ; 20,21 et 22 octobre 2002. Université Constantine. (Communication Affichée).

➤ Communication 2

BOULDJEDRI M., MAYACHE B. DE BELAIR G. Plantes envahissantes des zones humides de la région de Jijel. workshop, Invasive plants in Mediterranean type regions of the world ; 25,26 et 27 mai 2005 à Mèze, Montpellier, France. (Communication Affichée).

➤ Communication 3:

BOULDJEDRI M., MAYACHE B. BOURAOUI A. & BELMILI N. Analyse pédologique et recherche des éléments traces métalliques dans le sol de l'écocomplexe de zones humides de Beni-Belaid. 1^{er} Séminaire national sur les milieux naturels, Biodiversité et Ecodéveloppement, 25 et 26 novembre 2008. Université Jijel. (Communication Orale).

➤ Communication 4 :

BOULDJEDRI M., MAYACHE B. DE BELAIR G. Biodiversité et dynamique floristique des zones humides de la région de Jijel. Nord-Est Algérie. 29 mai 2008, Ouajda, Maroc. (Communication Orale).

➤ Communication 5 :

BOULDJEDRI M., DE BELAIR G. & MAYACHE B. Menaces et enjeux de conservation d'une zone humide : cas du lac de Beni-Belaid (W.Jijel), Séminaire international de Biologie Végétale et Écologie, du 22 au 25 novembre 2010, Université constantine. (Communication Affichée).

2) Encadrement de thèmes de fin d'études soutenus devant jury :(Ingénieur en Écologie végétale & Master)

- ✓ Evaluation spatio-temporelle de la qualité physico-chimique des eaux du Oued Adjoul alimentant le lac de Beni Belaid ; mémoire d'ingénieur en écologie Université de Jijel 2005
- ✓ Evaluation spatio-temporelle de la qualité physico-chimique des eaux du lac d'Elkennar mémoire d'ingénieur en écologie Université de Jijel 2006.
- ✓ Tests toxicologiques de certains pesticides sur les Diatomées ; mémoire d'ingénieur en écologie, Université de Jijel 2007.
- ✓ Caractérisation pédologique et recherche des éléments traces métalliques dans le sol de l'écocomplexe de zones humides de Beni-Belaid. mémoire d'ingénieur en écologie, U. Jijel 2008.
- ✓ Recherche et dosage des pesticides dans les eaux de surface des zones humides de jijel, mémoire d'ingénieur en écologie, U. Jijel 2009.

3) Projets de recherche

1^{er} Projet CNEPRU, sur *l'impact de la pollution sur la biodiversité de la zone humide de Beni-Belaid Jijel* ; agréé par le ministère de l'enseignement supérieur en 2003 sous le code : F:1801/01/2003.

2^{eme} Projet CNEPRU, en cours ; sur *Biodiversité et pathologie des écosystèmes dans le nord-Est de l'Algérie*, agréé par le ministère de l'enseignement supérieur en 2010 sous le code : 01720100016.

4) Publication internationale

- Bouldjedri M., de Bélair G., Mayache B., Muller S. D., 2011. **Menaces et conservation des zones humides d'Afrique du Nord : le cas du site Ramsar de Beni-Belaid (NE algérien).** *Threats and conservation of North African wetlands: the case of the Ramsar site of Beni-Belaid (NE Algeria)*; EL SEVIER, *C.R. Biologie* 334 : 757-772.

Sommaire	pages
Introduction	1
CHAPITRE I- Milieu physique, bio-climatologique et hydrologique	5
I.1. Contexte géologique et géomorphologique : une diversité d'unités structurales.....	5
I.1.1. L'ensemble kabyle.....	5
I.1.2. La Kabylie, ancienne île rattachée au bloc continental	6
I.1.3. Des plaines côtières étriquées.....	6
I.2. Contexte oro-hydrographique.....	7
I.2.1. Un bourrelet montagneux tellien.....	8
I.2.2. Bassins exoréiques du Nord-Est algérien.....	8
I.3. Historique et ressources hydriques de la zone humide Beni-Belaid	9
I.3.1. Morphologie paysagère et dynamique sédimentaire	9
I.3.2. Sol et érosion.....	10
I.3.3. Ressources hydriques.....	11
I.3.4. Relation entre zone humide et eaux souterraines	11
I.3.5. L'Oued El Kébir-Rhumel : principal cours d'eau de la zone d'étude.....	13
I.3.6. Le bassin du Kébir-Rhumel : géomorphologie et hydrométrie.....	14
I.4. Régime hydrologique et la composition de la végétation.....	15
I.5. Climatologie.....	16
I.5.1. Critères climatiques influençant la vie végétale.....	16
I.5.2. Origine des données.....	17
I.5.3. Fonctionnement hydro-climatique.....	17
I.5.4. L'ombroclimat.....	17
I.5.4.1. Distribution et variabilité temporelle des précipitations.....	19
I.5.4.2. Méthode d'indices de Nicholson et Hoopingarner 1988.....	19
I.5.4.3. Précipitations saisonnières et indicatif saisonnier de Musset.....	20
I.5.5. Température.....	21
I.5.5.1. Thermoclimat.....	21
I.5.5.2. Période de sécheresse, sa temporalité, sa durée et son intensité.....	22
I.5.5.2.1. Indice de sécheresse estivale d'Emberger-Giacobbe et méditerranéité.....	22
I.5.5.2.2. L'indice d'aridité de De Martonne.....	23
I.5.6. Humidité de l'air.....	24
I.5.7. Vents.....	24
I.6. Synthèse climatique.....	25
I.6.1. Diagramme ombrothermique de Bagnouls & Gaussen.....	25
I.6.2. Concept d'étage bioclimatique.....	26
I.6.3. Climagramme d'Emberger.....	27
I.6.4. Bilan hydrique.....	28
I.6.4.1. Calcul de l'évapotranspiration potentielle.....	28
I.6.4.2. Comparaison entre évaporation et précipitation à la station de Jijel.....	29
I.7. Conclusion.....	29
CHAPITRE II- Cadre biogéographique et phytochorique	31
II.1. Introduction.....	31
II.2. Notions de phytogéographie.....	31
II.3. Subdivisions phytogéographiques de l'Afrique septentrionale.....	32
II.3.1. L'Empire holarctique	32
II.3.2. Le sous-empire Téthien.....	33
II.3.3. La région méditerranéenne.....	33
II.3.4. La sous région méditerranéenne occidentale.....	34
II.4. Unités phytochorologiques de l'Algérie du Nord.....	34
II.4.1. Domaine Nord-africain méditerranéen (ou Maghrébin-méditerranéen).....	36

II.4.2. Secteur "K" Kabyle-numidien : [K1,K2,K3].....	37
II.4.2.1. Sous-secteur de la grande Kabylie [K1] (District de la Kabylie djurdjuréenne)....	39
II.4.2.2. Sous-secteur de la petite Kabylie [K2] (district de la Kabylie baboréenne).....	40
II.4.2.3 Sous-secteur numidien (district bônois de Lapie et Maire) [K3].....	41
II.5. Les zones refuges méditerranéennes et points chauds de biodiversité.....	42
II.5.1. Importance des zones refuges méditerranéennes.....	42
II.5.2. Points névralgiques ou <i>Hotspots</i> de la région Méditerranéenne.....	43
II.6. Endémisme floristique sectoriel : <i>Hotspot</i> régional Kabyle-Numidique.....	44
II.6.1. Notion d'endémisme.....	44
II.6.2. Endémisme des sous secteurs de l'Algérie du Nord (sensu Quézel & Santa 1962)....	45
II.7. Répartition des niveaux de rareté par secteur phytogéographique	47
II.7.1. Notion de rareté.....	47
II.7.2. Répartition des niveaux de rareté (<i>sensu</i> Quézel & Santa 1962).....	47
II.8. Relation entre endémisme et rareté des différents secteurs.....	49
II.9. Conclusion.....	50

CHAPITRE III : Zones humides Kabyle-Numidiennes dans le contexte Méditerranéen...51

III.1. Définition.....	51
III.2. Intérêt écologique et singularité des zones humides méditerranéennes	51
III.2.1. Mares temporaires.....	51
III.2.2. Endémisme végétal des mares temporaires méditerranéennes.....	53
III.2.3. Typologie des milieux humides temporaires méditerranéens.....	53
III.2.3.1. Régime hydrologique et la composition de la végétation.....	53
III.2.3.2. La zonation de la végétation.....	54
III.3. Stratégie de vie et caractères adaptatifs des espèces des mares temporaires méditerranéennes.....	55
III.3.1. Résistance aux stress.....	55
III.3.2. Nanisme de beaucoup de géophytes et de thérophytes.....	56
III.3.3. Dissémination des semences.....	56
III.3.4. Fluctuation des populations et banques de graines.....	57
III.3.5. Longévité de la banque de semences.....	57
III.3.6. Polymorphisme de l'appareil végétatif	58
III.4. Groupement végétaux des mares temporaires.....	58
III.4.1. Groupements hydrophytiques, à espèces flottantes.....	59
III.4.2. Groupements hygrophytiques, à espèces amphibies, géophytiques et Thérophytiques.....	59
III.4.3. Groupements méso-hygrophiles surtout thérophytiques, se développant lorsque le substrat s'assèche.....	60
III.4.4. Végétation estivale sur le substrat très asséché.....	60
III.5. Zones humides du secteur Kabylie-Numidie, habitats riches et diversifiés.....	60
III.5.1. Le sous secteur Numidien K3.....	60
III.5.1.1. Numidie orientale.....	61
III.5.1.1.1. Faune remarquable.....	61
III.5.1.1.2. Flore remarquable.....	62
III.5.1.1.3. Ecosystèmes remarquables.....	63
III.5.1.1.3.1. Les aulnaies glutineuses.....	63
III.5.1.1.3.2. Les tourbières un écosystème original et fragile.....	64
III.5.1.2. Numidie Occidentale.....	65
III.5.2. La Numidie : Un carrefour d'origines biogéographiques.....	67
III.5.3. Espèces nouvelles ou oubliées.....	69
III.5.4. Espèces portées disparues ?.....	72
III.6. Conclusion	73

Chapitre IV : Matériel et Méthodes	74
IV.1. Présentation du site d'étude	74
IV.1.1. Statut foncier du site étudié.....	74
IV.1.2. Evaluation économique de la zone humide de Beni-Belaid.....	74
IV.1.3. Calcul de la valeur économique du site de Beni-Belaid.....	75
IV.1.4. Contexte géologique et géomorphologique.....	75
IV.1.5. Situation géographique et rôle hydrologique régionale de la zone humide.....	76
IV.1.6. Contexte écologique et particularité physionomique de la zone humide.....	77
IV.2. Plan d'échantillonnage et phase analytique de terrain.....	78
IV.2.1. Emplacement et forme des relevés.....	79
IV.2.2. Identification des espèces.....	80
IV. 3. Étude diachronique.....	80
IV.3.1. Source de données.....	80
IV.3.2. Principe de la méthode.....	81
IV.4. Principe d'analyse numérique.....	81
IV.4.1. Méthodes d'ordination.....	81
IV.4.1.1. Saisie et traitement des relevés.....	81
IV.4.1.2. Analyse discriminante: (analyse inter-dates).....	82
IV.4.2. Principe des co-structures temporelles par des analyses de co-inertie inter-dates..	82
Chapitre V : Résultats et discussion.....	84
V.1. Résultats.....	84
V.1.1. Dynamique , ambiance paysagères et occupation des terres.....	84
V.1.1.1. Analyse des images satellitaires.....	84
V.1.1.2. Résultats d'analyse des images satellitaires.....	85
V.1.1.3. Résultat d'analyse des photos aériennes.....	87
V.1.2. Résultats de l'analyse floristique.....	87
V.1.2.1. Composition de la végétation.....	87
V.1.2.2. Etude chorologique globale.....	96
V.1.2.3. Répartition des taxons rares.....	97
V.1.2.4. Spectres biologiques	98
V.1.3. Résultat du test de permutation.....	99
V.1.4. Structure spatio-temporelle de la végétation de Beni-Belaid.....	100
V.1.4.1. Notion de communautés végétales des milieux humides.....	101
V.1.4.2. Structure spatiale de la végétation	101
V.1.4.3 Structure temporelle de la végétation.....	104
V.2. Discussion.....	106
V.2.1. Diversité biologique et origine biogéographique du cortège floristique	106
V.2.2. Les effets spatiaux et temporels.....	107
V.2.2.1. Dynamique temporelle de la végétation.....	107
V.2.2.2. Mosaïque spatio-temporelle.....	108
V.2.2.2.1. Gradient Hydrologique.....	108
V.2.2.2.2. Gradient lié aux perturbations anthropiques.....	109
V.2.3. Menaces à court et moyen termes et implications pour la conservation.....	110
V.2.3.1. Impact des activités agricoles.....	110
V.2.3.2. Risques liés aux espèces introduites.....	111
Conclusion et perspectives pour la conservation.....	113
Références bibliographiques.....	117
Annexes	

A decorative vertical element consisting of several thin, parallel lines in shades of red and brown, positioned to the left of the title.

Introduction Générale

INTRODUCTION GÉNÉRALE

❖ *Intérêt écologique des zones humides*

Les zones humides jouent des rôles écologiques et paysagers majeurs, parmi lesquels le contrôle des inondations, la recharge des aquifères, le piégeage des éléments chimiques toxiques et le recyclage des nutriments (Keddy,2000 ; Williams,2006). Elles constituent en outre des habitats remarquables pour des flores et des faunes adaptées, contribuant fortement aux biodiversités régionales (Williams et *al.*,2004 ; Biggs et *al.*,2005 ; Oertli et *al.*,2008). Les régions caractérisées par un climat de type méditerranéen abritent des milieux humides particulièrement riches et diversifiés, et très généralement en fort déclin (Deil,2005). C'est en particulier le cas des mares temporaires méditerranéennes, qui, en dépit des faibles superficies qu'elles représentent, sont aujourd'hui reconnues comme des milieux d'importance prioritaire en terme de biodiversité (Médail et *al.*,1998 ; Quézel,1998 ; Grillas et *al.*,2004).

En Algérie, bien que les régions arides présentent de vastes dépressions salées continentales (chotts, sebkhas et oasis), les zones humides sont surtout concentrées dans le nord-est du pays, à proximité du littoral méditerranéen. En dépit de leur richesse biologique exceptionnelle pourtant reconnue depuis longtemps (Cosson,1879, Gauthier-Lièvre,1931), ces milieux sont à ce jour presque totalement ignorés et ne font l'objet que de très peu de mesures de conservation. Ils accusent en conséquence un déclin extrêmement inquiétant, sous l'influence de pressions anthropiques diverses (pompage, drainage, pâturage, pollution, mise en culture... (Samraoui et *al.*,1992 ; de Bélair & Samraoui,1994 ; de Bélair,2005).

❖ *Les premières recherches botaniques en Algérie*

Les premières prospections de la flore phanérogame d'Algérie, remonte à presque 400ans. En effet, c'est en 1620, le botaniste anglais Tradescant qui a fait partie d'une expédition maritime, a recueilli quelques plantes sur le littoral de l'Algérie (Cosson & Durieu de Maisonneuve,1854-1867).

Plus tard et dès la première moitié du XVIII^e siècle, le pasteur Shaw, chapelain de la factorie anglaise d'Alger, parcourt l'Algérie et la Tunisie et publie ses travaux en 1738. Il énumère 632 espèces pour l'Algérie, la Tunisie et l'Arabie (Shaw,1830).

Dès 1837, la recherche botanique officielle et les multiples missions d'exploration scientifique de l'Algérie, ont permis à de nombreux botanistes de constituer les premières collections et les premiers herbiers. Les premières prospections de la flore des milieux humides de l'Afrique du Nord ont été réalisées par l'Abbé et Desfontaines entre 1885 et 1887. Elles ont essentiellement porté sur le littoral nord-oriental de l'Algérie, entre El-Kala (ex-la Calle) et Annaba (ex-Bône).

D'autres botanistes ont exploré l'ensemble du littoral algérien : Durieu de Maisonneuve de 1840 à 1842, Letourneux et Kralick en 1861, Le Franc de 1859 à 1861, Cosson en 1879, Battandier et Trabut en 1902, Maire en 1930 et Gauthier-Lièvre de 1923 à 1929 (Gauthier-Lièvre,1931) (voir encadré en annexe1).

Les travaux menés sur les zones humides d'Algérie durant le XXème siècle (Braun-Blanquet,1935 ; Chevassut,1956, Chevassut & Quézel,1956 ; Samraoui et *al.*,1992 ; Géhu et *al.*,1993 ; 1994 ; de Bélair & Samraoui,1994 ; Samraoui & de Bélair,1997 ;1998 ; Bensettiti & Lacoste,1999) se sont attachés à décrire et à comprendre l'organisation, la structure et la diversité des communautés végétales de ces milieux. Ils ont souligné la richesse floristique exceptionnelle de ces milieux, qui jouent le rôle de zones refuges pour de nombreuses espèces relictuelles animales et végétales. Leur flore phanérogame est en effet constituée par un mélange d'espèces d'origines biogéographiques diverses, principalement en raison de la situation géographique de l'Algérie septentrionale, véritable carrefour migratoire à l'interface entre les domaines européen, méditerranéen et tropical (de Bélair & Samraoui ,2000 ; de Bélair,2005).

La grande richesse écosystémique et biologique du Nord de l'Algérie, a récemment suscité la proposition de classer les secteurs phytogéographique comprenant la Kabylie, la Numidie (Algérie) et la Kroumirie (Tunisie) en tant que point chaud de biodiversité (Véla & Benhouhou,2007). Cette zone répond en effet à la définition des *Hotspots* (Médail & Quézel,1999), qui porte à la fois sur la richesse spécifique, le taux d'endémisme (Myers,2003) et les menaces anthropiques croissantes (Myers et *al.*,2000) ; la région de Jijel située au centre de ce secteur est sans doute un continuum privilégié sur le plan de sa biodiversité, plus spécialement floristique et écosystémique ; elle est pratiquement toujours omise par les multiples missions d'exploration scientifique de l'Algérie.

En effet, les études écologiques les plus récentes se sont focalisées sur les complexes humides de Senhadja-Guerbès et Annaba El-Kala, en Numidie (Stevenson et *al.*,1988 ; Samraoui et *al.*,1992 ; Géhu et *al.*,1993 ; Samraoui et *al.*,1993 ; de Bélair & Samraoui,1994 ; Samraoui & de Bélair,1997 ; Benyacoub & Chabbi,2000 ; de Bélair,2005). Les rares zones humides situées sur le littoral de la Kabylie, à l'Ouest de la Numidie, n'ont en revanche quasiment pas été étudiées. Les seuls travaux sporadiques existants (de Bélair & Samraoui,2000 ; Bouldjedri et *al.*, 2005 ; Mayache et *al.*, 2008) ont été réalisés sur les zones humides d'eau douce de Beni-Belaid et d'El-Kennar, dans la willaya de Jijel (Kabylie-K2).

Les résultats de l'étude de de Bélair & Samraoui (2000), qui a porté sur l'inventaire préliminaire des ressources biologiques, ont mis en évidence l'intérêt écologique international de ces sites comme habitats pour la loutre (*Lutra lutra*), et accueillant des oiseaux d'eau en hivernage et en reproduction. A cet égard le site de Beni-Belaid, abrite notamment d'importantes populations

sédentaires de talève poule-sultane (*Porphyrio porphyrio*) et de martin-pêcheur (*Alcedo atthis*), ainsi que des populations migratrices potentiellement nicheuses de fuligule nyroca (*Aythya nyroca*) et de rousserole effarvate (*Acrocephalus scirpaceus*). Il abrite également le Cyprinidé endémique algéro-tunisien (*Pseudophoxinus callensis*), et deux espèces de tortues aquatiques, l'émyde lépreuse (*Mauremys leprosa*) et la cistude d'Europe (*Emys orbicularis*).

Sur cette base, la zone humide de Beni-Belaid, située à l'arrière d'un cordon dunaire, à l'embouchure de l'Oued El-Kébir, a été classée comme site *Ramsar* en 2003 ; le site répond mieux au critère³. En dépit de ce statut, ce milieu n'a jamais été étudié en détail et ne fait encore aujourd'hui l'objet d'aucune mesure de gestion ou de protection, à l'exception d'une clôture grillagée discontinue installée depuis 2008 sur la rive sud du lac, et des observatoires encore mal placés car inaccessible surtout au moment des hautes eaux. Le plan d'eau est pourtant menacé, d'un côté par l'ensablement lié à l'action des courants marins et des vents qui entraînent un déplacement du cordon dunaire vers l'intérieur des terres (voir photos en Annexe2), et d'un autre côté par l'empiètement des activités humaines (agriculture, pompage, pâturage, chasse, pêche) sur les habitats humides. Plusieurs parties du lac ont d'ailleurs disparu depuis 2003, parmi lesquelles des zones peu profondes riches en Charophytes (*Chara globularis* et *C. vulgaris*).

❖ *Objectifs de l'étude et démarche poursuivie*

Cette situation inquiétante, de la zone humide de Beni-Belaid a motivé la présente étude réalisée avec une vision de fonctionnalité et de gestion conservatoire des ressources biogénétiques et des services écosystémiques ; cette étude a pour objectifs :

- (1) d'évaluer les richesses spécifique et phytocénotique du site, et de préciser les déterminismes écologiques de la composition et de la structure de la végétation hydrophytique ;
- (2) d'établir un état des lieux de la gestion et de la conservation de site juste après son éléction comme site *Ramsar* ;
- (3) d'alerter la communauté scientifique internationale sur la situation préoccupante de ce site en particulier, et des zones humides d'Afrique du Nord en général ;
- (4) de proposer sur ces bases, des éléments pour une gestion conservatoire appropriée.

C'est dans ce cadre global qu'on a essayé d'inscrire ce travail basé sur des données phytoécologiques recueillies toutes les saisons durant 3 années successives (2003-2005). L'analyse de la structure et du fonctionnement de l'écosystème, et la variation des communautés végétales ont été pris en compte à la fois dans le temps (dynamique temporelle) et dans l'espace (structure spatiale).

La démarche envisagée présente plusieurs étapes successives. Tout d'abord, toute étude de cette nature nécessite au préalable une bonne connaissance du territoire sur lequel porte les relevés floristiques ; car les communautés végétales structurent l'espace et témoignent en même temps des

conditions écologiques de ce milieu. Ainsi après une présentation des principaux caractères physiques, bioclimatologiques et hydrologiques du territoire envisagé dans cette étude (chapitre 1) ; la première partie sera consacrée à l'analyse du climat et du bioclimat, en référence à des approches maintenant classiques, celles d'Emberger et celle de Gaussen, confronté dans un souci d'amélioration et d'actualisation de la classification bioclimatique, on a recours au nouveau système de Rivas-Martinez. Sans oublier les apports hydrologiques des cours d'eau dans les contextes variés de leurs bassins. Cette première partie sera complétée par une description biogéographique et phytochorique de la zone d'étude (chapitre2), et un « état des lieux », dans l'optique d'une monographie régionale, nous a paru essentiel (chapitre3), qui portera sur les zones humides Kabyle-Numidiennes dans le contexte Méditerranéen, où on a bien exposé la richesse floristique et faunistique du secteur K3, pour la simple raison que ce secteur constitue l'extension naturelle de notre secteur d'étude. De même il s'agit du secteur le plus étudié en détail à l'échelle nationale, il constitue un préambule indispensable à la lecture et la discussion de nos résultats.

Dans la deuxième partie, nous exposerons les principes et méthodes utilisées, avec la discussion des résultats obtenus (chapitre 4 et 5). On termine par une conclusion et des perspectives pour la conservation. Nous insisterons plus particulièrement sur une mise en garde du poids de l'impact humain, sans cesse croissant.



Chapitre I

Environnement physique, bioclimatologique et hydrologique

Chapitre I : Environnement physique, bio-climatologique et hydrologique

On sait au moins depuis Humboldt (1808) que le climat joue un rôle essentiel dans les déterminismes de la répartition des plantes. Emberger (1930-71), a particulièrement souligné ce rôle pour la végétation méditerranéenne. Dans les mares temporaires, comme dans tout biotope humide, l'eau est l'élément essentiel, le plus structurant pour le fonctionnement des écosystèmes. Les mares temporaires sont caractérisées par les fluctuations des niveaux d'eau qui déterminent des facteurs écologiques comme la durée d'inondation, les dates de mise en eau et d'assèchement ou la profondeur. Le volume d'eau stocké dans une mare ou une lagune varie, d'une part en fonction des apports par la pluie (directs ou indirects) et par les eaux souterraines et, d'autre part en fonction des pertes par évaporation, ou infiltration (Mebarki,2005). Les pluies qui tombent sur le bassin versant suivent trois voies, elles s'évaporent, ruissellent en surface ou s'infiltrent dans le sol, ces deux derniers voies dépendent de la perméabilité du substrat et de la pente. Alors que l'importance de l'évapotranspiration est fonction de la densité et de la nature du couvert végétal du bassin versant.

Les variations saisonnières et interannuelles du volume d'eau stocké dans une mare traduisent, à l'état naturel, la variation temporelle du bilan des entrées (pluies directes, ruissellement de surface, apport d'eaux souterraines) et des sorties (infiltration, surverse et évapotranspiration). Il peut arriver que cet état naturel soit perturbé par l'homme (irrigation, drainage, usages domestiques). En fonction du contexte géologique et géomorphologique, une grande diversité de fonctionnements hydrologiques se rencontre. Pour identifier à quel grand type de fonctionnement hydrologique une mare donnée se rattache, il faut caractériser et quantifier les différents processus hydroclimatiques intervenant dans ce fonctionnement.

I.1. Contexte géologique et géomorphologique : une diversité d'unités structurales

I.1.1. L'ensemble kabyle

Il comprend le socle cristallin et sa couverture sédimentaire chevauchant avec les unités les plus méridionales. C'est un ensemble écaillé par une tectonique tangentielle fini-éocène. Il est traversé par des roches éruptives (granites, grano-diorites, microgranites, dolérites et rhyolites) correspondant à un « magmatisme néogène et quaternaire ». Par ailleurs, il est recouvert de lambeaux argilo-gréseux (Oligo-Miocène kabyle, olistostromes, flyschs).

Le socle paléozoïque développé surtout en Petite Kabylie comporte à sa base des formations gneissiques au dessus desquelles se développent une série de gneiss, de marbres, et de micaschistes recouverte par des phyllades.

Les niveaux carbonatés du Trias à l'Eocène constituent la dorsale kabyle ou « chaîne calcaire » qui s'étire sur près de 90 km, d'Ouest (Djebel Sidi Dris) en Est (Zit Emba dans la région Nord de

Guelma). Cette couverture peut être en partie désolidarisée de son socle pour former des nappes de charriage. Les conséquences de cette configuration géologique se traduisent sur le plan hydrogéologique par la présence dans les plaines côtières (dépôts quaternaires) et le long des vallées alluviales de nappes « superficielles » plus ou moins continues (nappes de la plaine d'Annaba, de la vallée du Safsaf, de la vallée du Guebli, et de la plaine de Jijel...)(Mebarki,2005).

I.1.2. La Kabylie, ancienne île rattachée au bloc continental

A la fin de l'Oligocène, la majeure partie de la Corse, la Sardaigne, l'Est des Baléares, une partie de la Catalogne et les Kabyliens formaient le centre d'un bloc orogénique coincé au Sud et à l'Est du massif protoligurien comprenant à l'Ouest le complexe bético-rifain, à l'Est une partie de la Calabre et le Nord-Est de la Sicile et continuant vers le Nord par le sillon alpin (Dercourt *et al.* 1993, Rosenbaum & Lister,2004). Par la fragmentation progressive de ce bloc la Sicile, la Calabre et les Kabyliens ont migré vers le Sud (Rosenbaum & Lister,2004), alors que le bloc corso-sarde a entamé une rotation de 90° suivant l'axe de la plus grande longueur depuis la côte languedocprovençale (Gamisans,1991). Ainsi, actuellement ces différentes îles ont de nombreuses affinités floristiques et l'isolement y a joué un rôle conservateur pour la flore paléogène mais aussi créé, par les processus de spéciation, un endémisme novateur important (Verlaque *et al.*,1991).

I.1.3. Des plaines côtières étriquées

Elles se succèdent d'Est en Ouest, en unités isolées les unes des autres, par les massifs maritimes. Les trois massifs d'El Aouana, de Bougaroun et de l'Edough ont des positions en saillant dans la mer Méditerranée qu'ils dominent par des versants raides (Marre,1992). Les plaines de Guerbès, de Fetzara et d'Annaba (Numidie), en forme de croissant autour du djebel Edough. Il s'agit partout ailleurs de petites plaines côtières correspondant aux basses vallées des Oueds : Skikda (Oued Safsaf), Collo (Oued Guebli), El Ancer-Belghimouz (Oued El-Kébir), Jijel (Oued Djendjen).

Il faut noter que la plaine côtière de la région de Jijel, est ceinturée par les massifs montagneux du socle métamorphique, recouvert par endroits de lambeaux de flyschs de l'Oligo-Miocène, et est ouverte au Nord sur la Méditerranée, avec cependant la présence d'un cordon dunaire qui s'étire sur une quinzaine de km. Comme on trouve des Oueds qui traversent cette plaine tels que Oued Mencha, Djendjen et Nil (figure1).

L'abondance des précipitations, la forte l'humidité de l'air et l'exubérance de la végétation (chêne liège, pin maritime, chêne zéen et olivier) sur les djebels confèrent à cette région un milieu

naturel comparable à celui de l'extrême Nord-Est algérien. Mais ici l'hydromorphie des sols n'est pas aussi contraignante que dans la plaine d'El Tarf, le drainage naturel des Oueds vers la mer étant plus facile.

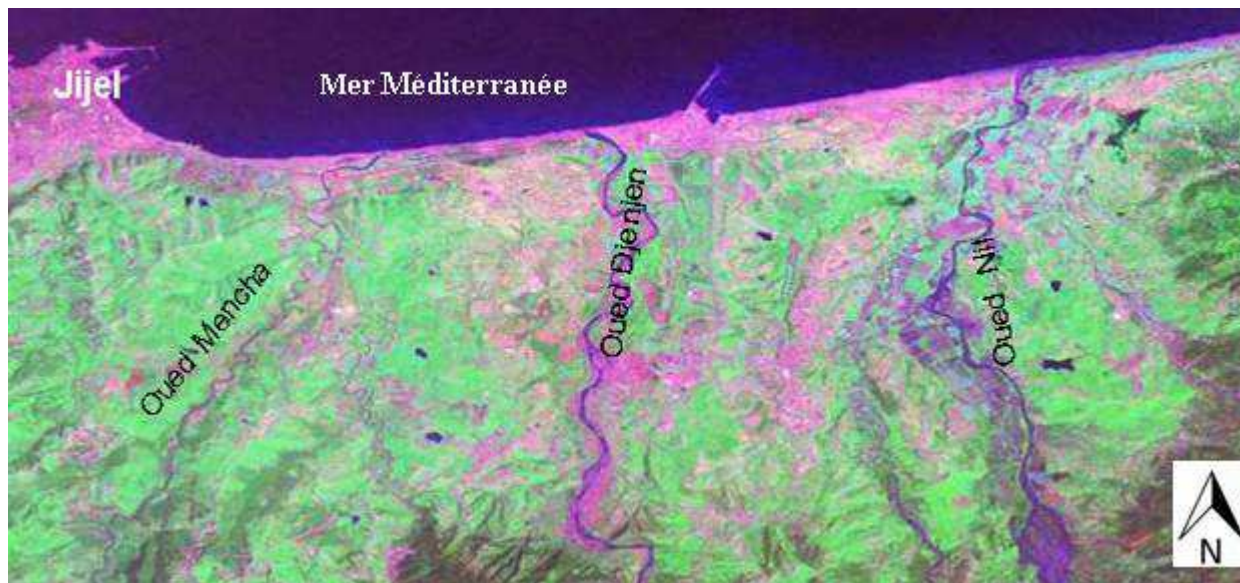


Figure 1: *Plaine côtière de Jijel traversée, d'Ouest en Est, par les Oueds Mencha, Djendjen et Nil (Image satellitaire non traitée, Landsat, 2000, Algérie N-32-35).Après Oued Nil vers l'Est on trouve l'Oued El-Kébir et la zone humide de Beni Belaid (non visible sur l'image).*

Ces tracés hydrographiques avaient attiré l'attention de Gauthier-Lièvre, 1931, dans son exploration des milieux aquatiques de l'Afrique du Nord. Cet auteur soulignait « *qu'en Algérie, les conditions optimales pour le développement d'une flore riche et variée sont réalisées sur toute l'étendue du secteur numidien, car c'est là que la pluviosité est la plus élevée et que se trouvent sur de grandes surfaces des affleurements de terrains siliceux, en l'espèce des grès éocènes* ». En 1924, cet auteur décrit l'Oued Nil situé à 20 Km à l'Est de la ville de Jijel (figure1) ; comme un ruisseau aux eaux claires, fortement ombragées par une galerie d'*Alnus glutinosa*. Cette zone conserve encore de nos jours quelques vestiges sporadiques de la galerie, sous forme de pieds d'aulne éparse. Ce Oued descend du massif des Babors et va se jeter à la mer après avoir traversé des forêts marécageuse et des marais à *Iris pseudacorus* et *Typha angustifolia*, l'auteur précise que les eaux de cet cours d'eau sont riche en plusieurs espèces d'algues, en l'occurrence, les spirogyres et les diatomies. L'Oued El-Kébir (principal cours d'eau de la zone d'étude) avait fait aussi l'objet d'exploration en 1925, par Gauthier-Lièvre.

I.2. Contexte oro-hydrographique

L'Algérie prise dans son ensemble, elle peut être considérée comme un massif montagneux à deux versants principaux, l'un septentrional (région méditerranéenne, Tell), l'autre méridional (région saharienne). La région méditerranéenne est séparée des hauts plateaux par une grande chaîne dirigée obliquement du Sud-Ouest au Nord-Est, depuis la frontière marocaine jusqu'au

Nord de M'sila où elle se divise en deux branches, l'une au Nord de Sétif vient se confondre avec les montagnes de Constantine, l'autre s'inclinant vers le Sud-Est, se réunit vers Batna avec le massif des monts Aurès. De manière générale, les reliefs se caractérisent du Nord au Sud, par leur organisation plus ou moins parallèle au littoral; que l'hydrographie a souvent entrecoupé de façon perpendiculaire (Cosson, 1879). Ces disparités physiques confèrent particulièrement à la région Est algérien deux systèmes hydrologiques juxtaposés, nettement opposés: les bassins septentrionaux, à écoulement relativement fourni, de type *exoréique* (*Côtiers constantinois, Soummam, El-Kébir-Rhumel, Seybouse et Medjerda*), avec des Oueds à régime quasiment pérenne qui se jettent dans la Méditerranée; et les bassins méridionaux, à écoulement plutôt modeste, de type endoréique (Hauts Plateaux, Chott Melrhir et Chott Hodna) avec des Oueds à régime quasi-temporaire.

L'organisation orographique de l'Algérie orientale Est, plus qu'ailleurs, affectée d'un fort gradient latitudinal qui concerne aussi bien les altitudes topographiques que les étages bioclimatiques (Côte,1996). Cet édifice est complété, sur le plan géologique, par une variété d'unités structurales.

I.2.1. Un bourrelet montagneux tellien

Il longe depuis Béjaia jusqu'à la frontière tunisienne, sur 300 km environ, la mer Méditerranée, qu'elle surplombe par endroits à la faveur de grandes falaises. Cette chaîne dédoublée (Tell interne et Tell externe) doit son caractère montagnard moins à l'altitude qu'aux vallées et au climat. Une série de petits cours d'eau parallèles et courts descendent du flanc Nord des djebels bien arrosés et se précipitent en pentes raides vers la Méditerranée. Des cours d'eau telliens plus importants, avant d'atteindre la mer, entaillent vigoureusement le relief. Enfin, de grands cours d'eau descendent des Hautes Plaines et traversent le bourrelet en taillant d'étroites gorges, à l'image du gorge du Rocher de Constantine creusées, à plus de 200 m de profondeur, par le Rhumel- El-Kébir (Mebarki, 2005).

I.2.2. Bassins exoréiques du Nord-Est algérien

L'effet conjugué de deux principaux facteurs, topographie et événements climatiques, traduit l'organisation hydrographique des bassins exoréiques du Nord-Est algérien; c'est le résultat de l'histoire géologique et de l'évolution paléoclimatique de la région, (figure1). Sur les versants Nord, les Oueds sont à écoulement exoréique (se jettent dans la mer Méditerranée) et sont à régime pérenne, on note que le bassin complet du principal cours d'eau qui alimente notre zone humide (El-Kébir-Rhumel) couvre une superficie de 8 815 km², il est le 2^{ème} en terme de superficie après celui du Sommam (9125km²). Par ailleurs, selon (Mebarki, 2005), les bassins de la façade maritime montagneuse de l'Est du pays, en particulier de Jijel - El Milia, et ceux des massifs humides de la

frontière algéro-tunisienne, viennent en tête avec un débit spécifique supérieur à 6,3 l/s/km² (soit plus de 200 mm par an).

La région de Jijel est caractérisée par un maximum de rendement hydrologique, qui est détenu par les petits affluents côtiers de Jijel (El Agrem à Cheddia : 16,1 et El Kantara à El Mkaceb : 9,26), suivis de l'Oued El-Kébir-Est (Ain El Assel : 9,38) et de l'Oued Boussiaba, affluent montagnard d'El-Kébir-Rhumel (El Milia : 8,10) (Mebarki, 2005).

I.3. Historique et ressources hydriques de la zone humide Beni-Belaid

La zone humide de Beni-Belaid, se situe à l'embouchure de l'Oued El-Kébir. Le lac d'eau douce actuel est un ancien bras mort d'El-Kébir, il est également possible qu'à la divagation de son embouchure, il faille ajouté un autre phénomène, dont sont témoins les plans d'eau en doigts de gant plus ou moins anastomosés, l'existence d'un **ancien delta** comme le montre la carte 1960 de la figure2 . Il y'a 6 000 ans avant notre ère, le niveau marin se stabilise; depuis cette époque, la séparation du delta de l'Oued est due uniquement aux dépôts alluviaux apportés par l'Oued El-Kébir et remaniés par la mer.



Figure2. Carte topographique 1960, INC, montrant le lac de la zone humide de Beni-Belaid comme ancien bras mort de l'Oued El-Kébir (ancien delta), (échelle 1/25000).

I.3.1. Morphologie paysagère et dynamique sédimentaire

Avant la situation actuelle, l'embouchure d'El-Kébir a largement divagué, de manière générale l'ensemble des bras s'est déplacé d'Ouest vers l'Est. Les apports alluviaux continuent à se déposer dans l'embouchure et contribuent de manière modeste à l'édification de pro-delta d'El-Kébir, qui est le lac de Beni-Belaid actuel. Les sédiments se déposent, lorsque le niveau topographique devient suffisant, une végétation halophile colonise le milieu. Celle-ci joue le rôle de piège à sédiment en diminuant la vitesse de l'eau et provoque un accroissement topographique

permettant à des espèces moins tolérantes à l'inondation et à la salinité de s'installer. Cependant, La morphologie paysagère de la zone humide de Beni-Belaid, est donc un reflet fidèle de ces multiples remaniements sédimentaires; qui sont à l'origine d'une micrographie conditionnant en partie, la répartition des masses d'eau et de la végétation sur cet espace d'aspect horizontal. Les sols culminent entre 1 et 6 mètres, avec toute fois des niveaux inférieurs à zéro dans la dépression occupée par le lac. Comme ils existent une succession de dépressions topographiques occupées par des mares temporaires, et des bombements matérialisant les anciens bourrelets fluviaux. A cela il faut ajouter les alignements dunaires qui résultent des anciennes activités de l'Oued et des courants marins. La superposition de nombreuses phases d'apport sédimentaire d'El-Kébir, conduit à l'édification des bourrelets alluviaux toujours présents aujourd'hui et sont occupés par la peupleraie, dont le sol est majoritairement argilo limoneux.

I.3.2. Sol et érosion

La conservation des sols est fonction de l'intensité et des modalités des processus d'érosion enregistrés dans la région. En effet, les sols de la zone humide de Beni-Belaid sont à l'image de l'histoire tourmentée de la formation du lac et de la zone humide; leur texture et leur structure dépendent largement des processus physiques intervenant dans leur genèse (action des vents, dépôt alluvionnaire, remaniement fluviale et marine...) on remarque :

➤ Sur la partie Nord du lac: le lido qui sépare la zone humide de la mer pourrait migrer vers l'intérieur du lac à cause de l'érosion, cet érosion combiné à des impacts d'élévation du niveau de la mer lors des tempêtes pourraient aussi entraîner du sel dans le lac. Sur le proche littoral le sol, est d'origine marine (sable salé des plages), il constitue une bande sableuse soumise à l'action des vagues et des vents (sols d'apport éolien). Plus à l'intérieur, les sols sableux rappellent le prolongement de la plage et témoignent des anciens cordons littoraux.

➤ Sur la partie Nord-Ouest du lac vers l'embouchure : certaines dunes consolidées par la végétation, ont été formées directement par les apports alluviaux d'El-Kébir, et sont également confortées par le transport éolien.

➤ Sur la partie Sud à Sud-Ouest, on trouve l'ancien bras mort de l'Oued, et la peupleraie, et les terrains agricoles. Les sols sont composés d'alluvions avec des textures plus ou moins fines selon la dynamique fluviale (texture limono sableuse et argilo limoneuse). Cette texture présente un grand intérêt agricole car les sols alluviaux donnent des terres de bonne qualité dont la fertilité est entretenue par les limons de crue.

Globalement, la texture des sols montre un gradient nord-sud au regard de leur teneur en sable. Toutefois la morphogenèse des sols est le résultat de l'action conjuguée de l'Oued El-Kébir, de la mer et du vent dans un espace/temps évoluant sans cesse. Elle a conduit à une diversité et une répartition en mosaïque des types de sol sur l'ensemble de la zone humide. Ces types de sols avec

leur l'hydromorphie conditionnent à leur tour la répartition de la végétation herbacée et ligneuse ainsi que les terrains agricoles.

I.3.3 Ressources hydriques

Le lac de Beni-Belaid étant alimenté non seulement par l'Oued El-Kébir, mais aussi par son affluent de droite, (Châabas et Oued Adjoul) prenant naissance dans le Djebel Aourar. Dans tous les cas, les eaux en excès sont retenues, au moins partiellement par le cordon dunaire. Divagation d'embouchure; plaine basse; et cordon littoral sont autant d'éléments favorables à la création d'un complexe plus ou moins marécageux et à la formation de plans d'eau de faible profondeur, qui attire bon nombre d'oiseaux migrateurs pour passer la période hivernale; ainsi qu'une faune et une flore diversifiée (de Bélair & Samraoui, 2000; Mayache et *al.*, 2008).

Les eaux de surface qui interviennent dans l'équilibre de notre hydrosystème ont diverses origines :

- Origine naturelle : les pluies alimentent directement les nappes d'eau superficielles et du proche sous sol, la zone de Beni-Belaid reçoit en moyenne chaque année , 900 à 1000 mm d'eau sous forme de précipitations; par effet de ruissellement, d'infiltration et d'évaporation, la restitution de cette eau n'est pas homogène.
- Origine souterraine : la faible altitude du territoire lacustre de Beni-Belaid comme dépression naturelle située proche du littoral et en dessous du niveau moyen de la mer favorise très certainement des remontées par pression hydrostatique.
- Les eaux de la nappe phréatique: selon la complexité des phénomènes et des caractéristiques pédogéomorphologiques du site (texture, structure du sol, type d'occupation...). La nappe phréatique n'est pas homogène dans sa répartition; globalement, elle est présente entre 1,5 et 3 m de profondeur. Les eaux qui alimentent cette nappe peuvent avoir deux origines possibles : les précipitations qui vont par infiltration directement atteindre la nappe, l'Oued El-Kébir, et la mer. Le niveau de la nappe oscille entre deux niveaux, l'un proche de la surface du sol pendant l'hiver et l'autre plus bas en été. Toutefois, l'exploitation des eaux à des fins d'irrigation agricole peut modifier ce rythme général.

Mebarki,(2005), dans son étude sur l'hydrologie des bassins de l'Est algérien; signale que les conséquences de la configuration géologique de la région, se traduisent sur le plan hydrogéologique par la présence dans les plaines côtières (dépôts quaternaires) et le long des vallées alluviales de nappes « superficielles » plus ou moins continues (nappes de la plaine d'Annaba, de la vallée du Safsaf, de la vallée du Guebli, et de la plaine de Jijel).

I.3.4. Relation entre zone humide et eaux souterraines

Sur le plan relation plan d'eau et nappe souterraine, du moins à notre connaissance aucune étude hydrogéologique n'a été réalisée dans la zone, dans le but de définir l'hydrodynamisme dans la

région, néanmoins ce phénomène ne peut pas être écarté. Il existe de par le monde de nombreuses zones humides entretenant des liens étroits avec les systèmes aquifères avoisinants. Par exemple, une zone humide peut dépendre du débit sortant d'un aquifère en tant que source d'eau. Par ailleurs; l'infiltration d'eau provenant de la zone humide peut contribuer à la recharge d'un aquifère.

Dans de tels cas, l'hydrodynamique de l'aquifère et la qualité des eaux souterraines d'une part, l'hydrologie et la salubrité de la zone humide d'autre part sont étroitement liées. Il importe de savoir que cette relation peut être perturbée par des changements à l'échelle de l'aquifère, par exemple pompage d'eau souterraine, ou à l'échelle de la zone humide, par exemple inondation naturelle des zones humides qui recouvrent des aquifères.

L'ampleur de l'interaction dépend de la perméabilité du contact zone humide-aquifère; cette interaction a fait l'objet de plusieurs études détaillées qui soulignent notamment leurs recharges en eau souterraine (Winter,1999 ; Hayashi & Rosenberry,2002 ; Weng et *al.*, 2003). Partout dans le monde, plusieurs zones humides entretiennent des relations étroites avec des eaux souterraines à titre indicatif.

➤ Dans le bassin d'Azraq en Jordanie, les zones humides de l'oasis d'Azraq sont surtout alimentées par les remontées d'eau souterraine (Fariz & Hatough-Bouran, 1998).

➤ Dans le bassin de l'Hadejia-Jamare, au Nigeria, l'inondation naturelle des zones humides de la plaine d'inondation d'Hadejia-Nguru permet la recharge de la nappe souterraine (Thompson & Hollis, 1995).

➤ La zone humide de Las Tablas de Daimiel, au centre de l'Espagne, est alimentée par le haut Guadiana et par l'évacuation de l'aquifère de la Mancha. Toutefois, la faible pluviosité conjuguée au pompage de l'aquifère pour l'agriculture irriguée a entraîné un abaissement du niveau de la nappe phréatique. Cette situation a entraîné un grave assèchement de la zone humide (Kaid Rassou , 2009).

L'interface entre la zone saturée et la zone insaturée est la surface piézométrique. En milieu perméable ou semi-perméable, les eaux de surface et les eaux souterraines sont interconnectées et entretiennent des échanges. En fonction de l'importance des apports par infiltration des pluies et des pertes par évapotranspiration du sol, la position de la surface piézométrique par rapport au fond des mares varie. Si elle se situe sous le fond, la mare aura tendance à alimenter la nappe. Si elle se situe au dessus de la cote de l'eau libre, la nappe aura tendance à alimenter la mare jusqu'à l'équilibre des niveaux. Connaître l'influence des eaux souterraines est toutefois indispensable dans certains cas, notamment dans la perspective d'un aménagement du plan d'eau, ou pour évaluer les conséquences d'activités humaines sur le bassin versant (Grillas et *al.*, 2004). La dégradation de la qualité des Oueds, conséquemment à la mise en exploitation de retenues, peut être préoccupante

dans le proche avenir. C'est le cas de la nappe alluviale sans doute en relation hydraulique avec l'Oued El-Kébir, qui sera privé d'une part importante de son alimentation naturelle, suite aux débits captés par les barrages de Béni-Haroun, de Boussiaba et d'Irdjana (programmé). En outre l'effet des flux d'eaux usées est susceptible d'être amplifié vers la mer Méditerranée (voir figure4, §I.3.3).

I.3.5. L'Oued El-Kébir-Rhumel : principal cours d'eau de la zone d'étude

L'Oued Rhumel prend sa source vers 1 160 m dans les marges méridionales du Tell, au Nord-Ouest de Belaa. Il draine, suivant une orientation Sud-Ouest–Nord-Est, les sous bassins semi-arides des Hautes Plaines (Tadjenanet, Chelghoum Laid) puis franchit le rocher de Constantine en s'encaissant profondément (200 m de dénivellation) dans des gorges calcaires (voir profil en long, figure4, § I.3.3). Depuis, il s'écoule en direction Nord-Ouest et plus au Nord, aux environs de Sidi Merouane, il conflue avec l'Oued Enndja qui draine la partie occidentale du bassin.

L'Oued El-Kébir résultant de la jonction des deux cours d'eau (Rhumel et Enndja), (actuellement ce point de jonction est représentée par le barrage réservoir de Beni-Haroune). Il franchit vigoureusement la chaîne numidique, bien exposée aux vents pluvieux en provenance de la Méditerranée. Puis, il traverse les massifs très arrosés de la Petite Kabylie d'El Milia, avant de s'écouler dans une large vallée vers la mer, en franchissant un cordon littoral de faible largeur (au plus 300 m), au niveau du Douar Eldjenah, formant une large embouchure. En dépit de son étroitesse, le cordon littoral constitue un obstacle à l'écoulement des eaux vers la mer en période de basses eaux, entraînant ainsi la création de méandres ou de bras morts à l'origine de divers plans d'eau. Ce Oued s'impose dans le paysage comme un milieu particulier ; en période d'étiage l'Oued quoique permanent subit un rétrécissement, il se retire des berges laissant à découvert de larges bandes de terre ferme ; sur les berges de l'Oued on trouve surtout : *Tamarix gallica*, *Scirpoides holoschoenus*, *Scirpus littoralis*, *Alternanthera sessilis*, et *Nerium oleander*.

En contre partie, en année de pluviosité élevée, la pression des eaux peut ouvrir largement l'estuaire originel et éventre périodiquement le lido. Ce qui explique la divagation de l'exutoire, qui peut être soit dévié vers l'Est par l'accumulation éolienne sables engendrée par les vents dominants d'Ouest, soit orienté vers le Nord-Ouest dans le prolongement de son cours, ce fut le cas de l'image qu'en donne la carte au 1/25000, (1958) de la figure3. Contrairement à ce qui est apparent sur cette carte ; l'Oued est actuellement dévié vers l'Ouest.

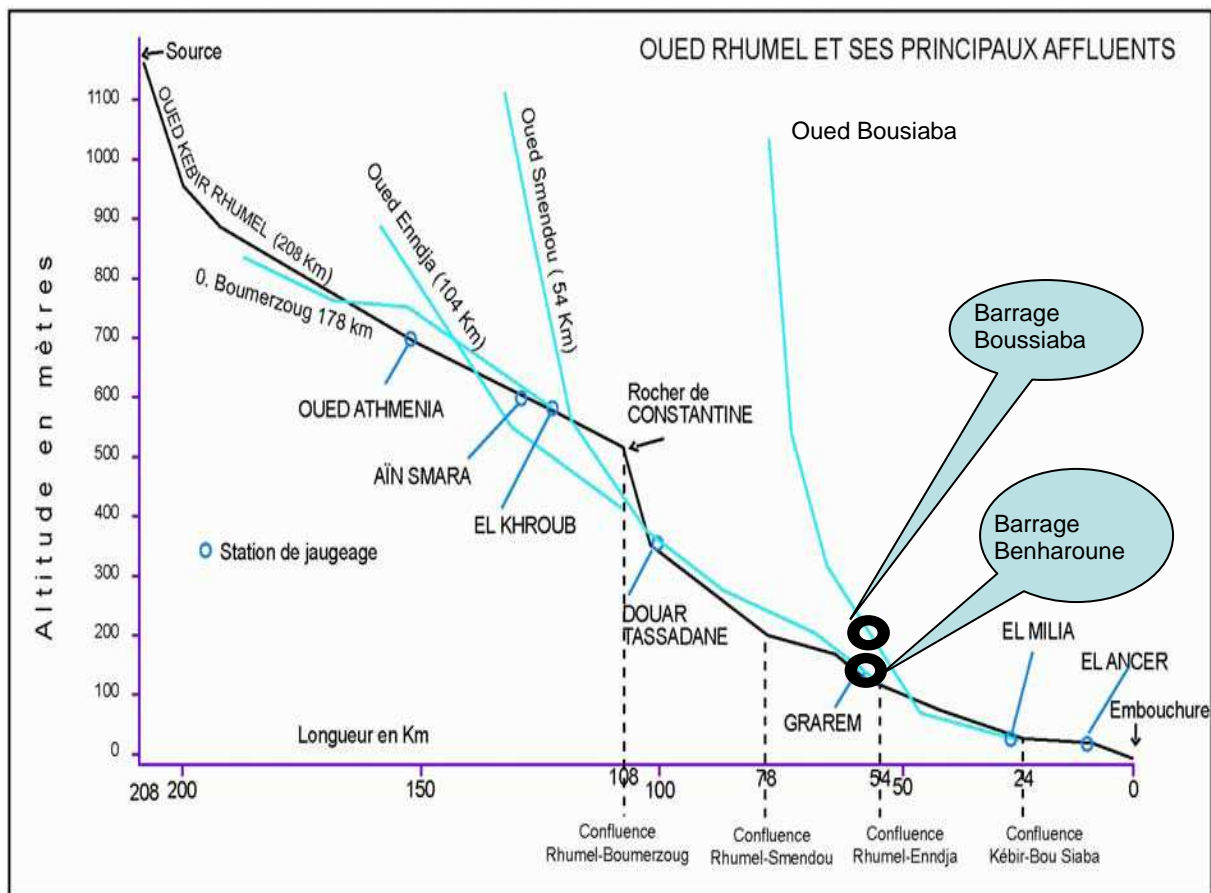


Figure 4. Profil en long de l'Oued El-Kébir-Rhumel (d'après Mebarki, 1982-84, complété).

Il faut noter qu'il y a un système de barrages réservoirs implanté en cascade, d'autres en voie de réalisation sur les grandes artères hydrographiques de la wilaya de Jijel; en l'occurrence, le cours supérieur de Djendjen est utilisé à des fins d'hydro-électricité par le barrage d'Erraguène, également le barrage de l'Oued El Agrem, érigé pour des besoins d'alimentation en eau potable et d'irrigation de la plaine côtière. Affluent de Kissir, Tabellout pour des besoins d'alimentation en eau potable. Barrage de Boussiaba (affluent montagnard d'El-Kébir-Rhumel), cet ouvrage est complémentaire à celui de Beni-Haroun, d'autres barrages programmés comme Irdjana et Bouadjoul (El-Anser), Dar-Eloued et Ziama.

I.4. Régime hydrologique et la composition de la végétation

La date de mise en eau combinée aux effets de plusieurs variables comme la température, l'irradiation solaire et la durée du jour, conditionne la structure de la végétation lacustre. Dans ce contexte; Grillas et Battedou, 1998, montrent que la date de mise en eau est un facteur décisif pour le développement des communautés d'annuelles aquatiques et qu'elle détermine leur composition spécifique. De plus les auteurs, Rhazi et *al.*,2001a et Rhazi et *al.*,2006, soulignent que, la mise en eau précoce (septembre), conduit à la mise en place de communautés riches en espèces; et inversement une mise en eau tardive (mars) aboutit à une réduction du nombre d'espèces et à la

dominance d'espèces opportunistes. De leur côté Bliss & Zedler, 1998, en expérimentant trois dates de mise en eau (février, mars et avril) sur des mares temporaires de Californie ("vernal pools"), Ils ont constaté une diminution de 52 % de la richesse spécifique pour une mise en eau tardive, en avril, par rapport à une mise en eau précoce, en février. Avec une mise en eau précoce, la végétation est riche en espèces caractéristiques des mares temporaires. A l'inverse, lors d'une mise en eau tardive la végétation se banalise par l'augmentation des espèces plus généralistes (Bauder, 2000; Crosslé & Brock, 2002). De même, la végétation présente une répartition spatiale, en ceintures, qui est également déterminée, en grande partie, par les gradients hydrologiques (Rhazi et al., 2001a; Rhazi et al., 2006).

I.5. Climatologie

L'Algérie Nord-orientale représente la région la plus arrosée du pays et détient, de ce fait, la part la plus importante des ressources en eau de surface. Avec un écoulement annuel moyen pouvant dépasser les 200-300 mm sur les bassins telliens, elle s'oppose nettement à l'Algérie occidentale où la semi-aridité dominante ne permet que des écoulements médiocres, en majorité inférieurs à 50 mm par an (Mebarki, 2005). Le climat fort contrasté y imprime sa plus grande marque. La latitude et la continentalité donnent lieu à une disposition en bandes zonales Est-Ouest de la pluviométrie et de l'évapotranspiration. La nature et la répartition du couvert végétal sont, de manière générale, commandées par ce compartimentage physico-climatique (Le Houerou et al., 1977; Mebarki, 2005). Nous allons analyser les données des différents facteurs climatologiques pouvant nous aider à définir à quel type de bioclimat notre région est classée.

I.5.1. Critères climatiques influençant la vie végétale

Les critères climatiques utilisés dans une description et une classification des types de climats ne sont pas des variables indépendantes. Il existe entre eux des relations plus ou moins complexes. Les nombreuses classifications proposées sont le plus souvent basées sur le calcul d'un indice climatique tenant compte de variables telles que la pluviosité, les températures, l'évapotranspiration potentielle (ETP), etc... Ces indices combinent les données météorologiques disponibles suivant l'échelle de travail et ils n'ont de valeur que dans la mesure où ils répondent à des objectifs précis (Le Houerou et al., 1977).

Classiquement, la classification bioclimatique d'Emberger, utilisée dans la région méditerranéenne, repose sur « les caractères climatiques qui influencent le plus fortement la vie végétale » (Emberger, 1955). Les bioclimats sont définis par un climagramme pluviothermique (Emberger, 1930, 1955) où le quotient pluviothermique Q_2 figure en ordonnée et la moyenne des minima des mois le plus froid m en abscisse. Les stations se placent les unes par rapport aux autres en fonction de la sécheresse globale et de la rigueur de la saison froide (voir § I.6.3).

Sur ce climagramme, « les limites ont été tracées là où un changement net de végétation a été observé » (Emberger, 1955), donc les divers climats y sont délimités à l'aide de critères biologiques. L. Emberger a ainsi défini, au vu de la répartition des groupements végétaux, des bioclimats méditerranéens allant du Saharien à l'humide voir au Perhumide des montagnes.

I.5.2. Origine des données

Le manque de station au niveau du site d'étude, nous a amené à utiliser les données relatives aux 2 stations, (Jijel, El-Milia). Les données utilisées, sont extraites des travaux de Seltzer, (1946) pour la période de 1913-1938, complétées par des données récentes (1990-2008), issues des services météorologiques (O.N.M. sise, aéroport Ferhat Abbas - Jijel).

I.5.3. Fonctionnement hydro-climatique

Il est nécessaire de connaître :

- la répartition temporelle des pluies du fait de son incidence sur la mise en eau du milieu aquatique étudié et des conséquences importantes pour le fonctionnement biologique (Rhazi, 2009).
- les facteurs climatiques déterminant le pouvoir évaporant de l'atmosphère que sont le déficit hygrométrique, la température de l'air, l'énergie solaire rayonnée (ou la durée d'insolation) et la vitesse du vent. Il faut souligner que l'évaporation de l'eau libre et la transpiration de la végétation augmentent avec le pouvoir évaporant de l'atmosphère, de même l'évaporation de l'eau libre est d'autant plus importante, que l'inertie thermique de la masse d'eau est faible (mares en phase d'assèchement); et la transpiration végétale dépend en plus du degré d'humidité du substrat, de l'espèce et de son stade de développement.

I.5.4. L'ombroclimat

Deux groupes de facteurs, l'un géographiques et l'autre météorologiques qui influencent la répartition spatiale des précipitations mais aussi les structures des régimes pluviométriques (Chaumont & Paquin, 1971). L'Algérie, en fonction de la géologie, de la lithologie et de la topographie s'organise en trois unités structurales : le système tellien, les hautes plaines steppiques et le Sahara. Le système tellien est un ensemble constitué par une succession de massifs montagneux, côtiers et sublittoraux, et de plaines. Schématiquement, les précipitations décroissent du littoral vers l'intérieur suivant un fort gradient latitudinal, altéré néanmoins par l'effet orographique.

Les cartes pluviométriques de l'Algérie (Seltzer, 1946 ; Gaussen, 1948; Chaumont & Paquin, 1971; A.N.R.H., 1993), retracent toutes cet ordonnancement des précipitations. A cette décroissance des pluies du Nord au Sud se superpose une décroissance de l'Est à l'Ouest selon la longitude; cette loi

étant particulière à l'Algérie (Seltzer,1937). C'est ce que fait ressortir la carte pluviométrique de l'Algérie du Nord au 1/500 000° (figure 5).

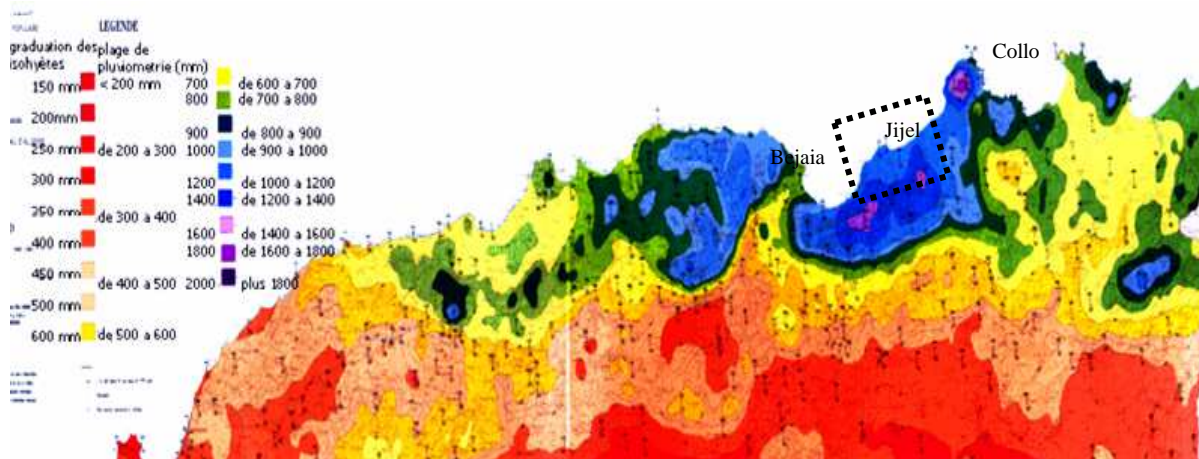


Figure5. Carte de la pluviométrie annuelle du Nord-Est algérien (établie d'après A.N.R.H., 1993: données moyennes de 60 ans, périodes du 1^{er} septembre 1921 au 31 août 1960 et du 1er septembre 1968 au 31 août 1989).

De plus on peut constater à l'évidence que la région de Jijel est la zone la plus arrosée de notre pays; d'autant qu'elle contraste avec celles des régions avoisinantes (Complexe humide Guerbes-Senhadja vers l'Est de Skikda). Allant de Bejaia à Collo ; les isohyètes de 1 400 mm à 1800 mm balaient respectivement, les hauteurs d'Erraguène (Bejaia-Jijel) et le massif de Collo; la carte à isohyètes de la figure6 ; établie par Seltzer 1946, pour la petite Kabylie, confirme encore la pluviosité de la zone; la quantité de pluie augmente avec l'altitude. Elle est plus abondante sur les reliefs qu'en plaine, où on remarque la ligne isohyète 1000mm balaie tous le littoral ; ensuite, selon le gradient altitudinal, les lignes 1500, 2000 et 2500 mm au sommet d'Erraguène.

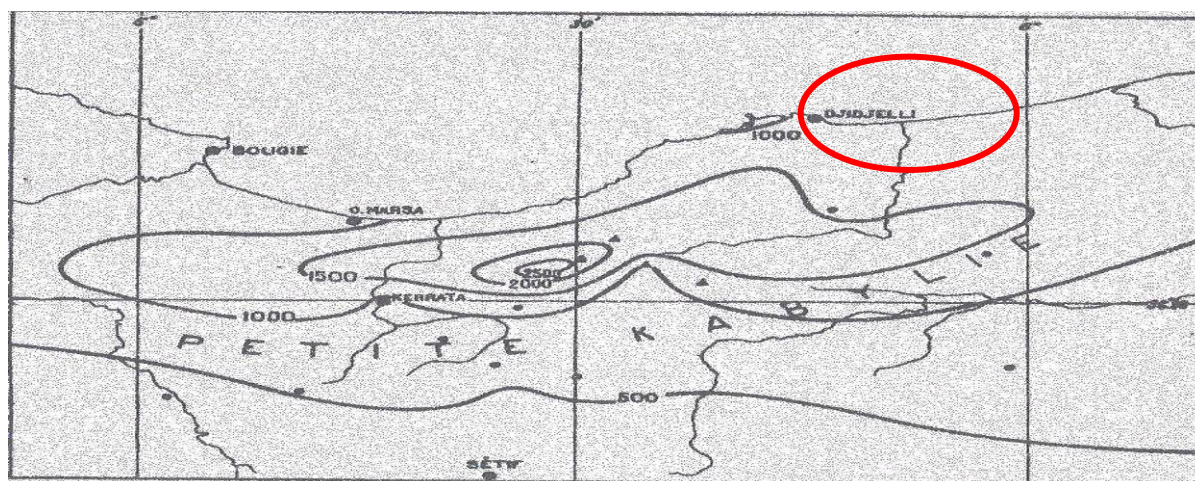


Figure 6. Isohyètes en petite Kabylie (année 1941-1942)(Seltzer 1946).

En effet, la région de Jijel recueille en 4 mois (Nov., Déc., Jan., et Fev.), 60% des précipitations d'origine cyclonique, véhiculées par les vents d'Ouest provenant de l'Atlantique. On trouvera au tableau1, les données pluviométriques anciennes se rapportant toutes à une période de

25 ans allant de Septembre 1913 à Août 1938 (Seltzer,1946), pour les stations les plus proche de notre site d'étude (Jijel et El-Milia), et la série de données récente pour la seule station existante actuellement à Jijel (aéroport Ferhat Abbasse, Achouat).

Tableau 1. *Précipitations moyennes annuelles des stations de notre site.*

Stations	S.	O.	N.	D.	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	Tot.
Jijel*	56	125	192	212	193	143	107	82	57	27	3	7	1204
Elmilia*	45	93	127	197	205	147	103	88	66	30	6	7	1114
Jijel**	60,4	56,1	160	200,5	154,8	99,4	81,7	63,8	51,5	11,5	3,2	16	958,9

(*Seltzer (1913-1938), ** ONM-Jijel(1990-2008)

I.5.4.1. Distribution et variabilité temporelle des précipitations

Les deux caractéristiques fondamentales des précipitations sont leur quantité et leur variabilité spatio-temporelle. En effet, Le caractère d'irrégularité temporelle des précipitations est, par ailleurs, une donnée fondamentale du climat algérien. Quézel & Médail, 2003b, de leur part confirment l'extrême variabilité interannuelle des précipitations au Maghreb, ce qui constitue une cause supplémentaire du stress hydrique pour la végétation. Ce stress hydrique plus prononcé est l'une des causes de dépérissement de la subéraie algérienne et de sa vulnérabilité vis-à-vis des maladies et les ravageurs Aafi et *al.*, 2005 . La carte de l'A.N.R.H 1993, montre que les moyennes pluviométriques sont inférieures d'environ 10 % à celles de la série de Chaumont et Paquin,1971, ces deux auteurs ayant eux-mêmes constaté une diminution des précipitations par rapport à celles cartographiées par Seltzer, 1946. En tout cas, Quézel & Médail, 2003b, dans leur analyse des modifications climatiques, notent qu'en ce qui concerne les précipitations, les perturbations majeures devraient parvenir d'un changement des rythmes de la pluviométrie, conjugué d'une variabilité intra et interannuelle accrue.

I.5.4.2. Méthode d'indice de Nicholson et Hoopingartner 1988.

Ces deux auteurs ont défini un indice qui se calcule pour chaque année et s'exprime comme suit : $I_i = (X_i - \bar{x})/\sigma$ avec :

X_i : la hauteur de pluie en mm de l'année.

\bar{x} : la hauteur moyenne de pluie en mm sur la période d'étude.

σ : l'écart type de la hauteur de pluie sur la période d'étude.

L'indice de Nicholson apparaît comme une variable centrée et réduite. Cette méthode permet de suivre les fluctuations des régimes pluviométrique et hydrologique de la région (figure7).

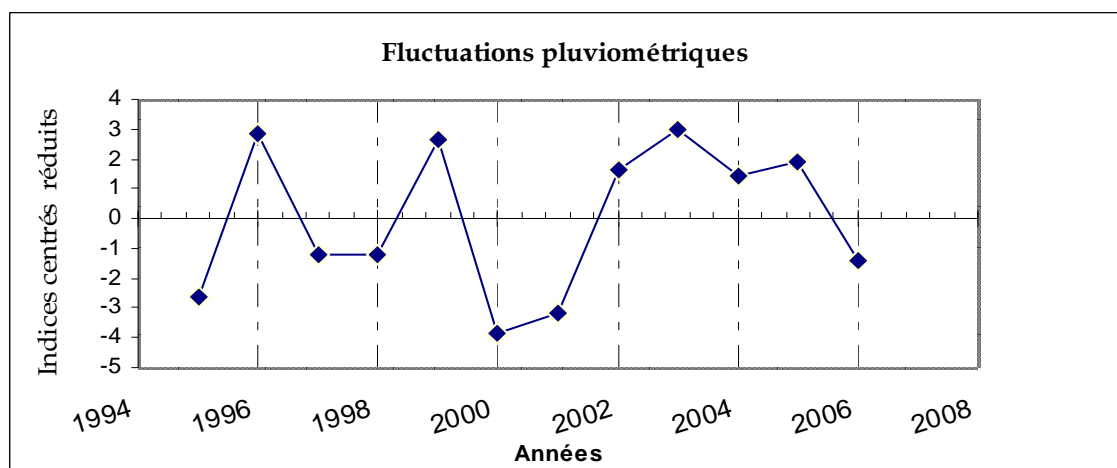


Figure 7. Fluctuations pluviométriques dans la région d'étude (ONM : station Achouat-Jijel- 1994-2008).

Les variations interannuelles de la pluviométrie à la station de Jijel, sur une période de 12 ans sont caractérisées par une alternance presque régulière, d'une année humide sur deux années sèche, l'année 2003 est la plus pluvieuse de la période considérée.

I.5.4.3. Précipitations saisonnières et indicatif saisonnier de Musset

La connaissance de la pluviométrie moyenne annuelle, même sur une longue période, est une donnée insuffisante pour caractériser un régime pluviométrique régionale. Il est donc nécessaire de le compléter par la détermination de la répartition saisonnière des pluies dans l'année (régime saisonnier ou "rainfull pattern"), et de ses variations (Chaumont & Paquin, 1971). La notion de régime saisonnier consiste à calculer la somme des précipitations par saison et à effectuer le classement des saisons par ordre de pluviosité décroissante, en désignant chaque saison par son initiale: hivers (H) (décembre, janvier, et février); printemps (P), (mars, avril, mai); été (E), (juin, Juillet et août); automne (A), (septembre, octobre et novembre). Les totaux pluviométriques et leur pourcentage par rapport au total annuel de chaque station pour les données anciennes (Seltzer, 1946), et pour la seule station actuelle (Jijel), ainsi que leur indicatif saisonnier sont présentées dans le tableau 2.

Tableau 2. Régime pluviométrique saisonnier des stations de la région d'étude.

Stations	H	%	P	%	E	%	A	%	Indice de Musset
Jijel*	548	45,51	246	20,43	37	3,07	373	30,98	HAPE
El-Milia*	539	49,28	257	23,07	43	3,85	265	23,78	HAPE
Jijel**	454,7	47,49	197	20,54	30,7	3,20	276,4	28,82	HAPE

(*Seltzer (1913-1938), ** ONM-Jijel(1990-2008))

Cette analyse nous révèle que la région est soumise à un régime saisonnier classique (HAPE), c'est-à-dire a maximum pluviométrique centré sur saison hivernale.

Les précipitations d'origine cyclonique tombent en hivers entre décembre et février, et fournissent jusqu'à presque 50% des précipitations annuelles. Selon les données de Seltzer,1946, les hauteurs de pluies hivernales dans les deux localités (Jijel et El-Milia), sont respectivement 548 et 549 mm; actuellement on enregistre une baisse assez sensible (454,7 mm à Jijel), soit un déficit par rapport aux anciennes données de **93,3** mm.

En revanche les précipitations moyennes estivales, caractérisées par leur faible volume total et leur pourcentage par rapport aux précipitations annuelles, représentent un minimum accentué partout, même dans la zone la plus arrosée.

I.5.5. Température

Elle est beaucoup plus régulière dans le milieu aquatique que dans l'air, en raison de l'inertie thermique de l'eau ; le tableau 3 nous donne les valeurs moyennes mensuelles des températures.

Tableau 3. Valeurs moyennes mensuelles des températures en degrés centigrades (°C).

Stations	S.	O.	N.	D.	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.
Jijel*	24,25	20,35	16,95	12,6	11,6	12,35	13,85	15,85	18,6	22,2	25,05	26,06
ElMilia*	24,75	19,7	15,35	11,6	10,65	11,7	13,85	16,2	19,3	23,4	26,55	27,05
Jijel**	23,6	21	15,5	12,4	11,1	11,6	13,4	15,9	19,1	23	25,6	26,4

(*Seltzer (1913-1938), ** ONM-Jijel(1990-2008))

Il y a lieu de remarquer que les plus fortes chaleurs coïncident avec les précipitations les plus faibles (mois de juillet et août) et que la période pluvieuse coïncide souvent (avec les températures minimales les plus basses).

I.5.5.1. Thermoclimat

Pour le thermoclimat, Rivas-Martinez,1996, reconnaît à l'échelle mondiale 3 groupes thermiques subdivisés en 8 types thermiques (tableau 4).

Selon les types thermiques de Rivas-Martinez,1996, notre site jouit d'un climat de type tempéré-chaud, ce ci revient à sa position sur le littoral, avec un climat doux en hiver et régulier, dû à l'influence modératrice de la mer, avec une moyenne annuelle de 18-19 °C.

Tableau 4. Les groupes et types thermiques de Rivas-Martinez, 1996.

Groupe thermique	Types thermiques	Valeurs de Température en°C
1. chaud	1a. Très chaud	>à 26
	1b. Chaud	21 à 26
	1c. Tempéré-chaud	16 à 21
2. Tempéré	2a. Tempéré-frais	10 à 16,5
	2b. Tempéré-froid	4 à 10
	2c. Froid	-2 à 4
3. Froid	3a. Très froid	-18 à -2
	3b. Extrêmement froid	< à -18

De leur part, Bagnols & Gaussen,1957, considèrent qu'un mois est froid si sa température moyenne est < à 10°C, tempéré si elle est entre 10 et 20°C et chaud si elle dépasse cette dernière valeur. Appliquée à notre cas, cette définition permet de constater après examen du tableau 4, que plus de la moitié (7mois) de l'année est constituée par une suite de mois tempérés, allant de novembre à mai; et que 5mois de l'année sont chauds.

I.5.5.2. Période de sécheresse, sa temporalité, sa durée et son intensité

I.5.5.2.1. Indice de sécheresse estivale d'Emberger-Giacobbe et méditerranéité

Emberger (1943) a caractérisé l'intensité de la sécheresse estivale par un indice "S", qui est le rapport des précipitations estivales "Pe", à la moyenne des maxima du mois le plus chaud "M". Si celui-ci est inférieur à 5, il y'a sécheresse estivale, est la station en question est méditerranéenne (Daget,1977). D'après les résultats de l'indice "S" (tableau5), la **méditerranéité** de notre aire biogéographique ne se prête à aucune équivoque.

Tableau 5. Valeurs de l'indice de sécheresse estivale d'Emberger-Giacobbe pour les stations pluviométriques de la zone d'étude.

	Longitude	Latitude	Alti. (m)	Pe (mm)	M (°C)	S=Pe/M
Jijel *	5° 47'E	36° 49'N	6	37	30,2	1,22
ElMilia *	6° 17'E	36° 45'N	105	43	34,8	1,23
Jijel **	5° 50'E	36° 48'N	6	30,7	28,7	1,06

(*Seltzer (1913-1938), ** ONM-Jijel(1990-2008))

Cependant, si la sécheresse estivale existe partout et caractérise le climat méditerranéen, sa durée et son intensité sont néanmoins très variables d'une localité à une autre et d'une année à

l'autre, parfois elle dépasse largement les trois mois estivaux. Diverses méthodes vont nous permettre de mieux cerner et préciser cette sécheresse.

I.5.5.2.2. L'indice d'aridité de De Martonne

L'aridité étant une notion spatiale, c'est-à-dire on qualifie une région d'aride et non une période, encore l'aridité ne doit pas être confondue avec la sécheresse qui est un concept météorologique à référence temporelle (période, année).

De Martonne propose un indice qui combine la température moyenne (t), et la pluviométrie moyenne (P), qui sont deux facteurs fondamentaux agissant sur le développement de la végétation, c'est un indice très largement utilisé. De Martonne a ainsi proposé l'indice annuel ($I_{DM} = P/t + 10$), et pour caractériser le climat à l'échelle mensuelle, les précipitations du mois considéré sont multipliées par 12 ($I_{DM} = 12 P / t + 10$), afin d'aboutir à une valeur comparable à celle de l'indice annuel (Ozenda,1982 ; Guyot,1999). En fonction des valeurs seuils de cet indice, De Martonne distingue divers bioclimats (tableau6).

Tableau 6. Valeurs de l'indice de De Martonne et bioclimats correspondants.

Valeur de l'indice	Type de bioclimat	Valeur de l'indice	Type de bioclimat
0 – 5	Hyperaride (HA)	20 - 30	Subhumide (SH)
5 – 10	Aride (A)	30 - 55	Humide (H)
10 – 20	Semi-Aride (SA)	> 55	Perhumide* (PH)

* Selon Meddour, 2010.

Les résultats obtenus par cette méthode pour les stations pluviométrique de la zone d'étude sont enregistrés dans le tableau7. Le pouvoir différenciateur de cet indice d'aridité est optimal pour l'ensemble des trois données et fait ressortir leurs divers degrés d'aridité (pour Jijel sur deux périodes).

Tableau 7. Indices mensuels d'aridité de De Martonne des trois stations de la région d'étude.

Stations	Hiver		Printemps			Été			Automne			
	J	F	M	A	M	J	JL	A	S	O	N	D
Jijel*	107,2	76,7	53,8	38,06	23,9	10,06	1,02	2,3	19,6	49,4	85,4	112,5
ElMilia*	119,1	81,2	51,8	40,3	27	10,7	1,9	2,2	15,5	37,5	60,1	109,4
Jijel**	88,03	55,2	41,8	29,5	21,2	4,1	1,07	5,2	21,5	21,7	75,2	107,4

(*Seltzer (1913-1938), ** ONM-Jijel(1990-2008))

Légende : ⇒

PH	H	SH	SA	A	HA
----	---	----	----	---	----

Cet indice étant sans doute exacerbé par la fréquence des périodes de sirocco. Ainsi la période estivale est en règle générale déficitaire hydriquement, les deux intersaisons :

i) le printemps pour Jijel (anciennes données) 2mois (mars, avril) classés dans le type de bioclimat humide, et 1mois (mai) au subhumide; alors pour Jijel (données récentes), le printemps, 2mois (avril, mai) subhumide, et un seul mois (mars) humide.

ii) l'automne, (Jijel anciennes données) 1 mois subaride (Sept.), 1 mois humide (octo.) 1 mois perhumide (nov.); et (Jijel données récentes), 2 mois humides (sept., octo.) et 1 mois perhumide (nov.).

Une question qui dépasse le cadre d'étude de notre travail, et qui mérite d'être approfondie dans le cadre d'une étude sur les changements climatiques. Ce type de bioclimat mensuel, qui explique un changement du régime saisonnier durant deux périodes, traduit-il actuellement une dérive pluviométrique, plus spécialement automnale ? Nous verrons plus loin en résultats d'analyse discriminante inter-saisons (voir chapitreV); avec comme descripteur cortège floristique; que notre site est sous l'effet de deux saisons hiver/printemps-été avec une saison charnière l'automne.

I.5.6. Humidité de l'air

C'est la valeur de l'humidité relative que correspond la sensation d'humidité ou de sècheresse de l'air, d'après les valeurs du tableau8 ; on remarque une faible variabilité de l'humidité relative, par suite de l'apport d'humidité du à la proximité de la mer.

Tableau 8. Valeurs mensuelles de l'humidité relative moyenne (1990-2008).

mois	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fev.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.	Jul	Aou.	Année
%H	75	73,6	75,9	77,3	78,4	77,1	75,9	75,7	77,3	73,3	71,3	70,5	75,1

Source: ONM Jijel

I.5.7. Vents

En Algérie, dans tout le littoral et le Tell, la direction des vents, pendant la saison pluvieuse, est franchement Nord-Ouest (Seltzer,1946; Chaumont & Paquin,1971), ce sont ces vents qui apportent les précipitations d'hiver au niveau de la station Achouat (aéroport), la rose des vents (figure8), est fortement influencée par les vents de directions:

- NO à N en hiver.
- NNE jusqu'à SE au printemps.
- SE jusqu'à ONO en été et en automne

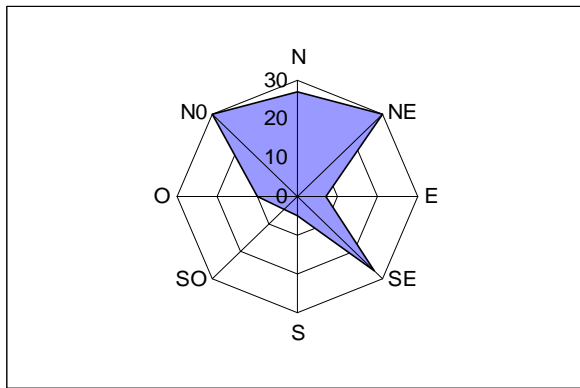


Figure 8. Régime des vents à la station météorologique de Jijel. Pourcentage moyen des vitesses de vent selon les directions (1990-2008).

Notre site, est sous l'effet mécanique des vents dominants, il est bien visible aussi bien au niveau des formes des dunes que dans le cas des arbrisseaux les plus exposés et les plus sensibles comme *pestacia lentiscus*, sur le cordon dunaire Sud du lac ; dont les branches et le feuillage adoptent une inclinaison unilatérale (forme en drapeau) dans le sens opposé du vent dominant (NO), en période hivernal qui constitue les embruns marins.

Par ailleurs; le vent a une grande influence sur l'évaporation. En effet, les pertes d'eau par évaporation sont liées à la fois à la vitesse du vent et à sa plus grande sècheresse. L'influence du vent est toute différente pendant la saison chaude, caractérisée par le jeu de la brise de mer; l'influence de l'humidité l'emporte alors sur l'effet mécanique du vent (Seltzer,1946).

I.6. Synthèse climatique

I.6.1. Diagramme ombrothermique de Bagnouls & Gausson

Le type de climagramme le plus répondu est sans doute celui conçu par Bagnouls & Gausson, 1953, qui consiste en une représentation sur un même graphique des précipitations moyennes mensuelles, exprimées en mm, et des températures moyennes mensuelles, exprimées en °C, avec en abscisse les mois; ce ci permet d'obtenir un diagramme ombrothermique. Ce dernier permet une visualisation immédiate de la durée et de l'intensité de la saison sèche, à condition bien sure de respecter les échelles prises en ordonnées, soit $1^{\circ}\text{C}=2\text{mm}$. Ce diagramme climatique présente une signification écologique précise, car il montre la durée de la période défavorable et de stress hydrique et thermique pour la végétation.

Par ailleurs; ce diagramme ombrothermique, montre la marche mensuelle des précipitations et de la température, permet aussi d'évaluer la longueur de la saison pluvieuse (Ozenda,1991), cependant l'aire d'intersection des deux courbes (en hachure), (figure9), représente l'indice d'intensité de sècheresse (Panini & Amandier,2005).

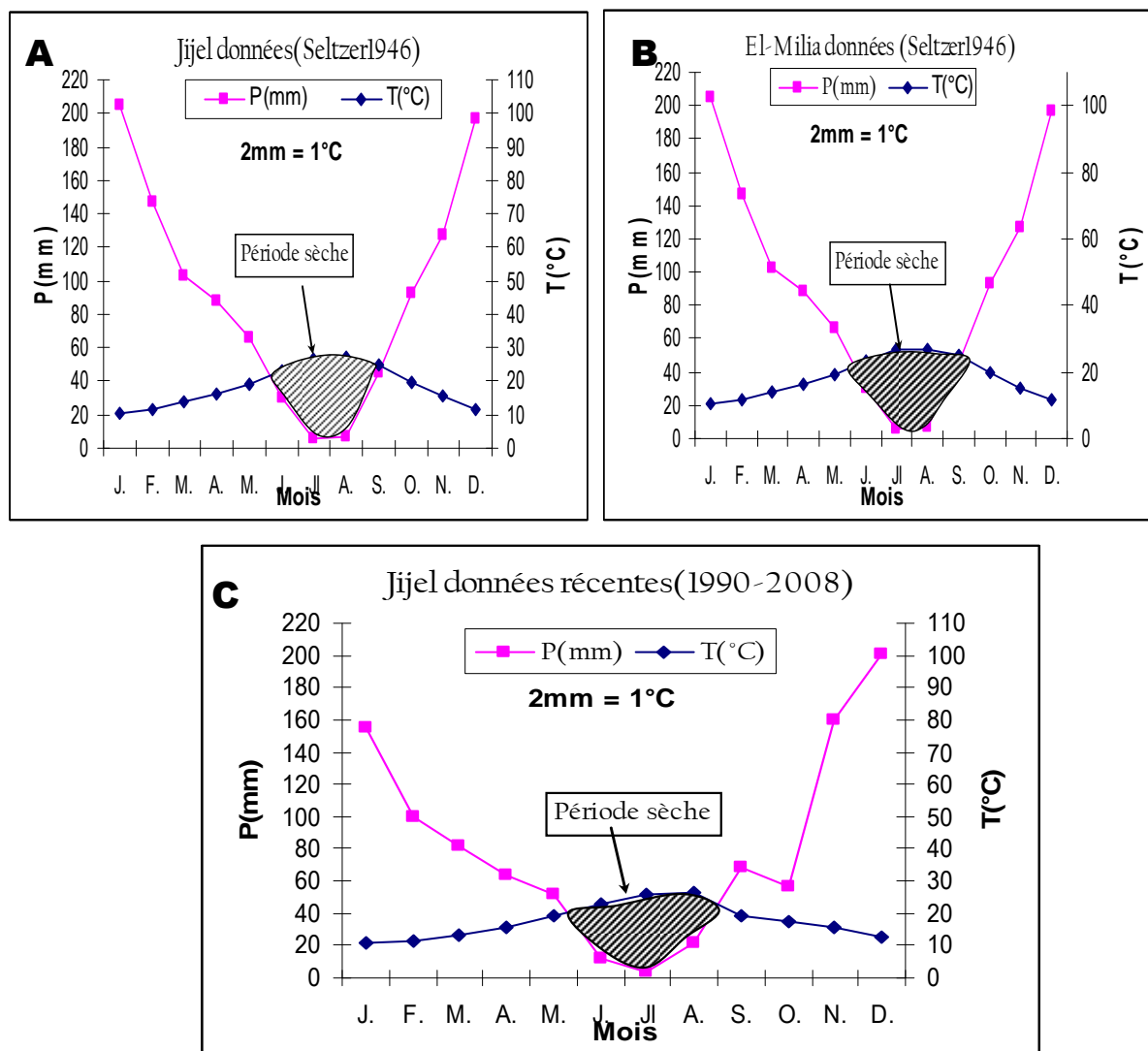


Figure 9. Diagrammes ombrothermiques de Bagnols & Gaussen. (A) et (B), anciennes données Seltzer1946 pour les stations Jijel et El-Milia. (C), données actuelles pour la station de Jijel.

Il convient donc d'appeler période sèche, celle pendant laquelle la courbe de pluviosité se trouve en dessous de la courbe de température; il s'agit le plus souvent d'une saison sèche estivale, et les mois ou saisons humides correspondent aux deux aires, de part et d'autre de la période sèche pour lesquelles $P > 2T$; sur ces bases, Gaussen a établi de nombreux diagrammes correspondant notamment à la région méditerranéenne.

Les constatations que l'on a faites plus haut, sur le nombre de mois sec, et le nombre de mois humides, sont ainsi graphiquement et de visu validées par ce diagramme ombrothermique.

I.6.2. Concept d'étage bioclimatique

L'étage bioclimatique est une notion botanique qui a été créée pour associer la répartition des êtres vivants à des schémas climatiques mondiaux liés à la géographie et l'altitude. L'étage est défini de manière assez empirique par une association de végétation et de faune et une situation géographique. Dans la pratique, on définit les limites d'un étage donné par une plage de valeur des

variables climatiques moyennes (température, précipitation, etc.) et on y associe une végétation type, l'ensemble constituant alors l'étage bioclimatique.

Le site étudié est sous l'influence directe de la Méditerranée. Il recueille plus de 1000 mm/an avec de larges fluctuations interannuelles (633-1202 mm), il est caractérisé par l'alternance de deux saisons contrastées très marquées (hiver frais et très pluvieux pendant 6-7 mois et été chaud et très sec pendant 5-6 mois). Situé au centre de la subdivision phytogéographique K2, proposée par Quézel et Santa 1962-63 (petite Kabylie); avec une moyenne des minima du mois le plus froid $m > +3$ °C, et la température moyenne annuelle ≥ 16 °C. Il appartient à l'étage bioclimatique nommé «**thermo-méditerranéen** », le même étage bioclimatique que celui des Mogods en Tunisie septentrionale (Quézel & Médail, 2003b).

I.6.3. Climagramme d'Emberger

Le quotient pluviothermique d'Emberger (Q_2) est un indice climatique qui traduit la xérite, du Nord au Sud, du climat méditerranéen en fonction des paramètres climatiques (P), (M-m) et (m). Utilisé en Afrique du Nord et dans les pays méditerranéens, ce quotient reste un outil indispensable pour caractériser le bioclimat d'une région. Cette méthode, définie dès 1932 reprise et affinée en 1955 par Emberger définit une station par deux éléments : Moyenne des températures annuelles et les précipitations annuelles.

P : Précipitation annuelle en mm.

(M-m) : Amplitude thermique extrême en °K.

M : Moyenne des maxima du mois le plus chaud °K.

m : Moyenne des minima du mois le plus froid en °K.

°K : Degré kelvin.

Les limites de séparation entre les différents étages bioclimatiques ne sont pas des lignes au sens géométrique du mot, mais plutôt de bandes de transitions de végétation mixte. Les limites ont été tracées là où le changement de la végétation a été observé (Emberger,1955). Le quotient d'Emberger est spécifique du climat méditerranéen, il est le plus fréquemment utilisé en Afrique du Nord. Le quotient Q_2 a été formulé de la façon suivante :

$$Q_2 = \frac{2000 P}{M^2 - m^2}$$

Les stations météorologiques de même Q_2 peuvent être différenciées par leurs valeurs de 'm'. Il est intéressant de mentionner que c'est à partir de $m= 1$, et non $m= 0$, que les risques de gelées deviennent importants (Le Houerou,1969). Emberger 1955, a mis au point un zonage du bioclimat méditerranéen du plus sec vers le plus humide en combinant les données climatologiques et celles de la végétation.

C'est ainsi que les étages bioclimatiques sont repérés sur des axes orthogonaux où chaque station se trouve représentée par un point dont l'abscisse est la valeur de 'm', et l'ordonnée, la valeur du quotient pluviothermique.

Station de JIJEL:

$$P = 958,9 \text{ mm}$$

$$M = 30^{\circ}\text{C} + 273 = 303^{\circ}\text{K}$$

$$m = 3^{\circ}\text{C} + 273 = 276^{\circ}\text{K}$$

$$Q_2 = 123 \Rightarrow \text{L'étage bioclimatique de la zone d'étude est humide à hiver}$$

tempéré avec un quotient pluviothermique égale à 123.

I.6.4. Bilan hydrique

I.6.4.1. Calcul de l'évapotranspiration potentielle

L'évapotranspiration potentielle (ETP), correspond à la quantité d'eau totale transférée du sol vers l'atmosphère par l'évaporation au niveau du sol et par la transpiration des plantes.

Equation de Thornthwaite :

Il s'agit d'une formule comme celle de Holdridge et à la différence de celle de Blaney – Criddle, elle ne comporte pas de coefficient régional ou cultural; elle tient compte de la durée d'éclairement et de la température, quand la température (T en °C), $0 < T < 26,5$, la formule s'écrit :

$$\underline{ETP = 16 (10T / I)^{\alpha} \cdot K} \text{ (mm/mois) où :}$$

T: température moyenne du mois en °C.

$I = \sum i$; indice annuel, est égale à la somme des indices thermiques mensuels, chacun d'entre eux étant fourni à son tour par la formule :

$$\underline{i = (T / 5)^{1,514}} .$$

α : indice lié à la température.

$$\alpha = 675 \cdot 10^{-9} \cdot I^3 - 771 \cdot 10^{-7} \cdot I^2 + 1792 \cdot 10^{-5} \cdot I + 0,49239 \Rightarrow \underline{\alpha = 1,92}$$

Enfin pour passer de cette ETP dite " non corrigée" exprimée en mm/mois, il suffit de la multiplier par **K**.

➤ **K** : coefficient correctif, il est fonction de données non climatiques, comme la durée d'éclairement et la latitude, lequel se lit sur une table connaissant le mois et la latitude de la zone d'étude (voir tableau 9).

Le taux d'évaporation est la résultante de l'action conjuguée entre les vents, l'ensoleillement et la couverture végétale (évapotranspiration). A l'échelle régionale, d'après les résultats du tableau 9, la somme de l'évaporation des plans d'eau du sol et de l'évapotranspiration conduit à une lame d'eau annuelle moyenne de **915** mm rendue à l'atmosphère.

Tableau 9. Évapotranspiration potentielle moyenne mensuelle et annuelle, calculées par la formule de Thornthwaite à la station de Jijel (1990-2008).

Mois Paramètres	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
T (°C)	23,6	21	15,5	12,4	11,1	11,6	13,4	15,9	19,1	23	25,6	26,4
I	10,47	8,78	5,54	3,95	3,34	3,57	4,44	5,76	7,6	10	11,85	12,41
ETP(mm)	106,8	85,4	47,6	31,0	25,1	27,3	36,0	50,0	71,1	101,6	124,9	132,5
K	1,03	0,97	0,86	0,84	0,87	0,85	1,03	1,1	1,21	1,22	1,24	1,16
ETP_{corrigé}	110,0	82,83	40,93	26,0	21,8	23,0	37,0	55,0	86,0	124,0	155,0	153,7
Précipitans	60,4	56,1	160	200,5	154,8	99,4	81,7	63,8	51,5	11,5	3,2	16
Déficit	-49,6	-26,7	119	174,4	133,0	76,2	44,6	8,8	-34,5	-112,5	-151,7	-137,7

I.6.4.2. Comparaison entre évaporation et précipitation à la station de Jijel

A Jijel, le bilan hydrique représenté par la différence entre les précipitations et l'évaporation, devient déficitaire dès le mois de mai (figure10), et se prolonge jusqu'au mois d'octobre avec une valeur maximale négative en juillet d'environ 152 mm. Néanmoins le bilan annuel global est positif, il atteint environ 43,3 mm.

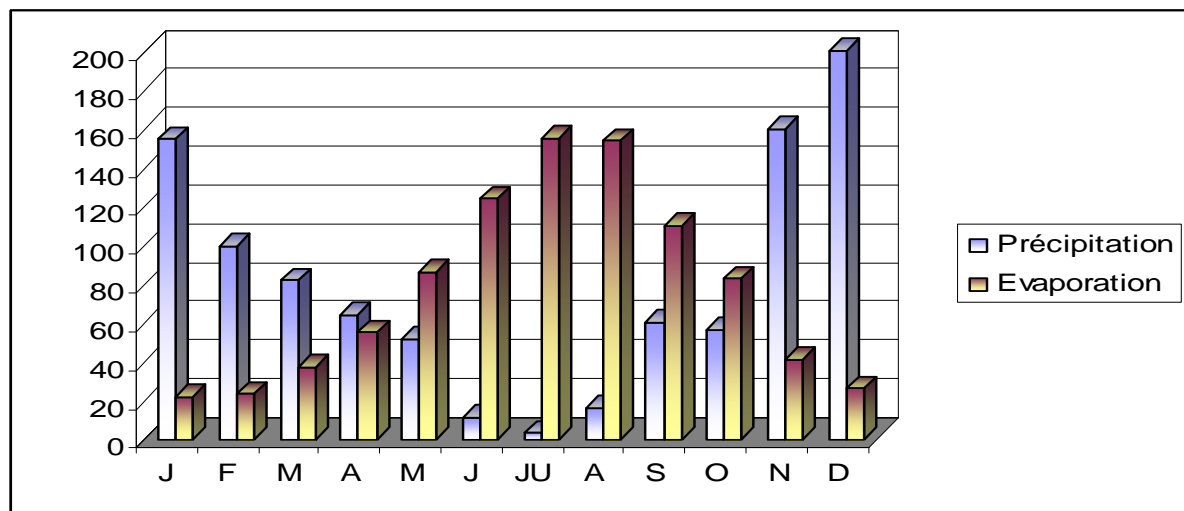


Figure10. Histogrammes groupés, des précipitations / évaporations à la station météo de Jijel (1990-2008).

I.7. Conclusion

Nous avons abordé l'hydrogéologie de la région d'étude. Elle est marquée par la disparité des apports des cours d'eau, qui s'inscrit dans les contrastes Nord-Sud caractérisant le contexte physico-climatique varié de l'Est algérien. L'opposition entre deux grands types d'organismes hydrographiques est fondamentale dans la compréhension de l'hydrologie régionale : au Nord de la chaîne tellienne, des cours d'eau exoréiques, débouchant sur la mer Méditerranée, à travers le

bourrelet du Tell et les plaines côtières. Les affluents des zones montagneuses telliennes, aux formations géologiques peu perméables, sont à l'origine d'un accroissement rapide des apports avec la surface drainée c'est le cas d'El-Kébir-Rhumel. La région de Jijel est caractérisée par un maximum de rendement hydrologique.

Du point de vue climatique et après extrapolation à partir des anciennes données de Seltzer (1946) et des données plus récentes, ces deux pas de temps (1913-1937, 1990-2008), nous ont permis de remarquer que, la pluviométrie moyenne annuelle est de 1114mm pour El-Milia; et 1204 pour Jijel; actuellement elle est de 959mm pour la station de Jijel soit un déficit de 245mm. Le régime saisonnier des précipitations est de type HAPE. La température moyenne annuelle présente une certaine stabilité au alentour de 18°C, ce qui permet de classer notre site à l'étage de bioclimat "**thermo-méditerranéen**". Pendant l'été, ou saison sèche (juin, juillet et août), il ne tombe que 37mm de pluie; Un fort contraste pluviométrique saisonnier caractérise donc le territoire étudié. La **méditerranéité** du climat de notre site est confirmée par l'indice de sécheresse estivale d'Emberger-Giacobbe; également il est classé au type thermique "**tempéré-chaud**" *sensu* Rivas-Martinez. Les effets de l'été xérothère sont atténués par l'humidité relative à l'échelon régionale et locale provenant notamment de l'évapotranspiration.

Par ailleurs; l'indispensable opération de mise en oeuvre des eaux de surface doit être complétée voire précédée par la nécessaire protection des hydrosystèmes. La dégradation de la qualité des Oueds, conséquemment à la mise en exploitation de retenues, peut être préoccupante dans le cas des grands ouvrages, réalisés ou en construction : El-Kébir maritime ainsi que la nappe alluviale de Belghimouz, et de la zone humide de Beni-Belaid en relation hydraulique avec l'Oued El-Kébir, seront privés d'une part importante de leur alimentation naturelle, suite aux débits captés par les barrages de Béni Haroun, de Boussiaba et d'Irdjana. Par conséquent, l'effet des flux d'eaux usées est susceptible d'être amplifié vers la mer Méditerranée à l'aval; plus particulièrement en étiage où les taux de dilution sont au plus bas. Le problème semble être pris en charge avec la réalisation de stations d'épuration des eaux usées en aval de chaque agglomération (Constantine, El-Milia(en cours), Jijel), en vue d'améliorer le taux de traitement des eaux résiduaires générées par les villes. Mais, il faut compter, les problèmes de maîtrise technologique, et les contraintes de gestion qui peuvent entraver la pérennité et le fonctionnement optimal de ces édifices.



Chapitre II

Cadre biogéographique et
phytochorique

Chapitre II : Cadre biogéographique et phytochorique

II.1. Introduction

La géographie botanique a de bonne heure attiré et retenu l'attention de plusieurs auteurs; particulièrement en Afrique du Nord. Bernard, (1926) souligne qu'il y'est peu de contrées qu'en Afrique du Nord, où la végétation montre un rapport aussi étroit avec le climat, et où les groupements végétaux aient un caractère aussi tranché. La végétation révèle par la présence de ses différentes composantes, l'action de facteurs climatiques, édaphiques, orographique, hydrologiques, dynamiques (naturels ou anthropiques) et historiques. Ainsi quand les corrélations avec le milieu sont établies ; par voie de conséquence, les unités de végétation ne sont qu'une expression des facteurs de ce milieu.

Ce chapitre est consacré à la définition des territoires phytochorologiques homogènes, et à la détermination de la place de la zone d'étude Beni-Belaid dans les subdivisions phyto-géographique de l'Algérie du Nord proposées par (Quézel & Santa,1962).

II.2. Notions de phytogéographie

Le territoire phytochorologique (ou *phytochore*) est une zone géographique présentant une relative uniformité dans la composition floristique ; il est également défini comme une aire possédant un grand nombre de taxons endémiques (Takhtajan, 1986). Le découpage du monde en unités phytogéographiques est ainsi qualitatif et repose surtout sur la répartition des taxons endémiques.

La hiérarchie des territoires phytochorologiques est une synthèse des proximités géographiques pondérées par les flores (Ruffray et *al.*,1989). L'échelle horizontale classiquement retenue est la suivante (Rameau,1988) : Empire (ou Royaume), Région, Domaine (ou Province), Secteur, District. L'extension et l'importance du territoire phytogéographique dépendent du niveau hiérarchique des taxons endémiques (familles, genres, espèces) qui le délimitent (Takhtajan,1986).

On distingue ainsi:

- Les *empires floristiques*, fondés sur l'endémisme des familles et des sous-familles,
- Les *régions*, sur la base d'un endémisme des genres et des sections de genres,
- Les *domaines*, caractérisés par un endémisme très marqué des espèces,
- Les *secteurs*, fondés sur un endémisme marqué des unités subordonnées à l'espèce,
- Les *districts* correspondant en principe à un début d'endémisme de taxons inférieurs à l'espèce.

Il faut aussi noter que les unités phytosociologiques (classes, ordres, alliances) apportent toutes les informations nécessaires à la définition des territoires phytochoriques, (Rameau, 1988).

II.3. Subdivisions phytogéographiques de l'Afrique septentrionale

L'Algérie est le plus grand pays d'Afrique après le Soudan, sa superficie atteint 2 381 741 km². Elle s'étend sur environ 18 degrés de latitude (19°N-37°N) et un peu plus de 20 degrés de longitude (8°35W-12°E). Elle constitue un immense trait d'union entre la Méditerranée et l'Afrique sahélienne par l'intermédiaire du Sahara. Elle représente une grande diversité de climats, de reliefs, de sols et de types de végétation. En outre et sur le plan phytogéographique notre vaste pays fait partie intégrante du Royaume holarctique (sous-empire téthyen ou mésogéen) (figure11), et plus précisément de la région méditerranéenne (sous/région occidentale), et de la région saharo-arabique (sous-région Saharienne), (Quézel,1978).

A part l'approche phytogéographique, l'Algérie se divise naturellement en deux sous ensembles géographiques, l'Algérie du Nord ou Tell au sens large du terme, et le Sahara algérien (c'est-à-dire les régions désertiques méridionales). Par ailleurs; l'Algérie du Nord se compose de 2 grandes zones physiographiques: le Tell au sens strict, qui comprend le littoral et l'Atlas Tellien; et les hautes plaines steppiques et l'Atlas saharien.

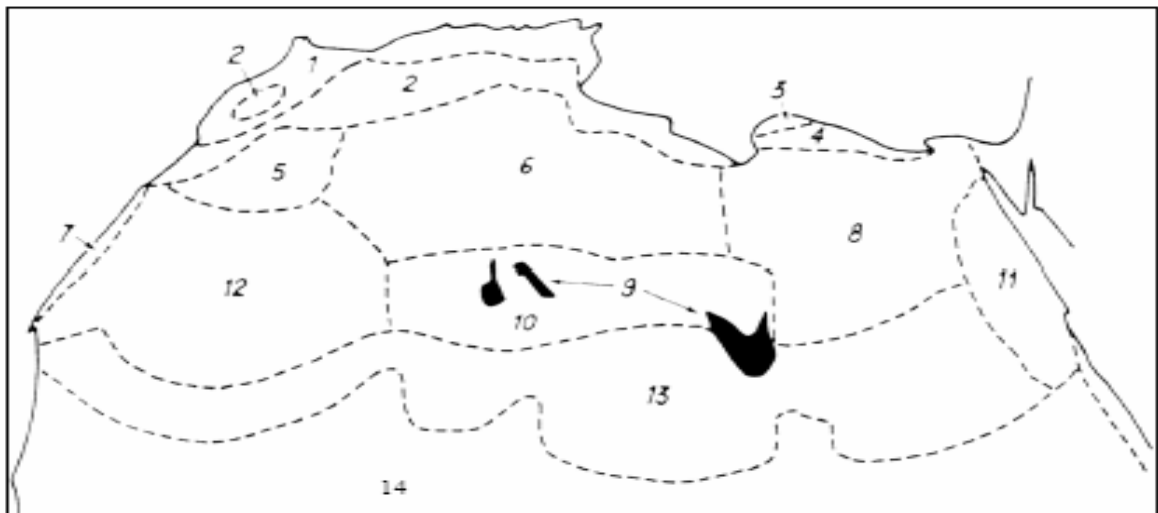


Figure11. *Subdivisions phytogéographiques de l'Afrique septentrionale (méditerranéenne et saharienne), selon Quézel, 1978.*

Domaines : **1.** Nord-africain méditerranéen ; **2.** Nord-africain steppique ; **3.** Cyrénaïque méditerranéen ; **4.** Est-africain steppique ; **5.** Sahara Nord-Occidental ; **6.** Sahara septentrional ; **7.** Sahara océanique ; **8.** Sahara Nord-Oriental ; **9.** Hautes montagnes ; **10.** Sahara central ; **11.** Sahara oriental ; **12.** Sahara occidental ; **13.** Sahara méridional ; **14.** Sahel septentrional.

II.3.1. L'Empire holarctique

Il est pris ici au sens des auteurs classiques (Meusel & al., 1965 in Julve, 1999 ; Takhtajan, 1986) : Les familles différentielles de ce royaume sont : *Aceraceae*, *Betulaceae*, *Fagaceae*, *Papaveraceae*, *Paeoniaceae*, *Pinaceae*, *Polygonaceae*, *Primulaceae*, *Ranunculaceae*, *Rosaceae*, *Salicaceae*, *Sparganiaceae*, *Convallariaceae* etc...

► Les genres de ligneux différentiels présents au Maghreb sont : *Abies*, *Acer*, *Alnus*, , *Amelanchier*, *Berberis*, *Betula*, *Buxus*, , *Castanea*, *Cotoneaster*, *Crataegus*, *Euonymus*, *Frangula*, *Fraxinus*, *Ilex*, *Juniperus*, *Lonicera*, *Pinus*, *Pirus*, *Populus*, *Prunus*, *Quercus*, *Rosa*, *Salix*, *Sorbus*, *Taxus*, *Ulmus*, *Viburnum*, etc. (Quézel & Médail, 2003a).

► Les classes phytosociologiques différentielles sont (Julve,1999) : *Agrostido stoloniferae-Arrhenatheretea elatioris*, *Asplenieta trichomanis*, *Cakiletea maritima*, *Calystegietea sepium*, *Euphorbio paraliadis-Ammophiletea arenariae ssp. Arundinaceae*, *Juncetea bufoni*, *Lemnetea minoris*, *Phragmiti australis-Caricetea elatae*, *Potamogetonetea pectinati*, *Saginetea maritima*, *Salicornieta europaea*, *Sarcocornieta fruticosae*, *Sisymbrietea officinalis*, *Stellarietea mediae*, *Stipo capensis-Brachypodietea distachyi*, *Xolanthetea guttatae*, , etc.

La plupart de ces classes ne recouvrent pas entièrement l'aire de l'empire holarctique, puisque une majorité est européenne voire eurasiatique (Julve,1999), mais en tout cas, elles ont une bonne représentation en Algérie (Géhu et al.,1998).

II.3.2. Le sous-empire Téthien

Les familles différentielles de ce sous empire sont : *Cistaceae*, *Resedaceae*, *Theligonaceae*, *Globulariaceae*, *Posidoniaceae*, *Ruscaceae*, *Aphyllanthaceae*, (Julve, 1999).

II.3.3. La région méditerranéenne

► Les genres différentiels sont (Takhtajan,1986 ; Julve,1999) : *Anagyris*, *Andryala*, *Arisarum*, *Argania*, *Argyrolobium*, *Arundo*, *Bellardia*, *Biserrula*, *Bituminaria*, *Bivonaea*, *Calicotome*, *Capparis*,,, *Carduncellus*, *Cistus*, *Ceratocapnos*, *Ceratonia*, *Chronanthus*, *Cladanthus*, *Coridothymus*, *Coris*, *Cosentinia*, *Cynomorium*, *Cymodocea*, *Didesmus*, *Echinophora*, *Frankenia*, *Fedia*, *Halimium*, *Hymenocarpus*, *Ionopsidium*, *Jasminum*, *Lafuentea*, *Laurus*, *Leuzea*, *Limoniastrum*, *Loeflingia*, *Malope*, *Mantisalca*, *Myrtus*, *Osyris*, *Pistacia*, *Posidonia*, *Phillyrea*, *Phlomis*, *Plumbago*, *Putoria*, *Rupicapnos*, *Santolina*, *Smilax*, *Spartium*, *Staehelina*, *Tamarix*, *Tetraclinis*, *Thapsia*, *Trachelium*, *Triplachne*, *Urospermum*, *Vella*, etc.

► Les espèces forestières ligneuses différentielles sont : *Arbutus unedo*, *Celtis australis*, *Ceratonia siliqua*, *Erica arborea*, *Euphorbia dendroides*, *Juniperus phoenicea*, *Juniperus oxycedrus*, *Laurus nobilis*, *Myrtus communis*, *Nerium oleander*, *Olea europaea*, *Phillyrea spp.*, *Pistacia lentiscus*, *Pistacia terebinthus*, *Punica granatum*, *Quercus coccifera*, *Rhamnus alaternus*, *Rhus oxyacantha*, *Tamarix spp.*, *Viburnum tinus*, *Vitex agnus-castus* (Quézel & Médail, 2003a).

► Les classes phytosociologiques différentielles sont (Julve,1999) : *Cisto salvifolii-Lavanduletea stoechadis*, *Rosmarinetea officinalis*, *Dactylo hispanicae-Brachypodietea retusi*, *Nerio oleandri-Tamaricetea africanae*, *Quercetea ilicis*, *Crithmo maritimi-Limonietea pseudominuti*, *Peganoharmalae-Salsoletea vermiculatae*, *Isoëtetea velatae*, *Adiantetea capilli-veneris*, etc...

Ces différentes classes sont également bien représentées en Algérie (Géhu et *al.*,1998).

II.3.4. La sous région méditerranéenne occidentale

➤ Genres différentiels: *Rosmarinus*, *Dorycnium*, *Erica*, *Arbutus*, *Crucianella*, *Lavandula*, *Cephalaria*, *Phagnalon*, *Pallenis*, *Echinops*, *Catananche*, *Asphodelus*, *Aphyllanthes*, *Barlia*, *Ambrosina*, *Ampelodesmos*, *Chamaerops*, *Cheilanthes*, *Dracunculus*, *Merendera*, *Plagius*, *Succowia*, (Julve, 1999).

➤ Espèces forestières ligneuses différentielles : *Chamaerops humilis*, *Juniperus thurifera*, *Quercus suber*, *Pinus halepensis*, *Pinus pinaster*, *Quercus ilex* s.l., *Quercus faginea*, *Quercus canariensis*, *Buxus balearica*, *Lonicera arborea*, *Osyris lanceolata*, (Quézel & Médail, 2003a).

Toujours est-il que le centre majeur de différenciation des éléments floristiques se localise dans la partie occidentale du bassin Méditerranéen à ce propos: Quézel (1998) estime que moins du quart des espèces présentes à l'Ouest se rencontrent en Méditerranée orientale.

II.4. Unités phytogéographiques de l'Algérie du Nord

En ce qui concerne les territoires s'intégrant à l'intérieur des limites géographiques de l'Algérie, leur diversité floristique et écologique a conduit plusieurs auteurs (Lapie,1909 *in* Meddour,2010; Maire,1926; Bernard,1926; Quézel & Santa,1962 ; Barry et *al.*,1976) à y distinguer divers domaines, secteurs et districts (ou sous-secteurs) phytogéographiques. En s'appuyant sur les données climatiques, la nature géologique, l'étude de la végétation arborescente, Lapie,(1909), puis Maire (1926) ont subdivisé l'Algérie du Nord en 3 domaines et 8 secteurs phytogéographiques. Par la suite, l'Algérie a été découpée, sur des considérations beaucoup plus floristiques, par Quézel & Santa (1962-63) en 3 domaines divisés en 6 secteurs et 15 sous secteurs; puis Barry et *al.*,(1976), présentent un autre découpage en 3 domaines; ces domaines sont divisés en 8 secteurs et 12 sous secteurs. Le tableau 10 nous donne une synthèse du découpage proposé par Lapie (1909) et Maire (1926), puis Quézel & Santa (1962-63) et Barry et *al.* (1976).

Tableau 10. Divisions et nomenclature des unités phytocorologiques de l'Algérie.

Phytochores	Lapie (1909)	Maire 1926
Domaine Secteurs	Mauritanien septentrional 1. Numidien ➤ District de Grande Kabylie ➤ District de la Petite Kabylie ➤ District bônois (Annabi) 2. Algérois 3. Tell méridional	Mauritanien méditerranéen 1. Numidien ➤ District de Grande Kabylie ➤ District de la Petite Kabylie ➤ District bônois (Annabi) 2. Algérois 3. Oranais 4. Tell méridional
Domaines Secteurs	Mauritanien méridional 4. Oranais 5. Steppes 6. Plateaux Constantinois 7. Sud-Constantinois 8. Atlas Saharien	Mauritanien steppique 5. Hautes Plaines orano-algéroises 6. Hautes Plaines Constantinoises 7. Sud-Constantinois 8. Atlas Saharien
Domaines	Hautes montagnes atlantiques	Hautes montagnes atlantiques
Phytochores	Quézel & Santa (1962)	Barry et al. (1976)
Domaines Secteurs	Nord-africain méditerranéen (Quézel,1978) 1. Kabyle et Numidien ➤ s/secteur de la Grande Kabylie ➤ s/secteur de la Petite Kabylie ➤ s/secteur de la Numidie (de Skikda à la frontière tunisienne) 2. Algérois ➤ s/secteur littoral ➤ s/secteur de l'Atlas tellien 3. Oranais ➤ s/secteur des sahels littoraux ➤ s/secteur plaines littorales ➤ s/secteur de l'Atlas tellien 4. Tell Constantinois	Maghrébin méditerranéen 1. Numidien ➤ s/secteur de la Grande Kabylie ➤ s/secteur de la Petite Kabylie 2. Algérois ➤ s/secteur littoral ➤ s/secteur de l'Atlas tellien 3. Oranais ➤ s/secteur des sahels littoraux ➤ s/secteur plaines littorales ➤ s/secteur de l'Atlas tellien 4. Tell méridional ➤ s/secteur du Tell constantinois
Domaines Secteurs	Nord-africain steppique (Quézel,1978) 5. Hauts Plateaux ➤ s/s des Hauts Plateaux algérois et oranais ➤ s/s des Hauts Plateaux constantinois ➤ s/s du Hodna 6. Atlas saharien ➤ s/secteur de l'Atlas saharien oranais ➤ s/secteur de l'Atlas saharien algérois ➤ s/secteur de l'Atlas saharien constantinois (Aurès compris)	Maghrébin steppique 5. Hauts Plateaux algéro-oranais 6. Hauts Plateaux constantinois 7. Sud-Constantinois ➤ s/secteur du Hodna ➤ s/secteur de l'Atlas saharien auréso-constantinois 8. Atlas saharien ➤ s/secteur de l'Atlas saharien oranais ➤ s/secteur de l'Atlas saharien algérois
Domaines	Hautes montagnes atlantiques ➤ s/domaine Altimontain numedien (Quézel,1957)	Montagnard Ouest-méditerranéen (selon Monod, 1957 in Barry et al., 1974)

Nous indiquerons pour chaque unité phytogéographique, les espèces végétales (ou sous espèces et variétés) endémiques (s.l.), qui lui sont exclusives, En effet, certaines plantes en plus d'être endémiques ne poussent que dans un seul secteur «endémiques strictes»; ce qui augmente leur valeur indicatrice et patrimoniale.

II.4.1. Domaine Nord-africain méditerranéen (ou Maghrébin-méditerranéen)

L'ensemble du Maghreb méditerranéen, majoritairement représenté par l'Algérie, est au coeur des préoccupations mondiales en matière de biologie de la conservation : richesse taxonomique avérée, fort endémisme végétal et menaces anthropiques croissantes (Véla & Benhouhou, 2007). Ce domaine est caractérisé par sa végétation climacique forestière (*Quercus suber*, *Q. faginea*, *Q. ilex* et *Pinus pinaster*), dans les parties les plus humides les plus exposées à l'influence maritime, et *Tetraclinis articulata*, et *Pinus halepensis* dans les situations plus continentales. Les types d'écosystèmes forestiers et la flore y varient beaucoup suivant les conditions éco-édaphologiques et un gradient de xéricité marqué de direction Est-Ouest (Meddour,2010).

Notre référentiel utilisé demeure essentiellement «La Nouvelle Flore d'Algérie » de Quézel & Santa (1962-63) sur laquelle, la plupart des études se basent encore de nos jours, certes cette flore est fort instructive et fiables, mais trop ancienne, au remaniement qui s'est produit dans le monde botanique surtout sur le plan nomenclature, et affiliation systématique des espèces basée sur des données d'analyses moléculaires "chimiotaxonomie". En 2009 la dernière révision de la classification des angiospermes dite APG (Angiosperm Phylogeny Group) a été publiée. Cette version que l'on qualifie d'APG III remplace les versions APG I datant de 1998 et APG II datant de 2003. Comme les précédentes versions, APG III est essentiellement basée sur des analyses de phylogénie moléculaires publiées par les systématiciens du monde entier.

Cependant; notre mise à jour nomenclaturale, et pour remédier aux problèmes de synonymes, le travail de synonymie a été effectué à partir des références : Maire 1952-1987(Flore de l'Afrique du Nord) ; Pottier-Alapetite 1979-1981(Flore de la Tunisie) ; Le Floch et al.,2010 (Catalogue synonymique de la flore de Tunisie) et de la flore numérique de l'Afrique du Nord du réseau "Tela Botanica":(www.tela-botanica.org); ainsi que l'indexe synonymique de Dobignard & Chatelain, 2010-12.

En effet, pour l'Algérie sur les 5402 taxons (en comptant les sous espèces, les variétés et les formes) décrites par Quézel & Santa (1962-63). La répartition des espèces entre familles et entre genres montre que 7 familles comptent plus de 100 espèces chacune. Il s'agit des Astéracées, Légumineuses, Poacées, Crucifères, Caryophyllacées, Lamiacées et Ombellifères, avec respectivement 433, 411, 289, 171, 142, 142, 132 espèces, viennent ensuite les Liliacées, Scrofulariacées, Borraginacées, Chénopodiacées, Cypéracées, Renonculacées et Cistacées qui

renferment entre 50 et 78 espèces. Il faut ajouter que dans cette flore, 36 familles ne sont représentées que par un seul genre (Callitrichacées, Oxalidées, Polygonacées...). En outre 07 genres regroupent entre 30 et 58 espèces (*Astragalus*, *Centaurea*, *Helianthemum*, *Linaria*, *Ononis*, *Silene*, *Trifolium*).

Ce domaine regroupe quelques espèces endémiques algériennes ou maghrébienes, qui sont largement répandues au sein de ses divers secteurs et sous secteurs, et qui méritent d'être signalées pour leurs valeurs patrimoniales: *Andryala integrifolia* subsp. *perennans* (Maire & We.), (= *A. floccosa* Pomel); *Helminthotheca glomerata* (Pomel) Gr. (= *Picris duriaei* Sch. Bip.), *Nepeta algeriensis* (de Noé), (= *N. acerosa* Batt.); *Ononis rosea* (Durieu.); *Plagius grandis* (L.) Alavi et Heywood (= *Chrysanthemum grandiflorum* (Desf.) Batt.); *Verbascum betonicifolium* (Desf.) Kuntze, (= *Celsia betonicifolia* Desf.); *Silene cinerea* Desf.; *Stachys duriaei* de Noé.

Nous nous limiterons à la description phytochorique des trois sous secteurs : K1, K2 et K3 pour deux raisons : d'abord ces trois sous secteurs des Kabylies et du littoral de l'antique Numidie (jusqu'à la Kroumirie) ont déjà été référencé comme étant un centre d'endémisme (Médail & Quézel, 1997). En outre, par la suite ce même secteur a été reconnu par (Quézel & Médail 2003b) comme une zone refuge actuelle, accueillant des végétaux ligneux relictés, d'origine tertiaire, ce-ci d'une part. D'autre part pour mettre en exergue, la position phytochorique représentée par son endémisme, rareté et origine biogéographique de notre site d'étude Beni-Belaid qui se situe au sous secteur K2.

II.4.2. Secteur "K" Kabylo-numidien : [K1,K2,K3]

Le secteur Kabyle et Numidien : K1: la Grande Kabylie, K2: la Petite Kabylie, incluant (région Béjaïa, Jijel, Collo à Skikda), K3: la Numidie littorale de Annaba et El-Kala jusqu'à Souk Ahras. Ce secteur, qui s'étend de l'Oued Isser à l'Ouest jusqu'à la Kroumirie tunisienne à l'Est, et vers le Sud jusqu'aux sommets de l'Atlas tellien (figure 12), il est le mieux arrosé (cf. chapitre 1).

La pluviométrie annuelle de 700 à 1500mm et les bioclimats vont du subhumide au perhumide sur les montagnes; la période de sécheresse de 3-4 mois en général; les sols silicieux (grès numidiens) dominant. Par voie de conséquence ces conditions bioclimatiques et édaphiques sont très favorables au développement d'un couvert végétal forestier du thermoméditerranéen comme le chêne liège, et d'une végétation herbacée des prairies humides inféodée particulièrement aux mares temporaires qui sont des milieux singuliers; où l'alternance de phases sèches et inondées ainsi que l'isolement favorisent l'établissement de peuplements floristiques voire faunistiques originaux et diversifiés. Ces milieux sont caractéristiques de climats présentant une période de sécheresse longue, tel est le cas dans la région méditerranéenne mais aussi dans diverses régions du monde où règnent des climats plus ou moins arides : climats méditerranéens ou arides d'Afrique du Nord et du Sud, du continent américain (USA, Chili) ou d'Australie.

Sur le plan géologique et lithologique, la chaîne littorale appartient au Crétacé, mais les formations tertiaires la recouvrent en grande partie. A l'Est de Dellys, le Numidien domine avec affleurement du Danien, puis apparaissent les grès de Numidie, où ces grès atteignent jusqu'à 100 m d'épaisseur.

Entre le Cap Tedlès et Azeffoun s'étend le flysch d'Azeffoun. Depuis Azeffoun jusqu'à la région sénonienne des environs de Gouraya. Ces formations crétacées, souvent recouvertes d'îlots de grès de Numidie ; cette formation constitue une limite chorologique orientale assez nette séparant la grande Kabylie[K1] de la petite Kabylie baboréenne ou [K2], dont dépend le massif littoral calcaire du Gouraya, d'El-Aouna à Beni- Belaid en passant par Jijel ; il y'a des microdiorites quartzifères, du sable et alluvion résultant des altérations du quaternaire, la nappe Numidienne (Stampien à Burdigalien) (Flandrin 1948, 1952 ; et Gélard 1979. in Meddour, 2010).

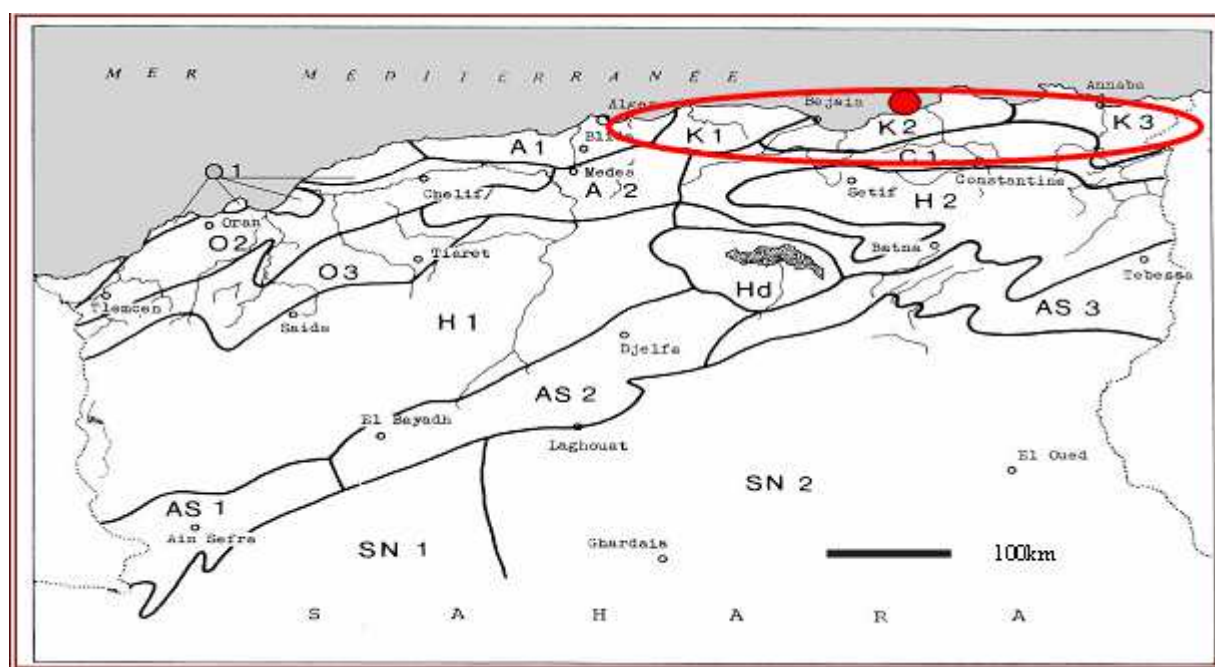


Figure12. Définition des secteurs phytogéographiques du Nord de l'Algérie (carte 2 in: Quézel & Santa, 1962-63).

- **O1, O2, O3** : Oranais (Sahel et collines du littoral oranais, plaines littorales et Atlas tellien sudoranais).
- **A1, A2** : Algérois (Littoral, sahel et montagnes du Tell algérois).
- **K1, K2, K3** : Kabylies & Numidies (Grande Kabylie (Djurdjura), Petite Kabylie (Babors), Numidie (de Skikda à El-Kala).
- **C1** : Constantinois (Tell et montagnes des Bibans au Bellezma).
- **H1, H2, Hd** : Hauts Plateaux (Sud oranais et Sud algérois ; Sud constantinois ; Hd, plaine de Hodna).
- **AS1, AS2, AS3** : Atlas Saharien (Atlas saharien oranais, algérois et constantinois (Aurès compris).

En Numidie, les zones humides rassemblent le plus grand nombre d'espèces floristiques rares des divers milieux qui la composent et reflètent ainsi la diversité de la région, y compris biogéographique (de Bélair, 2005). En effet, de nombreuses plantes ligneuses ou herbacées

spécialement des endémiques algériennes ou maghrébiennes lui sont spéciales on cite entre autre : *Armeria spinulosa* Boiss.; *Bupleurum plantaginum* Desf.; *Calamintha hispidula* Boiss.&Reut.(=*Satureja pidula*(Boiss.&Reut.)Briq.; *Cathissa broteroi* (Lainz) Speta(=*Scilla aristidis* Coss.); *Crepis patula* Poir.; *Erodium populifolium* L'Hér.(=*Erodium pachyrrhizum* Coss.&Durieu); *Fedia gracilliflora* subsp. *sulcata* (Pomel.) Mathez&Xena(=*Fedia sulcata* Pomel.); *Genista numidica* (Spath.)Batt.; *Genista triacanthos* subsp. *veperes*(Pomel.); *Genista ulicina* Spach; *Hypericum afrum* Lam.; *Limonium asparagoides* (Batt.)Maire; *L. letourneuxii*(Batt.)Gr.&Burdet; *L. Duriaei* (Girard) Kuntze; *L. Cymuliferum* (Boiss.) Sauv.&Vindt (= *L. Lingua* (Pomel..) Pons. & Qu.); *Lysimachia cousiniana* Coss.; *Thymus numidicus*(Poir.).

II.4.2.1. Sous-secteur de la grande Kabylie [K1] (District de la Kabylie djurdjuréenne)

Ce sous secteur, qui va du bassin de l'Isser à Bejaia (Gouraya exclu), fait transition à l'Ouest avec le secteur algéro-ouarsenien. La pluviométrie annuelle est de l'ordre de 750 à 1 200 mm, et atteint par exemple à Yakouren (825m d'altitude), 1390 mm. Les bioclimats sont le subhumide et l'humide, en général, dans les variantes d'hiver, chaude et tempérée. La période sèche n'excède pas 3-4 mois. C'est surtout l'existence de la chaîne calcaire du Djurdjura avec ses zones rupestres d'altitude et son relief karstique ainsi que le massif forestier de l'Akfadou avec ses grandes forêts caducifoliées, ses aulnaies et ses zones humides (lacs, marais), qui donne une singularité paysagère et géosystémique de ce district phytochorologique (Meddour, 2010).

En effet, l'accent est mis sur l'intérêt botanique du massif de l'Akfadou et de ses mares temporaires en particulier, d'abord par Véla & Rebbas (2009) après la découverte de *Lotus angustissimus* L. subsp. *angustissimus* (Fabaceae). Pour l'Algérie, ce taxon Eury-méditerranéen rare, n'était connu que dans l'Algérois et la région de Collo. Sa présence en bordure de Grande Kabylie (K1) vient donc compléter sa présence historique dans l'Algérois (secteur A1) et dans la région de Collo (K2). Par la suite, Meddour (2010), de sa part signale la présence d'un petit lot de plantes strictement circonscrites et inféodées au massif forestier de l'Akfadou (endémiques et subendémiques): *Allium subhirsutum* subsp. *subhirsutum* (= *Allium subhirsutum* subsp. *ciliare*), *Blechnum spicant*(L.)Roth., *Carex ovalis* Gooden.(=*Carex leporina* subsp. *ovalis* (Gooden.)Maire), *Cynosurus peltieri* Maire, *Fumaria mairei* subsp. *mairei*, *Isoetes velata* subsp. *perralderiana* (Milde) Trab. et *Juncus depauperatus* Ten. Enfin ce même auteur cite d'autres plantes qui préfèrent les milieux ombragés sur le même massif on cite à titre indicatif : *Fimbristylis bisumbellata* (Forssk.) Bubani(=*Fimbristylis dichotoma*) (plante tropicale poussant exclusivement au niveau de l'Oued Sébaou), *Euphorbia akenocarpa* Guss., dans la vallée de l'Oued Isser, *Picris ragadioloides* (L.)Desf.(=*Picris sprengeriana*) à Dellys et *Artemisia alba* subsp. *kabylica* (Chabert) à Aïn el Hammam.

II.4.2.2. Sous-secteur de la petite Kabylie [K2] (district de la Kabylie baboréenne)

Ce sous secteur, s'étend de Bejaia à Skikda, de nombreuses localités font sa spécificité. Ce sont notamment, les massifs montagneux de la chaîne des Babors (Babor, Tababort), Takoucht, Beni-Foughal, Kefrida, djebel Tamesguida, djebel Goufi à Collo, la forêt de Guerrouch, celle de Goubia, les falaises de Gouraya, d'El Aouna près de Jijel, divers caps (Cap Aokas, Cap Carbon, Cap Noir, Cap Bouak, Cap Bougaroun...) et des gorges encaissées (gorges de Kherrata, gorges de l'Oued El-Kébir à El Milia, gorges de Djendjen...).

La pluviométrie annuelle est de 800 à 1 200 mm, et atteignait des valeurs exceptionnelles dans le massif de Collo, sur le promontoire du djebel Goufi, soit 1 682 mm à Ain El Ksar (725 m) et 1 741 mm à Zitouna (548 m) (Chaumont & Paquin,1971), avec plus de de 100 jours de pluie par an. Les bioclimats sont essentiellement humides à perhumides, chauds et tempérés, et la période sèche n'excède pas 3-4 mois. Ce qui en fait la région la plus arrosée d'Algérie et par voie de conséquence, elle est la plus sylvatique. C'est d'ailleurs le domaine d'élection du Chêne liège, qui domine partout depuis le littoral, et du Chêne zéen sur les sommets, par suite de la prépondérance des sols gréseux, aux étages thermo- et mésoméditerranéen. Le Pin maritime (*Pinus pinaster* subsp. *renoui*), qu'on trouve par exemple au Cap Bougaroun, s'installe en général dans les parties incendiées de la suberaie (Gaussen & Vernet,1958).

Les montagnes élevées portent de belles cédraies et une sapinière endémique, appartenant au «*domaine des hautes montagnes atlasiques*», et abritent une biodiversité floristique et phytocénotique (notamment la zénaie supraméditerranéenne du *Paeonio atlanticae-Cedrion atlanticae*) sans équivalent ailleurs en Algérie, voire au Maghreb; la végétation arborescente occupe les vallées des Oueds (forêts riveraines à *Populus alba* et *Ulmus campestris* subsp. *procera*, *Populetaia*, *Populion albae*) (Meddour,2010).

Notre référentiel (Quézel & Santa,1962-63) nous rapporte que ce phytochore possède un cortège floristique qui lui est propre, composé de plusieurs endémiques spéciales à notre pays ou plus largement maghrébiennes on cite entre autres: *Allium trichocnemis* J.Gay, *Asplenium obovatum* subsp. *Numidicum*(Trab.)Salvo.&Cabezudo, *Bupleurum plantagineum* Desf., *Campanula baborensis* Qu., *Digitalis atlantica* Pomel, *Epimedium perralderianum* Coss., *Erodium battandierianum* Rouy., *Hypochaeris saldensis* Batt., *Limonium spathulatum* (Desf.)Kuntz, *Moehringia stellarioides* Coss., *Pedicularis numidica* Pomel, *Calamintha nervosa* Pomel(=*Satureja pomelii* Briq), *Saxifraga cymbalaria* L. (=Saxifraga cymbalaria var. *atlantica* Batt.), *Silene sessionis* Batt., *Sorghum annuum* (Trab.)Maire, *Thlaspi Atlanticum* Batt. (=Thlaspi *bulbosum* subsp. *Atlanticum*(Batt.)Qu.).

II.4.2.3 Sous-secteur numidien (district bônois de Lapie et Maire) [K3]

Ce district, qui s'étend de Skikda à la Kroumirie (plaine de Senhadja-Guerbès, plaine d'Annaba, El-Kala); autrement dit la Numidie qui rassemble dans sa frange littorale, un grand nombre de zones humides; en particulier plusieurs lacs (Tonga, Oubeira, Mellah...); des mares temporaires d'eau douce (Fedjouj, Mafragh, Tamaris, Butomes, Carrière...) et des marais (la Mekhada, Bou Merchen, Sidifritis,...); et des prairies marécageuses; des falaises littorales uniques (Cap de Garde, Cap Rosa, etc.). Enfin, un massif forestier montagnard sublittoral, le djebel Edough, à florule singulière, et où *Castanea sativa* subsiste à l'état de peuplement résiduel dans la zénaie supraméditerranéenne (Meddour,2010). Ce massif montagneux littoral, est une péninsule particulièrement riche et encore sauvage (Véla & Benhohou,2007), dont l'originalité floristique est déjà recensée pour les flores classiques (Quézel & Santa,1962-63; Pottier-Alapetite,1979-81). Notons que la pluviométrie à Seraidi (860 m) sur l'Edough est de 1 300 mm/an et que le bioclimat y est perhumide tempéré. Plus généralement, la pluviométrie annuelle varie de 700 à plus de 1 000 mm, et les bioclimats sont le subhumide et l'humide à hivers doux à chauds. La période sèche y est en moyenne de 4 mois.

Le long du système hydrographique, la forêt azonale est composée de diverses formations arborescentes, ormaie, frênaie, saulaies et surtout aulnaies (*Osmundo-Alnion glutinosae*). De ce type d'écosystème, on passe à la suberaie humide (*Quercion suberis*) presque partout. En altitude et dans les fonds de ravins frais, le Chêne liège est relayé par le Chêne zéen (*Quercus canariensis*). Les dunes littorales sont recouvertes par des peuplements de Chêne kermès et/ou de Genévrier de Phénicie (*Juniperion turbinatae*), qui forment de larges massifs (El-Kala et Brabta) (Gausson & Vernet,1958).

Ce district possède un cortège floristique qui lui est propre, selon toujours le référentiel (Quézel & Santa,1962-63), composé de quelques endémiques algériennes ou maghrébiennes (surtout algéro-tunisiennes) : *Andryala nigricans*, *Brassica cretica* subsp. *atlantica*, *Bunium crassifolium*, *Eragrostis trichophora*, *Erica cinerea* var. *numidica*, *Maresia malcolmioides*, *Picris asplenioides*, *Rumex algeriensis* var. *hipporegianus*, *Silene scabrada*. Mais, il est surtout caractérisé par la présence de très nombreuses plantes exclusives appartenant à la flore eurasiatique et atlantique, flore particulièrement dominante et liée en général aux zones humides, lacustres et palustres, de l'écorégion Senhadja-El-Kala (Numidie orientale *sensu* de Bélair Gérard), par exemple : *Cotula coronopifolia*, *Hydrocharis morsus-ranae*, *Hydrocotyle vulgaris*, *Parnassia palustris*, *Rhamnus frangula*(= *Frangula alnus*), *Spiranthes aestivalis*, *Thelypteris palustris* (= *Dryopteris thelypteris*), *Woodwardia radicans*.

II.5. Les zones refuges méditerranéennes et points chauds de biodiversité

II.5.1. Importance des zones refuges méditerranéennes

L'importance de la Méditerranée en Afrique du Nord comme lieu de refuge a été déjà évoquée par Battandier en 1894 à ce propos cet auteur fait remarquer : «*Une flore ne s'enfuit pas comme une armée, elle s'éteint sur place ou se déplace légèrement plutôt qu'elle ne fuit. Ce qu'elle laisse, ce ne sont point des traînards, mais des survivants, et parmi ces survivants, il y a beaucoup d'espèces endémiques*». En effet, l'identification précise de l'emplacement des lieux de refuges glaciaires est une grande priorité pour les politiques de conservation; car ces domaines clés pour la persistance à long terme de la biodiversité sont menacés par les changements rapides et de grande envergure qui se produisent autour de la Méditerranée (Médail & Quézel, 1997; Médail & Quézel,1999; Médail & Diadema,2006; Weiss & Ferrand,2007; Blondel & Médail, 2009).

En 1982, Haffer formalise la théorie de refuge générale et le rôle joué par les glaciations dans la structuration de la biodiversité tant au niveau mondiale que régionale. En effet, ces refuges glaciaires constituent des entités particulières sur le plan de la richesse et de la composition spécifique des communautés végétales, mais aussi pour la conservation de la diversité génétique (Pons, 1984; Hewitt, 2000).

Actuellement la région méditerranéenne compte 52 points refuges (figure13), qui coïncident avec ses 11 *hotspots*; sa biodiversité unique, se concentre notamment dans ces zones refuges, qui sont des territoires où des populations végétales ou animales ont pu persister durant les épisodes glaciaires-interglaciaires du Pléistocène (Médail & Diadema,2006 ; Quézel & Médail,2003b ; Médail & Diadema,2009).

D'un autre coté, les fortes hétérogénéités topographiques et climatiques de la région méditerranéenne ont aussi permis à bon nombre d'espèces de trouver un habitat favorable lors des changements climatiques (Hewitt,1999 ; Vogel *et al.*,1999). Les travaux récents montrent l'importance de ces zones refuges pour expliquer l'organisation et l'originalité de la biodiversité méditerranéenne actuelle (Tzedakis *et al.*,2002 ; Petit *et al.*,2003; Petit *et al.*, 2008; Médail & Diadema 2006,2009).

On remarque que l'Algérie présente trois points de zones de refuges, qui sont les monts de Tlemcen et le secteur Kabylo-Numidien.

Les refuges passifs n'ont pas été à l'origine de migrations d'espèces, et abritent des végétaux relictés d'origine tertiaire tels que les diverses Gesneriaceae endémiques des Balkans ou des Pyrénées orientales (Médail & Diadema,2006).

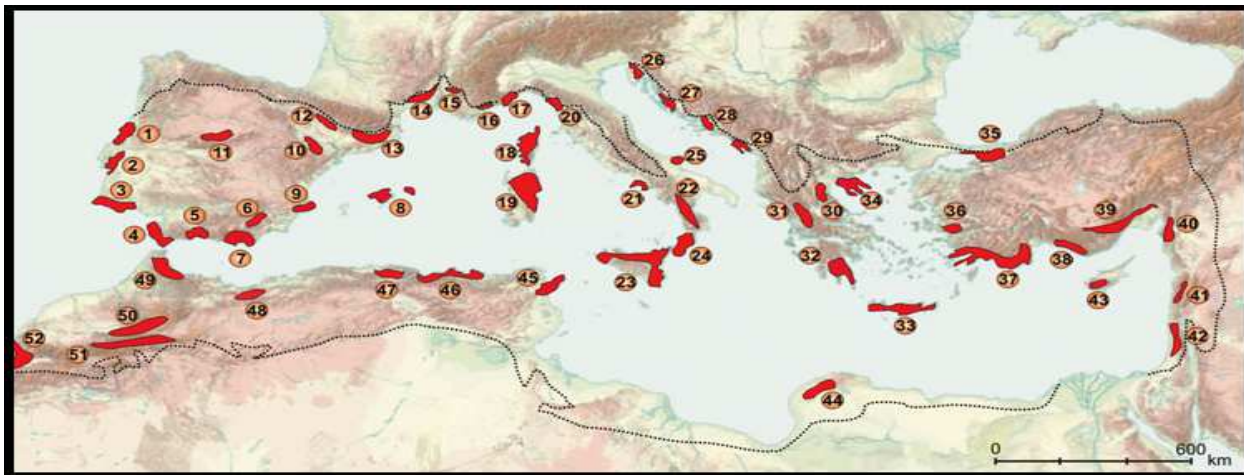


Figure 13. Localisation des zones refuges majeures de végétaux, identifiées par les études génétiques en région méditerranéenne (d'après Médail & Diadema, 2009).

Ces refuges se localisent principalement sur les îles et dans certains secteurs favorables sur le plan topographique (gorges, vallons côtiers) et climatique. Les refuges actifs quaternaires se caractérisent par une grande richesse en arbres caducifoliés et en herbacées tempérés ou thermophiles, et ils ont joué un rôle déterminant dans la dynamique de reforestation initiée vers 13000 ans B.P. Les régions méridionales épargnées par le front glaciaire, en particulier les grandes péninsules (Ibérie, Italie, Balkans) ont joué un double rôle de refuges actifs et passifs (Médail & Diadema, 2006).

II.5.2. Points névralgiques ou *Hotspots* de la région méditerranéenne

La région méditerranéenne actuelle figure en seconde position parmi les 34 *hotspots* mondiaux définis par (Myers, 2003; Mittermeier et al., 2004). Cette région écobiogéographique (*écorégion*) présente une biodiversité exceptionnelle d'environ 25 000 plantes vasculaires (Quézel, 1985), voire 28 000 à 30 000 espèces et sous-espèces (Greuter, 1991; 1995; Médail & Quézel, 1997), la richesse floristique de la région méditerranéenne équivaut à environ 10 % des végétaux supérieurs du globe présents sur seulement 1,6 % des terres émergées. Les biologistes de la conservation veulent définir des «points chauds» ou (*hotspots*) de biodiversité, c'est dans le but d'identifier les secteurs de plus forte biodiversité et les plus menacés du globe; qui seront classés comme zones de haute priorité de conservation (Myers et al., 2000). Ces *hotspots* abritent une richesse élevée en espèces et en endémiques, et ils ont subi d'importantes pertes d'habitats naturels causées par des impacts anthropiques sans cesse croissantes. Sur cette base, 10 points chauds (*hotspots*) régionaux de biodiversité méditerranéenne ont été identifiés (Médail & Quézel, 1997; 1999), mais à la lueur de récents bilans floristiques, il conviendrait d'en ajouter un autre "Kabylies–Numidie–Kroumirie" au Nord-Est algérien (Stevenson & al., 1988; Véla & Benhouhou, 2007), (figure 14).

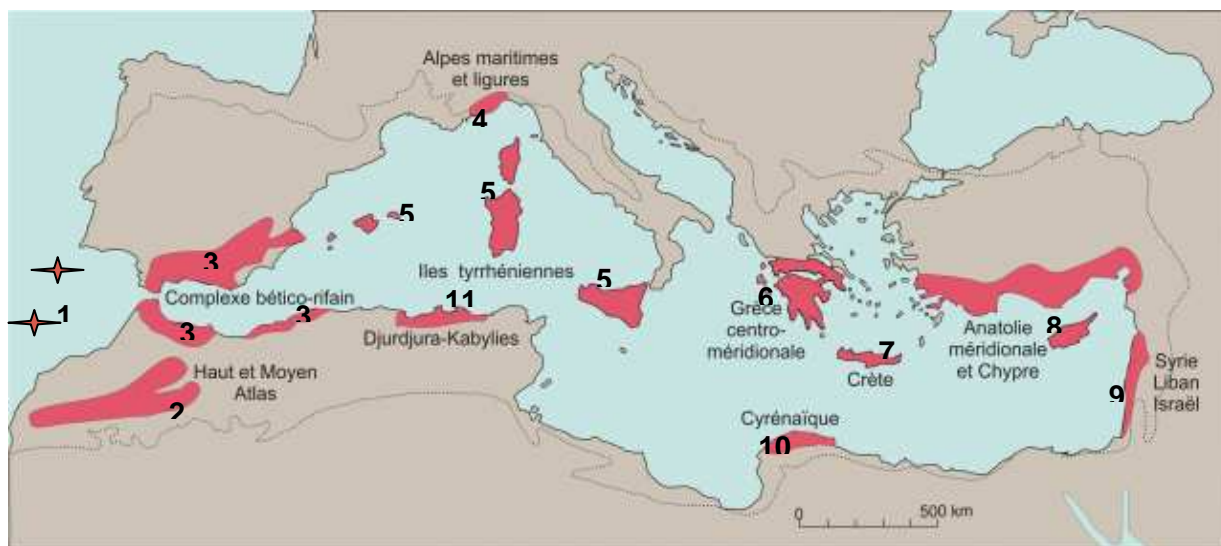


Figure 14. Carte de localisation géographique des 11 points-chauds (Hotspots) de biodiversité végétale du bassin méditerranéen (d'après Médail & Quézel, 1997, modifiée Véla & Benhouhou, 2007).

1. Madère et Canaries, 2. Haut et Moyen Atlas, 3. Complexe bético-rifain, 4. Alpes maritimes et ligures ; 5, îles tyrrhéniennes ; 6, Sude et Centre-Grèce ; 7, Crète; 8, Sud-Anatolie et Chypre ; 9, Syrie-Liban-Israël-Palestine ; 10, Cyrénaïque méditerranéenne ; 11, Kabylies-Numidie-Kroumirie.

Ce nouveau point chaud présente une grande diversité de zones humides, parmi lesquelles il y'a des lacs, des tourbières, des mares temporaires, des Oueds, des aulnaies etc...

Ces hotspots péri-méditerranéens abritent environ 5500 végétaux endémiques, soit 44 % de la richesse floristique méditerranéenne sur 22 % des terres; et représentent un centre majeur d'endémisme, (Quézel,1995 ; Médail & Quézel,1997 ; Mittermeier et *al.*,1998 ; Rivas-Martinez & Loidi Arregui,1999 ; Médail & Diadema,2006); vraisemblablement en lien étroit et complexe avec ses fonctions passées de refuges glaciaires (Petit et *al.*,2002) et de refuges actuels (Quézel & Médail,2003b). Les principales causes sont d'ordre paléogéographique, et historique diversifiée des modes d'occupation par l'homme (Blondel & Aronson,1995 ; Covas & Blondel,1998); probablement d'événements vicariants impliquant les mouvements des plaques, la formation des montagnes, des refuges glaciers et/ou des modifications du niveau de la mer (Thompson et *al.*,2005).

II.6. Endémisme floristique sectoriel : Hotspot régional Kabylo-Numidique

II.6.1. Notion d'endémisme

Le terme « **endémique** », fait référence à l'habitat de l'espèce, qui présente au moins une des deux spécificités suivantes :a) habitat très localisé, b) habitat caractérisé par des conditions environnementales particulières (spécifiques d'un type de milieu). On peut tout de suite s'apercevoir qu'une espèce endémique n'est pas nécessairement considérée comme rare : il suffit que son milieu de prédilection soit largement représenté sur terre, ou sa population est de grande

taille. Autrement dit et pour éviter toutes ambiguïtés sémantiques, Anderson 1994, en précise les deux acceptations principales (bien souvent confondues):

► "*Confined to a special area*": cette première définition se rapporte aux espèces que l'on ne trouve que sur un type d'habitat très spécifique (sommets des montagnes, prairies humides...) et jamais ailleurs, ce que les biogéographes désignent par "*narrow endemism*" ou *endémisme strict* (Thompson et *al.*,2005); ce type d'endémisme résulte principalement d'une restriction du spectre écologique (forte adaptation locale) d'une espèce en réponse à une intense compétition. Elle est cantonnée à cet habitat contraignant; car les conditions particulières de leur habitat naturel ne sont pas indispensables à leur survie mais c'est l'absence de compétiteurs dans cet habitat qui représente un fort avantage.

► "*Confined to a small area*": Cette seconde définition touche les espèces que l'on ne trouve qu'en un seul endroit, d'aire géographique très restreinte (e.g. île perdue au milieu du Pacifique), cet endémisme qui a pour origine l'isolement géographique et génétique se désigne par *l'endémisme local*.

Il faut aussi ajouter que l'origine de certains endémismes stricts et locaux serait expliquée par les interactions de compétition et d'exploitation entre les espèces, qui pousseraient une espèce peu compétitrice à se retrancher dans un milieu libre de tout compétiteur et exploitateur. Ainsi que les multiples discontinuités créées par les processus géologiques seraient peut être aussi la cause ultime de la rareté locale et de l'endémisme strict (Drury,1980 ; Kruckeberg & Rabinovitz,1985).

II.6.2. Endémisme des sous secteurs de l'Algérie du Nord (*sensu* Quézel & Santa 1962)

Si l'ensemble du Bassin méditerranéen renferme près de 50% d'endémisme spécifique ou subs spécifique chez les plantes vasculaires (Médail & Quézel,1997 ; Médail & Diadema,2009), celui-ci n'est pas aussi uniformément réparti que la richesse spécifique. En effet, En Méditerranée occidentale, les secteurs à fort endémisme végétal coïncident avec les blocs issus de la fragmentation du Sud-Est de la plaque Ibérique depuis l'Eocène inférieur, à savoir les îles Baléares, la Corse, la Sardaigne et la Sicile ainsi que trois régions continentales mais restées longtemps isolées : la zone bético-rifaine, les massifs Kabyles et la Calabre (Verlaque et *al.*, 1991 ; Verlaque et *al.*,1997). En effet, à la fin de l'Oligocène, la majeure partie de la Corse, la Sardaigne, l'Est des Baléares, une partie de la Catalogne et les Kabylies formaient le centre d'un bloc orogénique coincé au Sud et à l'Est du massif protoligurien comprenant à l'Ouest le complexe bético-rifain, à l'Est une partie de la Calabre et le Nord-Est de la Sicile et continuant vers le Nord par le sillon alpin (Alvarez,1976 ; Dercourt et *al.*,1993). La localisation des endémiques en Méditerranée souligne donc l'importance de l'insularité.

Les Kabylies(K1,K2), eu égard à leur caractère insulaire sont sans aucun doute une zone privilégiée sur le plan de la biodiversité, plus spécialement floristique et écosystémique, et en

raison de leur appartenance au *hotspot* (Kabylie-Numidie-Kroumirie) du bassin méditerranéen (Médail & Quézel,1997; Véla & Benhouhou,2007). Le nombre de taxons endémiques pour l'Algérie du Nord est de 407, dont 338 au rang d'espèces et seulement 48 et 21 aux rangs de sous-espèce et de variété. L'analyse de la répartition de l'élément endémique *sensu lato*, au niveau des 15 sous secteurs phytogéographiques de l'Algérie du Nord (Véla & Benhouhou,2007), permet d'identifier les sous secteurs à valeur patrimoniale les plus intéressants (figure15).

Pour l'Algérie du Nord, l'endémisme se décompose de la manière suivante (Véla & Benhouhou,2007): endémisme algérien strict 224 taxons; ensuite on a l'endémisme algéromarocain: 124; et l'endémisme algéro-tunisien: 58 taxons; et autres comme algéro-sicilien: représenté par un seul taxon.

Il faut noter que les résultats d'une étude menée par Yahi et *al.*,2012 ; sur la biodiversité méditerranéenne et parue dans le journal des taxons menacés viennent de renforcer le caractère exceptionnel de la biodiversité en Algérie. Ces auteurs précisent que le nombre d'espèces endémiques algériennes strictes, passe de 224 à 300 taxons.

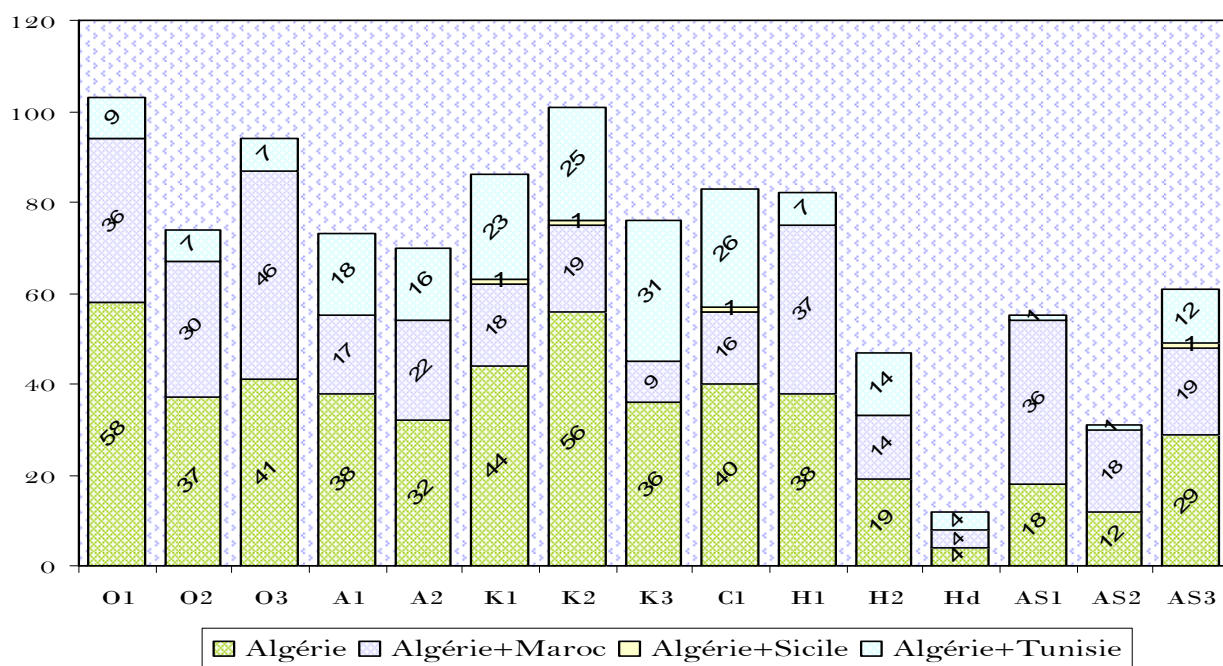


Figure15. Répartition des types d'endémiques au niveau des 15 sous secteurs phytogéographiques de l'Algérie du Nord (d'après Quézel & Santa 1962-63, modifié par Véla & Benhouhou, 2007).

Sur le graphique de répartition des types endémiques, il paraît à l'évidence, les sous secteurs à endémisme le plus élevé sont O1 (103 taxons) et K2 (100 taxons). Ensuite, les sous secteurs à endémisme encore assez élevé sont O3 (94 taxons), K1 (86 taxons), C1 et H1 (82 taxons chacun). Puis viennent ceux qui ont un endémisme de plus en plus modéré, que sont K3, O2, A1, A2, AS3, AS1, H2, AS2. Enfin, le plus faible endémisme est enregistré en H3; et l'endémisme Algérie+Sicile est encore très faible, il est représenté par un seul taxon aux K2, K1, C1, AS3.

Le sous secteur K2 de la petite Kabylie (ou Kabylie baboréenne) apparaît donc aussi riche en endémiques que les secteurs O1 ou O3 (monts de Tlemcen), ces deux derniers appartiennent au point chaud de biodiversité (*hotspot*) du complexe "*bético-rifain*" (Médail & Quézel, 1997 ; 1999). Il est suivi de près par le sous secteur limitrophe K1 la grande Kabylie (ou Kabylie djurdjuréenne). Aussi, cela permet-il aux auteurs (Véla & Benhouhou, 2007) d'attribuer aux trois sous secteurs (K1, K2, K3) sur les 15 secteurs de l'Algérie du Nord, l'indice de biodiversité le plus élevé, soit respectivement 588, 553 et 543, le secteur O1 chutant à 500 et O3 à 515. Cette richesse en endémiques et grande biodiversité du secteur Kabylo-Numidique ne sont point surprenantes, car ce territoire à haute valeur patrimoniale représente le onzième point chaud (*hotspot*) régional du bassin méditerranéen (Médail & Quézel, 1997 ; 1999), proposé récemment par Véla & Benhouhou (2007) (figure 14). Tous ces critères viennent argumenter l'intérêt et la pertinence du choix de la zone humide de Beni-Belaid, pour l'étude de sa végétation naturelle.

II.7. Répartition des niveaux de rareté par secteur phytogéographique

II.7.1. Notion de rareté

La notion d'espèce rare semble au premier abord comme étant une espèce difficile à trouver, peu fréquente, représentée par un petit nombre d'individus. Mais si on l'observe d'un peu plus près, la rareté nous réserve des surprises, une espèce rare à l'échelle d'un pays peut apparaître localement abondante dans une région particulière. Cependant, le qualificatif « **rare** » attribué à une espèce reste souvent une notion assez vague qui pose beaucoup de problèmes sémantiques dans la littérature; en réalité la rareté fait intervenir deux grandes composantes la fréquence et la densité ; la fréquence est à relier à l'aire de répartition géographique de l'espèce; quand à la densité se situe à l'échelle de la population locale de l'espèce en question. La combinaison de ces deux paramètres donne donc différents "patterns" de rareté. Tels qu'une espèce à aire de répartition très restreinte mais localement abondante (faible fréquence, haute densité), ou encore une espèce à large aire de répartition, mais clairsemée partout (haute fréquence, faible densité).

De nombreuses théories se sont succédées pour tenter de définir et d'expliquer la rareté naturelle, de la comprendre, en faisant intervenir l'âge des espèces, leur histoire évolutive, leur diversité génétique ou encore la spécificité de leur habitat.

II.7.2. Répartition des niveaux de rareté (*sensu* Quézel & Santa, 1962)

L'abondance ou la rareté est mentionnée dans la nouvelle flore d'Algérie de Quézel & Santa, 1962, sous la forme d'un indice unique précédant la répartition au sein du pays. Cet indice se divise en deux niveaux (rare, commun).

► Le niveau rare présente quatre degrés : AR, R, RR, RRR : assez rare, rare, très rare, rarissime.

► Le niveau commun possède quatre degrés : AC, C, CC, CCC : assez commun, commun, très commun, particulièrement répondu.

Il faut noter que le terme *rare*, employé ici se réfère à la fréquence, et non à l'étendue de l'aire de l'espèce en question, et de ce fait ne correspond pas à celui défini actuellement dans les différentes listes rouges établies par l'IUCN. Nous avons retenu dans notre analyse les deux niveaux d'appréciation d'abondance comme indiqués dans notre référentiel (Quézel & Santa, 1962-63) sans aucune modification des données originales, pour conserver l'homogénéité de l'analyse. Pour l'ensemble du territoire national, les taxons les plus ou moins rares sont au nombre de 1818 (1185 espèces, 455 sous espèces et 178 variétés), pour l'Algérie du Nord il y'a 1630 taxons (Véla & Benhouhou, 2007). Sur la figure 16 on a représenté le taux de contribution de chaque niveau de rareté dans la composition de l'effectif total des taxons rares pour chaque sous secteur.

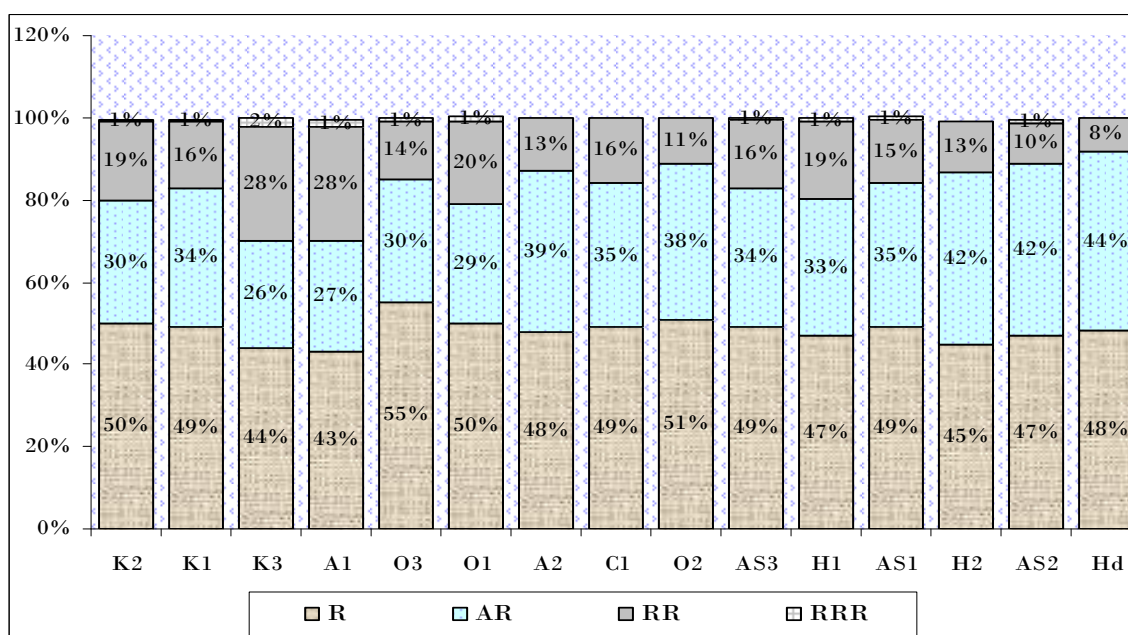


Figure 16. Répartition des niveaux de rareté exprimée en pourcentage, par sous secteur phytogéographique, d'après (d'après Quézel & Santa 1962-63, modifié par Véla & Benhouhou, 2007). (R: rare, AR: assez rare, RR: très rare, RRR: rarissime).

Il ressort que les sous secteurs les plus diversifiés en espèces rares (tous niveaux de rareté confondus) sont: K2 avec 487 taxons; cet effectif est constitué par 50% d'espèces rares, 30% d'espèces assez rares, 19% d'espèces très rares et 1% d'espèces rarissimes; suivi de K1 et K3 avec 467 taxons; les taux de chaque niveau de rareté qui composent cet effectif sont pour K1: 49% espèces rares, 34% espèces assez rares, 16% espèces très rares et 1% rarissime. Pour K3: 44% espèces rares, 26 espèces assez rares, 28 espèces très rares et 2% rarissime. Les autres sous secteurs diversifiés sont A1 (432 taxons), O3 (421 taxons), O1 (397 taxons), A2 (365 taxons), C1 (357 taxons). D'autres sous secteurs encore assez diversifiés sont AS3 (294 taxons) et O2 (284 taxons).

Les sous secteurs modérément à peu diversifiés sont H1 (257) et AS1 (221), puis H2 (159), AS2 (151) et Hd (62).

A la lueur de ces résultats on remarque que, la Petite Kabylie (K2) et les sous secteurs voisins de la Grande Kabylie (K1) et de Numidie littorale (K3) sont tous les trois bien plus riches en taxons plus ou moins rares que les autres sous secteurs. Ces trois secteurs comprennent le nombre le plus élevé d'espèces plus ou moins rares (AR à RRR), la Numidie littorale (K3) étant en tête pour les espèces les plus rares (RR, RRR) tandis que la petite et la grande Kabylie (K2 et K1) arrivent en tête pour les espèces relativement rares (AR à R). Ils sont suivis par les secteurs de l'Oranais O1, O3 (du complexe Bético-rifain), mais aussi par les secteurs de l'Algérois A1, A2 et le Constantinois C1, qui les prolongent géographiquement. Cette synthèse des points essentiels de cette analyse illustre l'originalité floristique de la petite Kabylie (K2), complétée par celles de la grande Kabylie (K1) et de la Numidie littorale (K3) voisines.

II.8. Relation entre endémisme et rareté des différents secteurs

L'indice de rareté des endémiques d'Algérie dépasse les trois quart (soit 77,9%); les taxons endémiques stricts d'Algérie ou subendémiques (Algérie + un pays limitrophe) sont des plantes plus ou moins rares en Algérie, alors que les endémiques plus ou moins communes représentent quand à eux, moins du quart du total. Ce phénomène est encore plus marqué chez les endémiques strictes d'Algérie (où il y'a 81,7%), et un peu atténué chez les subendémiques partagées avec les territoires limitrophes (en moyenne 73,2%, tous types confondus). En d'autre terme, chez les taxons très rares à plus ou moins rares, le pourcentage d'endémisme avoisine 20%, tandis que chez les taxons plus ou moins communs, il n'est que de 5%; à noter que les endémiques les plus rares sont surtout observées dans le secteur algérien strict; parmi ces endémiques plus ou moins rares, près du tiers (30,2%) sont très rares à rarissimes, voire déjà disparues (Véla & Benhoubou, 2007).

De Bélair,(2008a), en guise d'une synthèse des résultats d'étude des zones humides de la Numidie note ce qui suit : *Polygonum senegalense* (RR : K3), plus répandu que ne le notent Quézel & Santa (1962) : lac Oubeïra, mais aussi lac Tonga, lac des Oiseaux, garâet Chichaya, etc. Plusieurs Cypéracées : *Fuirena pubescens* (RR : K3), *Heleocharis multicaulis* (RR : K3, El- Kala, Senhadja), *Rhynchospora glauca* (RR : K3, à Bou-Merchen, mais aussi à Sidi-Freitis et à proximité de Berrihane) ; *Scirpus inclinatus* (RR : K3, dans les Senhadja, mais aussi sur les rives du lac Oubeïra, dans le lac Okrera ou dans la garâet « Butikha ») ou *Cyperus michelianus* subsp. *eu-michelianus* (RR : El-Kala, mais aussi dans une mare, Fedjouj, ou à Sidi-Freitis). De nombreuses Graminées, dont certaines devenues très abondantes ; comme *Leersia hexandra* (R : K3, A1) ou *Paspalum distichum* (R : A1, O1, mais aussi dans toute la Numidie) ; d'autres sont plus rares : *Paspalum obtusifolium* (RR : K3), *Hemarthria compressa* subsp. *altissima* (R : K3, A2, O2) et divers *Eragrostis*. Enfin, étant donné l'importance de cette Ptéridophyte dans le secteur, ajoutons

Dryopteris gongylodes subsp. *propinqua* (= *Thelypteris interrupta*), très rare et limitée à K3 (bords du lac Tonga, mais aussi lac des Oiseaux, nechâa Oum El Agareb et Righia).

II.9. Conclusion

Dix points chauds de la biodiversité floristique dans le bassin ont été identifiés (Médail & Quézel, 1997 ; Véla & Benhouhou, 2007), dont deux se chevauchent avec le territoire algérien : le complexe Bético-rifain (Algérie-Maroc-Espagne) et le complexe Kabylie-Numidie-Kroumirie (Algérie-Tunisie). Ce dernier a récemment été identifié comme un centre d'endémisme et zone de refuge pour les espèces à la limite de leur distribution géographique (Véla & Benhouhou, 2007 ; Médail & Diadéma, 2009). De même ce complexe regroupe 11 zones importantes pour les plantes (ZIP ou IPAs) sur un total de 22 zones clés pour la biodiversité des plantes identifiées dans le Nord de l'Algérie (Yahi et al. 2012), ce qui lui confère une priorité parmi les meilleurs sites pour la conservation.

Le Nord de l'Algérie détient 224 taxons endémiques algériens strictes et environ 1630 taxons rares ; et un total des taxons de la flore de 3700 (Quézel & Santa 1962-63). Toutefois ; à la suite des révisions taxonomiques récentes, l'estimation du nombre d'espèces endémiques nationales est de 300 taxons, et le nombre total de taxons est élevé à 4000 (espèces et sous espèces) (Dobignard & Chatelain 2010-2012). Le taux d'endémisme géographique est partagé avec les pays limitrophes, on a ainsi 124 taxons endémiques algéro-marocains et 58 taxons endémiques algéro-tunisiens (Véla & Benhouhou, 2007). Cet endémisme local, associé à une grande diversité des habitats est le résultat du climat méditerranéen à son tour influencé par l'orographie et les grandes amplitudes thermiques et un gradient Ouest-Est des précipitations combinés avec une diversité considérable sur le plan topographique, géomorphologique et géologique (Seltzer, 1946).



Chapitre III

Zones humides Kabylo-
Numidiennes dans le contexte
Méditerranéen

Chapitre III : Zones humides Kabylo-Numidiennes dans le contexte Méditerranéen

III.1. Définition

Les zones humides comme l'indique leur appellation générale, se définissent avant tout comme des milieux marqués par la présence d'eau. Elles sont considérées au sens de la convention de *Ramsar* comme des étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou des eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres. Ces zones contiennent différents types d'habitats. A l'échelle mondiale, les zones humides telles qu'elles sont définies couvrent une superficie non négligeable atteignant 6% de la surface du globe.

III.2. Intérêt écologique et singularité des zones humides méditerranéennes

Les zones humides méditerranéennes sont classées parmi les écosystèmes les plus riches de la planète (Quézel,1998; Médail & Quézel,1999): elles hébergent en particulier de nombreux habitats et espèces rares ou menacées (Médail & al.1998, Williams,2006). Plus de 80% des espèces protégées inscrites dans la directive européenne 92/43/CEE du 21 mai 1992 dite "Directive Habitats" sont réparties autour du bassin méditerranéen et un bon nombre d'entre elles sont liées aux zones humides. La flore et la végétation des zones humides méditerranéennes ont fait l'objet de nombreux travaux et synthèses récents (Médail & al.1998; Quézel,1998; Médail & Quézel,1999; Rhazi,2001; Grillas et al.,2004; Hammada et al.,2004; de Bélair,2005; Deil,2005; Khaznadar et al.,2008; Muller et al.2008; Ghrabi-Gammar et al.,2009; Ferchichi-Ben Jamaa et al.,2010; Muller et al.2010), ces travaux ont mis en évidence leur intérêt et leur originalité, tant biogéographiques qu'écologiques.

En raison de leur caractère éphémère et de leur petite taille, ces milieux fragiles et vulnérables régressent rapidement sous l'influence de diverses pressions anthropiques (drainage, aménagement agricole, pâturage, pollution etc...) (Samraoui & de Bélair,1998 ; Grillas et al.,2004 ; de Bélair,2005 ; Rhazi et al.,2006; Bouldjedri et al.,2011). En dépit des menaces qui pèsent sur ces écosystèmes, les études phytodynamiques les concernant demeurent insuffisantes, particulièrement au sud de la Méditerranée où leur situation est extrêmement préoccupante (Rhazi,2001 ; Rhazi et al.,2001b ; de Bélair,2005 ; Rhazi et al.,2006 ; Rhazi et al.,2009).

III.2.1. Mares temporaires

La Directive Habitats, de l'union européenne, réserve l'appellation de mares temporaires méditerranéennes aux plans d'eau temporaires très peu profonds (quelques centimètres), existant seulement en hiver ou à la fin du printemps, avec une végétation amphibie méditerranéenne composée d'espèces thérophytiques et géophytiques appartenant aux alliances: *Isoetion*,

Nanocyperion flavescens, *Preslion cervinae*, *Agrostion salmanticae*, *Heleochloion* et *Lythron tribracteati*. Cette directive classe les mares temporaires méditerranéennes comme habitat prioritaire (code Nature 2000:3170; note1, p53).

Une autre définition plus communément admise est donnée dans la convention *Ramsar*: les mares temporaires sont des zones humides de petite taille (habituellement < 10 ha) et peu profondes caractérisées par des alternances de phases sèches et inondées et par un fonctionnement hydrologique très autonome. Elles occupent des dépressions, souvent endoréiques, submergées pendant des intervalles de temps suffisamment longs pour permettre le développement de sols hydromorphes, d'une végétation aquatique ou amphibie, et de communautés animales spécifiques. Cependant, et de façon aussi importante, elles s'assèchent assez longtemps pour exclure les communautés plus banales de faune et de flore, caractéristiques des zones humides plus permanentes.

Sur le plan de la flore, les mares temporaires oligotrophes sont classées parmi les écosystèmes de plus grand intérêt biologique et biogéographique; elles représentent un habitat singulier et très remarquable, mais aussi par leur vulnérabilité (Quézel,1998 ; Grillas et *al.*,2004). Comme elles constituent, selon le terme de Braun-Blanquet (1936), un joyau floristique dans les cinq régions du monde à climat méditerranéen, avec une composition floristique identique, ou du moins comparable, puisqu'elle s'organise autour de divers cryptogames vasculaires, où les genres *Isoetes*, *Marsilea* et *Pilularia* jouent un rôle de premier plan, et qui à l'heure actuelle sont en grand danger de disparition suite à l'intensification des pressions anthropiques.

Ces ensembles floristiques déterminants ; sont essentiellement répartis en Méditerranée occidentale: Espagne (Rivas-Goday,1970) ; Baléares (Llorens,1979) ; Portugal (Jansen & Menezes De Sequeira,1999) ; Maroc (Boutin et *al.*1982 ; Metge,1986 ; Rhazi,2001 ; Rhazi et *al.* 2001a,b ; Rhazi et *al.*,2004); Algérie (Chevassut & Quézel,1956; Chevassut & Quézel,1958; de Bélair,2005); Tunisie (Pottier-Alapetite,1952 ; Daoud-Bouattour et *al.*,2009); sud de la France (Médail et *al.*,1998); Corse (Lorenzoni & Paradis,2000 ; Médail et *al.*,1998 ; Paradis et *al.*,2002); Sardaigne (Mossa,1986) et Sicile (Brullo & Grillo,1976 ; Marceno & Trapani,1976). Des formations végétales structurellement voisines ont aussi été signalées en Libye (Brullo & Furnari,1994); en Grèce continentale et sur certaines îles de la mer Egée (Bergmeier & Raus,1999 ; Bergmeier,2001; Economidou,1996) et de façon encore plus sporadique en Turquie (Kürschner & Parolly,1999) où il existe pourtant des secteurs intéressants mais méconnus avec la remarquable redécouverte de *Pilularia minuta* dans la région d'Izmir (Grillas et *al.*,2004). La spécificité de la flore des mares temporaires méditerranéennes réside, en premier lieu, dans un riche cortège de Ptéridophytes (*Isoetes*, *Marsilea*, *Pilularia*), souvent strictement inféodées à ces milieux. A leur côté, existent des

végétaux strictement dépendants de la submersion comme les Callitriche ou les diverses renoncules aquatiques.

III.2.2. Endémisme végétal des mares temporaires méditerranéennes

Contrairement aux mares de Californie décrites par (Stebbins & Major,1965; Zedler,1990; Spencer & Rieseberg,1998), les mares temporaires du Bassin méditerranéen se caractérisent par un endémisme végétal plutôt réduit (soit 17,5 % de la liste globale des végétaux caractéristiques des mares). Seules quelques espèces endémiques existent, par exemple, *Eryngium atlanticum* au Maroc, *Isoetes heldreichii* en Grèce, *Ranunculus revelieri* (Corse et Provence), *Marsilea batardae* et *Ranunculus longipes* (péninsule ibérique), *Solenopsis bicolor*(Batt.)Greuter&Burdet (Algérie et Tunisie) ou *Artemisia molinieri* (Provence) (Grillas & al.,2004). Ces mêmes auteurs soulignent la complexité des modalités de peuplement de ces mares qui se justifie par la coexistence de plusieurs ensembles : un ensemble typiquement méditerranéen, majoritaire (*Damasonium*, *Elatine*, *Kickxia*, *Lotus*, *Lythrum*, *Trifolium*, etc.), un ensemble médio-européen incluant des taxons méditerranéo-atlantiques (*Isoetes*, *Cicendia*, *Exaculum*, *Illecebrum*, *Littorella*, *Juncus*, etc.), et un ensemble floristique tropical (*Alternanthera*, *Marsilea*, *Oldenlandia*, *Laurenbergia*).

III.2.3. Typologie des milieux humides temporaires méditerranéens

III.2.3.1. Régime hydrologique et la composition de la végétation

Le fonctionnement hydrologique des mares, avec les différentes variables (hauteur d'eau, durée d'inondation, dates de mise en eau et d'assèchement), est le facteur essentiel qui détermine la répartition et la structure de la végétation inféodée à ce type de milieu.

Grillas & Battedou (1998), montrent que la date de mise en eau est un facteur décisif pour le développement des communautés d'annuelles aquatiques et qu'elle détermine leur composition spécifique. La mise en eau précoce (septembre) conduit à la mise en place de communautés riches en espèces. Inversement une mise en eau tardive (mars) aboutit à une réduction du nombre d'espèces et à la dominance d'espèces opportunistes comme *Zannichellia* spp.

Bliss & Zedler (1998), de leur part, ont expérimenté trois dates de mise en eau (février, mars et avril) sur des mares temporaires de Californie ("vernal pools"); ils constatent une diminution de 52 % de la richesse spécifique pour une mise en eau tardive, en avril. Par contre Avec une mise en eau précoce en février, la végétation est riche en espèces caractéristiques des mares temporaires. A l'inverse, lors d'une mise en eau tardive la végétation se banalise par l'augmentation des espèces plus généralistes (*Lythrum hyssopifolium*, *Crassula aquatica*, etc...). Pour ces auteurs, le cortège caractéristique des mares temporaires serait protégé contre des germinations "hors saison" par un verrouillage lié à une augmentation des températures.

III.2.3.2. La zonation de la végétation

Dans une mare donnée, la répartition spatiale et temporelle de la végétation est tout d'abord déterminée par les gradients de profondeur d'eau et de durée d'inondation. Au cours d'un cycle hydrologique, la végétation des mares temporaires sera successivement dominée par différents types de végétaux : des plantes aquatiques durant la phase de mise en eau, puis des amphibies lors de la phase d'assèchement et enfin des terrestres lors de la phase exondée. Cette succession présente des variations entre années : lors des années très humides, les plantes aquatiques se développent davantage, au détriment des espèces terrestres ou opportunistes. De même, la végétation présente une répartition spatiale, en ceintures, qui est également déterminée, en grande partie, par les gradients hydrologiques (Grillas et *al.*2004 ; Rhazi et *al.*,2006).

Les travaux de Rhazi et ses collaborateurs en 2001a,b et 2006; montrent que dans les milieux temporaires du Maroc, trois ceintures sont souvent reconnues :

- Une zone centrale, où les communautés d'annuelles aquatiques (*Nitella translucens*, *Callitriche brutia*, etc.) sont remplacées, au printemps, par des communautés d'annuelles ou de vivaces amphibies (*Illecebrum verticillatum*, *Isoetes velata*, etc.) puis en été, par des communautés d'annuelles terrestres hygrophiles (*Heliotropium supinum*, *Pulicaria arabica*, etc).
- Une zone intermédiaire, où les végétaux vivaces (*Scirpus maritimus*, *Eleocharis palustris*, etc.) sont en mosaïque avec les espèces annuelles (*Lotus hispidus*, *Lythrum borysthenicum*, etc..).
- Une zone externe plus rapidement exondée, occupée par une végétation méso-hygrophiles. Elle comprend des espèces caractéristiques, amphibies annuelles (*Juncus capitatus*, *J. pygmaeus*, *Pilularia minuta*, *Elatine brochonii*, etc.) ou géophytes (*Isoetes histrix*, etc.), des espèces plus généralistes (*Polypogon monspeliensis*, etc.) et parfois des espèces ligneuses terrestres (*Cistus* spp, *Cynara humilis*, *Asphodelus microcarpus*, etc..).

Les travaux de Lorenzoni & Paradis,2000 ; sur les mares temporaires de la réserve naturelle des Tre Padule de Suartone, située à l'extrême sud de la Corse; montrent que ces mares sont des écosystèmes complexes comprenant un cortège floristique qui s'organise en ceintures, de l'extérieur vers l'intérieur :

- Une ceinture de végétation ligneuse constituée principalement à *Juniperus phoenicea* subsp. *turbinata*, *Myrtus communis* et *Erica scoparia*), constituant la limite protectrice de la mare temporaire.
- Des ceintures de végétation vivace basse (à *Schoenus nigricans* et à *Eleocharis multicaulis* et *E. uniglumis*), en mosaïque avec des groupements à espèces annuelles, classables dans l'alliance du *Cicendion filiformis*. Cette alliance groupe les communautés mésohygrophiles des niveaux topographiques moyen à supérieur (d'espèces caractéristiques *Cicendia filiformis*, *Solenopsis laurentia*, *Radiola linoides*, *Agrostis pourretii*).

➤ Au centre la mare temporaire proprement dite, subissant en cours d'année la succession de quatre types de végétation. Ce qui provoque, au même endroit, une superposition d'espèces, certaines en fin de cycle (phase de sénescence), certaines en pleine maturité et d'autres en début de leur cycle végétatif. Cette superposition d'espèces, semble être l'une des raisons des divergences d'interprétation syntaxonomique entre les phytosociologues. On cite entre autres les ensemble de végétation: -végétation aquatique flottante (classes des *Charetea fragifis* et *Potametea pectinati*), - végétation hélophytique (classe des *Nasturtio officinalis -Glycerietia fluitantis*), - végétation amphibie (classe des *Littorelletea uniflorae*),- végétation estivale, sur les substrats très asséchés (classe des *Isoëto durieui-Juncetea bufonii*, ordre des *Nano-cyperetalia flavescens* et classe des *Bidentetea tripartitae*).

Tous les auteurs concluent que chaque zone de ceinture est colonisée majoritairement par des espèces présentant des caractéristiques écologiques particulières : elles doivent être tolérantes à une immersion longue dans la zone centrale, et résister à la sécheresse prononcée dans la zone périphérique. Dans la zone intermédiaire les stress inondation et sécheresse ne sont pas très intenses mais la compétition entre espèces y est souvent plus forte. Les ceintures de végétation se caractérisent généralement par une richesse spécifique décroissante de l'extérieur vers le centre de la mare. Par ailleurs; les auteurs soulignent que la zonation suit rarement un schéma très strict; elle est plus ou moins marquée selon les sites en fonction des gradients topographiques et hydrologique, et aussi avec des perturbations aléatoires. Comme elle peut être localement modifiée par le caractère colonial de certaines espèces (les tapis de joncs vivaces, par exemple).

III.3. Stratégie de vie et caractères adaptatifs des espèces des mares temporaires méditerranéennes.

La variabilité des conditions environnementales favorise les espèces annuelles à cycle court, adaptées à l'une ou l'autre des phases du milieu (sèche ou en eau), ou encore à la période de transition (espèces amphibies). Les annuelles représentent environ 80 % des espèces caractéristiques des milieux humides temporaires (Médail et *al.*,1998).

III.3.1. Résistance aux stress

Les végétaux peuplant les mares temporaires doivent être adaptés aux stress provoqués par les deux phases de cet écosystème : phase d'inondation et phase de forte sécheresse.

➤ Températures: En hiver et au début de printemps, les températures de l'eau sont basses et ne sont pas favorables à une croissance rapide. Cependant, plusieurs espèces (*Ranunculus peltatus*, *R. ophioglossifolius*, *Illecebrum verticillatum*, *Littorella uniflora*, *Isoëtes velata*...) commencent à croître sous l'eau en hiver.

➤ Oligotrophie : La pauvreté de l'eau et du substrat empêche la croissance des espèces

compétitrices nécessitant un milieu riche. L'oligotrophie diminue la concurrence et est aussi une des raisons de la petite taille des espèces adaptées à ces biotopes.

➤ Sécheresse : La grande résilience des biocénoses aux sécheresses caractérisant le climat méditerranéen pourrait tamponner les impacts des changements climatiques. Stebbins (1952), Stebbins & Major (1965), sont les premiers attiré l'attention des biogéographes et des généticiens sur le rôle du stress hydrique estival, et son effet sur les processus de spéciation, favorisant les espèces à cycle court, particulièrement les thérophytes. Seuls les végétaux vivaces capables de puiser l'eau à une certaine profondeur peuvent encore croître. Les autres ont leur cycle de vie adapté à la phase asséchée; ils passent l'été en vie ralentie, soit à l'état de graines (cas des thérophytes comme *Illecebrum verticillatum* ou *Ranunculus revelierei*), soit à l'état de bulbes ou de rhizomes dormants (cas des géophytes comme *Littorella uniflora*, *Isoetes velata* ou *Pilularia minuta*).

La prédominance des thérophytes au sein des formations de l'*Isoetion* est bien connue (Braun-Blanquet, 1936), reflet d'une adaptation à des conditions environnementales particulièrement drastiques (Bliss & Zedler,1998), les dates d'inondation et les variations intra- et inter-annuelles des hauteurs d'eau conduisent à la sélection d'espèces à cycles court (éphémérophytes). Un changement de stratégie de vie est observé pour *Isoetes velata*, habituellement géophyte, devient annuel dans les petites cupules de rhyolite de la Colle-du-Rouet (Loisel, 1976).

III.3.2. Nanisme de beaucoup de géophytes et de thérophytes

Lors des années à pluviosité déficiente, la plupart des espèces des mares temporaires sont de petite taille, voire absentes (*Solenopsis*, *Exaculum*, *Cicendia*, *Radiola*), et sont parfaitement adaptées aux stress (Quézel,1998); qu'il s'agisse de géophytes à bulbes (*Isoetes velata*, *Littorella uniflora*) ou à rhizomes (*Pilularia minuta*) ou de thérophytes (*Lythrum borysthenicum*, *Solenopsis laurentia*...). Ce nanisme est interprété comme dû à la pauvreté minérale du substrat et de l'eau, à la durée de la phase inondée et à la faible profondeur du substrat.

III.3.3. Dissémination des semences

Les spectres de dissémination des phytocénoses des mares temporaires n'ont jamais été étudiés dans le détail, mais l'ornithochorie et l'hydrochorie sont les types majeurs de dispersion. Les mares d'origine anthropique en particulier, ont été vraisemblablement colonisées par des espèces transportées par les oiseaux; l'apparition d'espèces nouvelles dans des secteurs bien connus (*Pilularia minuta*, par exemple) pourrait relever du même phénomène à ce propos Quézel, (1978) fait remarquer : «Among the latter (taxa of tropical origin), many correspond to hygrophytes, or even hydrophytes, whose presence in Mediterranean Africa can be linked to transport by migratory

birds (at least for some of them). There are in particular, and mainly for the marshes of the Moroccan or Calle (El Kala) coast, several representatives of the genera *Cyperus*..., *Fimbristylis*...as well as *Rhynchospora alba*, *Fuirena pubescens*, *Polygonum senegalense*... *Glinus lotoides* and *Alternanthera sessilis* ».

III.3.4. Fluctuation des populations et banques de graines

Dans les mares temporaires méditerranéennes, la taille des populations végétale fluctue d'une année à l'autre, et la survie des espèces dépend principalement de la germination de la banque de semences (Rhazi et al.,2001b; Bonis et al.,1995). Ainsi, les années très pluvieuses, les petits thérophytes et géophytes ont de très importantes populations. La prédominance des thérophytes a également été observée par Médail et al.(1998) pour les mares temporaires de la France méridionale; et par Zedler(1987) pour les mares temporaires de Californie. Elles sont liées à l'existence, dans le substrat, de banques de graines dormantes, graines dont la longévité paraît être très longue. A titre indicatif; Colas et al. (1996) ont pu obtenir 15 embryons de *Marsilea strigosa* à partir d'un sporocarpie âgé de 103 ans. Donc, le stock en graines du sol joue un rôle primordial dans la conservation des espèces. Rhazi et al.(2001a) notent qu'il y est des chevauchements entre les différentes ceintures de végétation d'une mare temporaire; mais les vivaces limitent l'expression des stocks semenciers des annuelles.

III.3.5. Longévité de la banque de semences

Le sédiment renferme aussi bien les organes de multiplication végétative des plantes vivaces bulbes, bulbilles, rhizomes, turions, bourgeons dormants, etc., que les graines ou les oospores issues de la reproduction sexuée des plantes. Dans les conditions environnementales très fluctuantes des mares temporaires, les espèces et les populations de plantes ont évolué vers la production de semences formant des stocks persistant plus d'une saison dans le sol (Grillas et al.,2004). Les stocks semenciers augmentent la résilience de la végétation des mares temporaires, c'est-à-dire leur capacité à se reconstruire après une perturbation (Brock, 1998). Plusieurs études dans les mares temporaires illustrent l'apparition sporadique (tous les trois, cinq et dix ans), parfois en grand nombre d'espèces comme exemple *Elatine brochonii* ou *Damasonium stellatum* (Rhazi et al.,2001a). Ce phénomène repose sur la dormance et la longévité des semences. La longévité est très variable selon les espèces : l'exemple déjà cité des sporocarpes de *Marsilea strigosa* étaient viables après une centaine d'années de conservation en herbier (Colas et al.,1996) alors que ceux d'*Isoetes setacea* avaient perdu leur viabilité au bout d'une dizaine d'années dans des conditions de conservation proches (Grillas et al.,2004).

En Australie, Brock & Britton, (1995) de leur part, ont testé la viabilité des banques de semences de 21 espèces issues de 6 mares différentes au bout de onze années; un seul échantillon

donnait encore des germinations et seules 2 espèces (*Juncus articulatus* et *Myriophyllum variifolium*), continuaient à germer. De même lors de projets de restauration de deux mares temporaires du sud de la France, l'analyse préalable des stocks semenciers a montré que les espèces caractéristiques de ces deux mares n'étaient plus viables après environ quinze et trente ans (Grillas et al.,1998; Grillas et al.,2004).

Chez les espèces des mares temporaires, des mécanismes de dormance limitent le pourcentage de germinations lors d'une année donnée réduisant les risques d'extinction des populations (Bonis et al.,1995). La sortie de dormance est contrôlée, en partie, par des facteurs environnementaux, tels que la lumière, la saturation en eau du sédiment et la température, mais aussi par des processus physiologiques (Grillas et al.,2004).

III.3.6. Polymorphisme de l'appareil végétatif

Le port de la plupart des espèces varie en fonction du degré d'inondation. Par exemple, dans une dépression très peu longtemps humectée, *Illecebrum verticillatum* est très petit (de 1 à 5 cm de long) et ses entre-noeuds sont très courts (de moins de 1 mm). Au contraire, en pleine eau, il présente :

- Une tige non ramifiée, traversant tout le plan d'eau, à entre-noeuds très longs (de plus de 15 cm) et pouvant dépasser 1 m.
- Une importante ramification à la surface du plan d'eau, émettant de nombreuses tiges secondaires, flottantes et florifères, de 10 à 20 cm de long et à entre-noeuds courts, de moins de 1 cm. Un polymorphisme du même type existe chez d'autres espèces : *Ranunculus baudotii*; *Alopecurus bulbosus*, *Cynodon dactylon*, *Lotus angustissimus* subsp. *suaveolens*, *Polypogon subspathaceus* (Paradis & Pozzo Di Borgo, 2005).

III.4. Groupement végétaux des mares temporaires

Un groupement est un ensemble d'espèces dont la réunion est sous la dépendance directe des conditions du milieu. En effet, divers groupements se succèdent dans le temps dans une même mare en relation avec les gradients environnementaux; également au sein de la même mare, avec la variabilité interannuelle du climat méditerranéen, les groupements végétaux ont une distribution spatiale variable, d'une année à l'autre (Rhazi et al.,2001a ; Rhazi et al.,2006). Cette succession cyclique est une des caractéristiques des milieux subissant des périodes d'inondation suivies de périodes d'assèchement (Chevassut,1956; Chevassut & Quézel,1956). Il arrive même que certains groupements de l'habitat prioritaire n'émergent pas certaines années. Ces éléments rendent la détermination des habitats, au sens de la "Directive Habitats" (d'intérêt communautaire ou prioritaires) par le non spécialiste, souvent difficile (Grillas et al.,2004). La microtopographie et la variabilité du régime hydrique déterminent l'agencement et la composition floristique des

phytocénoses qui connaissent de grandes variations spatio-temporelles. L'alternance des phases inondée et asséchée peut être interprétée soit comme deux écosystèmes différents dans le temps, soit comme deux écophases successives d'un écosystème unique. Cette alternance engendre en cours d'année, dans la même mare, de divers groupements.

III.4.1. Groupements hydrophytiques, à espèces flottantes

Ils sont bien développés à la fin de l'hiver et au printemps, quand les mares sont totalement inondées ; les principaux groupements flottants sont :

► Le groupement à *Myriophyllum alterniflorum* : En région circum-méditerranéenne ; Quézel (1998) et Grillas et al.,(2004) ont mis en exergue ce groupement et les espèces qui le composent, y compris certaines *Characeae*, qui lui sont associées. Ainsi, *Callitriche truncata*, *Ceratophyllum demersum*, *Elatine alsinastrum*, *E. brochoni*, *Illecebrum verticillatum*, *Cicendia filiformis*, *Exaculum pusillum*, sont considérées comme rares en Algérie, et spéciales à la Numidie (de Bélair,2005). D'autres espèces, connues sur tout le pourtour de la Méditerranée, appartiennent également à ce groupement, comme *Apium crassipes* ou *Ranunculus sceleratus*, considérées comme rares en Algérie. *R. ophioglossifolius*, *Baldellia ranunculoides* ou *Glyceria fluitans* sont, elles, communes (de Bélair,2005).

III.4.2. Groupements hygrophytiques, à espèces amphibies, géophytiques et thérophytiques

Ces groupements, où dominant des géophytes naines (*Isoète*, *Littorella*) sont bien développés quand les mares sont moins inondées ou viennent de s'assécher, mais dont le substrat est très engorgé. Cela se produit en moyenne dans la deuxième partie du printemps. Les mares à *Isoetes* en région circum-méditerranéenne, constituent en fait un ensemble hétérogène du point de vue floristique et phytosociologique. Les portions centrales des mares, inondées durant plusieurs mois (7-8 en général), sont occupées par les formations à *Isoetes* amphibies (*I. velata*, *I. setacea*, *I. olympica*) alors que les marges humides, mais aussi certains bas-fonds, ravins , sont colonisés par les *Isoetes* exondés (*I. durieui* et *I. histrix*) (Quézel,1998). Les principales associations méditerranéennes françaises rattachées à l'*Isoetion* : « Communautés amphibies à *Isoetes durieui* et *I. histrix*, (*Isoetetum durieui* Br.-Bl. (1931) 1935) » ; « Communautés immergées à *Isoetes setacea* et *I. velata* (*Isoetetum setaceae* Br.-Bl. 1931) » ; «Autres groupements non dominés par les *Isoetes* (*Elatinetum macropodae* Br.-Bl. (1931) 1935) » (Quézel,1998). Pour l'Algérie (El-Kala) les associations rattachées à l'*Isoetion* sont : «*Isoeto-Juncetum pygmaei* (*Isoetion* Br-Bl.1931) » (Géhu et al.,1993).

III.4.3. Groupements méso-hygrophiles surtout thérophytiques, se développant lorsque le substrat s'assèche

Ces groupements sont bien représentés en bordure des mares temporaires les années très pluvieuses et dans les mares asséchées, les années où la phase d'inondation a été de courte durée. Les principales espèces constitutives sont *Myosotis sicula*, *Ranunculus revelierei* et *Cicendia filiformis* puis, un peu plus tard, *Agrostis pourretii*. L'alliance *Cicendion filiformis* a été créée pour rassembler les communautés mésohygrophiles des niveaux topographiques moyens à supérieur.

III.4.4. Végétation estivale sur le substrat très asséché

La fin du printemps et au cours de l'été, sur le substrat très sec du fond des milieux temporaires, croissent de rares thérophytes (*Exaculum pusillum*, *Pulicaria sicula*,) et des vivaces (*Mentha pulegium*, *Cynodon dactylon*). A la fin de l'été et au début de l'automne, le substrat asséché de plusieurs mares présente le petit narcisse. De Bélair (2005), précise que lorsque l'hyropériode est courte, certaines espèces végétales ne s'expriment pas, particulièrement en fin de cycle qui est brutalement interrompu par la période estivale.

La prédominance des thérophytes au sein des formations de *Isoetion* est bien connue (Braun-Blanquet,1936; Barbéro et al.,1982), exprime une adaptation à des conditions environnementales particulièrement drastiques (Bliss & Zedler,1998): les dates d'inondation et les variations intra- et inter-annuelles des hauteurs d'eau conduisent à la sélection d'espèces à cycles court (éphémérophytes), qui investissent dans la reproduction sexuée au détriment de leur développement végétatif (Quézel,1998).

III.5. Zones humides du secteur Kabylie-Numidie, habitats riches et diversifiés

Depuis les travaux de Gauthier-Lièvre (1931) qui fait figure de pionnier en s'intéressant durant plusieurs années au zooplancton et aux macroinvertébrés d'un complexe de mares à Réghaia (Alger), peu d'études ont porté sur les mares algériennes jusqu'à la fin du XX^e siècle. Cependant, depuis une décennie, le Laboratoire de Recherche des Zones Humides (université d'Annaba) a conduit une série d'études sur la biodiversité, la structure et le fonctionnement des mares temporaires. Les résultats préliminaires suggèrent que des déterminants écologiques comme la texture du sol et la salinité organisent la structure spatiale alors que la structure temporelle est étroitement liée à la régulation saisonnière des taxons (Samraoui, 2004).

III.5.1. Le sous secteur Numidien K3

Ce sous secteur s'étale sur les trois wilayas (Skikda, Annaba et El-Taref), il s'organise en deux régions: La Numidie orientale et la Numidie occidentale (*sensu* Quézel & Santa,1962-63), jalonné par l'axe Annaba-Oued Seybouse. Alors la Numidie orientale s'étend de cet axe de séparation à la frontière tunisienne représentée particulièrement par le parc nationale d'El-Kala, ce

dernier abrite de nombreux lacs d'eau douce et saumâtre; d'intérêt écologique et paysagère exceptionnel; il a été classé sur la liste du patrimoine national et réserve de biosphère par l'UNESCO en 1990. La Numidie occidentale à l'Ouest de l'axe jusqu'à Skikda représentée surtout par l'éco-complexe de zones humides Guerbes-Senhaja.

III.5.1.1. Numidie orientale

Cette éco-région du sous secteur K3, par sa grande richesse biologique et sa exceptionnelle originalité écologique, a par le passé fait l'objet d'un immense laboratoire à ciel ouvert, pour tous les chercheurs algériens et étrangers. Les différents travaux ont été sanctionnés par des ouvrages, des publications nationales et internationales, des thèses de doctorat, des mémoires de D.E.A., magister, Ingénieur, D.E.S, des communications dans des rencontres nationales et internationales, et des rapports divers. Ces travaux sont si nombreux et diversifiés, qu'ils dépassent largement le cadre de la présente étude.

Le Parc national d'El-Kala a la particularité d'abriter le complexe de zones humides le plus important du Maghreb. Il a pour mission d'assurer la conservation d'un précieux patrimoine naturel et doit sa notoriété à ses zones humides qui lui confèrent le titre de principal centre de la biodiversité en Méditerranée.

Par ailleurs ; une classification pré-typologique des milieux humides d'intérêt écologique qui constituent cette réserve de biosphère a été proposée par Samraoui & de Bélair (1998). Cette classification répartit ces milieux en 7 groupes :

Groupe I : Lacs, Etangs, Marais (13 sites)

Groupe II: Aulnaies, Saulaies, Magnocariçaies, Prairies humides, (14sites)

Groupe III: Oueds et ripisylves (22 sites)

Groupe IV: Mares (19 sites)

Groupe V: Embouchures, Deltas, Estuaires, Littoral marin (5sites)

Groupe VII: Barrages et retenues collinaires (2sites)

Groupe VIII: Sites disparus (2sites)

III.5.1.1.1. Faune remarquable

Le peuplement faunistique des mares algériennes, comme il est souvent le cas ailleurs, est composé à plus de 80% d'invertébrés, principalement d'insectes et des crustacés. Les mares temporaires en Numidie sont peuplées par de nombreux crustacés qui leur sont inféodés, tels que les copépodes (*Hemidiaptomus gurneyii* et *Mixodiaptomus lilljeborgii*) ou les puces d'eau du genre *Daphnia* (*D. chevreuxii*, *D. magna* et *D. pulex*).

➤ Parmi les arthropodes qui dominent le peuplement faunistique des mares, les insectes occupent une part importante. Les coléoptères aquatiques sont dominants mais les hémiptères, diptères,

éphéméroptères et odonates ces derniers sont représentés par plusieurs espèces à affinités afro-tropicale comme; *Acisoma panorpoides ascalaphoides* et *Urothemis edwardsii*. De Bélair & Samraoui, (1994) signalent la disparition de ces deux espèces du lac Noir après sa destruction par le feu et son assèchement. Les deux auteurs déplorent la perte d'*U. edwardsii* dans la mesure où cette espèce ne constituait qu'une petite population sporadique en Afrique du Nord.

➤ Les amphibiens sont communs, pour certaines espèces comme le Crapaud berbère *Bufo mauritanicus* ou la Rainette méridionale, (*Hyla meridionalis*), leur développement rapide les prédispose à ces milieux éphémères (Samraoui et al., 2006).

➤ Sur le plan avifaune, la Numidie orientale avec son éco-complexe de zones humides qui viendrait en troisième position après ceux du Delta de l'Ebre en Espagne et la Camargue en France. Elle abrite des espèces aviaires rares, vulnérables ou en recul dans leur biotope d'origine « la région du paléarctique occidental », parmi ces espèces nous citerons l'Erismature à tête blanche (*Oxyura leucocephala*), le Fuligule nyroca (*Aythya nyroca*), tous deux inscrits sur la liste rouge de l'UICN, la première comme espèce en voie de disparition et la deuxième comme espèce vulnérable, la Talève sultane (*Porphyrio porphyrio*), la guifette moustac (*Chlidonias hybridus*). Nous citerons également la présence en grand nombre de la loutre *Lutra lutra*. Cette écorégion offre les plus importantes opportunités de reproduction pour une multitude d'espèces dont une colonie d'Ardéidés représentée par des Hérons et des Aigrettes. Le Busard des roseaux *Circus aeruginosus*, la Poule d'eau *Gallinula chloropus*, le Râle d'eau *Rallus aquaticus*, les Grèbes castagneux et huppé, le Fuligule nyroca *Aythya nyroca*, la Talève sultane *Porphyrio porphyrio*, le Blongios nain *Ixobrychus minimus*, la Guifette moustac *Chlidonias hybridus*, l'Ibis falcinelle *Plegadis falcinellus* et bien d'autres espèces. On y rencontre également la Sarcelle marbrée *Marmaronetta angustirostris* et la Sarcelle d'été *Anas querquedula*.

III.5.1.1.2. Flore remarquable

Certains éléments de la flore de l'extrême-est algérien, notamment dans la région des lacs à El Kala et plus à l'est en Kroumirie (Tunisie), montrent une grande similitude avec la végétation d'Europe moyenne et en seraient les derniers représentants en Afrique du Nord (Bensettiti & Lacoste, 1999).

Les zones humides d'El-Kala et de toute la Numidie littorale (K3), hébergent un ensemble aussi important qu'original de la flore algérienne; déjà remarquées par les botanistes du XIXe siècle (Lefranc, 1865). Plusieurs espèces constituent une poche d'éléments relictuels d'origine afro-tropicale (Stevenson et al., 1988). Certains de ces éléments sont liés aux mares temporaires méditerranéennes et aux divers groupements qui les composent (de Bélair, 2005). D'autres sont liés aux lacs permanents d'eau douce, comme *Marsilea minuta* L. (= *Marsilea diffusa* var. *algeriensis*

Trabut). En outre, la variabilité climatique locale et régionale de la Numidie orientale, explique la coexistence d'une flore et d'une faune d'origines biogéographiques aussi différentes que les domaines tropicaux et eurasiatiques (Stevenson et *al.*,1988 ; Samraoui et *al.*, 1992 ; Samraoui et *al.*,1993 ; de Bélair & Samroui,1994, Samraoui & de Bélair,1997; Benyakoub & Chabbi,2000).

La check-list floristique fait état de 452 espèces répertoriées, dont 106 mésophytes. Les espèces dont les origines biogéographiques sont les plus originales et qui sont souvent les plus en danger de disparition sont les endémiques (6 espèces) et les tropicales (15 espèces), soit près de 21% des espèces en voie de raréfaction. Le contraste climatique, particulièrement sensible sur le lac Tonga, favorise une mosaïque où se côtoient les espèces à affinités tropicales telles les Carex et Joncs et les espèces à affinités septentrionales (Européennes ou Eurasiatiques) (Samraoui & de Bélair, 1998).

III.5.1.1.3. Ecosystèmes remarquables

III.5.1.1.3.1. Les aulnaies glutineuses

La singularité du Parc National d'El-Kala, réside dans ses types de milieux extrêmement rares ailleurs en Algérie, voire au Maghreb. Parmi ces milieux exceptionnels ; les aulnaies à *Alnus glutinosa*, qui représentent un écosystème d'affinité septentrionale extrêmement original à l'échelle de l'Afrique du Nord (Junqua,1954 ; Géhu et *al.*,1994 ; Bensettiti & Lacoste,1999). Ces formations bien que présentes dans le nord-ouest de la Tunisie (Nègre,1952 ; Pottier-Alapetite,1979-81), et le nord du Maroc (Fennane et *al.*,1999 ; Valdès et *al.*,2002), ne sont nulle part aussi étendues en Afrique du Nord que dans les complexes humides de la Numidie (Belouahem-Abed et *al.*,2011). Il s'agit d'une formation relictive en limite chorologique méridionale de ce type de végétation (Quézel & Médail, 2003c).

Ces écosystèmes exceptionnels sont tous élus sites *Ramsar* ; on a pour la Numidie Orientale : les aulnaies du lac Tonga, et celles de Ain Khiair, respectivement en 1983 et 2002 ; et pour la Numidie occidentale : les aulnaies de Guerbès-Senhadja en 2001. En effet, les aulnaies glutineuses de la région d'El Kala constituent des forêts galeries le long des cours d'eau (Oued El-Kébir...), sur sols alluvionnaires riches, ou des forêts denses marécageuses autour des lacs et marais (Tonga, Bourdim, Sebaa, Righia), voire tourbeuses inondables, développées sur substrat acide à tendance mésotrophe (Géhu et *al.*,1994). Nombre d'entre elles fragilisées par des pressions anthropiques grandissantes et dévastatrices ; de même les cultures développées à leurs marges, ne cessent de grignoter petit à petit le territoire de ces formations hydrophiles emblématiques de la Numidie (Belouahem-Abed et *al.*,2011). L'ampleur de ces dégradations a certainement une influence directe sur la structure, le fonctionnement et la pérennité de ces «joyeuses » formations naturelles originales.

L'étude menée par Belouahem-Abed et *al.*, (2011), sur la biodiversité, et la vulnérabilité des aulnaies de la Numidie, montre une richesse floristique caractéristique des aulnaies pauvre en comparaison du cortège des aulnaies européennes. De même plusieurs communautés de dégradation sont définies, en fonction de l'hydromorphie du substrat et du milieu environnant : (i) une communauté hydrophytique, dominée par des héliophytes et des espèces aquatiques ; (ii) une communauté amphibie, comprenant les espèces caractéristiques des pelouses temporaires à isoètes, développée sur les substrats soumis à des inondations saisonnières et (iii) une communauté méso-xérophile transgressive des milieux environnants, qui remplace l'aulnaie sur substrat sec. Alors que, la structure verticale de ces aulnaies s'organise en strates bien différenciées, similaires à celles qui ont été décrites pour les formations comparables d'Europe occidentale.

Cet état des lieux révèle la situation préoccupante et le déclin rapide des milieux humides du nord-est algérien ; au vu de l'importance majeure et de la vulnérabilité de leurs communautés biologiques, qui devrait se traduire de toute urgence par la mise en place de mesures de protection adaptées et d'une gestion raisonnée des activités humaines. En l'occurrence l'urbanisation incontrôlée, pratiques agricoles intenses, défrichements illicites, surpâturage, incendies criminels, prélèvement non réglementé d'espèces en déclin comme le laurier noble (*Laurus nobilis*) et la bourdaine (*Frangula alnus*) (de Béalir, 2005 ; Belouahem-Abed et *al.*, 2011). D'autre part le développement anarchique du réseau routier contribue fortement au morcellement et la perte d'intégrité des aulnaies, les rend d'autant plus vulnérables aux perturbations et à l'assèchement du climat prévu pour les décennies à venir.

III.5.1.1.3.2. Les tourbières un écosystème original et fragile

Les tourbières sont, comme l'ensemble des zones humides, des milieux naturels abritant une biodiversité riche, sensible et menacée. Elles ont un rôle essentiel pour la régulation de l'écoulement des eaux et participent à la lutte contre les inondations. Les tourbières sont caractérisées par la présence quasi permanente d'eau qui ralentit la décomposition de la matière organique. Il se forme alors un sol typique : la tourbe (ou histosol), dont l'épaisseur peut varier de quelques centimètres à plusieurs mètres. Un autre intérêt purement scientifique mérite d'être souligné pour les tourbières : ce sont de véritables archives de l'histoire de notre planète. En étudiant la tourbe en profondeur, les scientifiques peuvent par exemple comprendre le climat d'il y a quelques millénaires ; de même l'émergence de la palynologie des tourbières nous permet aussi de retracer l'histoire et de reconstituer le paysage, particulièrement au cours du quaternaire ; et par là on est ainsi capable de savoir dans quel environnement vivait l'homme il y a plusieurs milliers d'années.

Le parc national d'El-Kala figure parmi les zones protégées les plus prestigieuses de la Méditerranée occidentale. Au sein de cette réserve naturelle on trouve la tourbière du lac noir dont

l'origine, un ancien marais, très riche, entouré d'une forêt dense de chênes liège et chênes vert. Ce site, après son assèchement involontaire, résultant des actions conjuguées liées à l'ouverture d'un forage important à proximité, et la réalisation du chemin de wilaya 109 reliant les villes de Annaba à El-Kala ; se découvre être une petite tourbière très intéressante. Au vu de la rareté de ce type de milieu et de son importance indéniable ; cette tourbière est élue en site *Ramsar* en 2002. C'est une zone humide représentative et rare de type de zone humide naturelle de la région méditerranéenne.

L'étude pédologique réalisée par Benslama et *al.*, (2007), sur la tourbière du lac noir, montre que ce substrat est un histosol épais constitué d'une série de couches de matière organique diversement décomposée, il s'agit d'une tourbe très poreuse constituée d'un matériau fibrique en surface mélangé à des matériaux mésiques et sapriques dans le reste du solum. Cette tourbe est non salée, avec un pH acide. Par ailleurs ; d'autres études ont été réalisées pour mieux comprendre le fonctionnement de ces écosystèmes tourbeux ; ces études menées par Benslama & Zanache, 2006 ; Benslama et *al.*, 2010, basée sur des analyses polliniques et paléobotaniques ; de deux marais littoraux, Bourdim et Garâat El-Ouez, appartenant à un vaste complexe humide séparé de la Méditerranée par des cordons dunaires. Les études ont abouti à des données paléoécologiques qui retracent la dynamique de la végétation au niveau des deux sites montrent :

► pour le site Bourdim, ce dernier était probablement, un marais de faible tranche d'eau ; puis le niveau d'eau a diminué avec apparition de *Myriophyllum* ; enfin le marais s'est progressivement comblé, envahi par *Alnus*, *Salix*, et *Osmunda regalis*. Les auteurs affirment que le paysage alentour est totalement déboisé au moins depuis un millénaire ; un matorral dense à *Erica arborea* s'est développé et maintenu à la périphérie du marais.

► Pour le site de Garâat El-Ouez, d'une manière générale, la séquence holocène de ce site évoque un paysage bien plus boisé qu'à Bourdim, et la base de l'enregistrement est bien avant de Bourdim.

Le caractère exceptionnel des écosystèmes tourbeux en région méditerranéenne et les menaces dont ils font l'objet (drainage, pâturage, reboisement...), les rend beaucoup plus vulnérables (Bottollier-Curtet & Muller, 2009 ; Benslama et *al.*, 2010). Ainsi que leur intérêt phytosociologique et botanique (Nègre, 1952) ; motive toute investigation dans le but d'obtenir des données concernant leur origine et leur développement passé, indispensables à leur gestion conservatoire.

III.5.1.2. Numidie Occidentale

Nous laisserons de côté l'éco-complexe de zones humides d'El-Kala, qui a fait l'objet de nombreuses convoitises ; nous aborderons plutôt d'autres habitats similaires situés à la Numidie occidentale représentés par l'éco-complexe de Guerbès-Senhadja ; ce dernier rassemble des milieux discrets, souvent négligés, pourtant riches en taxons faunistiques et floristiques. Il s'agit plus spécialement des étangs (Garâas), des aulnaies (Nechâs) et des ravins de montagnes (Châabas)

ou des ripisylves d'Oueds. Samraoui et de Bélair en 1997, dans le cadre plus large d'un échantillonnage systématique des zones humides de ce secteur, recensent 31 sites caractérisés par une végétation très dense et très diversifiée, qui fait le siège d'une faune abondante en raison de la diversité des niches écologiques, avifaune résidente et migratrice, tortues terrestre et aquatiques, lépidoptères, odonates, coléoptères, etc.... nous citons parmi d'autres les trois sites suivants :

► La Graet Chichaya appartient à un complexe humide dunaire, situé dans les Guerbès-Senhadja (Ben Azzouz), ses formations (aulnaie, saulaie, scirpaie et eau libre) et sa richesse spécifique, 58 taxons au minimum, dont plusieurs très rares : une Ptéridophyte aquatique, *Salvinia natans* ; une Cypéracée, *Cyperus michelianus* ; une Lemnacee, *Wolffia arrhiza* ; et une Polygonacée afrotropicale, *Polygonum senegalense* (Samraoui & de Bélair, 1997).

► Le lac Sidi Freitis, dont l'histoire scientifique remonte à 1861 et a été longtemps la seule zone humide visitée par les biologistes (faune et flore). Nous avons eu l'occasion de visiter ce site en avril 2010 avec un groupe de chercheurs (S.D. Muller ; G. de Bélair, Benslama M. ; I. Soulié-Märsche et autres). Ce site du complexe s'étend sur environ 40 ha. Il est entouré de prairies humides sur tourbe et de maquis plus ou moins dense à *Erica scoparia* et *Osmunda regalis* ; elles sont riches en espèces rares, comme *Anagallis crassifolia*, *Isoetes velata*. Nombre d'Orchidées, dont *Dactylorhiza elata*, de Cypéracées dont *Rhynchospora glauca* ou *Heleocharis multicaulis*. Actuellement, 76 taxons ont été identifiés. Mais, ce lac est excessivement menacé par l'agriculture (défrichement des dunes, pompage du lac, pollutions diverses, etc.).

► Garaet Ouaja : ce site est aujourd'hui en partie classée « site Ramsar », d'environ 20 ha. Cet étang fait partie d'un ensemble composé d'un oued, d'un fossé de drainage et de la Garaet El Guelb, probablement modifié et aménagé par les riverains, pour leur besoin en culture. Cet étang est lui-même adossé à une dune. Au niveau de ce site de Bélair et Véla, (2011), découvrent une nouvelle espèce « un faux nénuphar » voire photo de la figure 19 ; les deux auteurs affirment que : cette espèce est ignorée par la flore d'Algérie (Quézel & Santa, 1962-63) et celle d'Afrique du Nord (Maire 1952-87). Il en est de même pour le Nord du Maroc (Valdès et al., 2002) ainsi que pour la Tunisie (Pottier-Alapetite, 1979-81). Les travaux bibliographiques récents sur la flore d'Afrique du Nord (Dobignard & Chatelain, 2010-12) ne la référencent pas non plus.

Le complexe de zones humides de Guerbès-Senhadja est en effet un territoire qui a été peu inventoriées par les scientifiques, à part deux zones humides proches : le lac Sidi Freitis connu depuis la fin du 19e siècle (Gauthier-Lievre, 1931) et l'aulnaie de Demnat Ataoua (280 ha) depuis la fin du 20e siècle (Thomas, 1975). La *Nymphoides peltata*, considérée comme nouvellement découverte; est d'origine eurasiatique ; largement répartie en Europe, où elle est connue sous divers noms synonymes tels *Limnanthemum peltatum* Gmel.; *Limnanthemum nymphaeoides* (L.) Britt. ; ou encore *Nymphoides peltata* (S.G.Gmel) O.Kuntze, nom actuellement majoritairement retenu.

Cette espèce est rare dans la région Méditerranéenne ; sa présence en « Garaet Ouaja » confirme également le fait que la Numidie est un carrefour biogéographique pour sa flore comme pour sa faune (de Bélair, 2005 ; 2008b).

III.5.2. La Numidie : Un carrefour d'origines biogéographiques

La Numidie, littorale rassemble, un grand nombre de zones humides et, parmi elles, des mares temporaires. Ces dernières hébergent un ensemble aussi important qu'originale de la flore algérienne ; avec une remarquable diversité de leurs origines biogéographiques(de Bélair,2005). Ce constat n'avait pas échappé au géologue Joleaud,(1936) cité par de Bélair, (2008b): « *A la différence de la plus grande partie de ces contrées (Algérie, Tunisie), la région de Bône (Annaba) et de La Calle (El Kala), a conservé la trace très nette de l'ancien milieu tropical nord-africain, juxtaposée ici étroitement à un peuplement végétal et animal aux affinités européennes franchement prépondérantes. Tel est le double caractère biogéographique fort curieux de l'Extrême Nord-Est algérien* ».

Quézel et Barbéro (1993) dans leurs travaux sur les variations climatiques au Sahara et en Afrique sèche depuis le Pliocène soulignent : « *Des contacts entre les flores tropicales et méditerranéennes ont toutefois été possibles, peut-être à plusieurs reprises, durant le Pleistocène, au moins dans les zones littorales et dans les montagnes, comme le souligne l'existence d'un endémisme notable de souche méditerranéenne et tropicale dans ces régions* ». En outre Quézel,(1995), ajoute que lors des phases interglaciaires (pluviaux africains) l'avancée jusqu'au contact de la région méditerranéenne, de la flore tropicale de type sahélien est enfin à signaler en Afrique du Nord et au Proche Orient. A ces sources biogéographiques ; de Bélair(2005), ajoute les éléments eurasiatique et atlantico-européen comme éléments très bien représentés parmi d'autres éléments ; ces observations nous permettent de considérer les zones humides et spécialement les mares temporaires à l'image de la Numidie comme un carrefour d'origines biogéographiques.

L'étude de prospection menée par de Bélair sur 26 mares temporaires de Numidie durant leur hydropériode, au cours de trois campagnes 1998-1999 (cycle1) ; 1999-2000 (cycle2) ; 2000-2001 (cycle3) ; cette étude a aboutit à la conclusion suivante : L'inventaire floristique des 26 mares a mis en évidence 132 taxons, inféodés à ce type d'écosystème. La plupart de ces mares de faible superficie, figure17. Elles présentent un cortège floristique moyen d'une trentaine d'espèces avec un maximum de 43 taxons et un minimum de 12. Ces mares sont le reflet en réduction de la Numidie, notée par ailleurs comme un carrefour d'aires de répartition générale des espèces : 11 origines biogéographiques ont pu être déterminées ici.



Figure17. Mare Gauthier 4 à *Juncus maritimus* & *Isoetes velata*, $S= 2,5$ à $6,5$ ares (Photo prise par G. de Bélair en date 3 octobre 2008) au Parc National Elkala.

L'auteur attribue l'appellation «Gauthier» à un lot de plus de 10 mares en hommage au couple Gauthier, qui ont étudié la flore et la faune des eaux continentales dans la région vers la fin des années 20 au siècle dernier.

► **Sur le plan richesse spécifique :** La richesse floristique des mares est variable suivant les années ; elle est, évidemment, très liée à leur hydropériode, très hétérogène entre années et, dans la même année, entre mares. Malgré le cortège réduit (132 taxons), 39 espèces sont classées assez rares (AR), rares (R), ou très rares (RR) par Quézel & Santa (1962-1963) et Maire (1952-1987), soit 29,5 % de l'ensemble. Il est vrai que parmi ces espèces, de nombreuses annuelles liées à la culture et sans un grand intérêt biogéographique, et qui peuvent être notées ici ; elles appartiennent aux genres : *Sorghum*, *Digitaria*, *Brachiaria*, *Paspalum*, *Paspalidium*, *Echinochloa*, *Panicum*, *Eragrostis*, *Dactyloctenium* et *Achyranthes aspera* (Quézel,1978). Plusieurs de ces annuelles sont en effet largement représentées dans ces mares ou à leur proximité. Mais leur présence est significative en raison de leur origine biogéographique afrotropicale. Il faut aussi souligner que d'autres espèces, réputées rares au niveau national, sont régionalement abondantes, ainsi en est-il de *Ludwigia palustris* ; *Apium crassipes* ; *Pycneus flavescens* ; *Illecebrum verticillatum* etc...

► **Sur le plan origines biogéographiques :** Les aires géographiques, issues de ces 132 espèces, sont regroupées en 11 éléments. L'élément cosmopolite-holarctique domine avec 29 espèces (22%), suivi de l'élément méditerranéen avec 24 espèces (18,2%). Leur succèdent les éléments eurasiens 15 espèces (11,4%), avec le même niveau 13 espèces, les éléments tropical, atlantico-européen et atlantico-méditerranéen (respectivement 9,8%). L'élément tropical est un élément original, peu représenté en Algérie du Nord et le plus souvent limité à la Numidie. L'élément circumboréal présente 9,1% des taxons. L'élément endémique est faiblement représenté : 1,5% ; ce qui correspond au constat de Quézel (1957), l'endémicité des taxons nord-africains étant liée à

l'orographie : faible sur le littoral, élevée dans les montagnes. D'un point de vue rareté, l'élément tropical est le mieux représenté avec 9 taxons/39, soit 23%, dont *Fuirena pubescens*, *Glinus lotoides*, cependant très abondante dans la région malgré son classement comme très rare, *Schoenoplectus corymbosus* (= *Scirpus inclinatus*), confiné à la région du lac Oubeira, *Utricularia gibba* (= *U. exoleta*), *Wolffia arrhiza*, limitée à une seule mare, celle du lac Bleu.

Cette diversité s'explique par la variabilité géomorphologique, édaphique, hydrologique et bioclimatique de la Numidie. Sur ces 132 espèces, 39 (soit près de 30%) d'entre elles sont classées rares pour l'ensemble du territoire national et se répartissent dans ces aires d'origine. Dominent notamment les éléments tropical, eurasien et atlantico-méditerranéen présentant respectivement 9 ; 6 et 6 espèces. L'élément tropical reste sans conteste l'un des éléments originaux de la Numidie, qui rassemble – au niveau de l'Algérie septentrionale – la majorité des taxons appartenant à ce groupe. A un carrefour d'aires, s'entrecroisant dans la région figure18, correspond donc une véritable palette d'espèces floristiques.

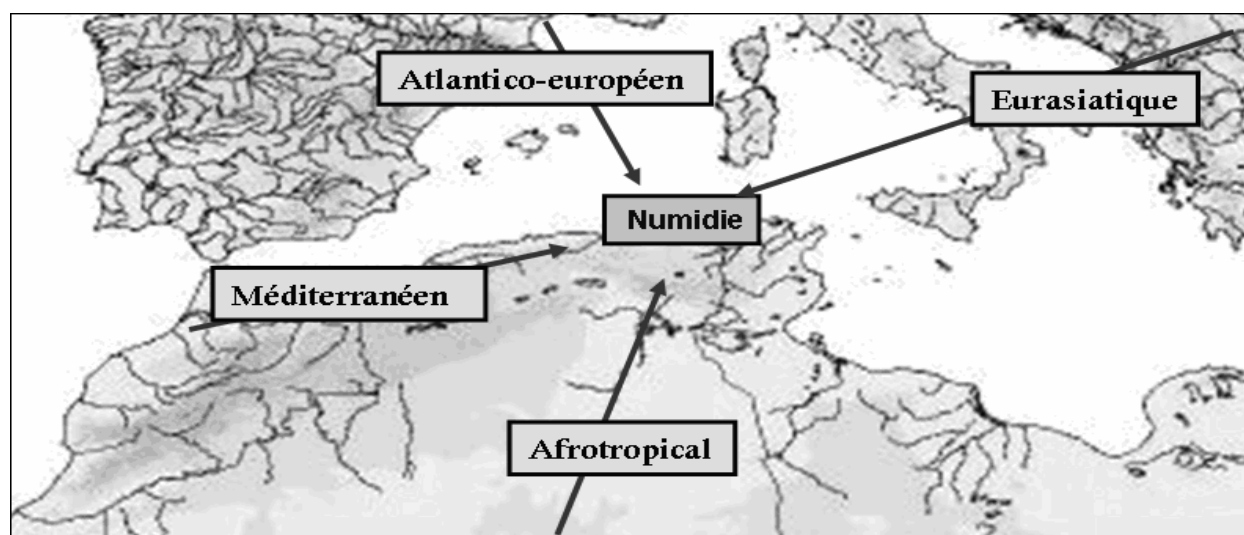


Figure18. Numidie comme carrefour biogéographique (de Bélair,2008b).

III.5.3. Espèces nouvelles ou oubliées

La *Nymphoides peltata* figure19, a certainement pu échappée aux investigations antérieures, comme se fut le cas de *Carex paniculata* L. découverte en mai 1987 dans le même secteur de Guerbès-Senhadja ainsi que dans l'aulnaie de Righia au sein du Parc National d'El Kala (Chalabi & Van Dijk,1988) ; sa présence actuelle à l'aulnaie « Demna Ataoua » est confirmée par de Bélair et Véla, 2011.

Cela permet de signaler qu'un certain nombre de taxons peuvent être nouveaux dans certains secteurs, comme par exemple le cas :



Figure19. Première observation en fleurs de *Nymphoides peltata*, dans la zone humide de Guerbès-Senhadja (photo G. de Bélair, le 05 Juin 2001).

➤ De certaines espèces notées par Géhu et *al.*, (1993), nouvelles pour la région d'El-Kala, ainsi on est-il : *Cicendia filiformis* ; *Juncus pigmaeus* ; *Microcala pusilla* ; *Plantago crassifolia* ; *Radiola linoides* . Les mêmes auteurs ajoutent d'autres espèces pour la première fois mentionnées en Algérie à savoir : *Salicornia emerici*.

➤ D'une Marsiléacée, *Pilularia minuta*, découverte en 2008 ; sur les rives de la mare Gauthier1, unique station nouvelle en Numidie, après sa découverte en Tunisie à Garâa Sejenane, (Daoud-Bouattour et *al.*, 2009 ; Ghrabi-Gammar et *al.*, 2009). C'est une espèce rare, endémique du bassin méditerranéen, où elle est connue dans la majorité des pays des deux rives (France, Espagne, Portugal, Maroc, Algérie, Tunisie, Turquie, Chypre, Grèce, Italie, Croatie). Son statut dans ces pays est variable et souvent mal connu : espèce prioritaire, en danger, vulnérable ou très rare (Grillas et *al.*, 2004).

➤ D'une Composée, *Lactuca muralis*, (cascade de l'Edough) ; signalée uniquement dans le Djurdjura (K1), les Babors (K2), et les Aurès (AS3). Elle est dispersée en Europe, en Algérie et au Maroc ; d'une Cynomoriacée, *Cynomorium coccineum*, liée aux milieux salés et découverte par E. Véla au Cap Segleb (El-Kala) (de Bélair, 2008a).

➤ D'une Orchidée, *Serapias stenopetala*, une endémique algéro-tunisienne ; absente chez Quézel & Santa (1962-63), mais notée par Maire (1952-87); longtemps incluse par méconnaissance dans l'espèce méditerranéo-atlantique *Serapias lingua* L. Elle est retrouvée sur les rives des lacs Oubeïra et Mellah, par de Bélair & Boussouak, (2002). En Tunisie sa présence est confirmée en Kroumirie, avec faible aire de répartition (de Bélair, 2010). Elle est endémique des zones humides de Numidie littorale (K3) et de Kroumirie. Cette espèce est inscrite en 2010, sur la liste rouge de

l'IUCN ; comme espèce en danger critique, à cause de sa faible population (< 250 individus), son déclin continu et ses fluctuations extrêmes.

➤ D'autres taxons, plus ou moins invasifs, comme *Paspalum dilatatum* (K3 & K2), ou *Euphorbia maculata* non signalés par Quézel & Santa (1962-63), ou *Oxalis articulata*, originaire d'Afrique du Sud, comme son congénère *O. pes-caprae* ; elle formait un tapis dans une prairie humide de l'Edough (de Bélair, 2008a).

➤ Au niveau de notre site d'étude et du marais d'El-Kennar près de Jijel (sous secteur K2) ; Nous avons-nous même découvert deux taxons le 1^{er} : *Cyperus eragrostis* Lam., c'est une plante vivace rhizomateuse et à tige triangulaire et glabre, les feuilles d'un vert claire, longues et presque plates, les épillets sont de couleur verte pâle réunis en tête groupés en ombelle terminale, cette sorte d'inflorescence est entourée par de longues bractées (5 à 7), il fleurit d'août à octobre. Le fruit est un akène trigone. Ce taxon est ignoré complètement par la flore classique Quézel & Santa (62-63).

Le 2^{eme} : *Abutilon theophrasti* figure20, (uniquement à El-Kennar), non signalé en K2 mais en A1 ; où il est considéré comme rare. Cette espèce originaire du centre-sud de l'Asie où elle est cultivée pour ses fibres textiles produit de grandes quantités de graines et est surveillée pour son caractère invasif dans plusieurs pays ; c'est une plante thérophyte des sols vaseux, hydromorphes, ses fruits velus sont des schizocarpes ressemblant à une capsule. Ils sont composés de 12 à 15 méricarpes disposées en couronne, soudés à la base, noirâtres à maturité et qui persistent sur les tiges dénudées en fin de saison. Chaque méricarpe contient au moins deux graines de couleur grisâtre, et qui restent longuement dans la banque de graines du sol, du fait de leur durée de dormance élevée (un an) ; ces graines peuvent se conserver une cinquantaine d'années au sec. Il nous semble que la dispersion de cette Malvacée est beaucoup plus liée aux cultures, elle a une action allélopathique négative sur les cultures de soja, radis et notamment le maïs.



Figure20. *Abutilon theophrasti* Medik. 1787, en fleur, dans la zone humide d'El-Kennar (Jijel). (photo M. Bouldjedri, le 25 Août 2009).

➤ D'autres taxons d'abord dans le monde des Orchidées *Ophrys mirabilis* P. Geniez & F. Melki figure21, découverte dans la région de Chemini (versant méridionale du massif de l'Akfadou, Béjaïa), par Rebbas et Véla (2008) ; ensuite dans la région de l'Akfadou en grande Kabylie (K1) on a *Nardus stricta* L. ; espèce nouvelle pour la flore algérienne d'origine eurosiberienne, découverte par Laribi et al., (2009), en bordure de zones humides tourbeuses à Tala Semda. En outre *Lotus angustissimus* L. subsp. *angustissimus*, découverte par Véla et Rebbas (2009), dans une mare temporaire. Pour ce taxon, en plus de sa rareté, il n'était connu que dans l'Algérois (A1), et la région de Collo (K2). Enfin toujours dans la même localité une Scrophulariaceae : *Rhynchocorys elephas* (L.) Griseb., dévoilée par Laribi et al.(2011).



Figure21. *Ophrys mirabilis*,(photo **K. Rebbas** en date du 01 mai 2010).

Sur la base de ces constatations particulièrement ceux relatives aux deux sous secteurs des Kabyliques : El-Kennar K2 (Jijel) et Akfadou K1 (Béjaïa), non encore bien explorés par les naturalistes ; l'accent est mis sur leur l'intérêt botanique ; ces deux sous secteurs réservent encore beaucoup de surprises particulièrement dans leur milieux humides.

III.5.4. Espèces portées disparues ?

Autour d'une trentaine d'espèces rares, inféodées à la Numidie, et plus d'une soixantaine possible (en commun avec d'autres secteurs) n'ont pas pu être retrouvées depuis 1990 (de Bélair, 2008a). C'est le cas d'une Onagracée pantropicale, *Ludwigia peploides* (Kunth)P.H. Raven, synonymes (= *Ludwigia diffusa* Greene, *Ludwigia clavellina* M. Gómez & Molinet, *Ludwigia adscendens* var. *peploides* (Kunth) H.Hara, *Jussiaea repens* L., *Jussiaea peploides* Kunth) ; cette espèce ne figure pas dans l'index synonymique de Dobignard et Chatelain,2010-12, car elle est nouvelle pour l'Algérie (E.Véla, comm. Pers.). Ainsi qu'une Apiacée épineuse des plages, *Echinophora spinosa* (RR) figure22. En contre-partie, ces deux taxons ont été trouvés dans le secteur inédit en K2 à Beni-Belaïd, et El-Kennar à l'Est de la ville de Jijel (de Bélair & Samraoui,2000 ; Bouldjedri et al.,2005 ; Bouldjedri et al.,2011).



Figure 22. A gauche : *Echinophora spinosa* (le 25 Août 2009), sur dunes de sable à Beni-Belaid, et à droite: *Ludwigia peploides* (le 25 Mai 2006), cette dernière trouve son apogée de développement aussi bien à Beni-Belaid qu'El-Kennar où elle se montre envahissante ; (photo **M. Bouldjedri**).

III.6. Conclusion

Il convient de souligner l'extrême importance biologique des lacs de la région d'El-Kala. Importance très bien connue sur le plan de l'avifaune, à ce-ci il faut ajouter que sur le plan floristique et phytocénotique , cette région abrite de nombreuses associations et communautés végétales rares voire uniques en Algérie si ce n'est en Afrique du Nord. Plusieurs espèces constituent une poche d'éléments relictuels d'origine afro-tropicale ; certains de ces éléments sont liés aux mares temporaires méditerranéennes et aux divers groupements qui les composent. D'autres sont liés aux lacs permanents d'eau douce. La plupart, pour l'Algérie et souvent pour tout le Maghreb, sont spéciaux à la Numidie littorale (K3), et aux environs de Jijel et Collo en Petite Kabylie (K2) non encore exploré, et Béjaia (K1) ; autrefois en partie à la plaine de la Mitidja et au littoral algérois (A1).

Les zones humides de la Numidie rassemblent 293 taxons, dont 111 rares ; 5 endémiques et 17 d'origines afrotropicales. La richesse spécifique totale de la Numidie est évaluée actuellement à 1089 taxons dont 221 rares ; plus de 30 espèces n'ont pas encore été découverts ; tandis que d'autres non signalée pour le secteur ou nouveaux ont été observés (de Bélair, 2008a). Des travaux similaires dans les Kabylies et en Kroumirie (Tunisie septentrionale), mettent déjà en évidence les mêmes remarques. Ces constats nous révèlent la valeur patrimoniale et la richesse de la flore de Numidie et des Kabylies ; comme il incite à une urgence d'actualisation des données. Ce qui nous habilite à axer la recherche sur le 11^{ème} point névralgique de la Méditerranée.



Chapitre IV

Matériel & Méthodes

Chapitre IV : Matériel et méthodes

IV.1. Présentation du site d'étude

IV.1.1. Statut foncier du site étudié

La zone humide de Beni-Belaid appartient aux domaines de l'état et est gérée par la conservation des forêts de Jijel. Son statut foncier est celui de la propriété domaniale, mais il obéit plutôt à l'usage de « Arch » ; où la gestion et l'exploitation du territoire impliquent d'avantage la communauté elle-même, que les autorités communales. La zone humide s'étend sur une superficie de 163 ha, dont 53 ha d'étendues marécageuses, 75 ha de peupleraie et 11 ha de terrains broussailleux. Le nord du lac, est composé de terrains sablonneux sur 24 ha. La population dans la région a été estimée à environ 6 000 habitants, voire plus importante si on compte les communes de Khiri-Oued Adjoul et d'El-Acer, dont le site fait partie, elle dépasse les 50 000 habitants.

Actuellement les pouvoirs publics détenteurs du patrimoine foncier semblent accorder un intérêt particulier et prioritaire à ce site ; il a été choisi comme site pilote du projet MedWet2 en Algérie(1997-1998), ce choix est basé sur l'intérêt écologique national et international de la zone humide. En effet, malgré sa modeste superficie, la réserve de Beni-Belaid offre plusieurs types d'habitats rares à l'échelle de la Méditerranée (prairies humides, lac d'eau douce, mares temporaires, dunes et ripisylves...), à ce titre s'ajoute une diversité biologique (faunistique et floristique) aussi importante (de Bélair & Samraoui,2000), cette biodiversité est en partie liée à la juxtaposition de deux écosystèmes contrasté humide et xérique. Actuellement la gestion de ce milieu est confiée à la conservation des forêts de Jijel, agissant en tant qu'administration souvent bureaucratique ; loin des préoccupations environnementales, écologiques, et socioéconomiques des populations rurales riveraines.

IV.1.2. Evaluation économique de la zone humide de Beni-Belaid

Une étude socio-économique est réalisée par Berchiche,1997 dans le cadre du projet MedWet2 ; cet auteur avance l'hypothèse que les changements de la perception du milieu, et par un certain coté de la mentalité des utilisateurs, par rapport aux caractéristiques du milieu humide, sont des paramètres majeurs dans l'évaluation économique d'une zone humide ; s'ils sont mis en corrélation avec d'autres paramètres socio-économiques, tels que la structure de population, l'évolution des rapports de production et la croissance démographique.

Pour évaluer la valeur de l'environnement sur le plan qualitatif et quantitatif, en fonction des systèmes de production rencontrés dans la zone humide de Beni-Belaid ; l'auteur a procédé d'abord à une classification de la population enquêtée sur la base de la superficie possédée, possession de cheptel (tout type confondu), et le critère de l'âge de l'exploitant ; en tout il a établi

quatre classes. Ensuite il a procédé à établir une corrélation entre ces 4 classes des systèmes de production, et leur consentement à payer par rapport aux revenus déclarés.

L'auteur souligne que la fiabilité d'un tel calcul est peu conséquente, mais nous renseigne sur la stratégie des exploitants par rapport au site ; et nous permis de comprendre la relation qui existe entre l'activité des exploitations et le milieu dans lequel elles évoluent. L'analyse de la corrélation des données recueillies suite à 40 interviews effectués, nous informe que seul l'activité élevage présente une prédisposition positive dans les objectifs d'équilibre du milieu, avec un coefficient de corrélation de 0,473, par contre les autres activités sont moins corrélatives, à titre d'exemple l'activité agricole se présente comme étant la plus néfaste pour le milieu avec un coefficient négatif soit -0,043.

IV.1.3. Calcul de la valeur économique du site de Beni-Belaid

L'enquête qui a été réalisée auprès des ménages résidents sur le site par Berchiche,1997 ; indique que le milieu est fortement exploité, principalement en raison de la richesse des ressources que procure la zone humide. Le revenu global calculé à partir des spéculations agricoles pratiquées et l'élevage indique que les produits tirés directement du site interviennent pour 53,32% dans la formation du revenu des exploitants.

Les spéculations maraîchères (pastèque, melon, tomate, poivron) restent dominantes et soutire le maximum de biens tangibles du site, qui s'évaluent à 75,5% du revenu annuel calculé. Cette remarque est d'une importance capitale puisqu'elle vient justifier ; la surexploitation des ressources en eau de la zone humide, surtout celle de la lagune, sans laquelle le site n'existerait pas. Enfin pour toutes les classes étudiées l'apport des cultures maraîchers en terme de revenu est de plus de 3 millions de dinars par an, soit 54,6% de la valeur économique de la zone (Berchiche,1997).

IV.1.4.Contexte géologique et géomorphologique

La région de Beni-Belaid est située dans l'une des séries géologiques complexes des zones côtières du secteur des massifs anciens de la petite Kabylie, dans le nord-est de l'Algérie. Elle est délimitée par des chaînes montagneuses essentiellement formées de terrains métamorphiques, recouvertes de lambeaux argilo-gréseux d'âge oligo-miocène et traversées par des roches éruptives d'âge miocène (Marre,1992). La plaine se caractérise par des nappes de charriage, d'alluvions argileuses, de limons et de sables du Quaternaire. Les montagnes sont très accidentées et entaillées par de profondes vallées à évolution morphologique très rapide.

Du point de vue morphologique, cette région est caractérisée par deux directions orographiques principales (figure23):

➤ La première (WNW-SW) est matérialisée par la ligne de crête joignant le chaînon de Tassadet à celui de Sidi-Abdelaziz.

➤ La seconde (N-E) est soulignée par plusieurs petits massifs parallèles (Djebel Ourar, Oued-Adjoul), entaillés de profondes vallées de même direction (vallée de l'Oued-Adjoul).

L'évolution de la structure géologique de la petite Kabylie, est marquée par le socle Kabyle largement charrié vers le Sud, chevauchant sur son front méridional des flyschs en position infra. Les unités en position supra qu'il supporte, s'expliquent selon Bouillin, 1979 ; par des retro-glissements à la fin de l'Oligocène. Le Numidien, en position externe, est charrié, quant à lui, au Burgalien inférieur moyen.

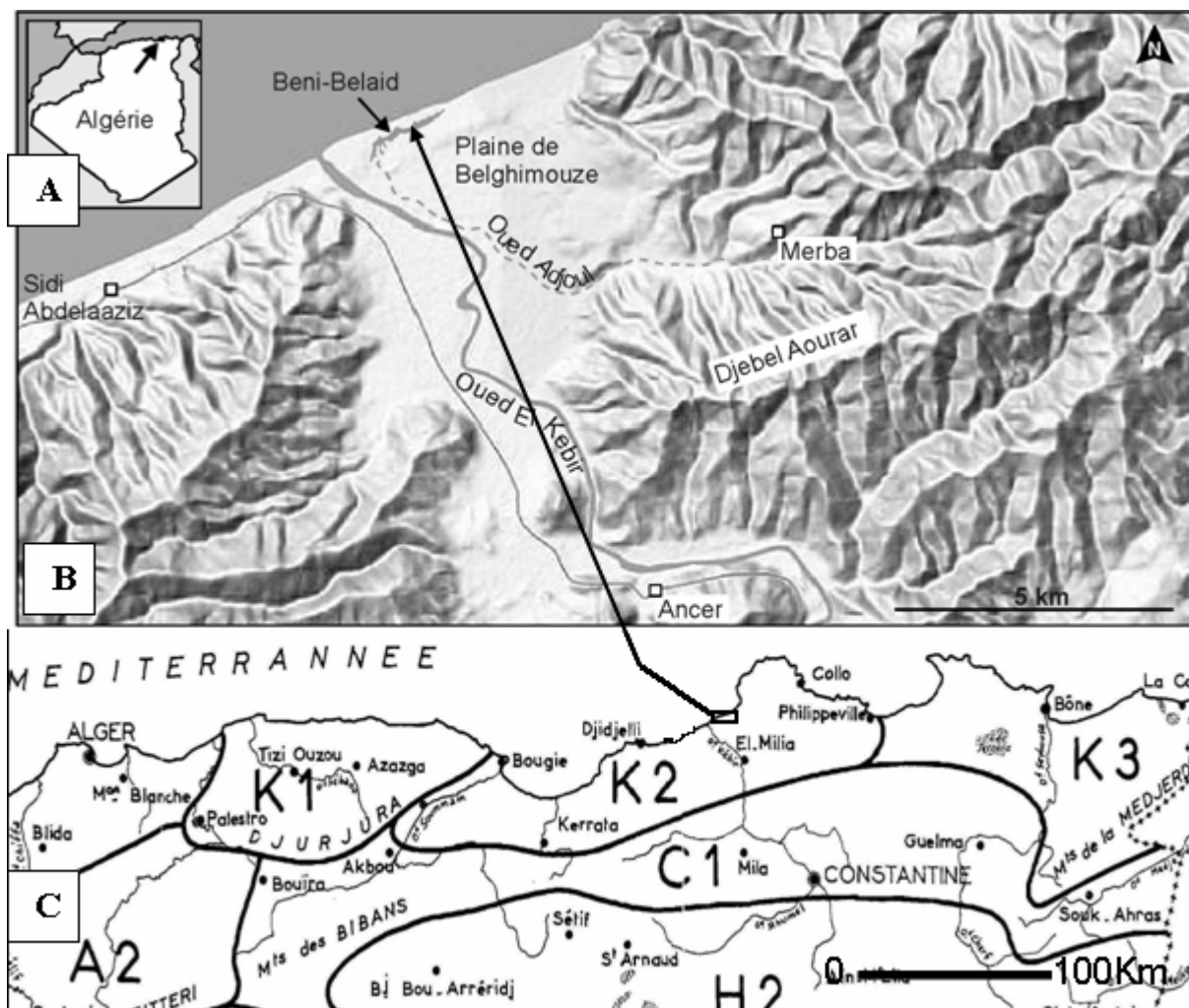


Figure 23. la zone humide de Beni-Belaid ; **A :** Situation géographique ; **B :** Orographie et réseau hydrographique ; **C :** Subdivisions phytogéographiques selon *Quézel & Santa 1962-63*.

IV.1.5. Situation géographique et rôle hydrologique régionale de la zone humide

La zone humide de Beni-Belaid ($36^{\circ}52'28''N$; $06^{\circ}67'42''E$; 2-3 m d'altitude ; (figure 23). Elle occupe une dépression endoréique parallèle au littoral méditerranéen, limitée au nord par la Méditerranée et au sud par des terrains agricoles. Elle est alimentée par les eaux de pluie, par les résurgences de la nappe phréatique et, par intermittence, par l'Oued Adjoul qui sillonne

diagonalement la plaine dans sa partie nord. Lors des crues de faible récurrence, peu dévastatrices, il se produit des débordements et des inondations qui constituent des marécages temporaires. Ce phénomène empêche l'exploitation agricole de décembre jusqu'en mars-avril. Le site a une grande importance sur le plan hydrologique : en période de faible pluviosité, il assure l'alimentation de l'aquifère de Belghimouze et en période de forte pluviosité, il participe à tamponner les crues, notamment par la rétention des eaux excédentaires de l'Oued Adjoul.

IV.1.6. Contexte écologique et particularité physionomique de la zone humide

D'abord un phénomène qui mérite d'être souligné, et qui constitue une forme de dégradation du site par les riverains, réside dans la multiplication anarchique de l'habitat rural. Car en plus de l'aspect inesthétique des architectures inadaptées (maisons en brique non blanchies, absence de toiture en tuiles...), le mitage du site risque de lui ôter une partie de sa valeur paysagère ; sans compter les nuisances qui peut générer ce type d'activité humaine à proximité du site (modification de l'habitat naturel, rejets d'eau usées, ordures ménagères etc...).

La zone humide est située entre deux cordons dunaires littoraux. Le substrat y est dominé par les sables (>95%). L'eau, d'un pH de 7,8, présente une conductivité moyenne de 600 $\mu\text{s}/\text{cm}$ (Bouldjedri et al.,2008). La proximité d'un tel écosystème dulçaquicole avec le littoral, tout en étant exceptionnelle, n'est pas un cas isolé dans le Maghreb, puisque de tels milieux sont connus au Maroc Atlantique Nord (lacs de Sidi Bou Rhaba et Merja Zerga (Ramdani et al., 2001) ; et dans le complexe humide d'Annaba-El Kala (Géhu et al.,1993 ; de Bélair, 2005 ; de Bélair,2008a,b).

La zone humide de Beni-Belaid représente en outre l'extrémité occidentale d'un ensemble de zones humides qui occupe les plaines littorales entre les Mogods (Tunisie) et la petite Kabylie (Algérie). Elle est constituée d'un plan d'eau libre d'une superficie de 10 ha, dont la profondeur varie entre 0.3 et 2.5 m. Ce lac est entouré par une ceinture de végétation palustre, composée d'*Alnus glutinosa*, *Bolboschoenus glaucus*, *Fraxinus angustifolia*, *Phragmites australis*, *Schoenoplectus litoralis*, *Tamarix gallica*, *Typha domingensis* et *Vitex agnus-castus*. Les hydrophytes sont représentés par des espèces libres comme *Ceratophyllum demersum* et *Lemna minor*, et des espèces radicales comme *Nymphaea alba*, *Persicaria amphibia* et *Potamogeton pectinatus*.

➤A l'extrémité ouest du lac, s'étend une peupleraie âgée à *Populus alba*, caractérisée par un sous-bois de *Nerium oleander*, *Rosa sempervirens*, *Rubus ulmifolius* et *Smilax aspera*. Un cordon dunaire sépare le lac de la Méditerranée ; depuis la ligne de rivage, on rencontre successivement des plages colonisées par *Cakile maritima* et *Salsola kali*, ces deux espèces très pionnières qui s'accommodent avantageusement des conditions extrêmes de mouvement des sables et absence momentanée de concurrence. Des dunes vives dominées par un couvert herbacé plus dense, caractérisé au printemps par *Calystegia soldanella*, et enfin, des dunes plus ou moins stabilisées,

dominées par *Eryngium maritimum*, *Chamaesyce peplis*, *Medicago marina*, *Achelia maritima*, *Pancratium maritimum*, *Phyla nodiflora*, et deux espèces très rares en Algérie *sensu* (Quézel & Santa 1962-1963), *Echinophora spinosa* et *Matthiola incana*, ne sont observées que sur ce site, du fait de leur disparition partout ailleurs. Elles sont menacées d'extinction.

Au bord du lac, sur la dune, se développe une ceinture ligneuse composée de *Rosa sempervirens*, *Rubus ulmifolius*, *Retama raetam* subsp. *bovei* et *Tamarix gallica*. Enfin, des populations de *Schoenoplectus littoralis* et *Iris pseudacorus*, souvent associés à *Bolboschoenus glaucus*, *Phragmites australis* et *Typha domingensis*, sont développées en plusieurs points du lac, sur des substrats vaseux en permanence inondés. Une ceinture discontinue de *Scirpoides holoschoenus* et *Juncus acutus* marque la limite des eaux permanentes. Du côté sud, à l'opposé de la dune littorale, le lac est bordé par une zone temporaire, entièrement asséchée en été et transformée alors en espace agricole pour les cultures saisonnières, et par un cordon dunaire consolidé couvert d'une végétation à base de *Retama raetam* subsp. *bovei*. Cette structuration complexe de la végétation témoigne de la grande diversité des conditions écologiques locales.

►L'Oued El-Kébir présente un couloir fluvial qui a un double aspect, aquatique et forestier, il constitue une source de renouvellement pour les populations végétales et animales implantées à proximité ainsi que celles occupant des milieux connexes ; d'autre part la présence de quelques boisements épars apporte une diversité importante, même si la fragmentation de ces milieux diminue leurs potentialités fonctionnelles.

►Les parcelles agricoles occupant ce secteur ne présentent qu'un faible intérêt sur le plan écologique. Ces terrains, sans cesse remaniés par l'activité agricole, ne sont occupés que par quelques espèces végétales peu remarquables ; ces groupements transitoires sont composés de plantes annuelles à croissance rapide, principalement estivale, on y rencontre entre autres les adventices des cultures comme *Lysimachia arvensis* (= *Anagalis arvensis*), *Lotus corniculatus* subsp. *preslii*, *L. subbiflorus*, *Glebionis segetum* (= *Chrysanthemum segetum*), *Xanthium strumarium*.

En résumé les particularités écologiques de la zone humide de Beni Belaid, d'après la classification *Ramsar*, comprend les 4 types de milieux suivants : - Cours d'eau permanent. - Lac d'eau douce permanent. - Marais d'eau douce saisonniers. - Systèmes dunaires.

IV.2. Plan d'échantillonnage et phase analytique de terrain

Pour la réalisation de ce travail, nous avons mis en place un plan d'échantillonnage systématique suivant une grille spatialement référencée, destiné à poursuivre deux objectifs majeurs **(i)** la distribution spatiale des composantes floristiques étudiées en rapport avec les pressions de perturbation ; **(ii)** l'évolution des peuplements floristiques dans le temps. Pour cela le

site a fait l'objet d'un échantillonnage systématique durant trois années consécutives (2003 à 2005), à raison de 4 campagnes par an (printemps, été, automne et hiver) sur 23 stations. Le recouvrement de chacune des 179 espèces floristiques observées a été estimé selon l'échelle de Braun-Blanquet (1932). La méthode consiste, dans une première étape à dresser la liste des plantes présentes sur la surface du relevé. Dans une deuxième étape un indice d'abondance-dominance, estimé selon une échelle d'indices variant de (+) à (5), est attribué à chaque espèce. Les indices traduisent la part de recouvrement de chaque espèce sur la surface du relevé. Ils permettent ainsi de déterminer la ou les espèces dominantes. A ce titre, l'indice 5 correspond à un recouvrement > 75 %, 4 correspond à 50-75 %, 3 correspond de 25-50 %, 2 correspond à 5-25 %, 1 correspond à 1-5 %, et enfin l'indice (+) correspond à un recouvrement très faible dû à la présence, au niveau de la surface du relevé, uniquement d'1 ou de quelques individus. A titre indicatif, les relevés phytoécologiques ont concernés les communautés phanérogamiques herbacées et ligneuses.

IV.2.1. Emplacement et forme des relevés

Le plan d'échantillonnage comportait des relevés ou stations floristiques réalisés selon la méthodologie sigmatiste Br-Blanquet, ces relevés sont soigneusement sélectionnés, toute autour du lac. La surface des relevés varie entre 15 et 25 m², elle constitue un compromis entre les paramètres d'homogénéité et de représentativité ; elle répond donc obligatoirement à la notion d'aire minimale. Ces stations floristiques sont choisies de manière permanente, distantes les unes des autres de 50 à 150 m, (figure 24) et les relevés sont ordonnés selon un axe orthogonale aux rivages autrement dit parallèlement aux gradients hydrologiques du site. Les relevés ont ainsi été effectués pour deux raisons : (1) D'abord c'est l'emplacement et la forme des relevés les mieux adaptés à l'étude des peuplements qui ont tendance à se répartir en ceintures parallèles aux rivages (Bouchon,1981). (2) Ensuite pour assurer une couverture exhaustive de tous les types d'habitats susceptible d'être mis en relation avec une modification écologique dans le site.

Bien qu'il soit recommandé d'effectuer des relevés de forme rectangulaire ou carrée ; dans notre pratique les surfaces sont rectangulaires. De plus lorsque la végétation est clairsemée et à populations fragmentées, c'est le cas de la végétation des stations 14-20 du côté Nord du lac dominées par le lido ; les relevés prennent une structure allongée (dimension linéaire), le rectangle est beaucoup plus long que large, il prend la forme d'un transect ou itinéraire recoupant les différentes situations, de façon à rendre compte au mieux de la variation observée et d'introduire les espèces qui ont un intérêt écologique local.

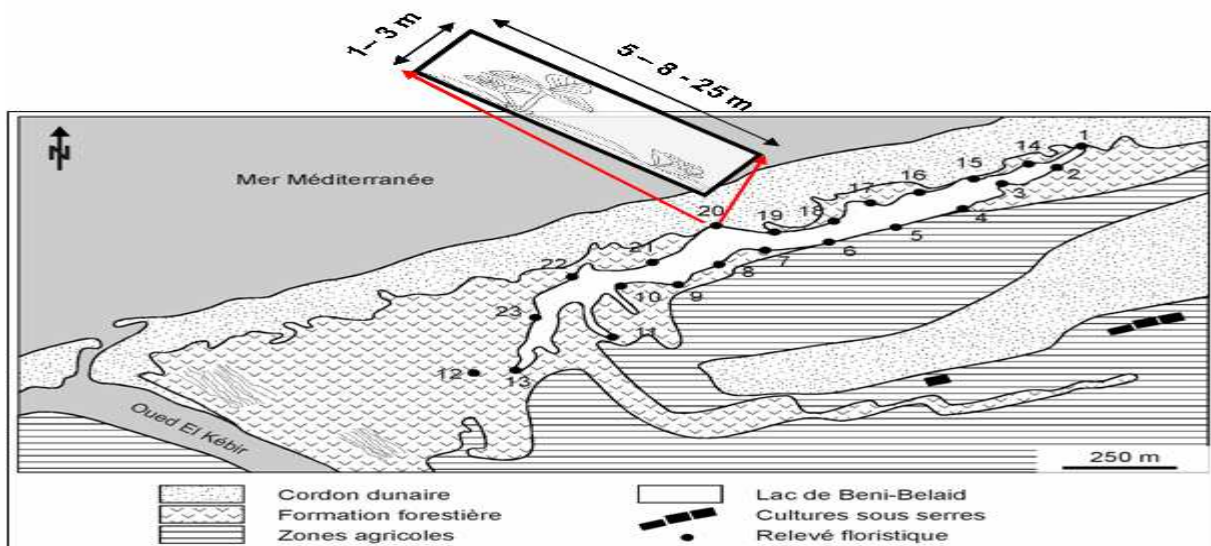


Figure 24. Plan d'échantillonnage du site ; en haut un exemple de relevé à la station 20 qui prend la forme de (transect).

IV.2.2. Identification des espèces

Des échantillons d'herbier ont été constitués, et les espèces récoltées ont été identifiées à l'aide des flores régionales classiques (Quézel & Santa 1962-63, Maire 1952-87, Pottier-Alapetite 1979-81). La nomenclature botanique respecte (Le Floc'h et al., 2010) et l'indexe synonymique de Dobignard (2010-12), ainsi que la flore numérique du site "Tela Botanica":(www.tela-botanica.org), (cf. Chap.II, § 4.1).

Pour étudier la variabilité ou la stabilité temporelle des structures spatiales, les mêmes stations sont généralement visitées à plusieurs reprises ; les changements saisonniers sont étudiés à l'échelle d'une année. Pour cela, certains auteurs n'effectuent qu'un prélèvement par saison (Jouffre et al.,1991 ; Jacobsen & Encalada, 1998).

IV. 3. Étude diachronique

La méthode diachronique, qui quantifie les changements survenus dans un écosystème pendant une période assez longue constitue l'approche scientifique la plus rigoureuse. Pour cela on a jugé utile de compléter notre étude actuelle, réalisée sur la base des relevés floristiques, par une étude diachronique des changements qui ont affecté la région de Beni-Belaid, selon un pas de temps adéquat dans un but d'apprécier efficacement les tendances dynamiques paysagères de la zone d'étude. Ce pas de temps est de 30ans pour les photos aériennes, et 23ans pour les images satellitaires.

IV.3.1. Source de données

L'analyse de l'évolution de l'occupation des terres et la caractérisation des principaux descripteurs du milieu qui président à la structure actuelle des communautés végétales ; sont basées sur l'interprétation des photographies des missions aériennes en noir et blanc datant de 1973 et 2004

(échelle 1/25000)(figure 27), obtenues auprès de l'institut national de cartographie. Ainsi que l'exploitation d'images satellitaires multispectrales de résolution 30 mètres, dont la première a été captée le 07/06/1987 par le satellite Landsat-TM «*Thematic Mapper*» ; la deuxième captée le 02/06/2000 par le Landsat-ETM «*Enhanced Thematic Mapper*» ; et la troisième captée le 11/04/2010 par le Landsat ETM. Les trois images ont été téléchargées auprès du site: <http://glovis.usgs.gov/>.

En complément aux images satellitaires, d'autres sources d'informations ont été utilisées, comme les cartes topographiques au 1/25000 de la région qui ont servi à géoréférencier et corrigé géométriquement les images de télédétection. Par la suite la détection des changements a été obtenue en comparant la classification des trois images au sein d'une matrice de contingence.

IV.3.2. Principe de la méthode

La méthodologie retenue repose sur une méthode de détection de changements communément utilisée, qui consiste à classifier les images de télédétection acquises à des dates différentes au dessus d'un même territoire et à comparer les résultats pour en extraire les changements. L'avantage de cette approche, c'est qu'elle permet d'obtenir un portrait complet de l'évolution progressive ou régressive du couvert végétal de la région d'étude à des dates différentes et d'identifier non seulement tous les pixels qui ont changé d'état entre les deux dates ; mais aussi la nature de ces changements. Cependant pour avoir des résultats optimaux ; cette méthode requiert que des prétraitements soient apportés aux différentes images pour les rendre plus comparables. Elles sont traitées par le logiciel *Multispec*. Les fichiers séparés (correspondant à chaque bande) sont groupés en un seul fichier multispectral, puis il y a extraction de la sous-image correspondant à la zone d'étude (selon les coordonnées suivantes : 36°08'2" à 36°08'9" N ; 6°07'9" à 6°07'15" E). Les bandes 3, 4 et 5 de chaque fichier multispectral ont été utilisées sous le même logiciel pour établir une classification non supervisée fondée sur l'algorithme ISODATA.

IV.4. Principe d'analyse numérique

IV.4.1. Méthodes d'ordination

Toutes les méthodes factorielles (ou d'ordination), s'appliquent au traitement de tableaux de données qui sont des tableaux rectangulaires à n lignes et p colonnes. Elles sont fondées sur la recherche d'axes factoriels, qui produisent essentiellement des visualisations graphiques (plans factoriels) des éléments à décrire.

IV.4.1.1. Saisie et traitement des relevés

Afin de déterminer la structure spatiale de la végétation ; les données floristiques ont été soumises à une analyse factorielle des correspondances (AFC). Cette analyse ordonne les taxons et les stations en fonction de leur profil ; elle permet de mettre en évidence des groupements ou

association d'espèces indépendamment de leur abondance. De même cette méthode revalorise le rôle des espèces de faible récurrence, qui peuvent avoir un intérêt du point de vue écologique.

Les relevés furent saisis et analysés sous le logiciel STATOS (Roux,1999); notons que les espèces arborescentes peu nombreuses n'ont pas été intégrées à l'analyse pour ne pas masquer l'évolution spatio-temporelle de la strate herbacée, ce qui nous permettra de mettre en exergue les différents gradients écologiques qui régissent la composition et la répartition des différents groupements végétaux de ce cortège dominé par les hémicryptophytes et les thérophytes. A souligner que notre AFC, a été appliquée aux variables taxons sur une matrice de données brutes représentant les espèces végétales par leur indices d'abondance-dominance de Br-Blanquet, ces variables ont été introduites sous forme de codes.

IV.4.1.2. Analyse discriminante (analyse inter-dates)

D'un autre coté une analyse discriminante (AD) a été réalisée, dans le but de caractériser la dynamique temporelle. Une première analyse est effectuée sur les années nous a pas permis de constater un effet temporel claire entre les trois années ; ce qui nous a amené à faire une analyse inter-saisons sur un tableau des moyennes des relevés bruts des trois années d'échantillonnage, l'analyse est effectuée à l'aide du logiciel et ADE-4 (Doledec & Chessel, 1987). Cette analyse a été basée en premier lieu sur la matrice de covariance issue d'une analyse en composantes principales (ACP).

Ces méthodes d'analyse permettent une séparation optimale des effets spatiaux et temporels souvent imbriqués entre eux ; en outre l'analyse inter-dates met l'accent sur ce qui différencie les classes en maximisant simplement la dispersion des centres de gravité par classe (Laroche et *al.*,1997).

IV.4.2. Principe des co-structures temporelles par des analyses de co-inertie inter-dates

Le principe de l'analyse de co-inertie recherche des axes orthogonaux sur lesquels la projection de points-échantillons présente la variance la plus importante possible. Ceci garantit la bonne représentation des données initiales sur les graphes (plans factoriels) qui seront construits. En maximisant la covariance, l'analyse de co-inertie maximise le produit de la corrélation par le produit des écarts-types des coordonnées sur les axes. Ceci garantit une bonne corrélation entre les axes, ainsi qu'un pourcentage de variance expliquée aussi élevé que possible.

Les données sont cumulées dans une matrice unique, comprenant la somme des espèces recensées sur les 23 relevés pendant les trois années d'échantillonnage (2003-2005), soit 23 relevés (colonnes) et 179 espèces (lignes). On note le nombre d'espèces par relevé varie entre 2 (relevé15 en hiver) et 51 espèces (relevés 4-9 au printemps) voir la matrice en annexe3.

L'analyse de co-inertie entre les 4 saisons représentées par quatre tableaux de 23 colonnes (relevés) et 179 lignes (espèces), (tableau des moyennes calculées par saisons sur les trois années d'échantillonnage), cette analyse permet d'étudier la co-structure temporelle saison-flore.



Chapitre V

Résultats & Discussion

Chapitre V : Résultats et discussion

V.1.Résultats

V.1.1. Dynamique, ambiance paysagères et occupation des terres

L'ambiance paysagère, bien que simple dans sa composition, cette entité renferme une richesse certaine qui permet de ressentir une ambiance basée sur le contraste. Orientée par la ligne du rivage de la mer et de l'étang, cette entité est naturellement structurée selon un axe Nord-Sud. Autrement dit l'axe directeur de l'entité est constitué par un enchaînement de rubans parallèles qui se succèdent de l'étang vers la mer (figure 25).

➤ La rive de l'étang qui est marquée par son bourrelet vert foncé de roseaux. Il est dominé ponctuellement par quelques tamaris qui imposent leur large et dense houppier.

➤ La bande arrière dunaire est remarquablement plane, elle n'autorise tout juste quelques élévations et ondulations. Ce relief quasi inexistant laisse le regard percer dans le lointain. Ainsi, l'oeil de l'observateur peut se promener librement sur cet espace de sable, au fond d'herbes jaunies sur lequel se détache la ponctuation de vigoureuses touffes de lentisque et ronce et rétama. La peupleraie séparant le lac de l'Oued El-Kébir, incarnant alors de remarquable point d'accroche pour l'œil. Enfin, la plage et le cordon dunaire mobile qui ondule de façon chaotique.

V.1.1.1. Analyse des images satellitaires

La composition colorée 7-5-3 ; nous a permis d'obtenir une image (figure25), qui nous montre les terrains inondés au moment de la prise de vue du satellite. Où on peut voir l'Oued El-kébir qui sillonne diagonalement la plaine de Belghimouze, et plusieurs marécages temporaires.



Figure25. Composition colorée 7-5-3, montre terrains inondés en bleu-noir et noir (image Landsat ETM, du 11/04/2010).

V.1.1.2. Résultats d'analyse des images satellitaires

Dans la région de Beni-Belaid coexistent des paysages variés ; les paysages agricoles de lisière forestière sont de plus très hétérogènes. Au total, 6 unités d'occupation des terres y ont été mises en évidence (tableau11), des sols nus au ripisylve en passant par les recrûs post-agricoles d'âge divers. L'analyse diachronique de l'évolution du paysage entre 1987 et 2010, montre une série de changements. Le tableau11 permet de comparer les unités entre elles aux trois dates soit deux périodes (1987-2000) et (2000-2010). C'est ainsi qu'entre 1987 et 2010, soit à 23 ans d'intervalle, l'occupation des terres se caractérise par une augmentation des surfaces des terres cultivées ; au détriment de la végétation arbustive et claire semée et la galerie forestière de la zone d'étude.

➤ Pour la période (1987-2000) ; soit 13 ans ; on constate une faible augmentation de la superficie des terres cultivées (2,5%) ; alors que la végétation arbustive claire semée a subi une nette régression (-5%) ; Il en est résulté une avancée du front agricole qui s'est traduite par un empiètement des champs cultivés sur les surfaces boisées (figure26). Malgré que cette première période coïncide avec les conditions sécuritaires très contraignantes des années 90 ; où toutes les activités agricoles sont limitées.

➤ Pour la période (2000-2010) ; soit une durée de 10ans, cette période est plus courte que la précédente, mais elle enregistre une importante évolution des superficies cultivées (+9%) au détriment des aires boisées (-4%). Cette progression rapide du front agricole durant cette période, s'explique d'abord par l'amélioration significative du climat sécuritaire ; et d'un autre côté par les programmes de soutien à l'agriculture lancés par l'état, à savoir le « PNDA » (Plan national de développement agricole), comme premier maillon d'une série d'actions constituant la politique agricole algérienne de la décennie 2000 ; ce programme financé par le « FNDA » a pour mission de donner un nouveau souffle à l'investissement agricole.

Le tableau11 et les cartes thématique de la figure26 et même les photographies aériennes de la figure27, montrent l'expansion agricole remarquable durant cette dernière période, qui est la cause principale du déboisement dans la zone de la peupleraie , avec les incendies volontaires très fréquents; et les défrichements agricoles. Il faut signaler que la dynamique du système de dunes, est due essentiellement à la fragilité du couvert végétale ; sujet à plusieurs contraintes (surpâturage, piétinement...) et aux vents dominants. On note aussi que la progression d'environ 50 ha de mer en 2010 est certainement un artéfact du au cadrage de l'image satellitaire. En effet malgré les insuffisances liées aux résolutions spatiale et temporelle ; cette étude diachronique nous a permis de suivre les formes et les périodes de mutation qui ont marqué la zone d'étude. En outre, du point de vue pédologique ; le sol de la zone humide de Beni-Belaid, offre deux types de substrats : du

sable dans la partie Nord et des sols alluvionnaire au Sud (limono-sableu) ; cette dualité pédologique a sans doute des conséquences sur la distribution de la végétation et sa densité.

Tableau 11. *Unités d'occupation des terres*

Unités d'occupation des terres	Superfi. en 1987 (Ha)	%	Superfi. En 2000 (Ha)	%	Dynamique	Superfi. En2010 (Ha)	%	Dynamique
Végétation claire semée arbustive	1356	28	1126	23	-5	956	20	-3
Terre cultivée (complexe : Champs -jachère)	1069	22	1188	24,5	+2,5	1625	33,5	+9
Sols nus (plages, dunes, routes...)	411	8,5	450	9	+0,5	398	8	-1
Galerie forestière	1314	27	1329	27,5	+0,5	1116	23	-4
Eaux douces (Oueds, lacs...)	116	2,4	159	3	+0,6	105	2	-1
Mer	584	12	590	12	0	641	13	+1
Total	4850	100	4842	100	+0,9	4840	100	+1

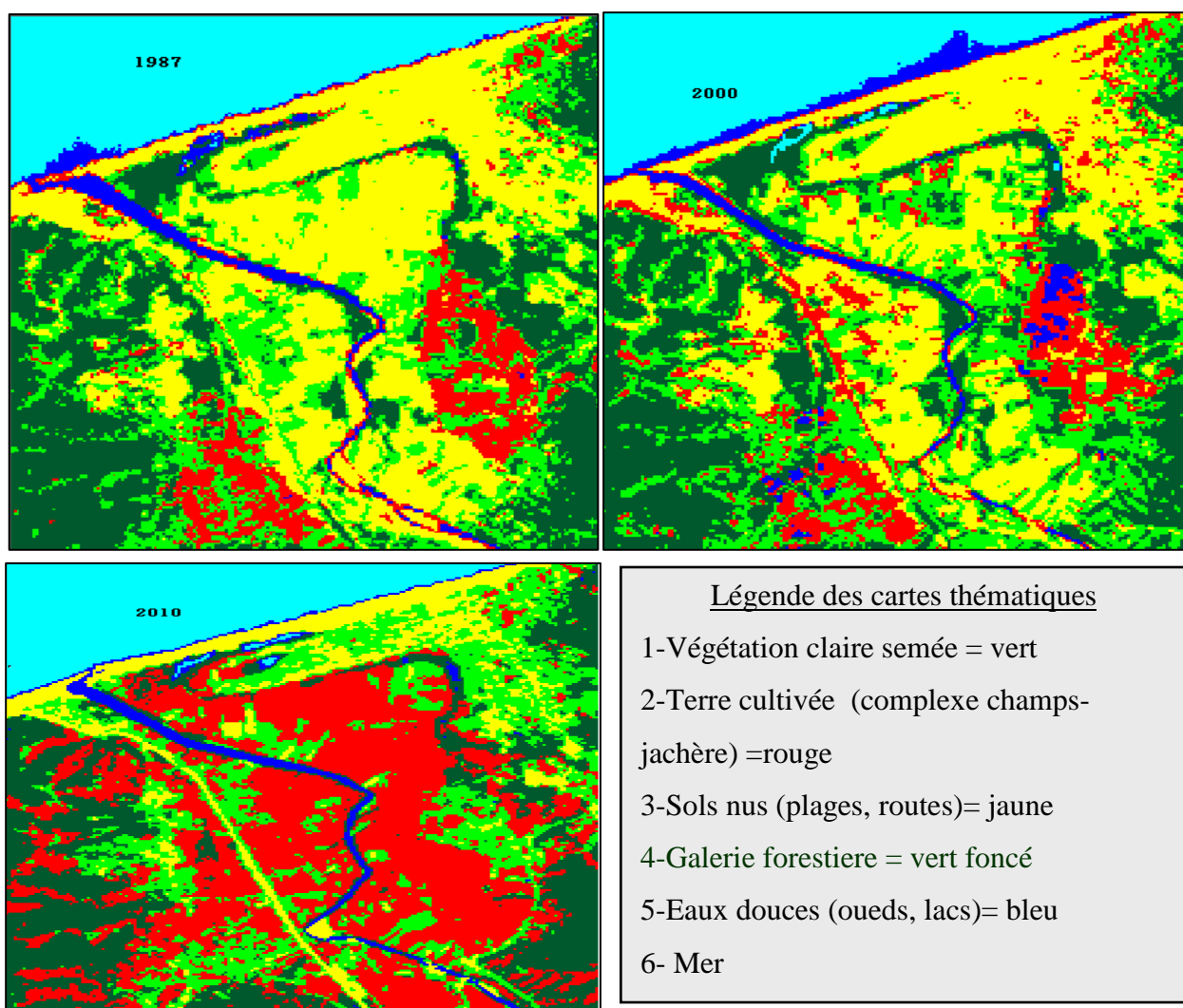


Figure26. *Evolution des entités d'occupation des terres pendant la période 1987-2010.*

Ainsi, sur les substrats sableux, on trouve des espèces psammophiles avec un recouvrement faible ; alors que sur les substrats alluvionnaires, la densité des peuplements est beaucoup plus importante et engendre un recouvrement important.

V.1.1.3. Résultat d'analyse des photos aériennes

Un paysage est rarement figé dans le temps. Il évolue en effet sans cesse sous une double dynamique naturelle et humaine. Pour mettre en évidence l'évolution paysagère du site, nous avons procédé à une analyse diachronique sur photographies aériennes.

Les photographies aériennes de la figure 27, montrent les nettes perturbations anthropiques depuis plus de 30 ans, qui ont affecté particulièrement la rive sud du lac ; elles confirment ce qui vient d'être exposé par l'analyse des images satellitaires.

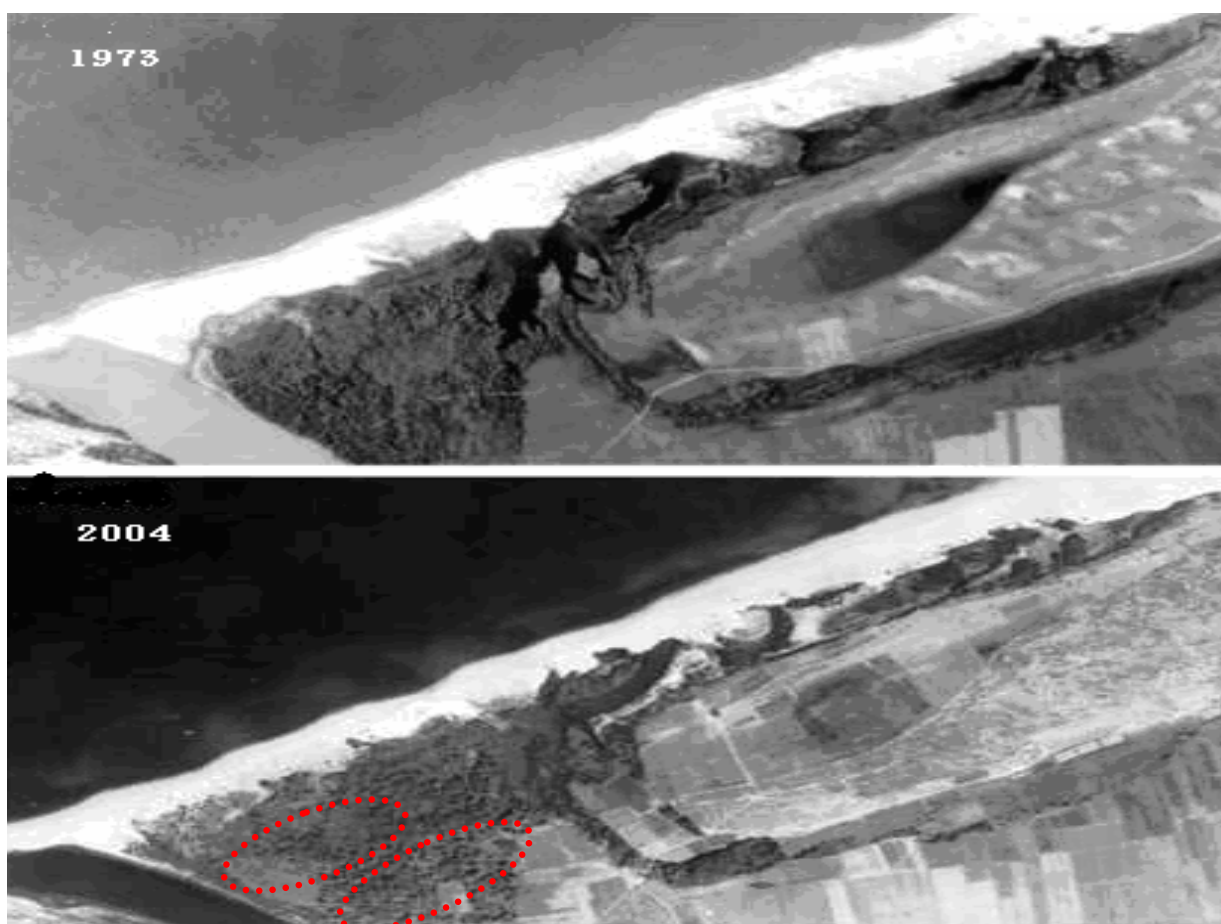


Figure 27. Photographies aériennes de la zone humide de Béni-Belaid (1973-2004) : source institut national de cartographie et télédétection –Alger.

La peupleraie a subi une dégradation importante, la prise de vue aérienne de 2004 montre que cette formation remarquable de la zone d'étude avait perdu sa densité par rapport à 1973 ; par des opérations de déboisement et de mise en culture. A cela il faut ajouter la nette augmentation des superficies cultivées, sous serre et en plein champs et une importante avancée des dunes de sable vers l'intérieur des terres ; comme il y a une réduction de la superficie du plan d'eau du lac (voir

photos en annexe2). De plus ces missions aériennes montrent une nette fragmentation des parties boisées avec l'octroi de superficies de cultures, comme on le voit sur la photo 2004, entouré en ellipse pointillée.

V.1.2. Résultats de l'analyse floristique

V.1.2.1. Composition de la végétation

L'inventaire de la flore de la zone humide de Beni-Belaid, établi par de Bélair & Samraoui (2000) et complété par notre prospection de ce milieu, révèle la présence locale de 188 espèces et sous espèces, ligneuses et herbacées (Tableau 12), appartenant majoritairement aux Asteraceae (22 espèces), aux Poaceae (20 espèces), aux Cyperaceae (16 espèces) et aux Fabaceae (14 espèces). Cette flore contient 32 taxons **rare ou menacés**, selon (Maire 1952-1987 ; Quézel & Santa 1962-63), soit environ **2%** de la flore rare du nord d'Algérie et **6%** de la flore rare du secteur K2 de la petite Kabylie.

Parmi les espèces rare *sensu* Quézel & Santa 1962, on a : *Calystegia soldanella* ; *Echinophora spinosa* ; *Nymphaea alba* et *Persicaria amphibia*, qui sont abondantes localement. Il faut noter que ces espèces considérées par Quézel et Santa, il y'a 50 ans comme rare à l'échelle nationale; actuellement elles trouvent leur apogée de développement à Ben-Belaid.

Par ailleurs, la comparaison des relevés a permis de distinguer des groupements végétaux aquatiques et amphibies :

➤-**les hydrophytes** représentés par : *Ceratophyllum demersum* ; *Myriophyllum spicatum* ; *Nymphaea alba* et l'espèce la plus abondante *Ludwigia peploides*.

➤- **les amphipytes** sont largement représentées avec par exemple les *Carex* ; *Cyperus*, *Iris pseudacorus* ; *Lycopus europeus*, *Phragmites australis* et *Typha domingensis*, ce dernier macrophyte et le plus abondant il a été observé sur les deux rives du lac aussi bien en milieu exandé qu'en milieu inondé.

➤-**les hygrophytes** sont représentées par le *Tamarix agricana* et *T. gallica*, les *lythrum*, les *mentha*, les *Juncus*, *Phylla nodiflora* cette dernière espèce forme de véritables prairies, c'est une espèce mellifère très appréciée par les abeilles.

➤- **les forêts hygrophiles** représenté par *populus alba*, suivi d'*Ulmus minor*, de *Fraxinus angustifolia* auxquelles il faut ajouter *Alnus glutinosa* en tous petits peuplements souvent incendiés, accompagnées d'un grand nombre de lianes à savoir : *Smilax aspera*, *Rubus ulmifolius*, *Rosa sempervirens*, et *Cynanchum acutum*.

➤-**les hygro-mésophiles des terres cultivées** ce groupement est dominé par *Xanthium strumarium* suivi par *Eryngium barrelieri*, *Crypsis alopecuroides*, *Scolymus hispanicus*.

➤-**les xérophiles dunaires**, on note plusieurs faciès : les uns dominés par *Achelia maritima*, *Lobularia maritima*, les autres par *Retama raetam* ou *Echinophora spinosa*.

Tableau 12 . Espèces recensées dans la zone humide de Beni-Belaid (en **gras** les noms retenus selon Dobignard & Chatelain2012 et Flore numérique de l'Afrique du Nord du site Tela Botanica). Ce tableau regroupe 188espèces = la matrice en annexe3 + 9 espèces notées par de Bélair & Samroui2000.

code	Espèce (Quèzel & Santa. 62-63)	Synonyme(s)	Famille	Origine biogéographique	Degré de rareté en Algérie selon Q.&S.	Types biologiques
Albu	<i>Alopecurus bulbosus</i> Gouan.		Poaceae	Médit.- atlantique	AC	Géophyte
Algl	<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.		Betulaceae	Paléotempérée	AR	Phanérophyte
Alpl	<i>Alisma plantago-aquatica</i> L	<i>A. plantago</i>	Alismataceae	Circumboréale	CC	Hélophyte
Alse	<i>Alternanthera sessilis</i> (L.) R.Br.		Amaranthaceae	Tropicale/subtrop.	RR	Thérophyte
Anar	<i>Anagallis arvensis</i> subsp. Parviflora (Hoff.&Link) Batt.	<i>Lysimachia arvensis</i>(L.)U.M.&An	Primulaceae	Cosmop./subcosmop.	CC	Thérophyte
Anit	<i>Anchusa azurea</i> Mill.	<i>A. italica</i> Retz.	Boraginaceae	Eurasiatique	CC	Hémicryptophyte
Anma	<i>Anthemis maritima</i> L.		Asteraceae	Médit- atlantique	AC (K1-2)	Chaméphyte
Anmo	<i>Anagallis arvensis</i> subsp <i>latifolia</i> (L.)Br.Bl.&Maire		Primulaceae	Subcosmopolite	C	Thérophyte
Apgr	<i>Apium graveolens</i> L.	(<i>A. palustre</i> Thore)	Apiaceae	Tropicale/subtrop.	C	Thérophyte
Asae	(<i>Asphodelus microcarpus</i> Salzm.et Viv.)	<i>A. aestivus</i> Brot, <i>A. ramosus</i> L.	Asphodelaceae	Médit- atlantique	CC	Géophyte
Ashi	<i>Asperula hirsuta</i> Desf.		Rubiaceae	Médit- atlantique	CC	Hémicryptophyte
Atli	<i>Atriplex littoralis</i> L.		Chenopodiaceae	Eurasiatique		Thérophyte
Atp	<i>Atriplex hastata</i> Auct.	<i>Atriplex prostrata</i> DC.	Chenopodiaceae	Circumboréale	AC	Thérophyte
Bara	<i>Echinodorus ranunculoides</i>	<i>Baldellia ranunculoides</i>(L.) Parl.	Alismataceae	Médit- atlantique	AC	Hélophyte
Bean	<i>Bellis annua</i> L. subsp. <i>Annua</i>		Asteraceae	Circum-médit.	CC	Thérophyte
Besy	<i>Bellis sylvestris</i> Cirillo.		Asteraceae	Circum-médit.	C	Hémicryptophyte
Bira	<i>Biscutella raphanifolia</i> Poiret	<i>B. radicata</i>	Brassicaceae	Endémique Af.N	AR	Hémicryptophyte
Blpe	<i>Blackstonia perfoliata</i> (L.) Huds. subsp. <i>perfoliata</i>		Gentianaceae	Circum-médit.	RR(k2-3)	Thérophyte
Bogl	<i>Scirpus maritimus</i> Auct.	<i>Bolboschoenus glaucus</i> (Lam.) S.G. Smth	Cyperaceae	Cosmop./subcosmop	CC	Hélophyte
Boof	<i>Borago officinalis</i> L.		Boraginaceae	Médit- atlantique	CC	Thérophyte
Brse	<i>Bromus secalinus</i> L.		Poaceae	Circumboréale	C	Thérophyte
Brsq	<i>Bromus squarrosus</i> L.		Poaceae	Paléotempérée	C	Thérophyte
Brsy	<i>Brachypodium sylvaticum</i> (Huds.) P.Beauv.		Poaceae	Médit- atlantique	C	Hémicryptophyte

Caco	<i>Carlina corymbosa</i> var. <i>involutrata</i> (Poir.)Boiss.	<i>C. involucrata</i> Poir.	Asteraceae	Eurasiatique	C	Hémicryptophyte
Cadis	<i>Carex distans</i> L. subsp. distans		Cyperaceae	Paléotempérée	C	Hémicryptophyte
Cadiv	<i>Carex divisa</i> Huds.		Cyperaceae	Médit- atlantique	C	Hémicryptophyte
Cafl	<i>Carex flacca</i> Schreb. subsp. flacca		Cyperaceae	Cosmop./subcosmop.	AC	Hémicryptophyte
Cama	<i>Cakile aegyptia</i> (L.) Maire &Weiller.	<i>C. maritima</i> Scop. subsp. maritima	Brassicaceae	Euromedit.	AR	Thérophyte
Canu	<i>Carduus nutans</i> subsp. numidicus (Coss.&Dur.) Arènes	<i>C. numidicus</i> Dur.	Asteraceae	Endémique algérienne	AR	Thérophyte
Cari	<i>Scleropoa rigida</i> (L)Gris	<i>Catapodium rigidum</i> (L.) C.E.Hubb. subsp. rigidum	Poaceae	Eurasiatique	CC	Thérophyte
Case	<i>Calystegia sepium</i> (L.) R.Br.subsp. sepium		Convolvulaceae	Paléotempérée	C	Hémicryptophyte
Caso	<i>Calystegia soldanella</i> (L.) R.Br.	<i>Convolvulus soldanella</i> L.	Convolvulaceae	Cosmop./subcosmop.	RR	Géophyte
Casp	<i>Calycotome spinosa</i> (L.) Link.	<i>Calicotome spinosa</i> (L.)Link	Fabaceae	Médit- atlantique	CC	PhanérophYTE
Cast	<i>Carex divulsa</i> Stokes subsp. divulsa		Cyperaceae	Eurasiatique	C	Hémicryptophyte
Casy	<i>Carex sylvatica</i> Huds. Subsp. sylvatica		Cyperaceae	Eurasiatique	R	Hémicryptophyte
Cavu	<i>Carex vulpina</i> L.	<i>C. glomerabilis</i> Krec.	Cyperaceae	Paléotempérée	AR	Hémicryptophyte
Ceca	<i>Centaurium candelabrum</i> Lindb.f.	<i>C. pulchellum</i> subsp. grandiflorum (Batt.)Maire	Gentianaceae	Paléotempérée	R	Thérophyte
Cede	<i>Ceratophyllum demersum</i> L.		Ceratophyllaceae	Cosmop./subcosmop.	C	Hydrophyte
Cegl	<i>Cerastium glomeratum</i> Thuill.		Caryophyllaceae	Cosmop./subcosmop.	C	Thérophyte
Cena	<i>Centaurea napifolia</i> L.		Asteraceae	Médit- atlantique	CC	Thérophyte
Cesp	<i>Centaurea sphaerocephala</i> L.		Asteraceae	Circum-médit.	CCC	Hémicryptophyte
Chju	<i>Chondrilla juncea</i> L.		Asteraceae	Eurasiatique	CC	Thérophyte
Chma	<i>Urginea maritima</i> var. numidica (Jord. & Fourr.)Maire&Weiller	<i>Drimia numidica</i> (Jord.& Four.)J.C.Man.&Gol <i>Charybdis numidica</i> (Jord.& Four.)Septa.	Hyacinthaceae	Endémique Algéro.Tunisienne	C	Géophyte
Chmi	<i>Chamaemelum mixtum</i> (L.) All.	<i>Anthemis mixta</i>L., <i>Ormenis mixta</i> L.Dmort.	Asteraceae	Circum-médit.	R	Thérophyte
Cien	<i>Cichorium intybus</i> L. subsp. pumilum (Jacq)Ball.	<i>C. endivia</i> L. subsp. pumilicum(Jacq)Cout	Asteraceae	Eurasiatique	CC	Thérophyte
Cisc	<i>Cirsium scabrum</i> (Poir.)		Asteraceae	Médit- atlantique	CC	Hémicryptophyte

Bonnet & Baratte					
Clci	<i>Clematis cirrhosa</i> L.		Ranunculaceae	Circum-médit.	C Phanérophyte
Coco	<i>Cotula coronopifolia</i> L.		Asteraceae	Introduite (Afrique australe)	Adventice invasive à la Calle Thérophyte
Coju	<i>Coronilla juncea</i> L. subsp. <i>juncea</i>		Fabaceae	Circum-médit.	C Chaméphyte
Cral	<i>Crypsis alopecuroides</i> (Piller & Mitterp.) Schrad.		Poaceae	Paléotempérée	AR Thérophyte
Crta	<i>Crataegus oxyacantha</i> subsp. <i>monogyna</i> (Jacq.) Rouy. & Camus	<i>C. monogyna</i> Jacq.	Rosaceae	Eurasiatique	C Phanérophyte
Cuep	<i>Cuscuta epithimum</i> L.		Cuscutaceae	Cosmop./subcosmopo.	CC Thérophyte
Cuma	<i>Cutandia maritima</i> (L.) Benth.	<i>Scleropoa maritima</i> (L.) Parl	Poaceae	Circum-médit.	AC Thérophyte
Cyac	<i>Cynanchum acutum</i> L.		Asclepiadaceae	Eurasiatique	CC Hémicryptophyte
Cyca	<i>Cyperus kalli</i> (Forsk.) Murb	<i>C. capitatus</i> Vand.	Cyperaceae	Médit- atlantique	C Hémicryptophyte
Cycl	<i>Cynoglossum clandestinum</i> Desf.		Boraginaceae	Médit- atlantique	CC Hémicryptophyte
Cyda	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.		Poaceae	Cosmop./subcosmopo.	CC Chamae/Géophyte
Cyer	<i>Cyperus eragrostis</i> Lam.		Cyperaceae	Introduite (Amérique)	Natu/Introd. Géophyte
Cyfu	<i>Cyperus fuscus</i> L.		Cyperaceae	Paléotempérée	CC Thérophyte
Cyla	<i>Cyperus laevigatus</i> L. var. <i>distachyos</i> (All.) Coss. & Durand		Cyperaceae	Tropicale/subtropicale	C Hémicryptophyte
Cylo	<i>Cyperus longus</i> L. subsp. <i>badius</i> (Desf.) Bonnier & Layens		Cyperaceae	Tropicale/subtrop.	CC Hémicryptophyte
Cymo	<i>Cytisus monspessulanus</i> L.	<i>Genista monspessulana</i> (L.) L.A.S. Johnson <i>Teline monspessulana</i> (L.) Koch.	Fabaceae	Circum-médit.	AC Phanérophyte
Daca	<i>Daucus carota</i> subsp. <i>carota</i> (L.) Thell.		Apiaceae	Circum-médit.	AC Hémicryptophyte
Dagn	<i>Daphne gnidium</i> L.		Thymelaeaceae	Circum-médit.	C Phanérophyte
Depe	<i>Delphinium peregrinum</i> L.		Ranunculaceae	Circum-médit.	AC Thérophyte
Difu	<i>Dipsacus sylvestris</i> Mill.	<i>D. fullonum</i> L	Dipsacaceae	Eurasiatique	CC Hémi/Thérophyte
Ecspp	<i>Echinops spinosus</i> L. subsp. <i>bovei</i> (Boiss.) Murb.	<i>E. bovei</i> Boiss.	Asteraceae	Tropicale/subtrop.	CC Hémicryptophyte
Ecspi	<i>Echinophora spinosa</i> L.		Apiaceae	Eurasiatique	RR (A1, enK3 non revue à la Calle) Hémicryptophyte
Elfa	<i>Agropyron junceum</i> (L.) B.P. <i>Elymus farctus</i> (Viv.) Runemark subsp. <i>farctus</i> ,	<i>Elytrigia juncea</i> subsp. <i>juncea</i> (L.) Nevski.	Poaceae	Médit/atlantique	C Hémicryptophyte
Elpa	<i>Eleocharis palustris</i> (L.) Roem. & Schult.	<i>Heleocharis palustris</i> L.	Cyperaceae	Cosmop./subcosmo.	CC Hélophyte

Elre	<i>Agropyron repens</i> (L.)P.Beauv.	<i>Elymus repens</i> (L.) Gould	Poaceae	Circumboréale	RR(AS1)	Hémicryptophyte
Eqra	<i>Equisetum ramosissimum</i> Desf.		Equisetaceae	Circumboréale	CC	Hémicryptophyte
Erma	<i>Eryngium maritimum</i> L.		Apiaceae	Eurasiatique	C	Hémicryptophyte
Erpu	<i>Eryngium barrelieri</i> Boiss.	<i>E. pusillum</i> L.	Apiaceae	Circum-médit.	R	Hémicryptophyte
Ertr	<i>Eryngium tricuspdatum</i> subsp. <i>bovei</i> (Boiss)Batt.	<i>E. tricuspdatum</i> subsp. <i>bovei</i> (Boiss)Breton	Apiaceae	Médit- atlantique	CC	Hémicryptophyte
Euhi	<i>Euphorbia hirsuta</i> L.	<i>E. pubescens</i> Vahl.	Euphorbiaceae	Circum-médit.	CC	Hémicryptophyte
Eupa	<i>Euphorbia paralias</i> L.		Euphorbiaceae	Médit- atlantique	C	Chaméphyte
Eupe	<i>Euphorbia peplis</i> L.	<i>Chamaesyce peplis</i> (L.) Prokh	Euphorbiaceae	Médit- atlantique	AC	Thérophyte
Feel	<i>Festuca elatior</i> L.	<i>F. arundinacea</i> Schreb. <i>Schedonorus arundinaceus</i> (Schreb.) Dumort.	Poaceae	Circumboréale	C	Hémicryptophyte
Fica	<i>Ficus carica</i> L.		Moraceae	Circum-médit.	C	Phanérophyte
Fipy	<i>Evax pygmaea</i> L.	<i>Filago pygmaea</i> L.	Asteraceae	Circum-médit.	CCC	Thérophyte
Fran	<i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl.	<i>F. angustifolia</i> subsp. <i>oxycarpa</i> (Willd.) <i>Franco&RochaAfonso</i>	Oleaceae	Eurasiatique	C	Phanérophyte
Gapa	<i>Galium palustre</i> L. var. <i>elongatum</i> (C.Presl) Lange	<i>Galium elongatum</i> J.Presl.&C.Presl.	Rubiaceae	Eurasiatique	C	Hémicryptophyte
Gato	<i>Galactites tomentosa</i> Moench	<i>G. elegans</i> (All.) Soldano. <i>G.tomentosus</i> Moenc.	Asteraceae	Circum-médit.	CCC	Thérophyte
Gedi	<i>Geranium dissectum</i> L.		Geraniaceae	Eurasiatique	R	Hémicryptophyte
Glfl	<i>Glaucium flavum</i> Crantz.		Papaveraceae	Circum-médit.	C	Hémicryptophyte
Glse	<i>Chrysanthemum segetum</i> L.	<i>Glebionis segetum</i> (L.) Fourr.	Asteraceae	Cosmop./subcosmop.	CC	Thérophyte
Heco	<i>Hedysarum coronarium</i> L.		Fabaceae	Circum-médit.	C à R	Hémicryptophyte
Hecr	<i>Apium crassipes</i> (W.D.J.Koch)Rchb.f.	<i>Helosciadium crassipes</i> W.D.J. Koch ex Rchb.	Apiaceae	Ouest-médit.	RR(A1,K2, K3)	Hémicryptophyte
Hehe	<i>Hedera helix</i> subsp. <i>canariensis</i> (Wil.)Maire	<i>H. algériensis</i>	Araliaceae	Endémique algéro-tunisienne	CC	Phanérophyte
Hyhi	<i>Andropogon hirtus</i> L.	<i>Hyparrhenia hirta</i> (L.) Stapf.	Poaceae	Tropicale/subtrop.	CC	Hémicryptophyte
Hyto	<i>Hypericum tomentosum</i> L.		Hypericaceae	Médit- atlantique	CC	Hémicryptophyte
Invi	<i>Inula viscosa</i> (L)Ait.	<i>Dittrichia viscosa</i> (L.) Greuter	Asteraceae	Circum- médit.	CC	Chaméphyte
Irfo	<i>Iris foetidissima</i> L.		Iridaceae	Médit- atlantique	C à R	Hémicryptophyte
Irps	<i>Iris pseudacorus</i> L.		Iridaceae	Eurasiatique	C	Géophyte
Juac	<i>Juncus acutus</i> L.		Juncaceae	Cosmop./subcosmop	CC	Géophyte
Juar	<i>Juncus articulatus</i> L.	<i>J. lamprocarpus</i> Rchb	Juncaceae	Circumboréale	C	Hémicryptophyte

Jubu	<i>Juncus bufonius</i> L.		Juncaceae	Cosmop./subcosmop	C	Thérophyte
Juef	<i>Juncus effusus</i> L.		Juncaceae	Europienne	AC	Géophyte
Juin	<i>Juncus inflexus</i> L.		Juncaceae	Tropi/subtrop.(Paleotemp)	C	Hémicryptophyte
Juox	<i>Juniperus oxycedrus subsp. macrocarpa</i> (Sibth.&Sm.)Neil		Cupressaceae	Circum-médit	C	Phanérophyte
Laov	<i>Lagurus ovatus</i> L.		Poaceae	Médit- atlantique	CC	Thérophyte
Lemi	<i>Lemna minor</i> L.		Lemnaceae	Cosmop./subcosmop.	C	Hydro(Hss/Heloph.
Loco	<i>Lotus corniculatus</i> subsp. <i>decumbens</i> (Poir.)Briq.	<i>L. corniculatus</i> L. subsp. <i>preslii</i> (Ten.) P.Fourn	Fabaceae	Eurasiatique	AC	Hémicryptophyte
Lohi	<i>Lotus hispidus</i> Desf.	<i>L. subbiflorus</i> Lag.	Fabaceae	Médit- atlantique	AC	Thérophyte
Loma	<i>Lobularia maritima</i> (L.) Desv.	<i>Alyssum maritimum</i> (L)Lam.	Brassicaceae	Circum-médit.	CC	Hémicryptophyte
Lomu	<i>Lolium multiflorum subsp. multiflorum</i>		Poaceae	Circum-médit.	C	Thérophyte
Loor	<i>Lotus ornithopodioides</i> L.		Fabaceae	Circum-médit.	C	Thérophyte
Lupe	<i>Jussieua repens</i>	<i>Ludwigia peploides</i> (Kunth) P.H.Raven	Oenotheraceae	Introduite (Amérique)	R	Hémicrypto/Helop.
Lyeu	<i>Lycopus europaeus</i> L.		Lamiaceae	Circumboréale	AR	Hélophyte
Lyhy	<i>Lythrum hyssopifolia</i> L.		Lythraceae	Cosmop./subcosmop.	CC	Thérophyte
Lyju	<i>Lythrum junceum</i> Ban. & Sol.	<i>L. graefferi</i> Ten.	Lythraceae	Circum-médit.	CC	Hémicryptophyte
Lysa	<i>Lythrum salicaria</i> L.		Lythraceae	Cosmop./subcosmop.	C	Hémicryptophyte
Main	<i>Matthiola incana</i> (L.) R.Br.		Brassicaceae	Eurasiatique	RR	Hémicryptophyte
Meaq	<i>Mentha aquatica</i> L.		Lamiaceae	Paléotempérée	AR	Hémicryptophyte
Mema	<i>Medicago marina</i> L.		Fabaceae	Circum-médit.	AC	Hémicryptophyte
Mepu	<i>Mentha pulegium</i> L.		Lamiaceae	Eurasiatique	AC	Hémicryptophyte
Mesu	<i>Mentha rotundifolia</i> L.	<i>M. suaveolens</i> Ehrh.	Lamiaceae	Médit. - atlantique	CC	Hémicryptophyte
Mysp	<i>Myriophyllum spicatum</i> L.		Haloragidaceae	Circumboréale	AC	Hydro(HHs)/Géo/Hélophyte
Nata	<i>Narcissus tazetta</i> L.		Amaryllidaceae	Eurasiatique	C	Géophyte
Neol	<i>Nerium oleander</i> L.		Apocynaceae	Circum-médit.	CC	Phanérophyte
Nyal	<i>Nymphaea alba</i> L.		Nymphaeaceae	Eurasiatique	RR:K3,K2	Hydro.(HHn)/Géo.
Oefi	<i>Oenanthe fistulosa</i> L.		Apiaceae	Eurasiatique	CC	Hémicryptophyte
Onpe	<i>Scilla peruviana</i> L.	<i>Oncostema peruviana</i> (L.) Speta	Hyacinthaceae	Médit- atlantique	C	Géophyte
Onva	<i>Ononis variegata</i> L.		Fabaceae	Circum-médit.	C	Hémicryptophyte
Orpy	<i>Ornithogalum pyramidale</i> L.	<i>Locomelos narbonensis</i> (L.)Raf.	Hyacinthaceae	Circum-médit.	AC	Géophyte
Otma	<i>Diotis maritima</i> (L) Sm.	<i>Achelia maritima</i> (L.) Ehrend.&Y.P.Guo.	Asteraceae	Médit.- atlantique	AC	Hémicryptophyte
Paar	<i>Paronychia argentea</i> Lam.		Caryophyllaceae	Circum-médit.	C	Hémicryptophyte

Padi	<i>Paspalum distichum</i> L.	<i>P. paspalodes</i> (Michx) Scribn	Poaceae	Tropicale/subtrop.	R	Hémicryptophyte
Pama	<i>Pancratium maritimum</i> L.		Amaryllidaceae	Circum-médit.	C	Géophyte
Pare	<i>Panicum repens</i> L.		Poaceae	Tropicale/subtrop.	C	Hémicryptophyte
Pavi	<i>Parentucellia viscosa</i> (L.) Caruel		Scrophulariaceae	Eurasiatique	CC	Thérophyte
Peam	<i>Polygonum amphibium</i> L.	<i>Persicaria amphibia</i> (L.) Gray	Polygonaceae	Eurasiatique	R	Hydrophyte(HHj)
Phau	<i>Phragmites communis</i> Trin.	<i>P. australis</i> (Cav.)Steud.	Poaceae	Cosmop./subcosmo.	C	Géophyte
Phmi	<i>Phalaris minor</i> Retz.		Poaceae	Tropicale/subtrop.	C	Thérophyte
Phno	<i>Lippia nodiflora</i> Rich.	<i>Phyla nodiflora</i> (L.) Greene	Verbenaceae	Introduite (Amérique)	AR	Hémicryptophyte
Pile	<i>Pistacia lentiscus</i> L.		Anacardiaceae	Circum-médit.	CC	Phanérophyte
Pllag	<i>Plantago lagopus</i> L.		Plantaginaceae	Circum-médit.	CC	Thérophyte
Pllan	<i>Plantago lanceolata</i> L.		Plantaginaceae	Circum-médit.	AC	Hémicryptophyte
Plma	<i>Plantago major</i> L.		Plantaginaceae	Eurasiatique	CC	Thérophyte
Plse	<i>Plantago serraria</i> L.		Plantaginaceae	Médit.- atlantique	CC	Hémicryptophyte
Poal	<i>Populus alba</i> L.		Salicaceae	Paléotempérée	CC	Phanérophyte
Poma	<i>Polygonum maritimum</i> L.		Polygonaceae	Cosmop./subcosmo.	AC	Hémicryptophyte
Poma	<i>Polyogon maritimus</i> Willd.		Poaceae	Eurasiatique	C	Thérophyte
Pope	<i>Potamogeton pectinatus</i> L.		Potamogetonaceae	Cosmop./subcosmopo.	AC	Hydro.(HHj)/Helo.
posa	<i>Polygonum salicifolium</i> Brouss. ex willd	<i>Persicaria decipiens</i> (R.Br)K.L.Wilson Assenov.	Polygonaceae	Tropicale/subtrop.	AC	Hémicryptophyte
Prvu	<i>Prunella vulgaris</i> L.		Lamiaceae	Eurasiatique	AR	Hémicryptophyte
Ptaq	<i>Pteris aquilina</i> L.	<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	Dennstaedtiaceae	Cosmop./subcosmop.	C	Hémicryptophyte
Pudy	<i>Pulicaria dysenterica</i> (L.) Bernh.		Asteraceae	Eurasiatique	C	Hémicryptophyte
Raba	<i>Ranunculus baudotii</i> Godr.	<i>R. pelatus</i> subsp. <i>baudotii</i> (Godr.) C.D.K.Cook	Ranunculaceae	Cosmop./subcosmop.	CC	Hélophyte
Rabu	<i>Ranunculus bulbosus</i> L.		Ranunculaceae	Eurasiatique	R	Géophyte
Rasc	<i>Ranunculus sceleratus</i> L.		Ranunculaceae	Paléotempérée	R	Thérophyte
Real	<i>Reseda alba</i> L. subsp. <i>alba</i>		Resedaceae	Eurasiatique	AC	Hémicryptophyte
Rera	<i>Retama. monosperma</i> subsp. <i>Bovei</i> (Spach)M.	<i>R. raetam</i> subsp. <i>bovei</i> (Spach) Talav. & Gibbs	Fabaceae	Médit.- atlantique	AC à R:Bone	Phanérophyte
Rose	<i>Rosa sempervirens</i> L.		Rosaceae	Circum-médit.	AC	Phanérophyte
Ruco	<i>Rumex conglomeratus</i> Murray		Polygonaceae	Cosmopolite/subcosmo.	C	Hémicryptophyte
Rupa	<i>Rumex palustris</i> Sm.		Polygonaceae	Eurasiatique	RR	Hémicryptophyte
Rupe	<i>Rubia peregrina</i> L.		Rubiaceae	Médit.- atlantique	CC	Phanérophyte
Ruul	<i>Rubus ulmifolius</i> Schott.		Rosaceae	Eurasiatique	C	Phanérophyte

Saka	<i>Salsola kali</i> L.		Chenopodiaceae	Paléotempérée	C	Thérophyte
Sami	<i>Sanguisorba minor</i> Scop.		Rosaceae	Eurasiatique	AC	Hémicryptophyte
Sava	<i>Samolus valerandi</i> L.		Primulaceae	Cosmopolite	CC	Hémicryptophyte
Scat	<i>Scabiosa atropurpurea</i> L. <i>subsp. maritima</i> (L.) Arcang	<i>Sixalix atropurpurea subsp. maritima</i> (L.) Greuter & Burdet	Dipsacaceae	Circum-médit.	CC	Hémicryptophyte
Schi	<i>Scolymus hispanicus</i> L.		Asteraceae	Circum-médit.	CC	Hémicryptophyte
Scho	<i>Scirpus holoschoenus</i> L.	<i>Scirpoides holoschoenus</i> (L.) Soj.	Cyperaceae	Paléotempérée	CC	Hélophyte
Scli	<i>Scirpus litoralis</i> Schrad.	<i>Schoenoplectus litoralis</i> (Schrad.) Palla	Cyperaceae	Tropicale/subtrop.	AC	Hélophyte
Seer	<i>Senecio erraticus</i> Bertol.	<i>Jacobaea erratica</i> (Bertol.) Fourr.	Asteraceae	Eurasiatique	CC	Thérophyte
Shar	<i>Sherardia arvensis</i> L.		Rubiaceae	Eurasiatique	CC	Thérophyte
Siar	<i>Sinapis arvensis</i> L.		Brassicaceae	Paléotempérée	AC	Thérophyte
Sico	<i>Silene coelirosa</i> (L.) Godr.	<i>S. coeli-rosa</i>	Caryophyllaceae	Médit.- atlantique	C	Thérophyte
Sini	<i>Silene nicaeensis</i> All.	<i>S. arenicola</i> C.Presl	Caryophyllaceae	Circum-médit.	C	Hémicryptophyte
Smas	<i>Smilax aspera</i> L.		Smilacaceae	Médit.- atlantique	C	Phanérophyte
Taaf	<i>Tamarix africana</i> Poiret.		Tamaricaceae	W.médit	CC	Phanérophyte
Taga	<i>Tamarix gallica</i> L.		Tamaricaceae	Tropicale/subtrop.	CC	Phanérophyte
Tesc	<i>Teucrium scordioides</i> Schreb.	<i>T. scordium</i> L. subsp. <i>scordioides</i> (Schreb.) Arcang.	Lamiaceae	Circum-médit.	C	Hémicryptophyte
Toar	<i>Torilis arvensis</i> (Huds.) Link		Apiaceae	Paléotempérée	CC	Thérophyte
Trca	<i>Trifolium campestre</i> Schreb.		Fabaceae	Paléotempérée	CC	Thérophyte
Trcae	<i>Trachelium caeruleum</i> L.		Campanulaceae	W.médit	C	Hémicryptophyte
Trrep	<i>Trifolium repens</i> L.		Fabaceae	Circumboréale	C	Thérophyte
Trres	<i>Trifolium resupinatum</i> L.		Fabaceae	Circum-médit.	C	Thérophyte
Tydo	<i>Typha angustifolia</i> Desf.B.etT.	<i>T. domingensis</i> (Pers.) Poir. ex Steud.	Typhaceae	Circumboréale	C	Hélophyte
Ulmi	<i>Ulmus campestris</i>	<i>U. minor</i> Mill. subsp. <i>minor</i>	Ulmaceae	Eurasiatique	C	Phanérophyte
Urfu	<i>Urginea fugax</i> (Moris) Steinh.	<i>Drimia fugax</i> (Moris) Stearn.	Hyacinthaceae	Circum-médit.	C	Géophyte
Veof	<i>Verbena officinalis</i> L.		Verbenaceae	Paléotempérée	CC	Hémicryptophyte
Vesi	<i>Verbascum sinuatum</i> L.		Scrophulariaceae	Circum-médit.	CC	Hémicryptophyte
Viag	<i>Vitex agnus-castus</i> L.		Verbenaceae	Circum-médit.	AR	Phanérophyte
Vivi	<i>Vitis vinifera</i> L. subsp. <i>silvestris</i> (C.C. Gmel.) Berger & H.		Vitaceae	Circum-médit.	C	Phanérophyte
Vuli	<i>Vulpia ligustica</i> (All.) Link		Poaceae	Médit.- atlantique	C	Thérophyte
Xast	<i>Xanthium strumarium</i> L.		Asteraceae	Cosmopo./subcosmop.	CCC	Thérophyte

Le dénombrement des espèces pour chaque type biologique ou phytogéographique est effectué sur la totalité des espèces inventoriées. La répartition de celles-ci est déterminée à partir de la flore de Quézel & Santa 1962-63.

V.1.2.2. Etude chorologique globale

Selon Quézel, 1999 ; l'étude phytogéographique constitue une base essentielle à toute tentative de conservation de la biodiversité. Ce même auteur en 1983, explique l'importance de la diversité biogéographique de l'Afrique méditerranéenne par les modifications climatiques durement subies dans cette région depuis le Miocène entraînant des migrations d'une flore tropicale. En effet, la flore de notre zone d'étude compte plusieurs groupes phytochorologiques (9 éléments d'origines biogéographiques différentes). A titre indicatif *la nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales* (Quézel & Santa, 1962-63), constitue notre référence de base pour établir la chorologie des espèces rencontrées. La répartition des taxons est donnée par l'histogramme de la figure 28.

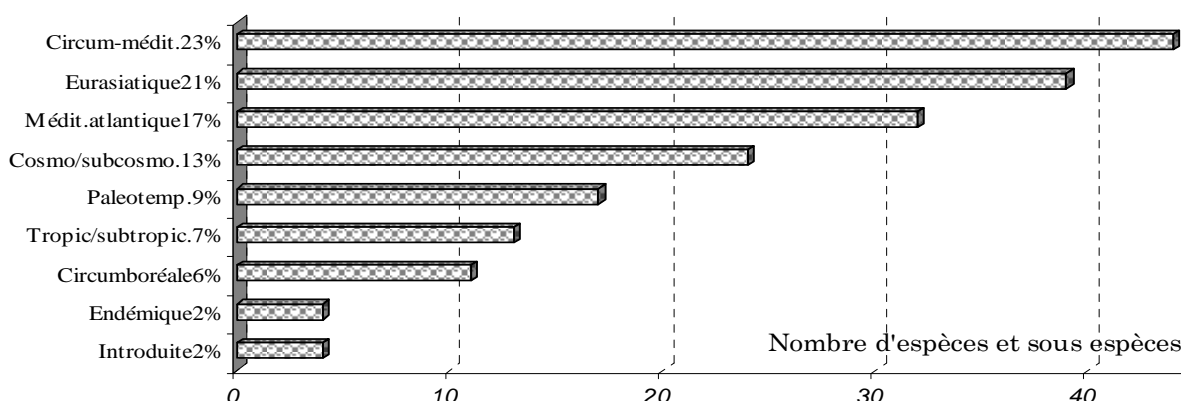


Figure 28. Répartition par type d'origine biogéographique de la flore inventoriée

On remarque que le plus représentatif est l'ensemble méditerranéen avec 44 taxons ; les faiblement représentés sont le groupe des endémiques et des espèces introduites. Le spectre chorologique de cette flore, peut être groupé en plusieurs ensembles :

➤ Le groupe septentrional

Les éléments eurasiatiques constituent le fond floristique majeur des régions tempérées, ils jouent un rôle important au Nord de la Méditerranée (Benabadji et al., 2007). Au niveau de notre zone d'étude, ce groupe nordique renferme un nombre appréciable, avec 67 taxons soit environ 36% de l'effectif total, les éléments « Eurasiatiques » se placent en première position 21% ; ensuite le paleotempéré avec 9% ; et en troisième position le Circumboréal représente un taux de 6% ; viennent ensuite les européennes faiblement représentées (1 espèce).

➤ Le groupe à large répartition

Ce groupe de cosmopolites formé de 55 taxons, occupe la deuxième place après les nordiques, soit avec un taux d'environ 30% de l'effectif total; il comprend 2 éléments les plus

dominants sont les Atlantiques-méditerranéens avec 31 taxons (17%) ; ensuite les cosmopolites-subcosmopolites avec 24 taxons (13%). Ces espèces sont d'ailleurs, plus souvent des rudérales à forte fréquence relative.

➤ **Le groupe méditerranéen**

La plupart des espèces de cet ensemble s'identifie à l'élément chorologique strictement méditerranéen (Circum-méditerranéen) avec 44 taxons soit environ 23%. Ce pourcentage est légèrement supérieur à celui donné par de Bélair 2008b sur les 26 mares temporaires de la Numidie qui est de 18,2%.

➤ **Le groupe des tropicales**

L'élément tropical est un élément original, peu représenté en Algérie du Nord et le plus souvent limité à la Numidie (de Bélair,2008b) ; dans notre site on note une irradiation tropicale représentée par 13 taxons soit 7% de l'effectif total ; elle est beaucoup plus importante que celle enregistrée en Numidie 15 sur 452 espèces soit un taux de 3,31% (cf.§.5.1.1.2). Il nous semble que le dispositif édaphique, géomorphologique, climatique et hydrologique de ce site a pu jouer le rôle de refuge lorsque la végétation tropicale s'est aventurée en zones nord saharienne pendant les périodes d'optimum climatiques du Quaternaire.

➤ **Le groupe des endémiques**

L'élément endémique, quant à lui, n'est représenté que par 4 espèces mésoxérophiles à savoir : *Biscutella raphanifolia* (End.A.F.N), les deux espèces : *Hedera algeriensis* et *Drimia numidica* (Endém. Algéro-tunisines) ; et enfin *Carduus numidicus* (Endém. algérienne). On note que le taux d'endémisme est beaucoup plus élevé au niveau de notre site (2,13%), par rapport à la Numidie ; où on note sur 452 taxons recensés il y'a 6 espèces endémiques, ce qui représente un taux de 1,15%.

➤ **Le groupe des espèces introduites**

Ce sont des espèces introduites par l'homme soit volontairement ou non ; à partir de leur aire de distribution naturelle. On compte au moins 4 espèces, dont une (*Cotula coronopifolia*) d'Afrique australe et 3 autres (*Cyperus eragrostis*, *Ludwigia peploides*, et *Phyla nodiflora*) à partir d'Amérique. A ces derniers taxons se rajoute peut être *Paspalum distichum*, dont le statut d'espèces indigènes/introduite en Afrique du Nord n'est pas clairement établi.

V.1.2.3.Répartition des taxons rares

La rareté est un processus complexe et dynamique, qui se présente sous différentes formes et fait intervenir des processus variés. Sur 179 espèces recensées, 32 taxons sont considérées comme rares au niveau national (Quézel & anta 1962-63) ; soit 17% réparties comme suit : AR (assez rare) : 11 ; R (rares) : 12 ; RR (très rares) : 9.

Pour l'élément tropical on note 2 espèces rares : *Alternanthera sessilis* (RR) ; et *Paspalum distichum* (R) ; ainsi que pour l'élément endémique il y'a deux espèces assez rares : *Biscutella raphanifolia* (AR) ; et *Carduus numidicus* (AR). La rareté au sein de ces deux éléments par rapport au nombre de taxons rares (2espèces/32) représente 6,25% pour chaque élément.

V.1.2.4. Spectres biologiques

Une des classifications des formes adaptatives les plus utilisées, celles des « formes de vie » de Raunkiaer, qui prend en considération la disposition des organes assurant la pérennité de la plante (bourgeons, bulbes et autres structure renfermant les tissus méristématiques), par rapport à la surface du sol. Ces types biologiques renseignent ainsi sur les formes de croissance et donc sur la réponse des végétaux aux conditions locales de milieu et de perturbation. Cette tentative de regrouper les espèces en groupes fonctionnels montre la relation étroite entre le spectre biologique et le climat ; plusieurs auteurs ont souligné l'intérêt de ces types biologiques qui intègrent les caractéristiques biologiques et les stratégies vitales de l'organisme (Floret et *al.*,1990 ; Tatonni & Roche, 1994 ; Ramade, 2003).

Dans notre travail les formes biologiques ont été considérées sans distinction des différentes subdivisions relatives à la variation de la taille, de la morphologie et de la disposition des différents organes. Le dénombrement des espèces pour chaque type biologique ou phytogéographique est effectué sur la totalité des espèces inventoriées.

Sept catégories de types biologiques ont été considérées, d'après la classification de Raunkiaer (1934) (figure29) ; les hémicryptophytes (Hé.) et les thérophytes (Th.), ensemble, ils constituent les deux tiers du cortège floristique de la zone d'étude (66,3%). Ensuite viennent les phanérophytes (Ph.) (12,8%); qui sont constituées par les arbres, les arbustes et plantes ligneuses buissonnantes d'une hauteur supérieure à 2m ; affrontant l'hiver avec des tiges porteuses de bourgeons. Les géophytes (Géo.) en constituent 8,5% ; alors que les héliophytes (Hél.), les chaméphytes (Ch.), et les hydrophytes (Hy.) montrent respectivement 4,8 ; 4,2 et 3,2% de taxons seulement.

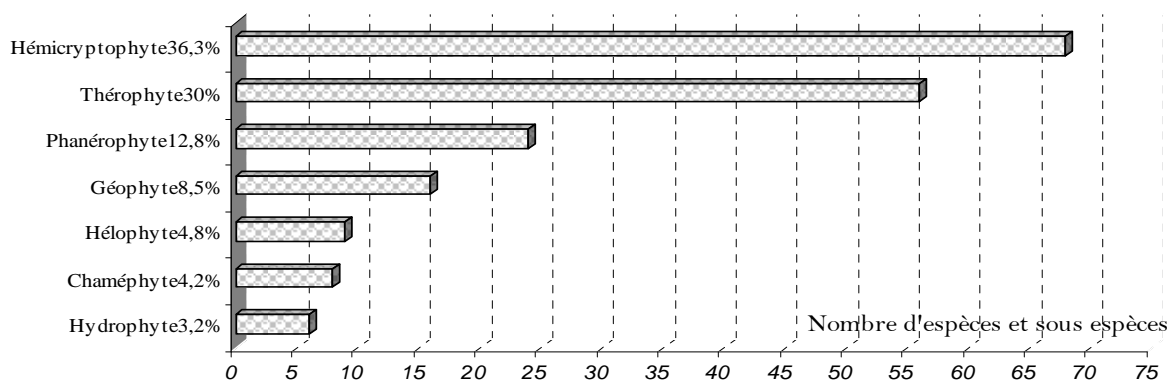


Figure 29. Répartition par type biologique de Raunkiaer de la flore

La répartition des types biologiques dans les formations végétales de notre site d'étude suivent le schéma suivant : Hé.> Th. > Ph.> Géo. > Hél. > Ch.> Hy.

La prédominance des hémicryptophytes caractérisée par la présence, de plantes affrontant l'hiver avec des bourgeons dormants à la surface du sol, confirme la remarque des auteurs Barbéro et *al.*,2001, ces auteurs signalent l'abondance des hémicryptophytes dans les pays du Maghreb, surtout dans les milieux humides. Les thérophytes sont par ailleurs le résultat de l'anthropisation et le pâturage qui contribuent à l'enrichissement du sol en nitrates et permet le développement des rudérales notamment les espèces annuelles. D'autre part ; il nous semble que l'abondance des hémicryptophytes est due au pâturage fréquent observé sur notre site; de même cette catégorie d'espèces fait aussi preuve de résistance en périodes défavorable par cryptage de ses parties vitales.

Enfin ; les relevés floristiques réalisés au niveau de la zone humide de Beni-Belaid permettent de constater les grands types de strates de végétation, notamment arborée, arbustive et herbacée. Après analyse écofloristique on remarque que les peuplements arborés phanérophytiques accusent une présence limitée et représente 12,8% ; ce cortège floristique est dominé par : *Populus alba* ; *Fraxinus angustifolia*, *Alnus glutinosa*, *Ulmus minor*... ; les peuplements arbustifs chaméphytiques sont moins représentés 4,2% , exprimés par les espèces : *Daphne gnidium*, *Retama raetam*, *Ditrichia viscosa*...

Par ailleurs, la végétation à pelouse occupe une place importante (hémicryptophytes et thérophytes) ; elle seule représente 66,3% ; elle est très diversifiée.

Il faut noter que le spectre biologique caractérisant la proportion relative des diverses formes biologiques existantes ; est soumis à des modifications au cours du cycle annuel, en corrélation avec les facteurs climatiques ; ainsi il a été remarqué que les thérophytes dominent au printemps et les phanérophytes en hiver, à l'opposé, ce sont les Chaméphytes qui constituent la majorité de la couverture végétale en été et en automne.

V.1.3. Résultat du test de permutation

La pertinence de l'analyse de co-inertie est d'abord vérifiée grâce à un test de permutation de Monte-Carlo (Manly,1991), sur 1000 permutations aléatoires. La valeur observée est supérieure aux valeurs obtenues par tirages aléatoires (randomisation) ce qui nous indique que les deux structures (saisons et cortège floristique) sont significativement liées ($p=10^{-3}$, figure30): il existe bien une co-structure.

V.1.4.1. Notion de communautés végétales des milieux humides

Que ce soit pour l'étude de la structure ou du fonctionnement, les peuplements d'espèces végétales ou animales, constituent les descripteurs biotiques les plus fréquemment choisis ; car les communautés végétales structurent l'espace et témoignent en même temps des conditions écologiques. Elles constituent en effet de véritables indicateurs du milieu tout en le structurant.

La notion de communauté, définie par Tansley,1939 ; comme une unité de végétation distincte, a été fortement débattue par Keddy,2007 ; notamment à propos du degré avec lequel les communautés constitueraient des entités intégrées et récurrentes, assimilables à des super-organismes suggéré par Clements,1916 et 1928 ; et classifiables d'un point de vue phytosociologique (Braun-Blanquet,1932), ou seraient au contraire le résultat « individualistique » d'évènements stochastiques (Witthaker, 1951).

► Pour Hoagland et Collins,1997 ; suite à une étude portée sur 42 zones humides du Minnesota et des grandes plaines, ont montré que la végétation zonée ne correspond ni au modèle de l'unité de végétation ni à celui du continuum, mais s'organise plutôt selon un mode imbriqué.

► Pour Barbault,1992 ; définit ainsi les termes peuplement ou communauté comme un ensemble de populations interconnectées ; et la population c'est l'ensemble des individus de la même espèce occupant un même écosystème.

► Pour Ramade, 2003 ; biocénose ou communauté représentent plus communément la totalité des êtres vivants qui peuplent un écosystème donné, tandis que le peuplement est l'ensemble des populations des espèces appartenant à un même groupe taxonomique, qui présentent une écologie semblable et occupent le même habitat.

► Pour Angermeier et Winston, 1997 ; c'est le terme communauté qui est le plus restrictif, puisque il s'agit d'un groupe de populations qui interagissent à une échelle spatiale et temporelle précise ; alors qu'un assemblage d'espèces représente plus largement un groupe de population.

En dépit de ce débat conceptuel, la notion de communauté demeure extrêmement pratique pour décrire le couvert végétal et étudier les processus qui contrôlent sa structure, son fonctionnement et sa dynamique et aider à la mise en place de mesures de gestion conservatoire (Lepart & Escarre ,1983 ; Keddy,2007). Dans notre étude, nous nous référons plutôt à la définition de Barbault,1992.

V.1.4.2. Structure spatiale de la végétation

La typologie des groupements végétaux a été abordée à l'aide de l'analyse factorielle des correspondances (AFC). Selon Bonin & Tatoni,1990 ; l'efficacité de l'AFC est généralement maximale pour l'analyse des gradients (dynamique, altitudinal, thermique, ou de dégradation, etc.); les deux auteurs rajoutent que les groupements végétaux étudiés s'ordonnent toujours selon des gradients de facteurs écologiques.

En outre l'analyse factorielle des correspondances, mise au point par Benzécri (1973), s'applique à des données qualitatives ou semi-quantitatives et permet de comparer des relevés deux à deux à partir d'un ensemble d'individus sans leur attribuer une valeur particulière ; dans notre cas, l'AFC a été appliquée à un tableau de 23 relevés en colonne et de 179 espèces en ligne. Chaque espèce est représentée dans chaque relevé par son indice d'abondance dominante. Le nuage des points lignes ou des points colonnes s'étire le long d'une direction privilégiée correspondant à l'axe factoriel. Chaque axe factoriel est caractérisé par une valeur propre traduisant l'inertie du nuage de points le long de l'axe. Le taux d'inertie de l'axe représente quant à lui le pourcentage d'information apporté par l'axe dans l'inertie totale du nuage. Ainsi, la structuration d'un nuage le long d'un axe est proportionnelle au taux d'inertie et à la valeur propre de ce même axe.

L'analyse fait apparaître dans le plan F1-F2, une organisation régulière des relevés et des espèces dans une structure en forme de V, qui met en évidence l'existence d'un fort gradient écologique (effet *Guttman*), voir figure31.

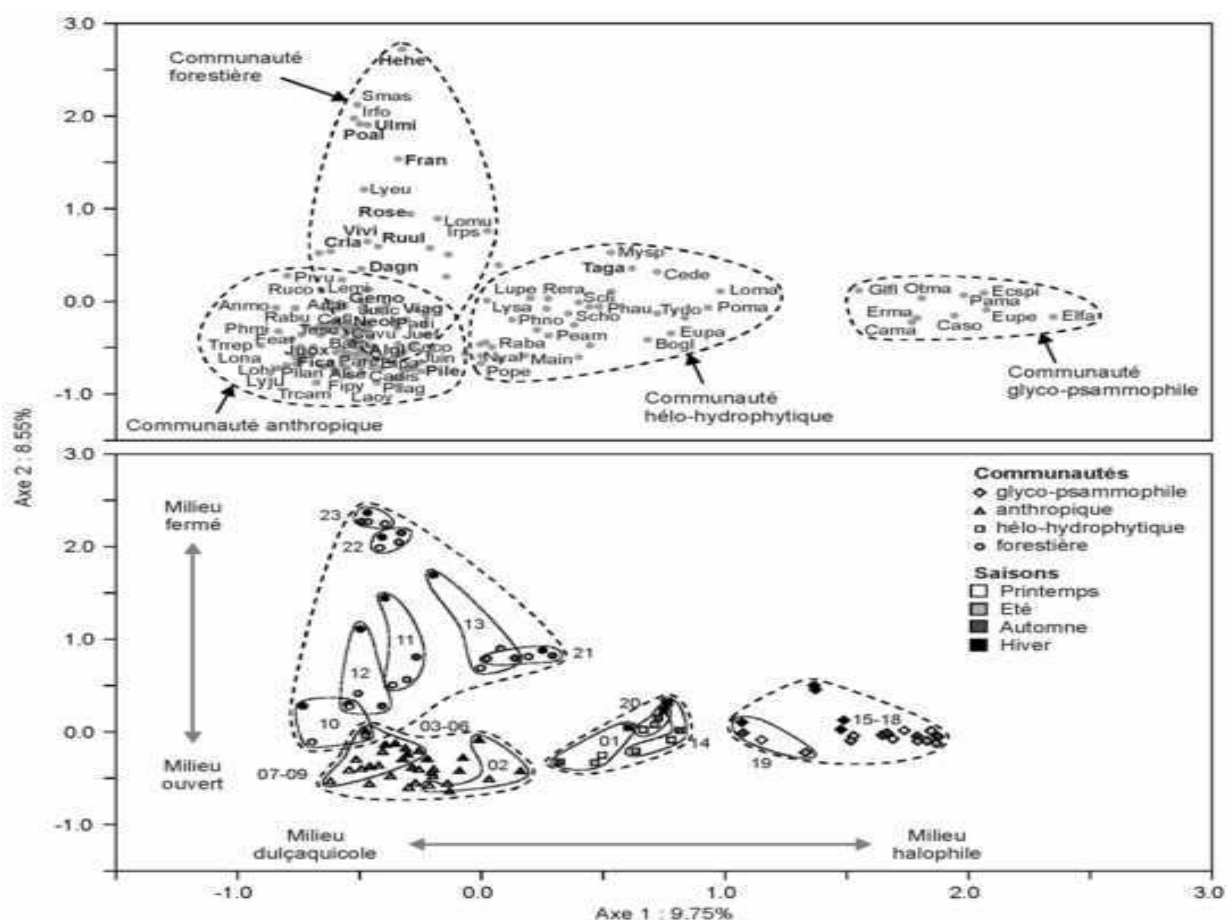


Figure 31. Plan factoriel 1/2 de l'analyse factorielle des correspondances (AFC).

*En haut : espèces regroupées en communautés ; la signification des codes est donnée dans le tableau 12 ; les espèces ligneuses sont notées en gras.

*En bas : stations représentées chacune par quatre campagnes (printemps, été, automne, hiver)

Le choix de l'espace factoriel défini par les axes 1 et 2, est justifié par la valeur propre élevée du premier axe et son taux d'inertie correspondant (axe1 :0,40 et 9,75%) et à la chute importante obtenue pour l'axe 2 (axe2 : 0,10 et 8,55%).

L'axe F1 est le plus informatif puisqu'il représente 9,75% ; il révèle à première vue, l'opposition entre les relevés effectués en milieu sableux (15-19) de ceux en milieu humide (1, 14, 20) ; terrestre (2-9) et forestier (10-12 et 21-23), il exprime donc un gradient de salinité issu de l'effet marin : milieu halophile/milieu dulçaquicole.

L'axe F2 (8,55%), permet de distinguer les espèces des milieux forestiers des espèces opportunistes des milieux ouverts ; il fait apparaître un gradient anthropique (milieu fermé/milieu ouvert). Ce gradient depuis des fruticées dominées par des phanérophtes arborescentes, arbustives et lianes (*Populus alba* ; *Fraxinus angustifolia* ; *Ulmus minor* ; *Hedera algeriensis* ; *Smilax aspera* ; *Rosa sempervirens* ; *Rubus ulmifolius*...) jusqu'à des formations herbacées naines comprenant (*Filago pygmaea* ; *Paronychia argentea* ; *Plantago lagopus* ; *Festuca arundinacea* ..).

La projection des 23 relevés sur le plan factoriel limité par les deux premiers axes fournit d'emblée une représentation significative avec une disjonction spatiale des relevés en quatre ensembles répartis le long de l'axe1 et organisés selon deux gradients environnementaux (figure 31). Il faut noter que l'écart entre les valeurs propres des axes 1 et 2, est suffisamment élevé pour suggérer l'existence d'un gradient dominant le long de l'axe 1 (Bonin & Taton, 1990).

(1) la communauté halo-psammophile (relevés 15-19), développée sur sol sableux, sous l'influence de la mer, comprend *Cakile maritima*, *Calystegia soldanella*, *Echinophora spinosa*, *Elymus farctus*, *Eryngium maritimum*, *Chamaesyce peplis*, *Glaucium flavum*, *Achelia maritima* et *Pancratium maritimum*, qui se développent très tôt entre la fin de l'hiver et le début du printemps. Cette végétation se présente sous la forme de bandes parallèles à la côte, leur succession indiquant l'évolution des conditions écologiques le long du profil dunaire ; en outre la salinité du substrat est le critère déterminant la disposition des types de végétation en front maritime, alors que la mobilité relative du lido détermine leur répartition sur la partie continentale.

(2) la communauté hydro-hélophytique (relevés 01, 14, 20), développée dans les zones d'eau douce, à proximité du cordon dunaire, comprend des hydrophytes (*Ceratophyllum demersum*, *Ludwigia peploides*, *Myriophyllum spicatum*, *Nymphaea alba*, *Persicaria amphibia* et *Potamogeton pectinatus*) et des hélophytes (*Bolboschoenus glaucus*, *Phragmites australis*, *Schoenoplectus litoralis*, *Scirpoides holoschoenus* et *Typha domingensis*).

(3) la communauté anthropique (relevés 02-09), développée dans les zones cultivées inondables, comprend des espèces opportunistes ou tolérantes aux perturbations (*Carex flacca*, *Cotula coronopifolia*, *Juncus* spp., *Lemna minor*, *Lythrum* spp., *Phalaris minor*, *Plantago* spp.,

Ranunculus bulbosus et *Trifolium* spp.), ainsi que quelques espèces de ripisylve (*Alnus glutinosa*, *Carex divulsa*, *Nerium oleander* et *Vitex agnus-castus*). Ce cortège est mêlé d'espèces transgressives de différents milieux plus ou moins ouverts et plus ou moins hydrophiles.

(4) la communauté forestière (relevés 10-13 et 21-23), développée dans les zones boisées, comprend *Crataegus laevigata*, *Fraxinus angustifolia*, *Hedera helix*, *Iris foetidissima*, *I. pseudacorus*, *Lolium multiflorum*, *Lycopus europaeus*, *Populus alba*, *Rosa sempervirens*, *Rubus ulmifolius*, *Smilax aspera*, *Ulmus minor* et *Vitis vinifera* subsp. *sylvestris*.

Ces deux gradients, qui expliquent 18.30 % de la variance totale, révèlent l'influence des perturbations, d'une part d'origine anthropique et d'autre part d'origine marine. Le premier axe révèle que la communauté halo-psammophile, développées sur des sables non consolidés, remplace la communauté hélo-hydrophytique suite à l'envahissement du lac par les dunes de sables. Le second axe révèle que la communauté anthropique se développe quant à elle à la place des communautés hélo-hydrophytique et forestière dans les zones soumises aux pratiques agropastorales. Il faut souligner qu'au sein de chacune de ces communautés, le patron de pâturage hétérogène des herbivores est à l'origine d'une hétérogénéité de la structure de la végétation du site, qui se présente sous forme d'une mosaïque de types patchs caractérisés par des compositions floristiques contrastées.

V.1.4.3. Structure temporelle de la végétation

L'analyse inter-classes est effectuée afin de séparer la variabilité inter-saisons dans le contenu spécifique des différentes stations ou relevés ; de la variabilité inter-stations dans le contenu spécifique des différentes campagnes. Car il existe des relations entre les espèces d'une part et entre les espèces et leur milieu d'autre part. Une première analyse discriminante (AD), effectuée entre les trois années de suivi, n'a pas donné de résultat significatif.

En revanche, l'analyse effectuée entre les 4 dates de relevés a révélé une co-structure significative entre les saisons et les espèces. Cette co-structure est décrite par les deux premiers axes, qui expliquent 98 % de la variance totale (figure32).

L'axe 1, qui explique à lui seul la presque totalité de l'information (94 %), il oppose l'hiver aux autres saisons. L'hiver apparaît ainsi caractérisé par *Clematis cirrhosa*(Clci), *Filago pygmaea* (Fipy) et *Retama raetam* subsp. *bovei* (Rera) ; le printemps par *Galactites elegans*(Gato), *Nymphaea alba* (Nyal), *Smilax aspera*(Smas) ; l'été par *Ceratophyllum demersum* (Cede), *Chamaesyce peplis* (Eupe= *Euphorbia peplis*), *Phragmites australis* (Phau), *Typha domingensis* (Tydo) et *Xanthium strumarium*(Xast) ; et l'automne par *Lemna minor*(Lemi), *Lobularia maritima*(Loma), *Lythrum salicaria* (Lysa) et *Vitex agnus-castus*(Viag).

L'évolution des communautés végétales se traduit par un processus de succession qui est caractérisé par le chevauchement puis par le remplacement progressif des espèces les une par les

autres au cours du temps ; pour certaines d'entre elles particulièrement les herbacées, cette évolution temporelle se superpose à une évolution spatiale.

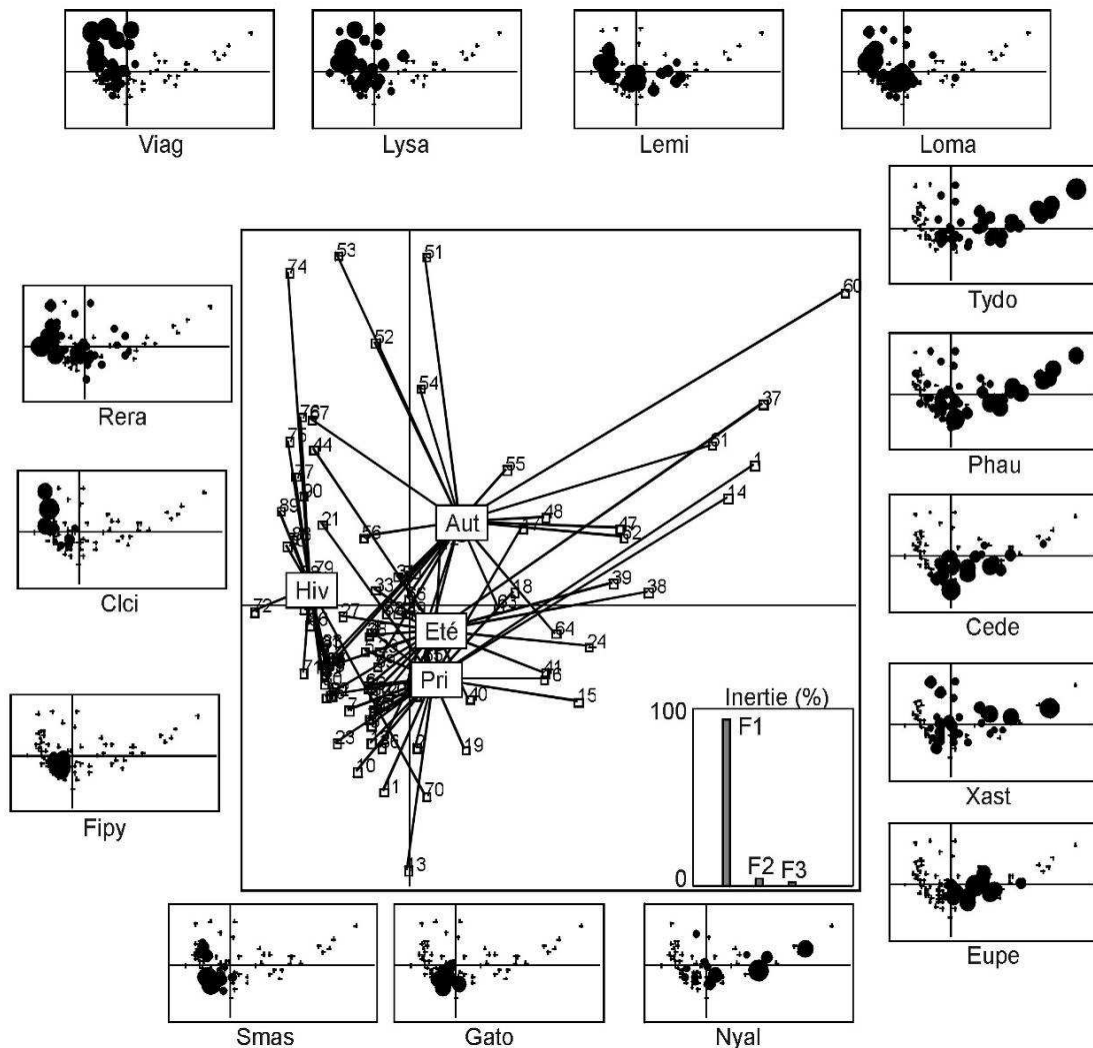


Figure 32. Structure temporelle de la végétation des 23 stations. Plan factoriel 1/2 de l'analyse discriminante inter-classe (3 années x 181 espèces végétales x 4 saisons). Les valeurs propres des 3 premiers axes sont données sous forme d'histogramme. Les barycentres correspondent aux saisons : Pri : printemps ; Eté : été ; Aut : automne ; Hiv : hiver. La succession des espèces est présentée en format réduit du plan factoriel principal. La distribution de chaque espèce est figurée par des cercles noirs, dont le diamètre est proportionnel à l'abondance (Valeur de l'indice Br-Blanquet) associé à chaque espèce. Les croix matérialisent l'absence de l'espèce.

Cette succession peut s'expliquer par le passage d'un peuplement à caractère nitrophile (*Galactites elegans* (Gato), *Xanthium strumarium* (Xast)...); à un peuplement à caractère nettement eutrophile (*Ceratophyllum demersum* (Cede), *Nymphaea alba* (Nyal)); ce ci pour les saisons printemps /été. L'automne est une saison charnière puisqu'elle conserve certaines espèces des deux saisons précédentes (*Lobularia maritima* (Loma), *Typha domingensis* (Tydo), *Ceratophyllum demersum* (Cede) ...); après cette saison c'est le déclin de la richesse spécifique du cortège floristique ; il ne reste apparent que les espèces chaméphytes frutescents.

V.2. Discussion

V.2.1. Diversité biologique et origine biogéographique du cortège floristique

Bien que développée sur une surface restreinte et hors des grandes plaines littorales de Numidie, la zone humide de Beni-Belaid apparaît presque aussi riche que les grandes zones humides du Parc National d'El Kala. Elle abrite un cortège floristique très riche sur le plan biogéographique, réunissant notamment à l'élément méditerranéen différencié *in situ*, un élément septentrional (eurasiatique/circumboréal), un élément occidental (méditerranéen atlantique) et un élément méridional (tropical/subtropical) ; ce dernier est associé à une communauté d'insectes d'affinité afrotropicale qui forme de manière localisée des poches de faune relictuelle, comprenant notamment : *Acisoma panorpoides ascalaphoides*, *Anisops sardea*, *Diplacodes lefebvreii*, *Hydrocyrius columbiae*, *Mesovelia vittigera* et *Trithemis annulata*.

En Afrique du Nord, ce cortège floristique est inféodé aux ambiances bioclimatiques subhumides et humides de l'étage thermoméditerranéen (Dimanche & Schoenenberger, 1970 ; Quézel & Médail 2003b), ce qui traduit un déterminisme climatique fortement contrôlé par les précipitations. Son origine est en partie la conséquence d'anciennes voies de migrations des espèces végétales en provenance du nord, du sud et de l'ouest (Arènes, 1951 ; Braun-Blanquet, 1953 ; Pottier-Alapetite, 1958 ; de Bélair, 2008b), qui peuvent être rapportées aux périodes pluviales du Quaternaire pour les flores tropicales/subtropicales et atlantiques, et aux périodes glaciaires pour les flores eurasiatiques/circumboréales (Quézel & Médail, 2003b ; Petit et al., 2002).

Toutefois, la rareté des hydrophytes endémiques à l'échelle de l'Afrique du Nord suggère la persistance de flux génétiques continus, attribuables au moins en partie à l'avifaune migratrice (Reille, 1977 ; Quézel, 1978). La dispersion ornithochore des semences sur de longues distances est un phénomène encore mal connu, mais qui pourrait jouer un rôle plus important qu'on ne le pensait jusqu'à présent (Nathan, 2006 ; Brochet et al., 2009). Concernant l'ichtyofaune on souligne la présence de deux espèces de poisson endémique : *Pseudophoxinus callensis* et *Barbus callensis* ; notre site abrite également une avifaune riche et diversifiée parmi les 33 espèces recensées on trouve *Porphyrio porphyrio* et *Aythya nyroca* qui sont inscrites sur la liste rouge de l'UICN ; d'autres peu communes comme *Alcedo atthis* et *Acrocephalus scirpaceus* (de Bélair & Samraoui, 2000 ; Mayache et al. 2008).

La description de la structure et la compréhension de l'organisation des phytocénoses continentales impliquent encore une démarche préliminaire de caractérisation des formes adaptatives des plantes, leur écomorphologie étant conditionnée par leur position spatiale dans le biotope et la nature de leur habitat. De la mer vers l'intérieur des terres, les facteurs écologiques marins et éoliens imposent une succession végétale allant des groupements halophiles vers les

thermophiles en passant par la végétation psammophile ; ces communautés constituent des ceintures importantes qui jouent le rôle de protection contre les apports massifs de sable vers le plan d'eau du lac, toute fois leur faible développement dû à l'érosion éolienne, au déflation et au piétinement les rend inefficace pour assurer cette fonction. D'autre part cette flore vernale présente une modalité adaptative à ce milieu, car elle passe la période défavorable sous forme d'organes de conservation et de dissémination (graines, fruits). Il y'a donc une grande complexité du fonctionnement du cordon dunaire non boisé, cette complexité est due à la superposition d'influences diverses. La morphogenèse de cet édifice dunaire est déterminée en tout premier lieu par la mer et les vents dominants, sans oublier l'action édifiatrice de la végétation pionnière de ces biotopes.

De manière générale, on remarque que notre site présente un tapis végétal marqué par une hétérogénéité entre les ligneux et les herbacées et entre les vivace et les annuelles, cette disparité paysagère est liée sans doute aux conditions édaphiques et hydrologiques du milieu. Du point de vue formes de vie de Raunkiaer; on remarque qu'il y a un large spectre de types biologiques rencontrés. L'abondance des hémicryptophytes se justifie par la présence de marécages semi-permanents qui restent favorables à ce type de végétation, présentant un caractère assez hygrophile. Alors que l'abondance des thérophytes peut être expliquée par la forte représentativité des habitats à immersion saisonnière, propices au développement de plantes annuelles à germination et croissance rapides (Chevassut,1956).

D'autre part les auteurs (Floret et *al.*,1990), et afin de comparer les communautés végétales : des relations sont recherchées entre les types biologiques, les traits fonctionnels des plantes et l'environnement. Il ressort de leur travaux, que les chaméphytes parmi les espèces persistantes et les thérophytes parmi les éphémères présentent une bonne adaptation à la sécheresse ; alors que les hémicryptophytes et les géophytes leur présence augmente avec la pluviosité et le froid.

V.2.2. Les effets spatiaux et temporels

V.2.2.1. Dynamique temporelle de la végétation

Comme le montrent les images satellitaires et les photographies aériennes (figures 26 et 27) de l'étude diachronique ; les perturbations anthropiques ont, depuis plus de 30 ans, fortement affecté la rive sud du lac. La présence résiduelle d'espèces de ripisylve (par exemple, *Alnus glutinosa*, *Carex divulsa* subsp. *divulsa*, *Nerium oleander* et *Vitex agnus-castus*) au sein des zones anthropisées (figure31) indique que cette dégradation s'est essentiellement faite au détriment de la communauté forestière (*Populion albae*). Ce constat se rajoute aux résultats déjà obtenus dans les complexes humides de Guerbès-Senhadja et d'El Kala (Samraoui et *al.*,1992 ; de Bélair & Samraoui, 1994 ; Géhu et *al.*, 1994 ; Muller et *al.*,2010 ; Belouahem-Abed,2011) et dans d'autres

régions du Maghreb (Rhazi et *al.*,2001b ; Muller et *al.*,2008 ; Ferchichi-Ben Jamaa,2010), qui révèlent tous le déclin alarmant des formations hydrophytiques dulçaquicoles (mares temporaires, aulnaies, marais, tourbières...) de la rive sud de la Méditerranée.

Par ailleurs ; l'analyse discriminante de l'effet saisons sur la structuration de la végétation de notre site, nous a révélé une variabilité saisonnière (temporelle) des assemblages des espèces de plantes, leur représentation sur les plans factoriels regroupées par saison nous a permis une classification du site d'un point de vue floristico-saisonnière. Ainsi l'axe 1 le plus explicatif de l'approche graphique de la figure 32, met en évidence dans la structure principale, deux groupes de saisons (hiver / printemps-été) ; avec une saison « charnière » l'automne, le printemps et l'été sont proche dans l'espace factoriel cela signifie que les profils de ces deux saisons représentées par les relevés sont voisins. On peut dire que notre site est sous l'ambiance de deux saisons (hiver / printemps-été).

V.2.2.2. Mosaïque spatio-temporelle

C'est dans des études spatio-temporelles, qu'il a été développé le concept de la dynamique des mosaïque « Patch Dynamic » (Townsend,1989), faisant l'hypothèse que la variabilité spatiale et temporelle de l'environnement peut expliquer la structuration des peuplements en milieu aquatique. En effet, la structure des assemblages du cortège floristique d'un milieu dépend de la structure de l'habitat de sa complexité et de son degré d'anthropisation.

La mosaïque végétale de la zone humide de Beni-Belaid apparaît structurée par deux gradients environnementaux dominants : l'hydrologie et les perturbations d'origine anthropique (figure31). Bien que les communautés ainsi définies apparaissent comme des ensembles floristiques faiblement individualisés s'organisant à quelques nuances près le long d'un continuum lié aux deux gradients cités ci dessus. Ce résultat confirme l'influence prépondérante de ces deux facteurs dans la structuration des communautés hydrophiles à l'échelle de l'Afrique du Nord (de Bélair,2005 ; Rhazi et *al.*,2009 ; Ferchichi-Ben Jamaa,2010).

V.2.2.2.1. Gradient hydrologique

A Beni-Belaid, l'influence de l'hydrologie se traduit d'une part par un gradient topographique (successionnel), depuis les zones inondées de manière permanente (*Nymphaeion albae*), en passant par les zones inondées de manière temporaire (*Phragmitetalia* et *Scirpetalia*) jusqu'aux zones exondées la majeure partie de l'année (*Populion albae*), et d'autre part par un gradient de salinité, depuis les zones argilo-limoneuses dulçaquicoles jusqu'aux zones sableuses, sous l'influence des embruns salés.

Ces gradients spatiaux sont clairement liés à l'origine fluviale de la zone humide, qui correspond à l'ensemble des bras morts anastomosés d'un ancien delta de l'Oued El-Kébir,

aujourd'hui coincé entre deux cordons dunaires (figure23). Le gradient hydrologique présente également une composante temporelle, caractérisée par une cyclicité intra-annuelle liée au développement estival des communautés hydrophytique et héliophytique (figure32). Un bras mort, encore actif en 1973 (figure27), a été depuis complètement abandonné par le fleuve, ce qui a vraisemblablement augmenté le régime temporaire de l'extrémité Est du plan d'eau. Cette influence complexe de l'hydrologie, à la fois temporelle et spatiale, explique en grande partie la richesse spécifique et coenologique du site (Table12), et traduit un équilibre précaire entre les influences marines et fluviales, sous le contrôle du climat méditerranéen.

Cette situation a en outre permis le développement local de plusieurs plantes rares (Géhu et *al.*,1993 ; de Bélair & Samraoui,2000 ; Quézel & Santa,1962-63),dont 13 sont classées vulnérables dans la liste rouge des espèces de zone humide d'Afrique du Nord (García et *al.*,2010) : *Alnus glutinosa*, *Alternanthera sessilis*, *Carex sylvatica*, *Echinophora spinosa*, *Eryngium pusillum*, *Helosciadium crassipes*, *Matthiola incana*, *Nymphaea alba*, *Paspalum distichum*, *Persicaria amphibia*, *Ranunculus sceleratus*, *Rumex palustris* et *Vitex agnus-castus*.

V.2.2.2.2. Gradient lié aux perturbations anthropiques

La communauté anthropique se développe dans la zone de balancement des eaux, à l'interface entre le plan d'eau et les terres cultivées. Sa composition floristique comprend de nombreux taxons opportunistes ; rudérales et ubiquistes ; qui se développent au sein d'habitats soumis à de fréquentes et intenses perturbations ; et présentent un taux de croissance et un cycle de vie rapides, associés à une importante production de diaspores, parmi lesquelles on a des espèces nitrophiles (*Cichorium endivia* subsp. *divaricatum*, *Cotula coronopifolia*, *Glaucium flavum*). Des espèces ayant colonisée une grande partie du milieu, et présentent même localement, un caractère de type invasif et compétitif (*Lemna minor*, *Ludwigia peploides*, *Nymphaea alba* et *Phyla nodiflora*). Des espèces adventices ubiquistes (*Delphinium peregrinum*, *Glebionis segetum*, *Hedysarum coronarium*, *Sinapis arvensis*) ; et des espèces stress-tolérantes présentent dans des habitats difficiles (ressources très limitées et imprévisibles) ; présentant une croissance lente, une faible production de diaspores, et une résistance élevée à la prédation (*Carduus nutans*, *Carlina corymbosa*, *Charybdis maritima*, *Dittrichia viscosa*, *Galactites elegans*, *Juncus acutus*, *Plantago* spp., *Pulicaria dysenterica*, *Scolymus hispanicus*, *Xanthium strumarium*). L'augmentation de la pression de pâturage et de la fréquentation du site par les troupeaux de bovins et d'ovins au cours des dernières décennies est probablement responsable de l'érosion du cordon dunaire littoral, qui apparaît plus étroit en 2004 qu'en 1973 (figure27).

La remobilisation du sable piégé sur les dunes de front de mer suite à la disparition de leur couverture végétale menace directement les plans d'eau douce installés dans la dépression interdunaire. L'envahissement de la zone humide par le sable a déjà entraîné le colmatage de

l'extrémité orientale du site (station1, voir photos annexe2), et la disparition des populations de *Chara globularis* et *C. vulgaris* qui s'y développaient jusqu'au début des années 2000-2003 (F. Mabrouk & I. Soulié-Märsche, comm. pers.).

A l'impact du pâturage et de l'agriculture, se rajoute l'influence des pompages réalisés dans la nappe phréatique afin d'approvisionner en eau les cultures maraîchères développées sous serre et en plein champs, de part et d'autre de la dune consolidée au sud de la zone humide.

V.2.3. Menaces à court et moyen termes et implications pour la conservation

Le surpâturage est un des problèmes majeurs au Maghreb, où son impact a d'abord été mis en évidence sur les écosystèmes forestiers (Benabid,2000 ; Quézel & Médail,2003b), avant que des travaux récents n'en révèlent les effets sur les zones humides (Rhazi et *al.*,2001b ; Bouahim et *al.*,2010). Il s'y traduit essentiellement par le remplacement des communautés hydrophiles oligotrophes par des communautés résistantes au stress, dominées par des thérophytes opportunistes dans les milieux temporaires (Bouahim et *al.*,2010) et par de grands héliophytes dans les milieux permanents (Grillas et *al.*,2004).

Les zones humides méditerranéennes (de même que la grande majorité des écosystèmes méditerranéens) apparaissent toutefois adaptées à un pâturage extensif, sous l'influence duquel elles ont évolué depuis le Néolithique : l'abandon récent du pastoralisme sur la rive nord de la Méditerranée entraîne généralement la fermeture des milieux (Rhazi et *al.*2005 ; Mandaluniz et *al.*,2009) et une baisse de la biodiversité (Van Wieren,1995). Différentes études théoriques et empiriques (Connell,1978 ; Wilson,1994 ; Médail & Diadema,2006 ; Questad & Foster,2008) soulignent l'importance des perturbations d'intensité et de fréquence moyennes pour promouvoir et maintenir la diversité dans les communautés.

Certains auteurs (Roxburgh et *al.*,2004 ; Barthes & Sandoz,2009) préconisent même un usage raisonné pour générer une biodiversité supérieure à une situation de non-usage. A Beni-Belaid, le surpâturage se traduit, d'une part par le développement local d'un abondant cortège d'espèces stress-tolérantes, et d'autre part, par l'envahissement de la zone humide par les dunes, suite à l'érosion de leur couvert végétal. La suppression totale du pâturage sur le long terme, susceptible d'entraîner la fermeture du milieu et le développement de communautés monospécifiques compétitives (Rhazi et *al.*,2004), n'est toutefois pas souhaitable. En revanche, un contrôle strict de la pression de pâturage, ainsi que la protection totale des zones les plus sensibles comme le cordon dunaire, apparaissent nécessaires et urgents.

V.2.3.1. Impact des activités agricoles

Le développement agricole très important des dernières décennies s'est traduit dans l'ensemble du Maghreb par le défrichement d'immenses superficies dans les plaines et les régions

collinéennes, au détriment des écosystèmes forestiers (notamment l'*Oleo-Lentiscetum*) et des zones humides (Médail & Diadema,2006 ; Quézel,2000). Outre leur destruction systématique, les zones humides d'Afrique du Nord souffrent également de l'accumulation des pesticides et des produits fertilisants, qui se traduisent par une pollution et une eutrophisation croissante des eaux douces (Haycock & Pinay, 1993). La protection de la zone humide de Beni-Belaid implique, dans un premier temps, de la préserver de l'influence directe des cultures par la restauration d'une ceinture boisée (Peterjohn & Correll,1984 ; Brian et al.,2004). Cette ceinture pourrait également servir de barrière à la pénétration des espèces exotiques potentiellement envahissantes (Houlahan et al.,2006) et favoriser le maintien de la macrofaune (loutre, oiseaux) inféodée aux habitats riverains. Cette restauration ne peut toutefois se faire sans l'exclusion au moins temporaire du pâturage, et donc la mise en défens d'importantes portions du pourtour de la zone humide, comprenant les complexes dunaires environnants.

Les pompages intensifs, associés à la construction de barrages en amont de l'Oued El-Kébir (Béni-Haroun en 2005 et Boussiaba en 2009), sont susceptibles de modifier à court terme l'hydrologie de la plaine alluviale et de la zone humide, d'affecter le transport et le dépôt des alluvions par les cours d'eau, et d'entraîner une salinisation des sols (Acreman,2000). De tels changements ont été mis en évidence au lac Ichkeul, en Tunisie (Stevenson & Battarbee,1991 ; Hollis,1992), où les modifications des conditions environnementales ont entraîné des modifications de la salinité, et par voie de conséquence des cortèges floristiques (Daoud-Bouattour et al.,2007) et faunistiques (Hamdi et al.,2008).

V.2.3.2. Risques liés aux espèces introduites

La baisse estivale du niveau d'eau et l'avancée du sable dans le lac, observées pendant les années de notre exploration de ce milieu, a déjà entraîné des modifications de la flore : plusieurs espèces risquent de disparaître (*Chara globularis* et *C. vulgaris*) au niveau de notre relevé N°1 ; ou de régresser (*Helosciadium crassipes*, *Nymphaea alba*), tandis que d'autres se sont remarquées étendues leur aire de répartition (*Ceratophyllum demersum*, *Lemna minor*, *Phyla nodiflora*). Cette dégradation des habitats naturels affecte en outre les équilibres compétitifs, et peut favoriser le développement d'espèces exotiques, potentiellement envahissantes (Heywood,2006). C'est le cas à Beni-Belaid pour *Ludwigia peploides* et *Phyla nodiflora*, connues déjà pour poser d'importants problèmes dans diverses régions du pourtour méditerranéen (Grillas et al.,1992 ; Muller,2000).

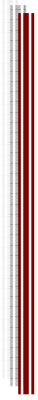
Un autre exemple est fourni par la mare d'El-Kennar, située à une quinzaine de kilomètres du site étudié. Cette mare est affectée par les activités agricoles limitrophes, qui ont entraîné la prolifération de *Nymphaea alba* et *Ludwigia peploides*, de façon spectaculaire ; ces espèces à caractère invasif sont favorisées par l'enrichissement de ce milieu en éléments nutritifs, elles ont totalement envahi le plan d'eau au détriment d'autres espèces (Bouldjedri et al.,2005).

Actuellement *Ludwigia peploides*, est classée parmi les plus envahissantes des milieux aquatiques. A El-Kennar, cette hydrophyte depuis 2003, entre en conquérence trophique avec *Nymphaea alba* et d'autres espèces au niveau de ce site ; elle présente plusieurs formes distinctes :

- Une forme prostrée qui correspond à une forme de résistance à des conditions défavorables (tiges courtes, feuilles petites).
- Une forme couchée qui correspond à une phase d'expansion, avec de longues tiges immergées , des feuilles nettement pétiolées , groupées en rosettes à la surface de l'eau.
- Une forme érigée qui traduit la maturité du peuplement et des bonnes conditions écologiques, l'herbier croit au dessus de la surface de l'eau et fleurit abondamment pratiquement du mois de mai au mois d'octobre.

Nous signalons qu'au niveau du site de Beni-Belaid, cette espèce marque toujours sa présence sans pour autant exprimer ses potentialités d'envahissement du milieu, durant les années de notre exploration.

Par ailleurs ; l'enquête réalisée auprès des ménages résidents sur le site de Ben-Belaid, indique que le milieu est fortement exploité, principalement en raison de la richesse des ressources que procure la zone humide. L'étude révèle que ce milieu nourrit la population riveraine pour la moitié de son revenu (Berchiche,1997). Enfin, la pêche, la chasse, le braconnage et le pillage des nids d'oiseaux sont pratiqués sans aucune gestion ni restriction sur la zone humide. Ces pratiques, bien que n'impactant pas directement la flore, sont susceptibles d'affecter les populations animales, déjà réduites et isolées et de modifier les équilibres écologiques.

A decorative vertical element consisting of three parallel lines: a thin grey line on the left, a thin red line in the middle, and a thin black line on the right.

Conclusion & Perspectives

Conclusion et perspectives pour la conservation

Les zones humides acquièrent à travers toute la planète une importance de plus en plus grande. Ces milieux sont non seulement une source non négligeable de revenu pour l'homme, mais ils sont exceptionnellement riches en biodiversité ; comme ils jouent un rôle capital dans la conservation et la gestion des eaux douces ; à titre indicatif l'étude socio-économique menée par (Berchiche,1997) sur la zone humide de Beni-Belaid , révèle que ce milieu nourrit la population riveraine pour la moitié de son revenu.

La présente analyse se veut avant tout scientifique, mais les résultats très significatifs qu'elle a révélés quant aux menaces qui guettent la flore et la biocénose de manière générale de la zone humide étudiée, méritent d'être portés à voix haute aux gestionnaires de ces espaces. D'abord d'un point de vu climatologique le tableau1, nous révèle que la station de Jijel accuse un déficit annuel en précipitation de 245 mm durant les deux dernières décennies. La sécheresse naturelle, très fréquente et sévère expliquée par le déficit pluviométrique enregistré (cf. § I.5.4) ; constitue déjà une menace certaine, sachant que le rythme d'exploitation des eaux a continué d'augmenter, alors que les réserves hydriques sont sans doute en régression, bien que le bilan hydrique annuel calculé par la méthode Thornthwaite est positif, il enregistre un gain de 43,3 mm. De plus le caractère d'irrégularité temporelle des précipitations constitue déjà une cause supplémentaire du stress hydrique pour la végétation (Quézel & Médail, 2003b).

Par ailleurs ; il convient de rappeler que les secteurs humides et subhumides d'Algérie du Nord, comportent des points chauds de biodiversité « *hotspots* » unique (Médail & Quézel,1997 ; Quézel & Médail,2003b ; Véla & Benhouhou, 2007). Notre étude a mis en évidence la très grande richesse biologique et écologique de la zone humide de Beni-Belaid, qui se situe au coeur du « *Hotspots* » Kabylie-Numidie-Kroumirie (Véla & Benhouhou,2007). Cette richesse apparaît clairement déterminée par : (1) la situation biogéographique du site, au carrefour de plusieurs influences bioclimatiques (zone de transition biogéographique), (2) des fluctuations des conditions écologiques locales contrastées, et (3) à son origine deltaïque, qui se traduit par une mosaïque d'habitats, induite par la superposition : de gradients de durée de submersion, de profondeur d'eau, de salinité, de substrat et de perturbation. De manière globale, les conditions environnementales, topographiques et hydrologiques jouent un rôle déterminant, dans la structuration et la zonation des groupements végétaux riverains.

La phytocénose de notre site d'étude (pris dans son ensemble) s'avèrent soumises à une double contrainte : un gradient de rudéralité et de dégradation (imputable à l'action de l'homme), et une influence maritime plus ou moins prononcée.

Les résultats obtenus révèlent également de très importantes menaces à court et moyen termes, qui apparaissent essentiellement liées aux pratiques agropastorales intensives et à la modification à court et à moyen terme de l'hydrologie locale par des pompages excessifs et la construction de barrages en amont de l'Oued El-Kébir qui constitue le principal cours d'eau. Ces menaces sont d'autant plus inquiétantes qu'il n'existe actuellement aucun suivi régulier des communautés animales et végétales, ni aucune gestion des pratiques humaines (agropastoralisme, chasse, pêche, pompage...), dans ou aux alentours de la zone humide.

Ces constatations confirment des observations réalisées dans d'autres sites *Ramsar* de la région, comme le lac noir et le lac des oiseaux, détruits il y a une vingtaine d'années (Samraoui et al.,1992 ; de Bélair & Samraoui,1994), ainsi que la zone humide de Sidi Freitis (complexe humide de Guerbès-Senhadja (Samraoui & de Bélair,1997), où toute la végétation riveraine a été défrichée et remplacée par des cultures irriguées directement par l'eau du lac. Cette situation soulève la question de la pertinence et de l'efficacité du statut de site *Ramsar* (www.ramsar.org), qui n'entraîne dans la région étudiée aucune action de gestion conservatoire, et ce malgré l'existence de méthodes et de connaissances permettant de juguler la pression croissante des activités anthropiques, et sont déjà appliquées avec succès dans diverses régions du bassin méditerranéens (Grillas et al.,2004).

A l'instar des autres études sectorielles relatives aux zones humides, qui ne cessent de sensibiliser à la gravité des pertes affligées à la biodiversité aquatique et subaquatique, nous pensons que la dégradation de la végétation de ce milieu a malheureusement dépassé le seuil de réversibilité dans un grand nombre de relevés particulièrement les relevés 1 et 14-18 où on enregistre le nombre d'espèces le plus faible à cause de l'instabilité du substrat sableux. Cette dégradation a des conséquences d'autant plus graves, que la végétation sert d'habitat à une faune très diversifiée ; laquelle de toute évidence subira également de lourdes pertes.

Perspectives pour la conservation

En Algérie, les efforts de préservation sont surtout orientés vers la mise en œuvre d'aires protégées (Parcs nationaux, réserves naturelles) principalement situées dans les écosystèmes du Nord du pays et correspondant aux « *Hotspots* » connus de biodiversité. La gestion de ces milieux et les stratégies de conservation sont actuellement limitées, d'abord par la non application de la réglementation, d'autant plus qu'il y est une connaissance insuffisante des unités biologiques en présence et des mécanismes gouvernant leur évolution.

La zone humide de Beni-Belaid, est l'une des rares milieux naturelles du pays, elle est coincée entre terre et mer, son étang est le dernier de la série de lacs qui s'étire depuis la Numidie

jusqu'au Kabylie ; ainsi positionné, le site est bordé au Sud par les terres agricoles ; au Nord par la Méditerranée ; cette position charnière lui confère une double personnalité paysagère. L'une tournée vers la mer, l'autre vers les terres.

Comme dans les autres zones humides en général, à Beni-Belaid, le déséquilibre entre ressources naturelles disponibles et demande sociale sans cesse croissante, sont les principaux responsables de la dégradation du milieu. De ce fait, le maintien du fonctionnement hydrologique du site et des équilibres écologiques apparaît sans aucun doute comme le principal enjeu de conservation. Pour cela, il semble incontournable de mettre très rapidement en défens la totalité de la zone humide et des complexes dunaires environnants, afin d'en préserver la biodiversité encore existante et de restaurer une ceinture forestière protectrice. Il apparaît également urgent de mettre en place un programme de suivi régulier des communautés végétales et animales, afin de pouvoir adapter les mesures conservatoires. Ce programme pourrait par exemple comprendre un suivi saisonnier des espèces rares, et des principales espèces indicatrices de l'état du site ; complété par des études approfondies tous les 5-10 ans.

Ces premières mesures ne seraient toutefois pas suffisantes pour assurer la pérennité des communautés biologiques de la zone humide de Beni-Belaid. La mise en défens (réserve intégrale) du site par installation d'une clôture grillagée protectrice, bien que préservant à court terme les communautés végétales et animales des perturbations anthropiques, ne manquerait pas de poser des problèmes, notamment en termes d'isolement reproductif et de transfert d'énergie et de matière avec les écosystèmes adjacents. Cette fragmentation paysagère serait préjudiciable aux espèces, qui comme la loutre (*Lutra lutra*), exploitent à la fois la zone humide et les berges de l'Oued EL-Kébir. Il apparaît ainsi indispensable de réfléchir, dans le cadre théorique des métapopulations (Hanski, 1991), à la mise en place à moyen terme de corridors migratoires pour les diverses espèces animales et végétales entre Beni-Belaid et les zones humides proches.

L'effet de l'élevage sur la dégradation des milieux est démontré particulièrement dans les zones semi-arides et steppiques. Mais en milieux humides et avec des choix adaptés et bien contrôlés, l'effet peut être au contraire moins négatif, d'abord en raison de l'activité elle-même qui contribue à l'équilibre socio-économique et écologique, mais également en permettant notamment un recyclage du couvert végétale. Les travaux de Isselstein et ses collaborateurs (Isselstein et *al.*, 2007), montrent que le pâturage peut constituer un mode de gestion durable des espaces naturels adapté à des objectifs de préservation et de restauration de la diversité, pouvant concilier enjeux écologiques et agronomiques.

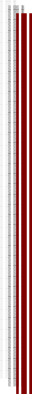
L'ensemble de ces mesures conservatoires devrait en outre impérativement être accompagné d'une campagne de sensibilisation des populations locales sur l'intérêt de la conservation des milieux naturels, en vue de leur implication dans la gestion du site. Les

compensations à la perte de terres cultivables peuvent être recherchées dans l'amélioration et le subventionnement des pratiques agropastorales dans les zones non protégées, dans la création d'emplois liés à la conservation, et dans le développement d'un écotourisme semblable à celui que connaissent actuellement les parcs naturels d'Europe et d'Amérique du Nord. L'implication des populations locales dans la gestion conservatoire permettrait d'implémenter des plans de gestion intégrant un pâturage extensif durant certaines périodes de l'année dans certaines zones afin d'y maintenir un régime intermédiaire de perturbations (Connell,1978).

Aspect législatif

La préservation du site *Ramsar* de Beni-Belaid et de l'ensemble des zones humides du Maghreb, qui nécessite des mesures à la fois sur le court et le moyen terme, ne pourra être réalisée sans une réelle prise de conscience des pouvoirs publics et sans une volonté de trouver des compromis durables entre les intérêts agricoles et la conservation d'un patrimoine naturel unique. Comme il a été démontré dans notre étude diachronique (1973-2004) et (1987-2000-2010), les superficies agricoles n'ont pas cessé de gagner les milieux boisés du site. Comme on a remarqué que la pratique de la chasse sur site semble être peu soumise à une réglementation efficace et de multiples actes de braconnages sont constatés ; face à ce constat, il devient urgent de mettre un terme à ce type d'acte par l'application stricte des textes organisant l'activité cynégétique, et de procéder à une sensibilisation des chasseurs.

Il va de soit que ces mesures ne peuvent aboutir que si elles sont accompagnées, d'une part d'un minimum de rigueur et de continuité dans l'action, mais aussi d'une législation cohérente et harmonieuse. Le succès de la politique de conservation envisagée pour le site de Beni-Belaid, reposera essentiellement sur la gestion des situations conflictuelles qui pourrait naître d'une application parfois inévitable, de mesures perçues comme contraignantes par les riverains. De ce fait, l'implication de leurs intérêts au projet, devient indiscutable. Avec son éléction comme site d'intérêt international, la zone humide de Beni-Belaid avait l'avantage d'avoir la dimension de patrimoine régionale ou national, et par voie de conséquence d'être doté d'une législation, qui lui assure la protection de la puissance publique en cas d'atteinte à son intégrité. Avec sa taille relativement réduite ce site ne militant pas en faveur d'une grande capacité de résistance à des agressions répétées.



Références bibliographiques

Références bibliographiques

- 1-Aafi A., Achhal Elkadmiri A., Benabid A., & Rochdi M., 2005. Richesse et diversité Floristique de la suberaie de la Mamora (Maroc), Vol30: 127-138.
- 2-Acreman M., 2000. L'hydrologie des zones humides, MedWet-Tour du Valat, Arles, 112p.
- 3-Alcaraz C. 1976. Recherches géobotaniques sur la végétation de l'ouest algérien. Bull. Soc. Hist. nat. Afr. Nord.; 67 : 19-36.
- 4-Alvarez W., 1976. A former continuation of the Alps. Geol. Soc. Amer. Bull., 87, 91-96.
- 5-Anderson, S. 1994. Area and endemism. The Quarterly Review of Biology ; Univerity of Chicago Press. Vol. 69 N°4. 451p.
- 6-Angermeier P.R. & Winston M.R. 1997. Assessing conservation values of stream communities: a comparison of approaches based on centres of density and species richness, *Freshwater Biology* , 37:699-710.
- 7-A.N.R.H., 1993. (Agence Nationale des Ressources Hydrauliques) Carte pluviométrique de l'Algérie du Nord au 1/500000, Ministère de l'Equipement, Alger, Ed. I.N.C. Notice, 49p.
- 8-APGIII, 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants, Bot. Jour. of the Linnean Soc., 161 : 105–121.
- 9-Arènes J., 1951. A propos des connexions ibérico-marocaines et siculo-tunisiennes, C.R. Somm. Séances Soc. Biogéog. 241 : 67–72.
- 10-Bagnols F. & Gaussen H., 1953. Saison sèche et indice xerothermique. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse, 88 pp 193-239.
- 11-Bagnols F. & Gaussen H. 1957. Les climats biologiques et leur classification. Annales de géographie. pp193-220.
- 12-Barbault R. 1992. Ecologie des peuplements- Structure, Dynamique et Evolution. Masson, Paris, 273p.
- 13-Barbault R. 1997. Ecologie générale- Structure et fonctionnement de la biosphere, 4^{ème} édition. Masson, Paris, 286p.
- 14-Barbéro M., Giudicelli J., Loisel R., Quézel P. & Terzian E., 1982. Etude des biocénoses des mares et ruisseaux temporaires à éphémérophytes dominants en région méditerranéenne française. Bulletin d'Ecologie 13: 387– 400.
- 15-Barbéro M., Loisel R., Medail F. & Quezel P., 2001. "Signification biogéographique et biodiversité des forêts du bassin méditerranéen". *Boccone*, N° 13 : 11-25.
- 16-Barry J.P., Celles J.C., & Faurel L., (1974) 1976. Notice de la carte internationale du tapis végétal et des conditions écologiques. Feuille d'Alger au 1/1000000°. ONRS-CRBT. Serv. Ecol. Univ. Alger, 42 p. +1 carte h.t.
- 17-Barthes A. & Sandoz A. (coord.), 2009. Ruralité, Vie locale, tourisme et paysages en région méditerranéo-alpine, regards croisés franco-slovènes, Edit. Univ. Provence, pp.103-112.
- 18-Battandier, M. 1894. Considérations sur les plantes réfugiées, rares ou en voie d'extinction de la flore algérienne. Associa. Fran. pour l'Avancement des Sciences, Cong. de Caen, Paris.
- 19-Bauder, E.T., 2000. Inundation effects on small-scale plant distributions in San Diego, California vernal pools. *Aquat. Ecol.* 34: 43–61.
- 20-Benabadi N., Benmansour D., Bouaza M., 2007. La flore des monts d'Ain Fezza dans l'Ouest algérien , biodiversité et dynamique. *Sciences & Technologie C*, 26 : 47-59.
- 21-Benzécri, J.P. 1973. L'analyse des données. Tome II, l'analyse des correspondances. Dunod, Paris. 619p.
- 22-Biggs J., Williams P., Whitfield M., Nicolet P., & Weatherby A. 2005. 15 years of pond assessment in Britain: results and lessons learned from the work of Pond Conservation, *Aquat. Conserv. Marine Freshwater Ecosyst.* vol.15 pp. 693–714.
- 23-Belouahem-Abed D., Belouahem F., Benslama M., de Bélair G., & Muller S.D., 2011. Les aulnaies de Numidie (N.E. algérien) : biodiversité floristique, vulnérabilité et conservation. *ELSEVIER; C.R. Biologies* 334 : 61–73.

- 24-Benabid A., 2000.** Flore et écosystèmes du Maroc. Evaluation et préservation de la biodiversité, Ibis Press, Paris.
- 25-Bensettiti F. & Lacoste A., 1999.** Les ripisylves du nord de l'Algérie: essai de synthèse synsystématique à l'échelle de la Méditerranée occidentale, *Ecologia Médit.*, 1:13-39.
- 26-Benslama M. & Zanache H., 2006.** Etude palynologique des marais tourbeux du complexe humide d'El kala : « cas de Bourdim (Alt : 12m) et de Garaet el Ouez (Alt : 45m » (Revue des sciences et de la technologie. Synthèse N°15 Juin-Décembre 2006. Publication de l'Université Badji Mokhtar- Annaba pp : 15-20.
- 27-Benslama M., Zanache H., & Djili K., 2007.** Morphoanalytical characteristics of Lac Noir Peat Bog (North East of Algeria), *Europ. Journ. Of Sci. Res.* 17(3) : 416-424.
- 28-Benslama M., Andrieu-Ponel V., Guiter F., Reille M., de Beaulieu J.L., Migliore J., & Djamali M., 2010.** Nouvelles contributions à l'histoire tardiglaciaire et holocène de la végétation en Algérie : analyses polliniques de deux profils sédimentaires du complexe humide d'El-Kala ; ELSEVIER, C.R.Biologies, 333 : 744-754.
- 29-Benyacoub S. & Chabbi Y. 2000.** Diagnose écologique de l'avifaune du Parc National d'El Kala, composition - statut - répartition. Synthèse, *Revue des sciences et technologie.* Publication de l'Université d'Annaba (Algérie). N° 7, 98 p.
- 30-Berchiche T., 1997.** Etude socio-économique d'une zone humide algérienne, :cas du lac de Beni-Belaid, INA, DGF, MedWet2.Alger. In *Aspects socio-économiques des zones humides méditerranéennes*, Benessaïeh N. (édit.), PICTURA, Tunisie.
- 31-Bergmeier, E. & Raus T., 1999.** Verbreitung und Einnischung von Arten der Isoëto-Nanojuncetea in Griechenland. *Mitt. bad. Landesver. Naturkunde u. Naturschutz* 17: 463-467.
- 32-Bergmeier, E., 2001.** Seasonal pools in the vegetation of Gavdos (Greece) - *in situ* conservation required. *Bocconea* 13: 511-516.
- 33-Bernard A., 1926.** La géographie botanique de l'Afrique du Nord. *Annales de Géographie*. 35: 352-359.
- 34-Blondel J. & Médail F. 2009.** Mediterranean biodiversity and conservation. The physical geography of the Mediterranean (ed. by J.C.Woodward), Oxford University Press, Oxford. 663p.
- 35-Blondel J. & Aronson J. 1995.** Biodiversity and ecosystem function in the Mediterranean Basin: human and non-human determinants, in Davis G. W. & Richardson D. M. (Eds.), *Biodiversity and Ecosystem Function in Mediterranean-Type Ecosystems.* Ecological studies 109. Springer- Verlag, Berlin: 43-119.
- 36-Bliss, S. A. & Zedler P. H., 1998.** The germination process in vernal pools: sensitivity to environmental conditions and effects on community structure. *Oecologia* **113**: 67-73.
- 37-Bonin G. & Tatonni H., 1990.** Réflexions sur l'apport de l'analyse factorielle des correspondances dans l'analyse des communautés végétales et de leur environnement. Volume jubilaire du professeur P. Quézel. *Écol. médit.* 16 : 403-414.
- 38-Bonis A., Lepart J., & Grillas P., 1995.** Seed bank dynamics and coexistence of annual macro-phytes in a temporary and variable habitat. *Oikos*, 74:81-92.
- 39-Bottollier-Curtet M., & Muller S.D., 2009.** Dynamique et contexte passés du développement d'une tourbière méditerranéenne (Massif de l'Aigoual, France), *C. R.Biologies* 332: 69-82.
- 40-Bouahim S., Rhazi L., Amami B., Sahib N., Rhazi M., Waterkeyn A., Zouahri A., Mesléard F., Muller S.D., & Grillas P., 2010.** Impact of grazing on the species richness of plant communities in Mediterranean temporary pools (western Morocco). ELSEVIER: C.R. Biologies, 333 670-679.
- 41-Bouchon C., 1981.** Quantitative study of the scleractinian coral communities of fringing reef of Reunion Island (Indian Ocean). *Mar. Ecol.*, 4: 273-288.
- 42-Bouillin J.P. 1979.** La transversale de Collo et d'El-Milia (petite Kabylie) : une région clef pour l'interprétation de la tectonique alpine de la chaîne littorale d'Algérie. Thèse, Paris, *Mém.Soc.Géol.France*, série LVII, N°135, p.84.

- 43-Bouldjedri M., Mayache B., & de Bélair G., 2005.** Les plantes invasives des zones humides de la région de Jijel, nord-est Algérie, In: S. Brunel (Ed.), Proceedings of the International Workshop: Invasive plants in Mediterranean-type regions of the world. UICN & Conservatoire Botanique National Méditerranéen, Mèze, p. 285.
- 44-Bouldjedri M., Mayache B. Bouraoui A. & Belmili N. 2008.** Analyse pédologique et recherche des éléments traces métalliques dans le sol de l'éco-complexe de zones humides de Beni-Belaid. 1^{er} Séminaire national sur les milieux naturels, Biodiversité et Ecodéveloppement, 25 et 26 novembre 2008. Université Jijel. (Comm. Orale).
- 45-Bouldjedri M., de Bélair G., Mayache B., & Muller S.D., 2011.** Menaces et conservation des zones humides d'Afrique du Nord : le cas du site Ramsar de Beni-Belaid (NE algérien) ; ELSEVIER, C.R.Biologies, 334 :757-772.
- 46-Boutin, C.; Lesne, L. & Thiery A., 1982.** Ecologie et typologie de quelques mares temporaires à Isoètes d'une région aride du Maroc occidental. Ecol. Mediterr. 8(3): 31-56.
- 47-Braun-Blanquet J. 1932.** Plant sociology, the study of plant community (translation by H.S. Conard, G.D. Fuller), McGraw Hill Book, New York.
- 48-Braun-Blanquet J., 1936.** Un joyau floristique et phytosociologique, « l'Isoetion » méditerranéen. Bull. Soc. Sci. Nat. Nimes SIGMA 42: 141-163.
- 49-Brian M., Hickey C., & Doran B., 2004.** A review of the efficiency of buffer strips for the maintenance and enhancement of riparian ecosystems. Water Qual. Res. J. Canada 39: 311-317.
- 50-Brochet A.-L., Guillemain M., Fritz H., Gauthier-Clerc M., & Green A.J., 2009.** The role of migratory ducks in the long-distance dispersal of native plants and the spread of exotic plants in Europe, Ecography 32 : 919-928.
- 51-Brock, M. A. & Britton D. L., 1995.** The role of seed bank in the revegetation of Australian temporary wetlands in Restoration of temperate wetlands, B. D. Wheeler, S. C. Shaw, W. Fojt and R. A. Robertson (eds.). John Wiley and Sons Ltd, pp. 183-188.
- 52-Brock, M. A., 1998.** Are temporary wetlands resilient? Evidence from seed banks of Australian and South African wetlands in Wetlands for the future., McCombs A. J and Davis J. A (eds.). Gleneagles Publishing, Adelaide, Australia, pp. 193-206.
- 53-Brullo S., & Grillo M., 1976.** Ricerche fitosociologiche sui pascoli di Monte Lauro (Sicilia meridionale). Boll. Accad. Gioenia Sci. Nat.12: 84-104.
- 54-Brullo, S. & Furnari F., 1994.** La vegetazione del Gebel el-Akhdar (Cirenaica settentrionale). Boll. Accad. Gioenia Sci. Nat. 27: 197-412.
- 55-Chalabi B. & Van Dijk G., 1988.** Les zones humides dans la région de Annaba et El Kala. Rapport Parc National d'El Kala, El Kala (DZ) / Zeist (NL) :35 p.
- 56-Chaumont M. & Paquin C., 1971.** Carte pluviométrique de l'Algérie du Nord, échelle 1/500000 (4 feuilles et notice), Bull. Soc. Hist. nat. Afr. Nord, Alger, 24p. + carte h.t.
- 57-Chevassut G., 1956.** Les groupements végétaux du marais de la Rassauta , Ann. Inst. Nat. Agr. Elharrach Alger, 4-92.
- 58-Chevassut, G. & Quézel P., 1956.** Contribution à l'étude des groupements végétaux des mares temporaires à *Isoetes velata* et de dépressions humides à *Isoetes hystrix* en Afrique du Nord. Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, 47: 59-73.
- 59-Chevassut, G. & Quézel P., 1958.** L'association à *Damasonium polyspermum* et *Ranunculus batrachioides*. Bull. Soc. Hist. nat. Afr. Nord.,49: 204-210.
- 60-Clements F.E 1916.** Plant succession: an analysis of the development of vegetation, Carnegie Institute Publication 242, Washington DC.
- 61-Clements F.E. 1928.** Plant succession and indicators. A definitive edition of plant succession and plant indicators, The H.W. Wilson Company, New York.
- 62-Colas B., Riba M. & Molina J., 1996.** Statut démographique de *Centaurea corymbosa* Pourret (Asteraceae), *Hormatophylla pyrenaica* (Lapeyr.) Cullen & Dudley (Brassicaceae) et *Marsilea strigosa* Willd. (MarsileaceaePteridophyta), trois plantes rares du sud de la France. Acta Bot. Gallica, 143: 191-198.

- 63-Connell J.H., 1978.** Diversity in tropical rain forest and coral reefs, *Science* 199 :1302–1310.
- 64-Cosson E. & Durieu de Maisonneuve, 1854-1867.** Exploration scientifique de l'Algérie. Flore de l'Algérie. Phanérogamie. Groupe des Glumacées. (inédits), imp. Impériale, Paris, 631p.
- 65-Cosson E., 1879.** Le règne végétal en Algérie, « Considérations générales sur l'Algérie, sur sa végétation spontanée, et sur ses cultures », conf. Asso. Scien. France, imp. A.Q. Paris, 76p.
- 66-Côte M. 1996.** L'Algérie, espace et société, Paris, Masson -Armand Colin, 253 p.
- 67-Covas R. & Blondel J. 1998.** Biogeography and history of the Mediterranean bird fauna. *Ibis* 140: 395-407.
- 68-Crosslé K. & Brock M.A., 2002.** How do water regime and clipping influence plant establishment from seed banks and subsequent reproduction? *Aquat. Bot.* 74:4356.
- 69-Daget P., 1977.** Le bioclimat méditerranéen : Analyse des formes climatiques par le système d'Emberger, *Végétation*, 3 (1-2), 73-107.
- 70-Daoud-Bouattour A., Gammar-Ghrabi Z., & Ben Saad-Limam S., 2007.** Guide illustré des plantes du Parc National de l'Ichkeul, ERI, Ariana.
- 71-Daoud-Bouattour A., Muller S.D., Ferchichi-Ben Jamaa H. Ghrabi-Gammar Z., Rhazi L., Gammar A.M., Karray M. R., Soulié-Märsche I., Zouaïdia H., de Bélair G., Grillas P., & Ben Saad-Limam S., 2009.** Recent discovery of the small pillwort (*Pilularia minuta* Durieu, Marsileaceae) in Tunisia: Hope for an endangered emblematic species of Mediterranean temporary pools?. *C. R. Biologies* 332 : 886–897.
- 72-De Bélair G., & Samraoui B., 1994.** Death of a lake: Lac noir in northeastern Algeria. *Environ. Conserv.* 21: 169–172.
- 73-De Bélair G., & Samraoui B., 2000.** Le complexe de zones humides de Beni-Belaid, un projet de réserve naturelle. *Sci. Tech. Univ. Constantine* 14 : 115–124.
- 74-De Bélair, G. & Boussouak, R. 2002.** Une Orchidée de Numidie oubliée: *Serapias stenopetala* M. & Steph. 1930. *L'Orchidophile*, N° 153 : 189-196.
- 75-De Bélair G., 2005.** Dynamique de la végétation de mares temporaires en Afrique du Nord (Numidie orientale, NE Algérie), *Ecol. Mediterr.* 31: 83–100.
- 76-De Bélair G., 2008a.** Hotspots et biodiversité des zones humides de Numidie. Communication Séminaire National sur Milieux Naturels, Biodiversité et Ecodéveloppement. Univ. Jijel 24 & 25 novembre.
- 77-De Bélair G., 2008b.** Un carrefour d'origines biogéographiques : les mares temporaires de Numidie (N.E.Algérie). Au fil des mares, pole relais Mares et Mouillères de France, N° 6/7: 21-24.
- 78-De Bélair, G. 2010.** *Serapias stenopetala*. In: IUCN 2011. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.2. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 03 February 2012.
- 79-De Bélair G. & Vêla E., 2011.** Découverte de *Nymphoides peltata* (Gmel) O. Kuntze (Menyanthaceae), en Afrique du Nord (Algérie). *Poiretia, Rev. Nat. Magh.* 3:1-7.
- 80-Deil U., 2005.** A review on habitats, plant traits and vegetation of ephemeral wetlands; a global perspective, *Phytocoenologia* 35 533–705.
- 81-Dercourt J., L.E. Ricou & B. Vrielying (eds.), 1993.** Atlas Tethys palaeoenvironmental maps. Maps (1/20 000 000e) and notice, 307 p., 14 cartes h.-t., Gauthier-Villars, Paris.
- 82-Dimanche P., & Schoenenberger A., 1970.** Description des milieux des Mogods et de Kroumirie, Institut national de recherches forestières, Tunis.
- 83-Dobignard A. & Chatelain C., 2010-12.** Index synonymique et bibliographique de la flore d'Afrique du Nord. Vol.1 (Monocotyledonae (2010), Vols. 2-3 (2011), vols. 4-5 in prep. Consultable sur <http://www.ville-ge.ch/musinfo/bd/cjb/africa/>.
- 84-Doledéc S., & Chessel D. 1987.** Rythmes saisonniers et composantes stationnelles en milieu aquatique. I. Description d'un plan d'observation complet par projection de variables, *Acta Oecol.* 8 : 403–426.
- 85-Drury, W.H. 1980.** Rare species of plants. *Rhodora* 82 : 3-48.

- 86-Economidou, E., 1996.** Aperçu des habitats dulçaquicoles temporaires de Grèce (étangs, mares, oueds) et de leurs espèces végétales in Actes des 7èmes Rencontres de l'A.R.P.E. Provence-Alpes-Côte d'Azur. Colloque scientifique international Bio'Mes, Digne, pp. 65-68.
- 87-Emberger L. 1943.** Les limites de l'aire de végétation méditerranéenne en France. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse 78(3), pp 159-180.
- 88-Emberger L., 1955.** Les limites biogéographiques des climats. Rec. Trav. Lab. Bot. Zool., Fac. Sc. Univ. Montpellier, 7: 3-43.
- 89-Fariz, G.H., A. Hatough-Bouran, 1998.** Population dynamics in arid regions: the experience of Azraq Oasis Conservation Project. In: de Sherbinin, Alex & Dompka, V. (Eds) Water and population dynamics. Case studies and policy implications. American Association for the Advancement of Science, Washington D.C.
- 90-Fennane M., Ibn Tattou M., Mathez J., Ouyahya A., & El Oualidi J., 1999.** Flore pratique du Maroc. Manuel de détermination des plantes vasculaires, vol.1. Travaux de l'Institut Scientifique, Sér.Bot.36, Rabat.
- 91-Ferchichi-Ben Jamaa H., Muller S.D., Daoud-Bouattour A., Ghrabi-Gammar Z., Rhazi L., Soulié-Marsche L., Ouali M., & Ben Saad-Limam S., 2010.** Structure de végétation et conservation des zones humides temporaires méditerranéennes: la région des Mogods (Tunisie septentrionale). ELSEVIER; C.R. Biologies 333:265-279.
- 92-Floret Ch., Galan M.J., Le Floc'h., Orshan G. et Romane F., 1990.** Growth forms and pheno-morphology traits along an environmental gradient : tools for studying vegetation. Journal of Vegetation Science 1 : 71-80.
- 93-Gamisans J., 1991.** La végétation de la Corse. In Compléments au Prodrôme de la flore corse, Annexe 2. Edit. Conservatoire et Jardin Botaniques, Genève. 391 p.
- 94-García N., Cuttelod A., Abdul Malak D., 2010 (eds.).** The Status and Distribution of Freshwater Biodiversity in Northern Africa. The IUCN Red List of Threatened Species—Regional Assessment, IUCN, Gland, Switzerland, Cambridge, UK & Malaga, Spain.
- 95-Gaussen H., 1948.** Carte des précipitations de l'Algérie (moyenne 1913-47), échelle 1/500000, I.G.N., Paris.8p.
- 96-Gaussen H. & Vernet A. 1958.** Notice de la feuille Tunis-Sfax. Carte internationale du tapis végétal à 1/1000000^{ème}. Bull. Serv. Carte Phytogéo., série A, 3: (2),3-31 Paris, Toulouse.
- 97-Gauthier-Lièvre L., 1931.** Recherches sur la flore des eaux continentales de l'Afrique du Nord, Soc. Hist. Nat. Afr. du Nord, mémoire hors-série, Alger, 300p.
- 98-Géhu J.-M., Kaâbache M., & Gherzouli R., 1993.** Phytosociologie et typologie des habitats des rives des lacs de la région d'El-kala (Algérie), Coll. Phytosociologiques., 22 : 297–329.
- 99-Géhu J.M., Kâabèche M., & Gharzouli R., 1994.** L'aulnaie glutineuse de la région d'El-Kala (La Calle), Annaba, Algérie : une remarquable irradiation biogéographique européenne en Afrique du Nord, Fitosociologia, 27 :67-71.
- 100-Géhu J.M., Meddour R., Kâabèche M., & Sadki N., 1998.** Typologie hiérarchisée des principales unités phytosociologiques d'Algérie ou diversité des habitats biologiques d'Algérie. Annexe N°4, Direction Générale de l'Environnement, Direction de la préservation de la biodiversité et des espaces naturels. FEM/PNUD, Alger/Bailleul.
- 101-Ghrabi-Gammar Z., Daoud-Bouattour A., Ferchichi H., Gammar A.M., Muller S.D., Rhazi L., & Ben Saad-Limam S. 2009.** Flore vasculaire, endémique et menacée des zones humides de Tunisie, Rev. Ecol. (Terre Vie) 64:19-40.
- 102-Greuter W., 1991.** Botanical diversity, endemism, rarity, and extinction in the Mediterranean area: an analysis based on the published volumes of Med-Checklist, Bot. Chron.10:63–79.
- 103-Greuter W., 1995.** Origin and peculiarities of Mediterranean island floras. Ecol. Medit.,21:1-10.
- 104-Grillas P., Tan Ham L., Dutartre A., & Mesléard F., 1992.** Distribution de *Ludwigia* en France, étude des causes de l'expansion récente en Camargue, in: 15^e Conférence COLUMA, Journées Internationales sur le Lutte contre Les Mauvaises Herbes, pp.1083-1090, ANPP, Versailles,1.

- 105-Grillas, P. & Battedou G., 1998.** Effects of flooding date on biomass, species composition and seed production in submerged macrophyte beds in temporary marshes in the Camargue (S. France) in *Wetlands for the future*, A. J. McCombs and J. A. Davis (eds.). Gleneagles Publishing, Adelaide, Australia, pp. 207-218.
- 106-Grillas, P., Chauvelon P. & Tan Ham L., 1998.** Restauration ou récréation de la mare de Grammont. Station Biologique de la Tour du Valat, Rapport Final, Arles, 27 pages.
- 107-Grillas, P., Gauthier P., Yavercovski N., & Perennou C., 2004.** Les mares temporaires méditerranéennes. Enjeux de conservation, fonctionnement et gestion. Station Biologique de la Tour du Valat, voll: 120p.
- 108-Guyot G., 1999.** Climatologie de l'environnement. Dunod édit., 525p.
- 109-Haffer, J. 1982.** General aspects of the refuge theory. Biological diversification in the tropics (ed. by G. Prance), Columbia University Press, New York. pp. 6–24.
- 110-Hamdi N., Charfi F., & Moali A., 2008.** Variation of the waterbird community relying to the Ichkeul National Park, Tunisia, Eur. J. Wildl. Res. 54 : 417–424.
- 111-Hammada S., Dakki M., Ibn Tattou M., Ouyahya A., & Fennane M., 2004.** Analyse de la biodiversité floristique des zones humides du Maroc: Flore rare, menacée et halophile, Acta Bot. Malacitana 29:43-66.
- 112-Hanski I. 1991.** Metapopulation dynamics: brief history and conceptual domain, Biol. J. Linnean Soc. pp.423–16.
- 113-Hayashi, M., & Rosenberry, D.O., 2002.** Effects of ground water exchange on the hydrology and ecology of surface water. Ground Water 40 (3), 309–316.
- 114-Haycock N.E., & Pinay G., 1993.** Groundwater nitrate dynamics in grass and poplar vegetated riparian buffer strips during the winter. J. Envir. Qual. 22 : 273–278.
- 115-Hewitt G.M. 1999.** Post-glacial re-colonization of European biota. Biological Journal of the Linnean Society, 68:87–112.
- 116-Hewitt G.M. 2000.** The genetic legacy of the Quaternary ice ages. Nature, 405 : 907-913.
- 117-Heywood V.H., 2006.** Changing attitudes to plant introduction and invasives. in: S. Brunel (Ed.), Invasive Plants in Mediterranean type regions of the world., Environmental Encounters Series 59, Strasbourg, , pp.119–128.
- 118-Hoagland B.W., & Collins S.L., 1997.** Gradient models, gradient analysis, and hierarchical structure in plant communities, Oikos, 78 : 23–30.
- 119-Hollis G.E., 1992.** Implications of climate changes in the Mediterranean basin: Garaet Ichkeul and Lac de Bizerta, Tunisia, in: L. Jeftic, J.D. Milliman, G. Sestini (Eds.), Climate Change and the Mediterranean. UNEP/Edward Arnold, London, pp. 700.
- 120-Houlahan J.E., Keddy P.A., Makkay K., & Findlay C.S., 2006.** The effects of adjacent land use on wetland species richness and community composition, WETLANDS, 26 : 79–96.
- 121-Humboldt A. von, 1808.** Ansichten der Natur mit wissenschaftlichen Erläuterungen. Tübingen, J.G. Cotta.
- 122-Isselstein, J., Griffith B.A., Prade P. & Venerus S., 2007.** Effects of livestock breed and grazing intensity on biodiversity and production in grazing systems. 1. Nutritive value of herbage and livestock Performance. Grass and Forage Science, 62:145-158.
- 123-Jacobsen D., & Encalada A.,1998.** The macroinvertebrate fauna of Ecuadorian highland streams in the wet and dry season . Hydrobiologie , 142 : 53-70.
- 124-Jansen, J. & Menezes De Sequeira M., 1999.** The vegetation of shallow waters and seasonally inundated habitats (Littorelletea and Isoëto-Nanojuncetea) in the higher parts of the Serrada Estrela, Portugal. Mitt. bad. Landesver. Naturkunde u. Naturschutz 17: 449-462.
- 125-Joleaud L., 1936.** Etude géologique de la région de Bone et de la calle ; In : Un carrefour d'origines biogéographiques : les mares temporaires de Numidie (N.E.Algérie), de Bélair G. ; Au fil des mares, pole relais Mares et Mouillères de France, automne/hiver2008, N° 6/7:21-24.

- 126-Jouffre D., Lam-Hoai T., Millet B. & Amanieu M. 1991.** Structuration spatiale des peuplements zooplanctonique et fonctionnement hydrodynamique en milieu lagunaire. *Oceanologica acta*, 14 : 489-504.
- 127-Julve Ph., 1999.** Carte phytogéographique de la France. Cahiers de géographie physique.n°13.
- 128-Junqua C., 1954.** A propos de l'*Hydrocirius columbiae* S., et de l'intérêt biogéographique de la Calle. Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord., t. 45: 7-8, 318-322.
- 129-Kaid Rassou K, 2009.** Etude des interactions entre les eaux souterraines et les eaux de surface dans le bassin côtier d'Oualidia. Thèse de doctorat en hydrogéologie, Univ. Cadi Ayyab, Semailia Marrakech, 214p.
- 130-Keddy P.A. 2000.** Wetland Ecology: Principles and Conservation, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- 131-Keddy, P.A. 2007.** Plants and vegetation: origins, processes, consequences, Cambridge: University Press, Cambridge, UK.
- 132-Khaznadar M., Vogiatzakis I.N., & Griffiths G.H., 2008.** Land degradation and vegetation distribution in Chott El Beida wetland, Algeria, *J.Arid.Envir.*73:369-377.
- 133-Kruckeberg, A.R. & D. Rabinovitz. 1985.** Biological aspects of endemism in higher plants. *Annual review of Ecology and Systematics* 16: 447-479.
- 134-Kürschner H. & Parolly G., 1999.** On the occurrence of *Isoetes histrix* in the Menderes massif of western Turkey, a synecological study and the first record of an Isoëtion community for Turkey. *Bot. Jahrb. Syst.* p.121.
- 135-Laribi M., Acherar M., Derridj A. & Mathez J., 2009.** *Nardus stricta* L., espèce nouvelle pour la flore algérienne, *J. Bot. Soc. Bot. France*, 48 : 3-6.
- 136-Laribi M., Acherar M., Mathez J. & Derridj A. 2011.** Découverte *Rhynchocorys elephas* (L.) Griseb., dans l'Akfadou (Grande Kabylie, Algérie): première mention pour Afrique du Nord. *J. Bot. Soc. Bot. France*, 53 : 31-36.
- 137-Laroche J., Baran E., & Rasoanandrasana N.B., 1997.** Temporel patterns in fish assemblage of a semiarid mangrove zone in Madagascar. *Journal of Fish Biology*, 51 : 3-20.
- 138-Le Houerou H. N., 1969.** Recherches écologiques et floristiques sur la végétation de la Tunisie méridionale: les milieux naturels, la végétation, 281p.
- 139-Le Houerou H.N., Claudin J., & Pouget M., 1977.** Etude bioclimatique des steppes algériennes. Avec une carte bioclimatique à 1/1000 000ème. Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord. *Alger*, 68 (4): 33-75.
- 140-Le Floch E., Boulos L., & Véla E., 2010.** Flore de Tunisie, Catalogue synonymique commenté, Banque Nationale de Gènes, Tunis.
- 141-Lefranc E., 1865.** La Calle:Topographie, Botanique et Climatologie, Bull. Soc. Bot. Fr.12 :415–431.
- 142-Lepart J. & Escarre J. 1983.** La succession végétale, mécanismes et modèles : analyse bibliographique, Bull. Ecol. Vol.14 pp.133–178.
- 143-Llorens, L., 1979.** Notes sobre l'Isoetion a Mallorca. *Collect. Bot.* 11: 241-249.
- 144-Loisel R., 1976.** La végétation de l'étage méditerranéen dans le sud-est continental français. Thèse Doct. Etat, Univ. Aix-Marseille III: 384 p.
- 145-Lorenzoni, C. & Paradis G., 2000.** Phytosociologie de mares temporaires méditerranéennes: les Tre Padule et la Padule Maggiora (Suartone, commune de Bonifacio, Corse). *Coll. Phytosociol.* XXVII: 571-587.
- 146-Maire R., 1926.** Carte phytogéographique de l'Algérie et de la Tunisie. Notice. Gouvernement Général de l'Algérie, Service cartographique, Alger,78p.carte couleurs au1/1500 000° h.t.
- 147-Maire R., 1952-1987.** Flore de l'Afrique du Nord (Maroc, Algérie, Tunisie, Tripolitaine, Cyrénaïque et Sahara), 16 vols., Ed. Lechevalier, Paris. (publié à titre posthume).
- 148-Mandaluniz N., Aldezabal A., & Oregui L.M. 2009.** Atlantic mountain grassland-heathlands: structure and feeding value. *Spanish Journal of Agricultural Research*7: 129–136.
- 149-Manly B.F.J., 1991.** Randomization and Monte Carlo methods in biology. Chapman and Hill, London. 281p.

- 150-Marceno C. & Trapani S., 1976.** L'Isoëtetum duriei Bory nell' Piana dei Greci (Sicilia occidentale). Atti Accad. Sci. Lettr. Arti Palermo, ser. 4 35: 395-399.
- 151-Marre A., 1992.** Le Tell oriental algérien de Collo à la frontière tunisienne, Etude géomorpho- logique, OPU, Alger, 2vol., 624p.
- 152-Mayache B., Houhamdi M. & Samraoui B. 2008.** Ecologie des sarcelles d'hiver *Anas crecca crecca* L. hivernants dans l'eco-complexe de zones humides de Jijel (Nord-Est de l'algerie). Eur. Jour. Of Scien. Resea. Vol.21, pp. 104-119.
- 153-Mebarki A., 1982.** Le bassin du Kébir-Rhumel (Algérie). Hydrologie de surface et aménagement des ressources en eau, thèse doctorat de 3^{ème} cycle, Université de Nancy II, 304 p.
- 154-Mebarki A., 2005.** Hydrologie des bassins de l'Est algérien: ressources en eau, aménagement et environnement. Thèse de Doctorat d'état, Géographie et aménagement du territoire, option : *Hydrologie*. Univ. Constantine, 360 p.
- 155-Médail F. & Quézel P. 1997.** Hot-spots analysis for conservation of plant biodiversity in the Mediterranean Basin. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 84: 112–127.
- 156-Médail, F., Michaud H., Molina J., Paradis G. & Loisel R., 1998.** Conservation de la flore et de la végétation des mares temporaires dulçaquicoles et oligotrophes de France Méditerranéenne. *Ecol. Medit.* 24(2): 119-134.
- 157-Médail F., & Quézel P., 1999.** Biodiversity *hotspots* in the Mediterranean basin: Setting global conservation priorities. *Conservation Biol.*, 13(06): 1510-1513.
- 158-Médail F. & Diadema K. 2006.** Biodiversité végétale méditerranéenne et anthropisation: approches macro et microrégionales. *Annales de Géographie*, 651: 618–640.
- 159-Médail F. & Diadema K. 2009.** Glacial refugia influence plant diversity patterns in the Mediterranean Basin; *J. Biogeogr.* Blackwell Publishing Ltd, 36: 1333–1345.
- 160-Meddour R. 2010.** Bioclimatologie, phytogéographie, phytosociologie en Algérie, exemple des groupements forestiers et preforestiers de la Kabylie Jurjurienne, Thèse Doct. Sci. Agro. Univ. Tizi ousou, 461 p.
- 161-Metge, G., 1986.** Etude des écosystèmes hydromorphes (dayas et merjas) de la meseta occidentale marocaine. thèse de Doctorat, Université Aix-Marseille III, Marseille, 280 p.
- 162-Mittermeier R.A., Myers N., Thomsen J.B., Da Fonseca G.A., & Olivieri S., 1998.** Biodiversity hotspots and major tropical wilderness areas: approaches to setting conservation priorities. *Conserv. Biol.*, 12: 3.
- 163-Mittermeier R.A. ; Robles Gil P.; Hoffmann M.; Pilgrim J.; Brooks T.; Mittermeier C.G.; Lamoreux J.; & Da Fonseca G.A.B., 2004.** Hotspots revisited: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. Cemex/Conservation; International/ Agrupacion, Sierra Madre/Monterrey/Mexico, 392 p.
- 164-Mossa, L., 1986.** Aspetti vegetazionali della Giara di Gesturi. *Ann. Bot. (Roma), Studi sul Territorio* 45 (suppl. 5): 1-28.
- 165-Muller S.D., Daoud-Bouattour A., Ferchichi H., Gammar-Ghrabi Z., Limam-Ben Saad S., & Soulié-Märsche I., 2008.** Garâa Sejenane (northern Tunisia): an unknown and threatened biological richness. *Eur. Pond Conserv. Network Newsletter* 1: 7–8.
- 166-Muller S.D., Daoud-Bouattour A., Belouahem-Abed D., Ben Haj Jilani I., Ben Saad-Limam S., Benslama M., Ferchichi-Ben Jamaa H., Rhazi L., & Ghrabi-Gammar Z., 2010.** Peat mosses (*Sphagnum*) and related plant communities of North Africa. I. The Numidian-Kroumirian range (Algeria-Tunisia). *Flora Medit.* 20 : 159–178.
- 167-Muller S., 2000.** Les espèces végétales invasives en France: Bilan des connaissances et propositions d'action. *Rev. Ecol.Terre et Vie*, 17 : 53–69.
- 168-Myers N., Mittermeier R.A., Mittermeier C.G., Da Fonseca G.A.B & Kent J., 2000.** Biodiversity hotspots for conservation priorities- *Nature*, 403: 853-858.
- 169-Myers N., 2003.** Biodiversity hotspots revisited, *BioScience* 53: 916–917.
- 170-Nathan R., 2006.** Long-Distance Dispersal of Plants, *Science* 313 : 786.
- 171-Nègre R., 1952.** Note phytosociologique sur quelques mares et tourbières de Kroumirie, *Bull.Soc.Bot.Fr.*99 :16-22.

- 172-Nicholson S.E., Kim J., & Hoopingarner J. 1988.** Atlas of African rainfall and its interannual variability. Édité. Department of Meteorology, Florida State University Tallahassee, Floride, USA, 237 p.
- 173-Oertli B., Indermuehle N., Ange libert S., Hinden H., & Stoll A. 2008.** Macroinvertebrate assemblages in 25 high alpine ponds of the Swiss National Park (Cirque of Macun) and relation to environmental variables, *Hydrobiologia* vol.597, pp. 29–41.
- 174-Ozenda P. 1982.** Les végétaux dans la biosphère. Doin. édité., Paris, 341p.
- 175-Ozenda P., 1991.** Les relations biogéographiques des montagnes sahariennes avec la région méditerranéenne. *Rev. Géo. Alpine*, 1 pp. 43-53.
- 176-Panini T. & Amandier L. 2005.** Climats pluviométrique et thermiques en région province-Alpes-cote d'Azur. Analyse des données météorologiques 1961-1996 et cartographie par système d'information géographique. *Foret Médit.*, XXVI, 4, pp.299-308.
- 177-Paradis G., Pozzo Di Borgo M. L.& Lorenzoni C., 2002.** Contribution à l'étude de la végétation des mares temporaires de la Corse 4. Depression de Padulu (Bonifacio, Corse). *Bull. Soc. Bot. Centre Ouest N.S.* 33: 133-184.
- 178-Paradis G. & Pozzo Di Borgo M. L., 2005.** Etude phytosociologique et inventaire floristique de la réserve naturelle des Tre Padule de Suartone (Corse). *J. Bot. de la Soc. Bot. de France*, 30 : 27-96.
- 179-Peterjohn W.T. & Correll D.J.,1984.** Nutrient dynamics in an agricultural watershed: observations on the role of riparian forest. *Ecology* 65: 1466–1475.
- 180-Petit R.J., Brewer S., Bordács S., Burg K., Cheddadi R., Coart E., Cottrell J., Csaikl U.M., Deans J.D., Fineschi S., Finkeldey R., Goicoechea P.G., Jensen J.S., König A.O., Lowe A.J., Madsen S.F., Mátyás G., Munro R.C., & Oledska I., 2002.** Identification of refugia and post-glacial colonisation routes of European white oaks based on chloroplast DNA and fossil pollen evidence, *For. Ecol. Manag.* 156: 49–74.
- 181-Petit R.J., Aguinagalde I., Beaulieu de J.-L., Bittkau C., Brewer S., Cheddadi R., Ennos R., Fineschi S., Grivet D., Lascoux M., Mohanty A., Müller-Starck G., Demesure-Musch B., Palmé A., Martin J.P., Rendell S. & Vendramin G.G. 2003.** Glacial refugia: hotspots but not melting pots of genetic diversity, *Science*, 300: 1563-1565.
- 182-Petit R.J., Hu F.S., & Dick C.W., 2008.** Forests of the Past: A Window to Future Changes. *Science, Am. Asso. Adven. Scien.* «www.Sciencemag.org» consulté janvier 2010.
- 183-Pons A. 1984.** Les changements de la végétation de la région méditerranéenne durant le Pliocène et le quaternaire en relation avec l'histoire du climat et de l'action de l'homme. *Webbia*, 38 : 427-434.
- 184-Pottier-Alapetite G., 1952.** Note préliminaire sur l'*Isoetion* tunisien. *Bull. Soc. Bot. Fr.* 99: 4-6.
- 185-Pottier-Alapetite G., 1958.** Intérêt phytogéographique de la région de Sedjenane en Tunisie, *Vegetatio* 8 : 176–180.
- 186-Pottier-Alapetite G., 1979-81.** Flore de la Tunisie (Angiospermes-Dicotylédones), 2 vols., Pub.Sci.Tunisiennes, Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique, Ministère de l'agriculture, Tunis, 1190p.
- 187-Questad E. J. & Foster B. L, 2008.** Coexistence through spatio-temporal heterogeneity and species sorting in grassland plant communities. *Ecology Letters*, 11: 717–726.
- 188-Quézel P., & Santa, S. 1962.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales, vol1, CNRS éd., Paris, vol 1. 1-565.
- 189-Quézel P., & Santa, S. 1963.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales, vol2, CNRS éd., Paris, vol 2. 566–1170.
- 190-Quézel P., 1978.** Analysis of the flora of Mediterranean and Saharan Africa. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 65: 479–534.
- 191-Quézel P., 1983.** "Flore et végétation actuelles de l'Afrique du Nord, leurs significations en fonction de l'origine de l'évolution et des migrations des flores et structures de végétation passées". *Bothalia*, 14 : 411-6.

- 192-Quézel, P. & Barbéro, M. 1993.** Variations climatiques au Sahara et en Afrique sèche depuis le pliocène: enseignements de la flore et de la végétation actuelles. *Bull. Ecol.*, 24 (2-3-4): 191-202.
- 193-Quézel P., 1995.** La flore du bassin méditerranéen : origine, mise en place, endémisme, *Ecologia Mediterranea*. XXI(1/2) :19–39.
- 194-Quézel P., 1998.** La végétation des mares transitoires à *Isoetes* en région méditerranéenne, intérêt patrimonial et conservation, *Ecol. Médit.* 24(2) :111–117.
- 195-Quézel P. 1999.** “Biodiversité végétale des forêts méditerranéennes, son évolution éventuelle d’ici à trente ans”. *Forêt méditerranéenne*, N°XX, I : 3-8.
- 196-Quézel P., 2000.** Réflexions sur l’évolution de la flore et de la végétation au Maghreb méditerranéen, Ibis Press, Paris.
- 197-Quézel P. & Médail F. 2003a.** Que faut-il entendre par "forêts méditerranéennes"? *Forêt méditerranéenne*, 14: 11–31.
- 198-Quézel P. & Médail F. 2003b,** *Écologie et biogéographie des forêts du Bassin méditerranéen*, ELSEVIER, Paris, 2003, p. 573.
- 199-Quézel P. & Médail F. 2003c.** Valeur phytoécologique et biologique des ripisylves méditerranéennes. *Forêt méditerranéenne*, XXIV, 3 : 231-248.
- 200-Ramade F. 2003.** *Éléments d’écologie, écologie fondamentale*, 3ème édition, Dunod, Paris, p.690
- 201-Ramdani M., Flower R.J., Elkhiaï N., Kraïem M.M., Fathi A.A., Birks H.H., & Patrick S.T., 2001.** North African wetland lakes: characterization of nine sites included in the CASSARINA Project Aquatic, *Ecology* 35 : 281–302.
- 202-Rameau J.C., 1988.** Le tapis végétal. Structuration dans l’espace et dans le temps, réponses aux perturbations, méthodes d’étude et intégrations écologiques. ENGREF, Centre de Nancy 102 p. +annexes.
- 203-Raunkiaer C. 1934.** The life-forms of plants and statistical plant geography. Clarendon Press, Oxford. 632p.
- 204-Rebbas K. & Véla E., 2008.** Découverte d’*Ophrys mirabilis* P. Geniez & F. Melki en Kabylie (Algérie). *Le Monde des Plantes*, 496: 13–16.
- 205-Reille M., 1977.** Contribution pollenanalytique à l’histoire holocène de la végétation des montagnes du Rif (Maroc septentrional), in *Recherches françaises sur le Quaternaire* (INQUA, ed.), pp. 53-76, Supplément au Bulletin AFEQ no 50.
- 206-Rhazi, L., 2001.** Etude de la végétation des mares temporaires et l’impact des activités humaines sur la richesse et la conservation des espèces rares au Maroc. Thèse de Doctorat, Univ. Hassan II – Fac. des Sci. Ain Chock - Casablanca, 190 p.
- 207-Rhazi, L., Grillas P., Tan Ham L. & El Khyari D., 2001a.** The seed bank and the between years dynamics of the vegetation of a Mediterranean temporary pool (NW Morocco). *Ecol. Méditerr.* 27(1): 69–88.
- 208-Rhazi L., Grillas P., Mounirou Toure A., & Tan Ham L., 2001b.** Impact of land use in catchment and human activities on water, sediment and vegetation of Mediterranean temporary pools. *C.R. Acad. Sci. Paris, Sci. Vie* 324 165–177.
- 209-Rhazi M., Grillas P., Charpentier A., & Médail F., 2004.** Experimental management of Mediterranean temporary pools for conservation of the rare quillwort *Isoetes setacea*. *Biol. Conserv.* 118 : 675–684.
- 210-Rhazi M., Grillas P., Médail F., & Rhazi L., 2005.** Consequences of shrub clearing on the richness of aquatic vegetation in oligotrophic seasonal pools in Southern France, *Phytocoenologia* 26 : 489–510.
- 211-Rhazi, L., M. Rhazi, P. Grillas & El Khyari D., 2006.** Richness and structure of plant communities in temporary pools from western Morocco: influence of human activities. *Hydrobiologia* 570: 197–203.
- 212-Rhazi L., Grillas P., Rhazi M., & Aznar J.C., 2009.** Ten-year dynamics of vegetation in a Mediterranean temporary pool in western Morocco, *Hydrobiologia* 634: 185–194.

- 213-Rivas-Goday, S., 1970.** Revision de las comunidades hispanicas de la clase "Isoeto-Nanojuncetea" Br.-Bl. & Tux. 1943. Anal. Inst. Bot. A.J. Cavanilles. 27: 225-276.
- 214-Rivas-Martinez S.,1996.** Geobotanica y bioclimatologia. Universtad de Grenada, MCMXCVI, 23-75.
- 215-Rivas-Martinez S. & Loidi Arregui J., 1999.** Bioclimatology of the Iberian Peninsula. Itin. Geobot., 13: 41-47.
- 216-Rosenbaum G., & Lister G.S., 2004.** Formation of arcuate orogenic belts in the western Mediterranean region, Geo. Soc. Of America 383 : 41-55.
- 217-Roux M., 1999.** Statoscope (STATOS), version 1.7, Logiciel de statistiques, Université d'Aix- Marseille-3, Marseille.
- 218-Roxburgh S. H., Shea K., & Wilson J. B. 2004.** The intermediate disturbance hypothesis: Patch dynamics and mechanisms of species coexistence. Ecology 85 : 359–371.
- 219-Ruffray P. de, Brisse H., Grandjouan G. & Hoff M., 1989.** "Sophy ", une banque de données phytosociologiques. *Plantes sauvages menacées*. Actes de Brest, BRG,:129-150.
- 220-Samraoui B., de Bélair G. & Benyacoub S., 1992.**A much-threatened lake: Lac des Oiseaux in Northeastern Algeria. Env. Conserv. 19 : 264–267.
- 221-Samraoui B., Benyacoub S., Mecibah S., & Dumont H.J., 1993.** Afrotropical libellulids (Insecta:Odonata) in the lake district of El Kala, Northeast Algeria, with a rediscovery of *Urothemis e. edwardsi* (Selys) and *Acisoma panorpoides ascalaphoides* (Rambur). Odonatologica, 22: 265-372.
- 222-Samraoui B. & de Bélair G. 1997.** The Guerbès-Senhadja wetlands (N.E. Algeria). Part I : An overview. Bull. Ecol., 28 (3) : 233-250.
- 223-Samraoui B. & de Bélair G., 1998.** Les zones humides de la Numidie orientale : Bilan des connaissances et perspectives de gestion, Synthèse (Rev. Sc. & Tech. Univ. Annaba)4 : 90 p.
- 224-Samraoui B., 2004.** Mares temporaires d'Algérie et du Maghreb. In " Les mares temporaires Méditerranéennes".Grillas P., Gauthier P., Yavercovski N. & Perennou C. (Eds.). Station Biologique de la Tour du Valat, 1 :12.
- 225-Samraoui B., Chakri K. & Samraoui F., 2006.** Large branchiopodes (Branchiopoda: Anostraca, Notostraca and Spinicaudata) from the salt lakes of Algeria. Journal of Limnology 65: 83-88.
- 226-Sauvage C.,1960.** Types biologiques et répartition par étages bioclimatiques des espèces et sous espèces de la flore du Maroc. Doc. Inédit. Institut. Sci. Rabat.
- 227-Seltzer P., 1937.** La carte pluviométrique de l'Algérie (moyenne 1914-1937). Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord., 28(3), 172-184.
- 228-Seltzer P., 1946.** Le climat de l'Algérie. Trav. Inst. Météo. et Phys. Globe. Université d'Alger, Typo. Litho, Alger, 219 p.
- 229-Shaw T. (Dr), 1830 .** Voyage dans la régence d'Alger ou description, géographique, physique, philologique etc. de cet Etat. Marlin éditeurs. In, 400 ans d'exploration botanique en zone méditerranéenne algérienne. Une histoire méconnue et inachevée, Bensaid S. & Gasmi A.Foret méditerranéenne t.xxix,N°3 ;1-6 , septembre2008.
- 230-Spencer S.C., & Rieseberg L.H., 1998.** Evolution of amphibious vernal pool specialist annuals:putative vernal pool adaptative traits in Navarretia (Polemoniaceae), In Witham C.W., Bauder E.T., Belk D., Ferren W.R., and Ornduff R. (Eds.). Ecol. Conserv. and Manag. of Vernal pool Ecosystem- Proceeding-California native plant society. pp 76-85.
- 231-Stebbins G.C. & Major J.,1965.** Endemism and Speciation in California Flora. Ecol. Monogr.,35 : 1-35.
- 232-Stebbins G.L., 1952.** Aridity as a stimulus to Plant Evolution. Americ. Nat. 86: 33-44.
- 233-Stevenson A.C., Skinner J., Hollis G.E., & Smart M., 1988.**The El Kala National Park and Environs, Algeria: An Ecological Evaluation. Environmental Conservation,15(4): 335-348.
- 234-Stevenson A.C., & Battarbee R.W., 1991.** Palaeoecological and Documentary Records of Recent Environmental Change in Garaet El Ichkeul: A Seasonally Saline Lake in NW Tunisia, Biol. Conserv. 58: 275–295.

- 235-Takhtajan A., 1986.** Floristic regions of the world. (translated by T.J. Crovello & A. Cronquist). University of California Press. Los Angeles, Berkeley, 522 p.
- 236-Tansley A.G., 1939.** The British Islands and their vegetation, Cambridge University Press, Cambridge, 484p.
- 237-Tatoni T. & Roche P., 1994.** Écologie du paysage et forêt méditerranéenne. *Forêt Méditerranéenne* 15 (3) : 310-314
- 238-Thomas J.P., 1975.** Ecologie et dynamisme de la végétation des dunes littorales et des terrasses sableuses quaternaires de Jijel à El Kala (Est-Algérien). Thèse de spécialité en écologie végétale, U.S.T.L. Montpellier (FR) : 113 p.
- 239-Thompson J.R., & Hollis, G.E. 1995.** Hydrological modelling and the sustainable development of the Hadejia-Nguru wetlands, Nigeria. *Hydrological Sciences Journal* 40(1): 97-116.
- 240-Thompson J.R., Lavergne S., Affre L., Gaudet M., & Debussche M., 2005.** Ecological differentiation of Mediterranean endemic plants, *Taxon*, 54(4): 967-976.
- 241-Townsend C.R., 1989.** The patch dynamics concept of stream community ecology. *Journal of the North American Benthological Society*, 8: 36-50.
- 242-Tzedakis P.C., Lawson I.T., Frogley M.R., Hewitt G.M. & Preece R.C. 2002.** Buffered tree population changes in a Quaternary refugium: evolutionary implications, *Science*, 297: 2044-2047.
- 243-Valdès B., Rejdali M., Achhal El Kadmiri A., Jury J.L., & Montserrat J.M., (Eds.), 2002.** Check-list of vascular plants of North Morocco with identification keys (2vols.). Consejo superior de investigacione scientificas, Madrid.
- 244-Van Wieren S.E., 1995.** The potential role of large herbivores in nature conservation and extensive land use in Europe, *Biol. J. Linnean Soc.* 56 : 11–23.
- 245-Véla E., & Benhouhou, S. 2007.** Evaluation d'un nouveau point chaud de biodiversité végétale dans le Bassin méditerranéen (Afrique du Nord), *ELSEVIER; C.R. Biologies* 330: 589–605.
- 246-Véla E., & Rebbas K., 2009.** Découverte de *Lotus angustissimus* L. subsp. *angustissimus* (Fabaceae) en Kabylie (Algérie), *Revue Poiretia*, 1 : 10-15.
- 247-Verlaque R., A. Aboucaya, M.A. Cardona & J. Contandriopoulos, 1991.** Quelques exemples de spéciation insulaire en Méditerranée occidentale. *Bot. Chron.*, 10: 137-153.
- 248-Verlaque R., Médail F., Quézel, P., & Babinot J.F., 1997.** Endémisme végétal et paléogéographie dans le Bassin méditerranéen, *Geobios* 21: 159–166. (numéro spécial).
- 249-Vogel J.C., Rumsey F.J., Schneller J.J., Barrett J.A. & Gibby M. 1999.** Where are the glacial refugia in Europe? Evidence from pteridophytes, *Biological Journal of the Linnean Society*, 66 : 23-37.
- 250-Weiss, S. & Ferrand, N. 2007.** Phylogeography of southern European refugia. Evolutionary perspectives on the origins and conservation of European biodiversity. Springer, Berlin.
- 251-Weng, P., Giraud, F., Fleury P., & Chevallier, C., 2003.** Characterising and modelling groundwater discharge in an agricultural wetland on the French Atlantic coast. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 7 (1) : 33–42.
- 252-Wiens, J.A. 1989.** Spatial scaling in ecology. *Functional Ecology* : 3: 385-397.
- 253-Williams D.D. 2006.** The Biology of Temporary Waters, Oxford University Press, Oxford, 337p.
- 254-Williams P., Whitfield M., Biggs J., Bray S., Fox G., Nicolet P., & Sear D. 2004.** Comparative biodiversity of rivers, streams, ditches and ponds in an agricultural landscape in Southern England, *Biol. Conserv.* Vol. 115 pp. 329–341.
- 255-Wilson J. B, 1994.** The intermediate disturbance hypothesis of species coexistence is based on patch dynamics. *New Zealand J. Ecology* 18 : 176–181.
- 256-Winter, T.C., 1999.** Relation of streams, lakes, and wetlands to groundwater flow systems. *Hydrogeol. J.* 7 (1): 28–45.

- 257-Witthaker R.H, 1951.** A criticism of the plant association and climatic climax concepts, Ecol. Monog. Vol.119, pp. 17–31.
- 258-Yahi N.,Vela E., Benhouhou S., De Bélair G., & Gharzouli R., 2012.** Identifying Important Plants Areas (Key Biodiversity Areas for Plants) in northern Algeria. Journal of Threatned Taxa, vol.4, (8) : 2753-2765 .
- 259-Zedler, P. H., 1987.** The ecology of southern California vernal ponds: a community profile. Biological Report.U.S. Fish Wildlife service, Washington, DC, USA. 85 : (7-11).
- 260-Zedler, P. H., 1990.** Life histories of vernal pool vascular plants in Vernal pools plants: their habitat and biology, Ikeda D.H. and Schlising R.A. (eds.). California State University, Chico, C.A., pp.123-146.



Annexes

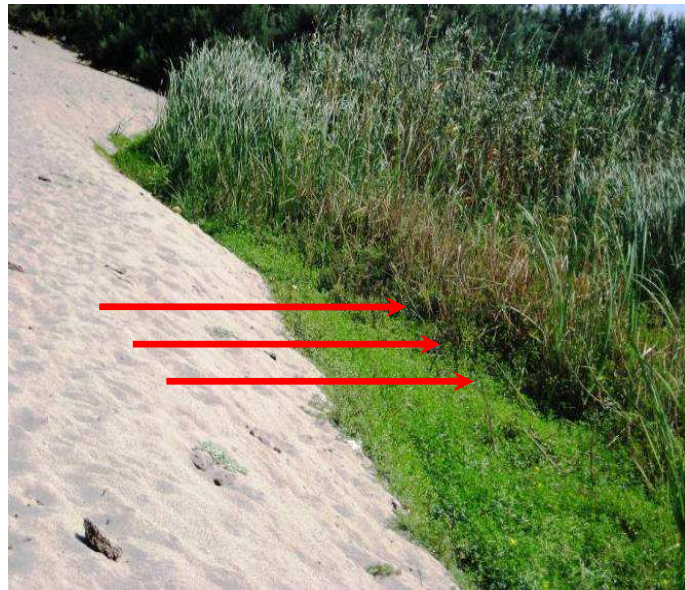
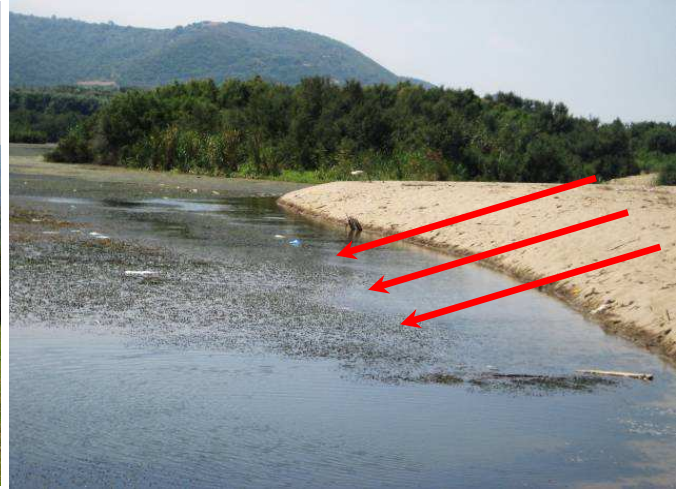
Annexe 1

Bref historique des recherches botaniques en Algérie

- Dès 1620, le botaniste anglais Tradescant, participant à une expédition navale contre les corsaires de la régence d'Alger, herborise sur le littoral algérien (Maire, 1931).
- Plus tard et dès la 1^{ère} moitié du XVIII^e siècle, le pasteur Shaw, parcourt l'Algérie et la Tunisie et publie ses travaux en 1738. Il énumère 632 espèces pour l'Algérie, la Tunisie et l'Arabie (Shaw, 1830).
- A la fin du XVIII^e siècle, les botanistes français René Louiche Desfontaines et l'Abbé Poiret mènent des recherches botaniques en Algérie (de 1783 à 1786). Nous devons les premiers inventaires et descriptions à Jean-Louis Marie Poiret (Poiret, 1789) avec son Voyage en Barbarie et à René Louiche Desfontaines avec Flora Atlantica (Desfontaines, 1798-1799).
- Dès 1837, la recherche botanique officielle et les multiples missions d'exploration scientifique de l'Algérie, ont permis à de nombreux botanistes de constituer les premières collections et les premiers herbiers. Ceux d'Ernest Saint-Charles Cosson et Michel Charles Durieu De Maisonneuve (1854-1867) sont parmi les plus illustres. Divers taxons portent le nom de Durieu De Maisonneuve, nous citerons entre autres *Filago duriaei*, *Festuca deserti* sbsp. *Duriaei*, *Mantisalca duriaei*, *Picris duriaei*, *Stachys duriaei* etc... L'exploration continue après 1852 avec Cosson, Athenas et aussi Munby.
- Les premières véritables flores, qui font encore référence aujourd'hui, sont celles de Jules Aimé Battandier et Louis Trabut, dont Flore d'Alger et catalogue de plantes d'Algérie (Battandier et Trabut, 1884) et Flore analytique et synoptique de l'Algérie et de Tunisie (Battandier et Trabut, 1902) ; à cet égard le Dr Gubb, 1912 souligne : « *je dois reconnaître combien je suis redevable aux œuvres magistrales sur la flore de l'Algérie publiées par MM. Trabut et Battandier, œuvres qui représentent une somme incroyable de travail assidu et d'observations minutieuses* ». Mme Lucienne Gauthier-Lièvre 1931, de sa part présente un mémoire hors série de 300p. « Recherche sur la flore des eaux continentales de l'Afrique du nord ». Mais c'est à René Maire (Maire, 1955-1987) que l'on doit une flore exhaustive, la célèbre Flore de l'Afrique du Nord dont les nombreux volumes (1 à 16) ont été publiés à titre posthume à partir de 1953. Pierre Quézel et Sébastien Santa (Quézel et Santa, 1962-63) ont proposé, avec leur Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales, un ouvrage en deux volumes qui constitue, de nos jours encore, la seule référence accessible sur la flore de l'Algérie. Malgré ce foisonnement de travaux l'histoire de la flore d'Algérie reste inachevée et nécessite une actualisation de patrimoine naturel (Véla, 2006).

Annexe 2

Reportage photographique sur quelques risques qui menacent la zone humide de B.Belaid ,
les flèches rouges montrent l'avancée du sable sur le plan d'eau.



ملخص

بسبب سياقها البيوجغرافي والجيومورفولوجي، الأراضي الرطبة لشمال شرق الجزائر تتميز بتنوع حيوي كبير. وقد أظهرت دراسة الغطاء النباتي للموقع رامسار لبني بلعيد (جيجل) وجود أربعة من المجموعات النباتية الرئيسية موزعة على حسب التدرجات الهيدرولوجيا. كما كشفت النتائج الدراسية وجود على المدى القصير مخاطر تهدد بقاء البحيرة كالرعي المفرط و زحف الرمال إلى وسط البحيرة و تآكل الكثبان الرملية الساحلية، وكذلك النشاطات الزراعية التي هي سبب لإزالة الغابات غير المشروعة، وتلوث المياه والضح المفرط للمياه الجوفية، وأخيرا، سجلنا وجود صيد الأسماك بطريقة غير مشروعة. بناء على ذلك فان السلطات العامة من الضروري أن: (1) تقنن الرعي في الأراضي الرطبة و استعادة منطقة عازلة محاطة بحزام من الأشجار، (2) بدء حملة توعية مع إشراك السكان المحليين في إدارة المحافظة على الموقع الذي يعتبر تراث طبيعي وطني.

كلمات المفتاح: المناطق الرطبة، المجموعات النباتية، النظم المائية، إدارة الحفظ.

Résumé

En raison de leur contexte biogéographique et géomorphologique, les zones humides du Nord-Est de l'Algérie présentent une grande richesse spécifique et coenologique. L'étude de la végétation du site *Ramsar* de Beni-Belaid (Petite Kabylie-Jijel) a montré l'existence de quatre principales communautés végétales réparties sur des gradients d'hydrologie et de perturbation. Les résultats obtenus révèlent d'importantes menaces sur le court terme : le surpâturage et le piétinement entraînent l'envahissement du lac par le sable érodé des dunes littorales ; l'agriculture est à l'origine de défrichements illégaux, d'une pollution des eaux et de pompages excessifs dans la nappe phréatique ; enfin, la chasse et la pêche sont illégalement pratiquées au sein même du site *Ramsar*. Une prise de conscience des pouvoirs publics est nécessaire pour : (1) mettre en défens la zone humide dans le but de restaurer une ceinture forestière tampon, et (2) d'initier une campagne de sensibilisation et d'implication de la population locale dans la gestion conservatoire du site.

Mots clés : Zones humides, Communautés végétales, Hydrosystèmes, Gestion conservatoire.

Abstract

Because of their biogeographical and geomorphological context, Northeastern Algeria wetlands present high species and community richness. The vegetation study of the *Ramsar* site of Beni-Belaid (Jijel) showed the existence of four main communities, distributed along gradients of hydrology and disturbance. The obtained results reveal worrying threats on short term: overgrazing results in the lake invasion by the sand eroded from the coastal dune; agriculture induces illegal cutting, water pollution and excessive groundwater pumping; finally, hunting and fishing are illegally practiced into the *Ramsar* site. The awareness of public authorities is needed in order: (1) to completely protect the wetland with the aim of restoring a riparian forest belt, and (2) to initiate a campaign for increasing the local population awareness, and its involvement in conservation programs.

Key words: Wetlands; Plant communities; Hydrosystems; Conservation management.