

## Partie III



# Guide des espèces

1. **Introduction**
2. **Modèles naturels**
3. **Critères de choix des végétaux**
4. **Description des espèces**
5. **Autres espèces utilisables en génie végétal**
6. **Clé d'identification des saules en période de repos végétatif**

Patrice Prunier, Ludovic Bonin et Pierre-André Frossard

*Génie Végétal en rivière de montagne*

# 1. Introduction

La troisième partie de cet ouvrage traite des espèces végétales, de leurs caractères diagnostiques, de leur écologie et de leurs aptitudes biotechniques. La réussite d'un ouvrage de génie végétal est en effet fortement conditionnée par la bonne adaptation des végétaux utilisés aux conditions stationnelles, ainsi qu'à l'adéquation entre leurs particularités morphologiques et les objectifs techniques, biologiques ou paysagers fixés.

L'approvisionnement en matériel végétal est par ailleurs régulièrement réalisé en milieu naturel lors de la phase de repos physiologique, à une période où les organes habituellement utilisés pour la reconnaissance (feuilles, fleurs) sont absents. Parmi les végétaux utilisables, les saules (*Salix spp.*) offrent les potentialités les plus importantes pour le génie végétal. Or, il s'agit d'un des groupes dont la détermination est parmi les plus complexes. À ce jour, il existe d'ailleurs peu d'outils illustrés aidant à leur reconnaissance en phase de repos végétatif. Face à cette lacune et aux potentialités de ce groupe pour le génie végétal, l'élaboration d'un outil à même de faciliter la sélection de ces espèces était une nécessité.

## 1.1. Présentation de la partie III

La troisième partie de cet ouvrage a pour objectif d'apporter aux professionnels des clés de détermination et de choix des espèces ligneuses et herbacées utilisables dans les ouvrages de génie végétal en rivière de montagne.

Elle présente dans le détail les éléments fondamentaux à prendre en compte et fournit des outils concrets et fonctionnels présentant :

- les groupements végétaux pouvant servir de modèles naturels ;
- les critères à prendre en compte pour choisir les espèces qui seront utilisées dans un ouvrage ;
- 50 espèces (herbacées et ligneuses) utilisables pour la stabilisation des berges montagnardes ;
- une vingtaine d'autres espèces herbacées potentiellement utilisables ;
- une clé illustrée d'identification des saules en période hivernale.

Ce chapitre s'appuie pour une large part sur des données bibliographiques, l'acquisition de données biométriques et les observations des auteurs.

## 1.2. Territoire concerné

Toutes les espèces décrites dans cette partie sont présentes au sein de la zone de coopération transfrontalière alpine du programme franco-suisse « Interreg IVA » s'étendant des cantons de Berne et du Valais, au nord-est, jusqu'au département de l'Isère, au sud-ouest. Ce territoire, correspondant sensiblement à la zone biogéographique des Alpes du Nord occidentales, est compris dans les régions administratives des cantons de Vaud, de Berne, de Fribourg et du Valais et des départements de la Haute-Savoie, de la Savoie et de l'Isère (fig. 1).

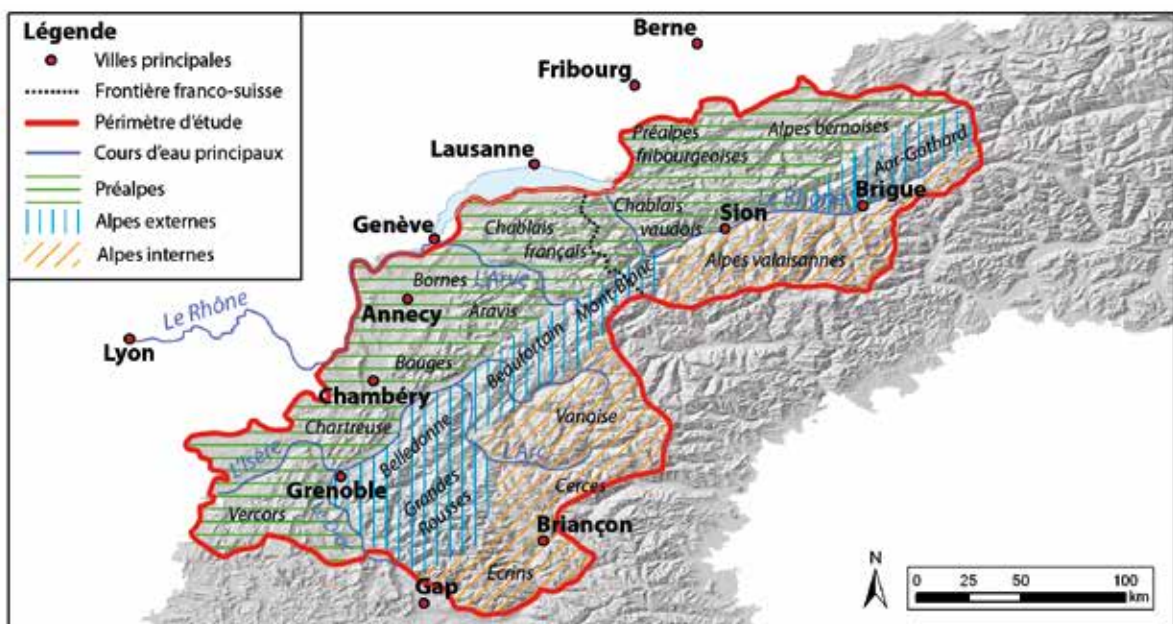


Fig. 1 - Carte de localisation de la zone d'étude et des principales entités biogéographiques.

### 1.2.1. Climat et géologie

Le territoire des Alpes du Nord occidentales est marqué par un climat montagnard à influence océanique plus ou moins nette selon les massifs. Il est compris entre les Alpes orientales, à l'est, marquées par l'influence continentale, et les Alpes du Sud, sous influence méditerranéenne.

Au sein de ce territoire, plus l'on se dirige vers l'est, plus les sommets sont élevés, plus les précipitations sont faibles et les contrastes thermiques importants. Cet effet de continentalité permet de définir trois zones biogéographiques bien distinctes (fig. 1) :

- au nord-ouest, **les Préalpes** (Alpes bernoises, Préalpes fribourgeoises, Chablais, Bornes, Bauges, Chartreuse, Vercors) où l'influence océanique induit une pluviosité importante sur les versants orientés à l'ouest et où la géologie est dominée par les roches calcaires et marneuses ;
- au sud-est, **les Alpes internes** (Alpes valaisannes, Vanoise, Cerces, nord des Écrins) arrosées principalement sur leurs versants occidentaux en raison de leur forte continentalité et marquées par la dominance des roches cristallines et métamorphiques (granites, gneiss, micashistes, etc.) ;
- à l'interface de ces deux zones, **les Alpes externes**, ou Alpes intermédiaires (Beaufortain, Mont-Blanc, Belledonne, Grandes Rousses, Aar-Gothard), caractérisées par un climat à l'influence océanique marquée, par des altitudes supérieures aux Préalpes et par des roches majoritairement cristallines.

### 1.2.2. Végétation

Le territoire des Alpes du Nord occidentales est une zone phytogéographique relativement homogène présentant tous les étages de végétation, de l'étage planitiaire à l'étage nival. Il se distingue notamment des Alpes du Sud par la prédominance des feuillus, en particulier à l'étage montagnard, celui-ci étant dominé, dans les Alpes du Sud, par les pinèdes et les mélézins (Rameau *et al.* 1993).

Les fortes différences climatiques rencontrées le long d'un gradient altitudinal sur un même versant sont à l'origine de l'étagement de la végétation. En effet, la température diminue avec l'altitude (en moyenne un degré tous les 150 mètres), de façon concomitante avec une augmentation des précipitations (entre 500 et 2 500 m, la pluviosité augmente en règle générale de 100 mm tous les 100 m). Ainsi, la durée de la période de végétation (période où la température quotidienne dépasse 6 °C) diminue avec l'altitude. Cette diminution induit progressivement une modification des communautés végétales et structure l'étagement de la végétation. Les limites de ces étages seront légèrement différentes si l'on se situe en adret ou en ubac, en zone interne ou en zone externe (fig. 2). On distingue ainsi...

**L'étage collinéen** (température moyenne annuelle comprise entre 8 et 12 °C et période de végétation supérieure à 250 jours) est cantonné en fond de vallée et sur les piémonts. Le chêne sessile (*Quercus petraea*), le chêne pédonculé (*Q. robur*), le hêtre (*Fagus sylvatica*), le charme (*Carpinus betulus*) et le châtaignier (*Castanea sativa*), sur certains secteurs, sont les principales essences caducifoliées. Le frêne (*Fraxinus excelsior*) et l'érable sycomore (*Acer pseudoplatanus*) sont limités aux milieux frais et humides, le long des cours d'eau ou en pied de versant.

**À l'étage montagnard** (température moyenne annuelle comprise entre 4 et 8 °C et période de végétation restant supérieure à 200 jours), le hêtre est omniprésent dans les Préalpes et ne se maintient, dans les Alpes externes, que sur les versants exposés à l'ouest. Le sapin (*Abies alba*) et l'épicéa (*Picea abies*) se régénèrent naturellement, sauf en amont de la vallée de Chamonix, où il fait trop froid pour le sapin. C'est le domaine de prédilection de la hêtraie-sapinière et des pessières montagnardes pures (fig. 3). Le pin sylvestre (*Pinus sylvestris*) colonise les adrets et les bas d'ubac des Alpes internes.

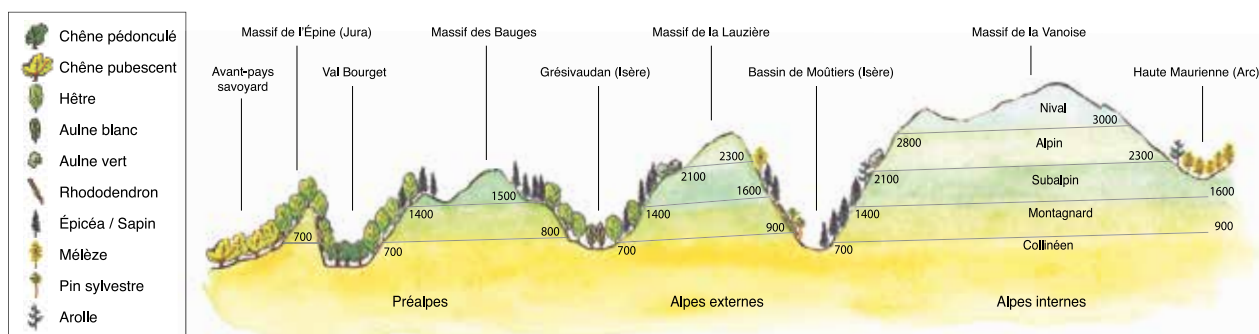


Fig. 2 - Coupe de l'étagement de la végétation.



Fig. 3 - Hêtre-pessière se développant à l'étage montagnard.

**L'étage subalpin** (température moyenne annuelle comprise entre 0 et 4 °C et période de végétation fluctuant entre 100 et 200 jours), dominé par l'épicéa dans sa partie inférieure, est marqué par l'apparition progressive du pin cembro (*Pinus cembra*), du pin à crochets (*P. uncinata*), du mélèze (*Larix decidua*) et des landes à éricacées dans sa partie supérieure. La limite altitudinale de la végétation forestière est à 2 200 m environ avec, aux abords de cette zone, la présence de peuplements rabougris et clairsemés marquant l'interface entre les forêts de conifères et les pelouses d'altitude (fig. 4).



Fig. 4 - Pinède à pins à crochets se développant à l'étage subalpin inférieur dans les Préalpes.

**L'étage alpin** (température moyenne annuelle inférieure à 0 °C et période de végétation inférieure à 100 jours) est caractérisé par la dominance des pelouses rocailleuses (fig. 5). Il n'y a plus d'arbres ou d'arbustes car la saison favorable est trop courte et les gelées trop extrêmes. Seul le pin cembro peut éventuellement résister à ces conditions sur certains secteurs. Les pelouses continues à laiche courbée (*Carex curvula*) ou à seslérie bleuâtre (*Sesleria caerulea*) laissent peu à peu place aux pelouses écorchées caractérisées par la présence d'espèces développant un port en coussinet. La limite supérieure de cette végétation se situe entre 2 700 et 3 000 m dans les Alpes externes et entre 3 000 et 3 500 m dans les Alpes internes.



Fig. 5 - Mosaique de landes basses et pelouses écorchées à l'étage alpin.

**L'étage nival**, enfin, voit disparaître quasi définitivement les plantes à fleurs. Si quelques dicotylédones sont encore capables de survivre près des sommets, ce sont surtout les lichens qui colonisent les rochers, et seules quelques algues subsistent sur les glaciers.

En ce qui concerne le génie végétal, la prise en compte de la répartition spatiale et altitudinale de la végétation est essentielle dans le choix des espèces afin d'obtenir un taux de reprise et un développement optimaux des végétaux. La situation géographique du site devra donc être le premier critère à prendre en compte lors d'un aménagement.

## 2. Modèles naturels

Un des principes de base du génie végétal est de s'appuyer sur l'observation de modèles naturels. Ces modèles correspondent à des écosystèmes ou à des complexes d'écosystèmes riverains ou alluviaux, et peuvent se concevoir à différentes échelles.

À l'échelle stationnelle, le modèle peut correspondre à la composition botanique d'une biocénose, susceptible d'inspirer la composition d'un mélange grainier (fig. 1), ou à sa structure, dont la résistance face aux perturbations peut suggérer un agencement végétal efficace pour la protection contre l'érosion (fig. 2).



**Fig. 1** - Pelouse alluviale dense structurée par la canche cespitueuse (*Deschampsia cespitosa*) et l'anthyllide vulnérable (*Anthyllis vulneraria*) assurant une protection de surface.



**Fig. 2** - Fourré de saule fétide (*Salix foetida*) et de saule bleuâtre (*S. caesia*) à l'étage subalpin.

À l'échelle d'un complexe d'écosystème, le modèle naturel peut se concevoir transversalement ou longitudinalement par rapport au cours d'eau :

- en considérant les associations végétales se juxtaposant latéralement par rapport au lit mineur et susceptibles de se substituer les unes aux autres (fig. 3) ;
- en considérant les associations végétales de même structure se succédant longitudinalement au fil de l'eau, depuis la source jusqu'à l'embouchure (chap. III.2.1.2).



**Fig. 3** - Zonation transversale de la végétation composée de structures herbacée, buissonnante et arbustive, particulièrement pertinente pour une application en génie végétal.

Dans les Alpes du Nord, la description de modèles alluviaux et riverains a surtout été l'œuvre d'auteurs suisses, notamment de botanistes phytosociologues, les auteurs français, à l'initiative de Pautou, s'étant surtout consacrés à la description des communautés planitiaires des grands cours d'eau alpins.

Un des travaux descriptifs de base des communautés alluviales montagnardes est celui de Moor (1958). Outre ses qualités diagnostiques faisant référence pour l'identification des unités végétales, ce travail présente les liens spatiaux les unissant. Le second travail d'ampleur, conduit plus récemment sur l'ensemble des zones alluviales de Suisse, est celui de Roulier (1998). Dans une approche légèrement différente (phytosociologie synusiale intégrée), Roulier identifie un grand nombre de synusies, zonations et successions végétales de l'étage collinéen aux confins de l'étage subalpin.

**Biocénose** : ensemble des êtres vivants coexistant dans un espace défini (biotope).

**Succession végétale** : chronoséquence de groupements végétaux aux structures différentes se substituant spontanément les uns aux autres en l'absence de perturbation (succession autogène), se rapprochant du climax (succession progressive) ou s'en éloignant (succession régressive). Le terme de la succession végétale ou climax est déterminé par le climat de la station (climax climatique) ou des conditions édaphiques particulières (climax stationnel).

**Zonation** : structuration écologique transversale des groupements végétaux sur les rives d'un cours d'eau. La zonation n'implique pas nécessairement une succession temporelle entre les unités constituantes.

**Synusie végétale** : ensemble d'espèces végétales présentant une morphologie, une phénologie et une stratégie adaptative similaires (Gillet *et al.* 1991, modifié).

Si elles offrent des modèles privilégiés, les communautés alluviales naturelles ne constituent toutefois pas les seuls écosystèmes de référence dont peut s'inspirer le génie végétal. Dans de nombreux cas, l'implantation des végétaux est en effet réalisée sur des berges non soumises à l'influence alluviale. Le substrat, dont la mise en place n'est pas nécessairement issue d'un transport par l'eau, peut être déconnecté de la nappe et parfois particulièrement sec. Ainsi, les communautés herbacées et arbustives pionnières mésophiles à xérophiles sont aussi largement susceptibles d'inspirer le choix des végétaux à insérer dans les plantations ou les mélanges grainiers d'un aménagement. Dans ces quelques pages, la présentation sera néanmoins ciblée sur les groupements végétaux riverains, leur zonation et succession, à la lumière des travaux de Moor (*op. cit.*), Zoller (1974), Roulier (*op. cit.*), Bidat (2009), Sartoretti (2009) et Prunier *et al.* (2010).

## 2.1 Communautés riveraines et alluviales montagnardes

### 2.1.1 Fourrés et perchis de saules (*Salicetalia purpureae*)

Les fourrés et perchis de saules constituent le plus souvent des formations arbustives ou arborescentes des lits de cours d'eau. De par leur résistance élevée aux contraintes mécaniques, leur forte aptitude à la multiplication végétative (bouturage, rejet de souche) et à la dispersion (graines anémochores), les saules sont capables de se développer dans les secteurs régulièrement rajeunis par les crues. La nature de ces communautés varie cependant selon l'altitude (reflet de la position dans le bassin versant) et la nature du substrat.

### 2.1.1.1 Saulaies à saule à trois étamines (*Salicetum triandrae*)

La saulaie à saule à trois étamines est une formation arbustive dominée par le saule à trois étamines (*S. triandra*), qui forme parfois des peuplements denses difficilement pénétrables. Elle se développe dans le lit majeur des parties moyenne et inférieure des cours d'eau, sur des dépôts limono-sableux humides (fig. 4), à l'aval des bancs, le long des bras secondaires à écoulement lent ou dans des deltas à une hauteur moyenne de 1 à 1,5 m au-dessus du niveau moyen des eaux.



Fig. 4 - Saulaie à saule à trois étamines (*Salicetum triandrae*) sur sols limono-sableux.

D'un point de vue altitudinal, cette formation est surtout présente aux étages planitiaire et collinéen, le long des grandes rivières alpines comme le Rhône, l'Arve ou l'Isère. Elle est parfois présente à l'étage montagnard comme le long de l'Arc où elle atteint 1 300 m. À basse altitude, elle peut s'enrichir en saule des vanniers (*S. viminalis*) et en saule blanc (*S. alba*). Elle y forme le manteau de la saulaie blanche (*Salicetum albae*), qu'elle précède dans la succession, et est régulièrement en mosaïque avec les communautés à hautes herbes à calamagrostide faux roseau (*Calamagrostietum pseudophragmitis*) qui la précède dans cette même succession (fig. 5).

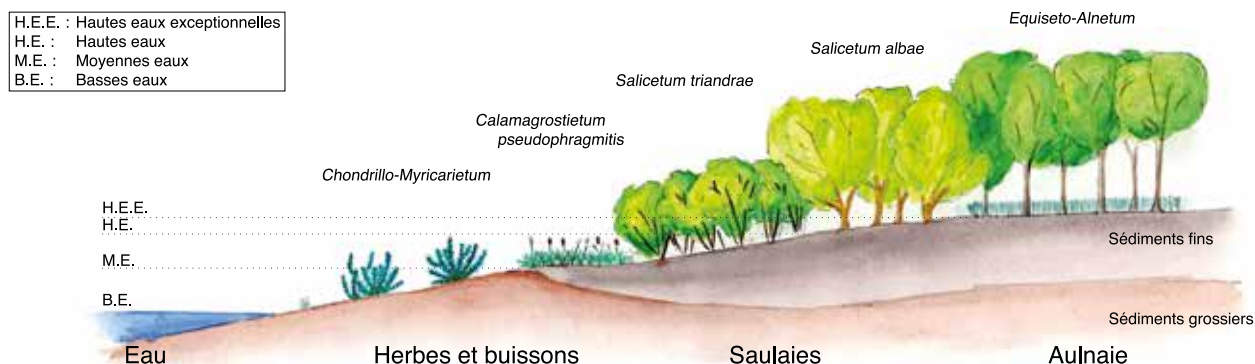


Fig. 5 - Zonation transversale de la végétation selon les différentes lignes d'eau et la granulométrie - Exemple de l'Arve à Contamine-sur-Arve (France - Haute-Savoie). Source : Prunier *et al.* (2010), modifié.

La sensibilité hydrique du saule à trois étamines exclut cette formation des terrasses les plus élevées, la hauteur maximale atteinte se situant à deux mètres au-dessus du niveau moyen des eaux. Elle encourage une utilisation de cette espèce dans des contextes de pied de berge sur matériaux fins. Elle incite également à éviter l'utilisation du saule blanc et du saule des vanniers au-dessus de 800 m, à des altitudes ne correspondant pas à leur optimum écologique.

La calamagrostide faux roseau (*Calamagrostis pseudophragmites*), structurante des communautés herbacées pionnières, n'est pas utilisée en génie végétal, faute de disponibilité dans le commerce. Elle présente pourtant des potentialités importantes dans ce domaine (chap. III.5.3).

### 2.1.1.2 Saulaies à saule drapé (*Salicion elaeagni*)

Les saulaies buissonnantes à saule drapé (*S. elaeagnos*) sont le plus souvent des formations arbustives. Elles peuvent parfois être arborescentes, mais ce développement en haute tige est assez rare dans les Alpes du Nord. Ces saulaies se développent dans les cours supérieurs et moyens des rivières aux pentes fortes (plus de 2 %), le plus souvent en tête de bancs sur des matériaux grossiers drainants (galets, graviers), pauvres en matière organique. Elles sont ordinairement structurées par le saule drapé, le saule faux daphné (*S. daphnoides*) et le saule pourpre (*S. purpurea* – notamment sa sous-espèce *angustior*), ce dernier s'hybridant régulièrement avec le saule faux daphné. Par ailleurs, le saule noirissant (*S. myrsinifolia*) peut être localement abondant, notamment à la lisière du peuplement. La composition des strates herbacée et sous-arbustive dépend de la xéricité du substrat.

D'un point de vue altitudinal, ces saulaies sont parfois présentes dès l'étage planitiaire, le long des grandes rivières alpines comme sur le haut Rhône français à seulement 250 m d'altitude, où elles sont en régression, jusqu'au sommet de l'étage montagnard où elles atteignent ponctuellement 1 500 m.

Enfin, elles colonisent parfois des biotopes secondaires tels que les talus de bord de route, les carrières ou les gravières abandonnées au sol temporairement inondé.

Deux types de saulaies à saule drapé sont généralement distingués en fonction de leur xéricité : la saulaie à myricaire, qui représente une variante hygrophile sur matériaux fins, et la saulaie à argousier qui correspond à une variante xérophile sur matériaux grossiers. Une situation médiane, mésophile, est également régulière.

#### **La saulaie à myricaire (*Salici-Myricarietum*) : une variante hygrophile**

La saulaie à myricaire se développe sur des sols pourvus d'une matrice de sables et de limons (fig. 6), souvent marqués par des traces de crues. La rétention en eau des matériaux fins permet la germination et le maintien d'espèces herbacées sensibles à la sécheresse. Outre la myricaire (*Myricaria germanica*), cette saulaie comporte de manière éparse les saules blanc et à trois étamines.



Fig. 6 - Stade pionnier de la saulaie à myricaire sur sol sablo-limo-neux bien pourvu en eau (*Salici-Myricarietum*).

La strate herbacée présente des taxons hygrophiles, notamment des joncs (*Juncus alpino-articulatus*, *J. articulatus*, *J. bufonius*), et des espèces déalpines (*Campanula cochlearifolia*, *Epilobium fleischeri*, *Gypsophila repens*). Elle présente un optimum de développement à l'étage montagnard où elle constitue un stade intermédiaire entre les communautés à prêle panachée et à petite massette (*Equiseto variegati-Typhetum minimae*) et l'aulnaie blanche à calamagrostide bigarée (*Calamagrostio-Alnetum*).

#### **La saulaie à argousier (*Salici-Hippophaetum*) : une variante xérophile**

La saulaie à argousier se développe sur les sols alluviaux graveleux ou sableux, secs 3 à 4 mois par an (fig. 7).



Fig. 7 - Saulaie à argousier se développant sur matériaux sableux (*Salici-Hippophaetum*).

Elle montre un optimum de développement dans les vallées intra-alpines. Outre la présence de l'argousier (*Hippophae rhamnoides*), cette saulaie est structurée par des essences xérophiles comme l'épine-vinette (*Berberis vulgaris*) ou le pin sylvestre (*Pinus sylvestris*). La strate herbacée, également xérophile, comporte diverses espèces d'épervières (notamment *Hieracium piloselloides* et *H. staticifolium*), l'armoise champêtre (*Artemisia campestris*), l'épilobe à feuilles de romarin (*Epilobium dodonaei*) ou encore la fausse roquette à feuilles de cresson (*Erucastrum nasturtiifolium*). Sur le plan dynamique, les

H.E. :	Hautes eaux
M.E. :	Moyennes eaux
B.E. :	Basses eaux

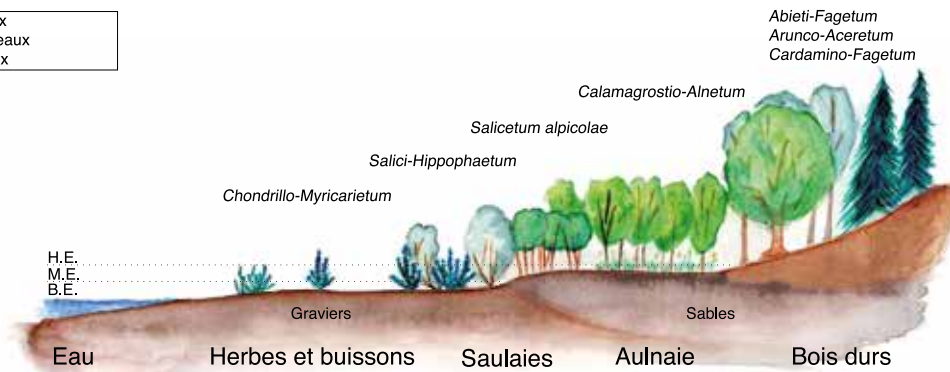


Fig. 8 - Zonation transversale de la végétation selon les différentes lignes d'eau – Alpes du Nord helvétiques. Source : Moor (1958), modifié.

saulaies à argousier s'insèrent entre les communautés herbacées ripicoles sur matériaux grossiers (*Chondrillo-Myricarietum*) et les aulnaies blanches à calamagrostide bigarée (*Calamagrostio-Alnetum* – fig. 8) ou à violette à deux fleurs (*Violo-Alnetum*) selon le contexte. Dans les stations les plus sèches, elles peuvent également être au contact de pinèdes ou de bétulaies xérophi les.

#### Le type mésophile

Au-delà des deux variantes décrites ci-dessus, il existe des situations à xéricité intermédiaire où les strates herbacée et sous-arbustive présentent un mélange d'espèces propres aux deux cortèges, voire, inversement, une absence des espèces mentionnées ci-dessus. Dans cette situation, certaines graminées pionnières comme l'agrostide stolonifère (*Agrostis stolonifera*), la calamagrostide commune (*Calamagrostis epigeios*) ou d'autres espèces résistantes aux perturbations comme la fétuque faux roseau (*Festuca arundinacea*) sont régulièrement présentes, ainsi que le tussilage (*Tussilago farfara*) et parfois le liondent hasté (*Leontodon hispidus* subsp. *hastilis*).

La résistance aux contraintes mécaniques et à la sécheresse des saules typiques de cette formation permet leur implantation sur tout le profil de berge, y compris sur des matériaux drainants. Cette formation est d'autant plus adaptée pour une application en génie végétal que les trois espèces de saules dominantes (*S. daphnoides*, *S. elaeagnos*, *S. purpurea*) présentent des taux de reprise au bouturage très élevés (supérieurs à 90 %), autorisant leur utilisation dans de nombreux types d'ouvrages.

La composition de la strate herbacée fournit également plusieurs auxiliaires précieux comme la calamagrostide commune et certaines sous-espèces du liondent hispide (chap. III.4). D'autres espèces comme les épilobes de Fleischer ou à feuilles de romarin ou encore le tussilage ne sont en revanche pas encore utilisées (chap. III.5).

#### 2.1.1.3 Saulaies à saule faux daphné

La saulaie à saule faux daphné est une formation arborescente intra-alpine non encore décrite, qui se développe 2 à 3 m au-dessus du niveau moyen des eaux, sur des bancs sablo-graveleux dans la partie supérieure de l'étage montagnard et à la base de l'étage subalpin (fig. 9).

Elle présente une extension remarquable en haute Maurienne (Bidat 2009). En l'absence de concurrence du saule drapé, le saule faux daphné (*S. daphnoides*), plus résistant au froid, montre un développement exubérant et forme des peuplements monospécifiques ou mixtes avec l'aulne blanc. Dans ces conditions, il est possible d'observer des individus atteignant 15 m de haut pour un diamètre du tronc atteignant 30 cm à la base.

Le sol, pourvu d'une fine couche d'humus, repose sur des sables retenant bien l'eau. Il permet la croissance d'une strate herbacée luxuriante riche en graminées (*Agropyron caninum*, *Deschampsia cespitosa*) et en espèces des mégaphorbiaies dans les secteurs les plus frais (*Adenostyles alliariae*, *Epilobium angustifolium*, *Geranium sylvaticum*, *Geum rivale*, *Heracleum sphondylium*, *Myosotis decumbens*, *Peucedanum ostruthium*, *Thalictrum aquilegifolium*).

Sur le plan dynamique, cette saulaie est précédée par les fourrés de saule pourpre.



Fig. 9 - Saulaie à saule faux daphné se développant sur matériaux sablo-graveleux.



L'exubérance du développement du saule faux daphné illustre l'importance structurale de cette espèce dans les peuplements riverains montagnard et subalpin. Au-dessus de 1 500 m, en l'absence du saule drapé, il devient une espèce clé de la végétalisation des rives.

La composition de la strate herbacée et les espèces compagnes fournissent également un certain nombre d'auxiliaires précieux en situation fraîche. Ces espèces montrent un optimum de développement dans les aulnaies blanches (chap. III.2.1.2).

### 2.1.2 Aulnaies blanches (*Alnion incanae*)

Les aulnaies blanches sont des formations alluviales post-pionnières de bois tendre. Si elles présentent le plus souvent une forme arborescente, elles peuvent également montrer une physionomie arbustive, notamment dans les premiers stades de leur développement. Les aulnaies blanches sont répandues dans les Alpes du Nord, aux abords des cours supérieurs et moyens des rivières où elles se développent dans le lit majeur sur alluvions caillouteuses, sableuses ou limoneuses filtrantes, inondées seulement lors des hautes eaux (fig. 10). Présentes dès l'étage collinéen, elles montrent un optimum de développement à l'étage montagnard et atteignent la base de l'étage subalpin, ponctuellement jusqu'à 1 900 m.

Dominées par l'aulne blanc (*Alnus incana*), elles comportent régulièrement dans leur strate arborée des saules, tels le saule drapé ou le saule faux daphné, et des espèces préfigurant les stades forestiers non liés à l'influence alluviale, telles que le frêne (*Fraxinus excelsior*), le sorbier des oiseleurs (*Sorbus aucuparia*), le hêtre (*Fagus sylvatica*), le sapin (*Abies alba*), l'épicéa (*Picea abies*) ou le mélèze (*Larix decidua*).

La nature de la strate herbacée dépend de l'altitude et de la maturité du peuplement. Composée d'espèces herbacées pionnières dans les premiers stades de développement, elle se densifie et évolue progressivement vers la mégaphorbiaie. Le piégeage des particules fines lors des hautes eaux, l'ombrage de la strate arborée et la nitrification induite par les bactéries symbiotiques de l'aulne blanc

(*Frankia alni*) permettent le développement d'espèces d'ombre ou de demi-ombre, mésophiles à mésohygrophiles et nitrophiles. Parmi les espèces les plus caractéristiques du cortège des aulnaies blanches, on compte le chiendent des chiens (*Agropyron caninum*), la canche cespiteuse (*Deschampsia cespitosa*), la ronce bleuâtre (*Rubus caesius*), ainsi que de nombreuses espèces de lisière comme la podagraire (*Aegopodium podagraria*), le géranium herbe à Robert (*Geranium robertianum*), la benoîte des villes (*Geum urbanum*), le houblon (*Humulus lupulus*) ou diverses espèces nitrophiles comme l'ortie dioïque (*Urtica dioica*).

Sur le plan dynamique, les aulnaies blanches constituent le terme de la succession alluviale sur matériaux grossiers, succédant aux communautés herbacées ripicoles et aux saulaies à saule drapé. L'effacement de l'influence alluviale se matérialise le plus souvent par l'implantation d'une frênaie à l'étage collinéen et, selon le contexte climatique, d'une hêtraie, d'une pessière ou d'un mélèzin aux étages montagnard et subalpin. Conservant des traits alluviaux au niveau de leur sol, ces formations ne comportent alors plus d'espèces alluviales typiques.

Cinq types d'aulnaies blanches sont décrites, dont l'enchaînement de quatre d'entre elles représente un bel exemple de zonation longitudinale (fig. 10) mis en exergue par Zoller (1974) lors de son travail sur les communautés alluviales de l'Inn en Engadine (Suisse). La zonation s'échelonne de l'étage subalpin inférieur (en situation intra-alpine) à l'étage collinéen supérieur (en situation périalpine).

#### 2.1.2.1 Aulnaie à prêle d'hiver (*Equiseto-Alnetum incanae*)

L'aulnaie à prêle d'hiver est une formation collinéenne périalpine se développant dans le cours inférieur des rivières (fig. 11). Elle possède un sol riche en particules fines (limons et sables) retenant bien l'eau et permettant le développement d'espèces hygrophiles telles que *Caltha palustris*, *Carex acutiformis*, *Equisetum hiemale*, *Phalaris arundinacea*, *Phragmites communis*, *Symphytum officinale*. La strate arbustive comporte des espèces thermophiles comme l'érable plane (*Acer platanoides*) ou le chêne pédonculé (*Quercus robur*).

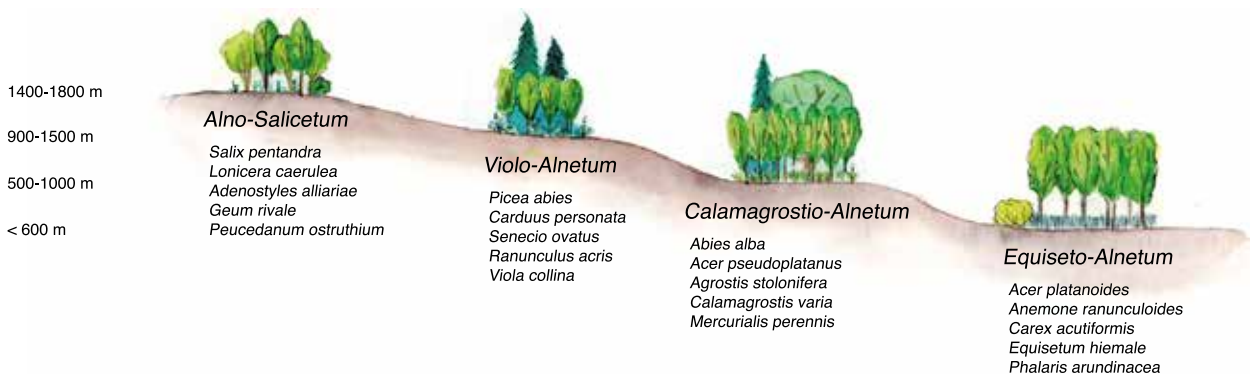


Fig. 10 - Zonation longitudinale des aulnaies blanches de l'étage subalpin inférieur des Alpes internes helvétiques jusqu'aux contreforts préalpins. Inspiré de Zoller (1974).



Fig. 11 - Aulnaie blanche à prêle d'hiver (*Equiseto-Alnetum*).

#### 2.1.2.2 Aulnaie à calamagrostide bigarée (*Calamagrostio-Alnetum incanae*)

L'aulnaie à calamagrostide bigarée (*Calamagrostis varia*) est une formation de l'étage montagnard inférieur qui se développe dans le cours moyen des rivières préalpines. Son sol sableux à graveleux, plus grossier que celui de l'aulnaie à prêle d'hiver, ne permet pas le développement de végétaux hygrophiles. La strate herbacée conserve des espèces pionnières telles que l'agrostide stolonifère (*Agrostis stolonifera*) ou le cirse des champs (*Cirsium arvense*). Elle est, selon le stade de maturité, plus ou moins riche en espèces mésophiles sensibles aux perturbations et ayant leur optimum de développement au sein des hêtraies (*Lamium galeobdolon*, *Carex digitata*, *Mercurialis perennis*). La coexistence de ces deux cortèges est typique de la strate herbacée de cette association. La strate arbustive comporte des espèces typiquement montagnardes comme le sapin (*Abies alba*), l'orme de montagne (*Ulmus glabra*) ou le saule appendiculé (*Salix appendiculata*).

#### 2.1.2.3 Aulnaie à violette à deux fleurs (*Violo-Alnetum incanae*)

L'aulnaie à violette à deux fleurs (*Viola biflora*) est une formation intra-alpine fréquente à l'étage montagnard supérieur (fig. 12). Le substrat, sableux à graveleux, est analogue à celui de l'aulnaie à calamagrostide. La strate herbacée est marquée par la coexistence d'espèces pionnières tels l'agrostide stolonifère, le cirse des champs, le tussilage (*Tussilago farfara*) et d'espèces de mégaphorbiaies comme le séneçon ovale (*Senecio ovatus*) ou le chardon bardane (*Carduus personata*). Leur développe-

ment à l'ombre des aulnes est possible grâce au microclimat plus froid que celui de l'aulnaie à calamagrostide. La strate arbustive est composée d'espèces typiquement montagnardes (chap. III.2.1.2.3) auxquelles s'adjoignent régulièrement le saule alpestre (*Salix myrsinifolia* subsp. *alpicola*) et l'épicéa.



Fig. 12 - Aulnaie à violette à deux fleurs (*Violo-Alnetum*).

Le saule alpestre (*S. myrsinifolia* subsp. *alpicola*) forme parfois des communautés denses constituant le manteau des aulnaies blanches montagnardes et subalpines (*Salicetum alpicolae*). Tolérant bien l'ombrage et le froid, ce taxon peu connu présente un intérêt tout particulier pour une implantation dans les stations à fortes contraintes thermiques.

#### 2.1.2.4 Aulnaie à saule laurier (*Alno-Salicetum pentandrae*)

L'aulnaie à saule laurier est une formation subalpine rare, recensée ponctuellement au sein des Alpes du Nord occidentales dans le haut Valais à Gletsch et dans le val d'Hérens (Steiger 2010), ainsi qu'en Savoie à Bessans. La strate arborée, pouvant atteindre près de 15 m dans les situations les plus favorables (fig. 13), est co-dominée par l'aune blanc et le saule laurier (*Salix pentandra*). Le sol, constitué de matériaux fins à plus ou moins grossiers, est constamment alimenté par la nappe. La strate herbacée est également luxuriante, comptant de nombreuses espèces des mégaphorbiaies montagnardes et subalpines telles l'impéatoire (*Peucedanum ostruthium*) ou l'adénostyle à feuilles d'alliaire (*Adenostyles alliariae*).



Fig. 13 - Aulnaie blanche à saule laurier (*Alno-Salicetum pentandrae*).

### 2.1.2.5 Aulnaie à érables (*Aceri-Alnetum incanae*)

L'aulnaie à érable est une formation analogue à l'aulnaie à violette à deux fleurs. Elle se développe aux mêmes altitudes mais dans des contextes non spécifiquement alluviaux, sur cônes de déjections, marnes, flyschs ou ardoises instables. Outre l'aulne blanc, la strate arborée est composée de l'érable sycomore (*Acer pseudoplatanus*) et de l'épicéa (*Picea abies*). La strate herbacée est marquée par un développement luxuriant des espèces de mégaphorbiaies (fig. 14).



Fig. 14 - Sous-bois luxuriant d'une aulnaie à érables (*Aceri-Alnetum incanae*) composé d'espèces de mégaphorbiaies.

Outre les saules, plusieurs espèces ligneuses accompagnant l'aulne blanc, telles l'érable sycomore, le frêne, le sorbier des oiseleurs, sont déjà utilisées en génie végétal (chap. III.4).

La composition de la strate herbacée des aulnaies blanches est variable. Les stades les plus jeunes sont marqués par la rémanence des taxons pionniers, dont certains xérophiles ont leur optimum dans les saulaies à saule drapé. Elle incite par ailleurs à l'utilisation d'espèces de mégaphorbiaies (adénostyle à feuilles d'alliaire, épilobe à feuilles étroites et grandes ombellifères) en pied de berge sur matériaux fins, notamment en situation confinée. Fortement couvrantes, résistantes aux passages des crues lors des hautes eaux, présentant un pivot profondément ancré ou un treillis de rhizomes, ces espèces peuvent constituer des auxiliaires d'intérêt (chap. III.5), complémentaires aux espèces pionnières xérophiles des saulaies à saule drapé tolérant la xéricité et la pauvreté nutritive des hauts de berges.

## 2.2 Formations arbustives et fourrés de l'étage subalpin (*Betulo carpaticae-Alnetea viridis*)

Deux catégories de communautés ligneuses riveraines sont majoritairement développées à l'étage subalpin : les communautés arbustives, dépassant deux mètres, et les communautés sous-arbustives de saules bas mesurant de 0,5 à 2 mètres. Les premières présentent leur optimum de développement de 1 300 à 2 000 m, même si elles peuvent se développer ponctuellement à plus haute ou plus basse altitude à la faveur de conditions locales plus clémentes ou plus froides. Les secondes se développent aux confins de l'étage subalpin, de 1 700 à 2 300 m. Elles marquent fréquemment la limite supérieure de la végétation ligneuse.

### 2.2.1 Aulnaies-saulaies arbustives des versants frais et bords de ruisseaux (*Alnion viridis*)

Ces formations arbustives se développent préférentiellement sur les versants ombragés longuement enneigés (fig. 15), dans les couloirs d'avalanches ou aux abords des torrents sur des berges souvent escarpées. Le plus souvent non alluviales, ces formations sont néanmoins fréquemment soumises à des perturbations mécaniques (accumulation de neige, avalanches, éboulements, etc.) qui éprouvent la résistance des arbustes et arbrisseaux constituants. Si l'aulne vert (*Alnus viridis*) endure les chocs par la souplesse de ses tiges, le saule appendiculé (*Salix appendiculata*) possède une aptitude élevée à rejeter de souche, ce qui lui permet de se régénérer rapidement.



Fig. 15 - Aulnaie verte se développant au sein d'un versant ombragé (*Alnetum viridis*).

Le sol frais, légèrement humide et ombragé, ne possède pas de nappe en profondeur. Il permet le développement de nombreuses espèces mésohygrophiles de mégaphorbiaies comme l'adénostyle à feuilles d'alliaire, l'angélique (*Angelica sylvestris*), l'impératoire, le vératre (*Veratrum album*) ou encore la canche cespitose.

Lorsqu'elles sont situées aux abords des torrents de montagne, ces formations sont surélevées de 1 à 2 mètres par rapport au niveau moyen des eaux (fig. 16). Elles sont situées sur des berges qui s'appuient sur une assise de blocs tolérant des forces tractrices trop élevées pour les végétaux. Elles ne sont qu'occasionnellement submergées par les crues.

Sur les secteurs les moins pentus, ces formations ne sont que temporaires et constituent les premiers stades de la recolonisation forestière, s'insérant alors dans les séries de la pessière subalpine ou de la hêtraie à érables. Elles sont en revanche climaciques sur les versants les plus escarpés ou à l'aplomb des falaises où la fréquence des perturbations contrecarre l'implantation forestière.

### 2.2.1.1 Saulaies à saule appendiculé (*Salicetum appendiculatae*)

La saulaie à saule appendiculé est une brousse subalpine pouvant atteindre 5 m de haut (fig. 17). Elle se développe préférentiellement en contrebas des corniches sur des sols caillouteux calcaires pourvus d'une matrice d'argiles ou le long des torrents. Dominée par le saule appendiculé (*Salix appendiculata*), elle peut s'enrichir de l'alisier nain (*Sorbus chamaemespilus*), de l'érable sycomore, du sorbier des oiseleurs, voire du cytise des Alpes (*Laburnum alpinum*). Outre les espèces de mégaphorbiaies, la strate herbacée est riche en espèces des hêtraies telles que la fougère mâle (*Dryopteris filix-mas*), la mercuriale pérenne (*Mercurialis perennis*), le sceau de Salomon verticillé (*Polygonatum verticillatum*), le séneçon ovale (*Senecio ovatus*) ou la véronique à feuilles d'ortie (*Veronica urticifolia*). Cette saulaie est régulièrement en contact avec les pelouses fraîches neutro-calcoles à laiche ferrugineuse (*Caricion ferrugineae*) auxquelles elle se substitue lorsque les perturbations sont moins fréquentes et l'enneigement moins prolongé.



Fig. 17 - Saulaie à saule appendiculé (*Salicetum appendiculatae*).

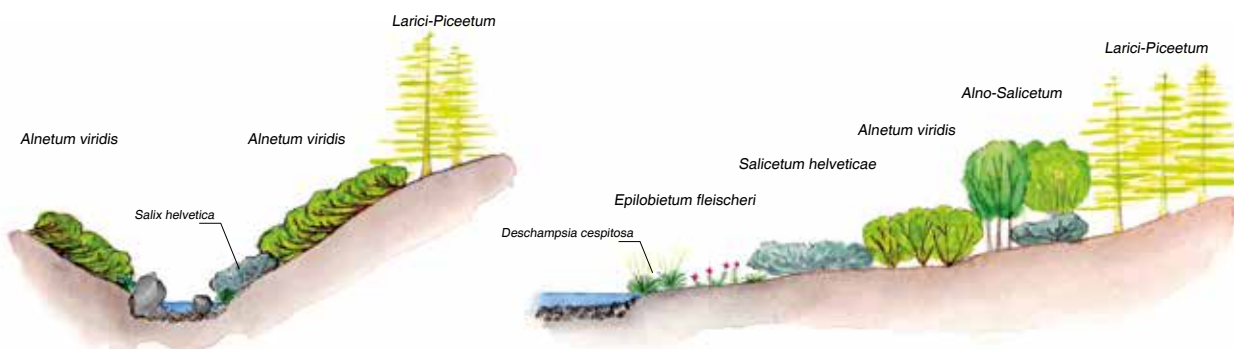


Fig. 16 - Zonation transversale de la végétation sur substratum silicaté grossier à l'étage subalpin supérieur des Alpes pennines suisses (Suisse - Valais) : (a) sur un cours d'eau encaissé ; (b) sur un cours d'eau à chenal unique non encaissé. Source : Sartoretti (2009), modifié.

### 2.2.1.2 Aulnaies vertes (*Alnetum viridis*)

L'aulnaie verte est une formation dense facilement reconnaissable aux bosquets à tiges arquées de l'aulne vert (fig. 18). Elle peut s'enrichir des saules appendiculé et hasté (*Salix hastata*), du sureau rouge (*Sambucus racemosa*) et du sorbier des oiseleurs. Selon la nature du substratum, elle présente deux aspects bien différents. Sur les substrats marneux ou schisteux supportant des sols bruns riches en particules fines et nutriments, la forte rétention en eau permet un développement luxuriant des espèces de mégaphorbiaies. Sur les substrats silicatés plus grossiers libérant peu de particules fines, le rhododendron ferrugineux (*Rhododendron ferrugineum*) s'associe à l'aulne vert pour constituer une strate sous-arbustive dense. L'aulnaie verte est régulièrement en contact avec les pelouses subalpines fraîches acido-neutrophiles et les landes à rhododendron ferrugineux (*Rhododendretum ferruginei*), auxquelles elle se substitue lorsque les perturbations deviennent moins fréquentes ou lorsque la pression de pâturage diminue.



Fig. 18 - Aulnaie verte se développant aux abords d'un torrent de montagne.

L'aulne vert peut parfois s'associer au saule faux daphné pour former des peuplements alluviaux denses à l'étage subalpin inférieur. Ces peuplements, recensés dans le Valais à Gletsch (Roulier 1998) et en Savoie à Bonneval-sur-Arc, se développent au-dessus de la limite supérieure des aulnaies blanches.

De par la souplesse de leurs tiges et leur aptitude à rejeter de souche, l'aulne vert et le saule appendiculé présentent un réel potentiel pour le génie végétal, notamment pour la protection des terrains à forte pente soumis à des phénomènes érosifs ou des mouvements de terrain (chap. III.4).

Comme dans le cas des aulnaies blanches, la composition de la strate herbacée des aulnaies vertes et des saulaies appendiculées met en exergue l'utilisation possible d'espèces de mégaphorbiaies pour fixer les berges des rivières de montagne (adénostyle à feuilles d'alliaire, épilobe à feuilles étroites et grandes ombellifères).

### 2.2.2. Saulaies basses alluviales neutro-calcicoles (*Salicion waldsteinianae*)

Les saulaies basses sont des formations d'arbrisseaux et de sous-arbrisseaux relativement denses. Elles se développent en tête de bassin versant à la limite supérieure de la forêt, le long des cours d'eau sur des moraines ou éboulis stabilisés (fig. 19). Leur sol souvent brut est pauvre en nutriments et toujours humide. L'association type à saule de Waldstein (*Salicetum waldsteinianae*), propre aux matériaux carbonatés grossiers, est absente des Alpes occidentales. Elle y est remplacée, selon le contexte, par des communautés dominées par les saules bleuâtre (*Salix caesia*), fétide (*S. foetida*) et hasté (*S. hastata*).

#### 2.2.2.1 Saulaies à saule bleuâtre et saule fétide (*Salicetum caesio-foetidae*)

La saulaie à saule bleuâtre et saule fétide, s'enrichissant parfois du saule hasté, est une formation intra-alpine alluviale qui se développe à proximité des cours d'eau (cours principal ou bras latéral) sur des secteurs plats ou peu pentus (fig. 20). Par son port étalé, le saule bleuâtre y forme souvent des tapis bas (généralement inférieurs à 1 m), très denses et totalement recouvrants. Le sol alluvial, aéré, pauvre en humus, est majoritairement constitué de matériaux fins retenant bien l'eau (limons et sables, s'enrichissant parfois en graviers et galets). Il est donc toujours humide. Cette fraîcheur est propice au développement d'espèces de mégaphorbiaies comme l'impératoire, l'épi-

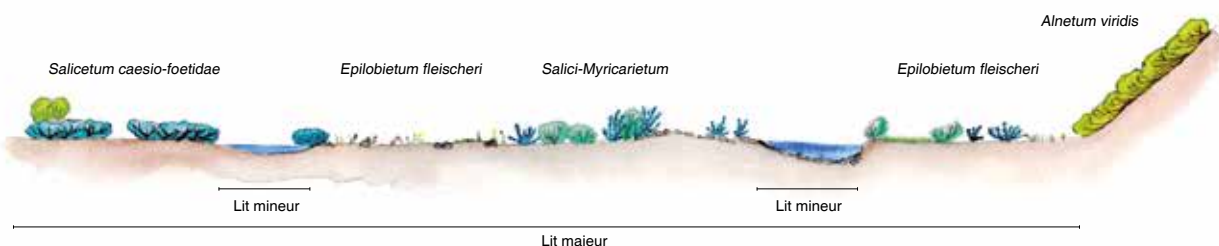


Fig. 19 - Zonation transversale de la végétation sur alluvions neutro-calcicoles à la limite supérieure de la forêt sur un cours d'eau en tresses présentant une plaine alluviale. Exemple de l'Arc à l'Écot, Bonneval-sur-Arc (France - Savoie). Source : Bidat (2009), modifié.

lobe à feuilles étroites ou le bleuet vivace (*Centaurea montana*) lorsque le recouvrement des saules n'est pas trop dense. Cette saulaie se développe au contact de communautés à épilobe de Fleischer (*Epilobietum fleischeri*).



Fig. 20 - Saulaie à saule bleuâtre (*Salicetum caesio-foetidae*).

#### 2.2.2.2. Saulaies à saule hasté et saule fétide

La saulaie à saule hasté et saule fétide est une formation intra-alpine dense, non spécifiquement alluviale, haute de 1 à 2 m. Elle est dominée par les ports ascendants des saules hasté et fétide qui forment des peuplements peu pénétrables. Elle se développe en pied de versant en situation confinée ou le long des cours d'eau sur des matériaux grossiers (cailloux ou blocs) accusant une pente marquée (fig. 21). Le sol squelettique est pauvre en particules fines, mais toujours humide. Selon le contexte, les espèces de mégaphorbiaies sont plus ou moins abondantes dans la strate herbacée.



Fig. 21 - Saulaie à saule hasté et saule fétide.

Les saules fétide et hasté sont potentiellement utilisables en pied de berge. Parmi ces deux espèces largement répandues, le saule fétide est celle qui présente la plus grande amplitude écologique. Même si le saule bleuâtre est plus localisé, l'abondance de ses peuplements sur certains secteurs intra-alpins fait de cette espèce un taxon d'intérêt pour le génie végétal (chap. III.4).

### 2.2.3 Saulaies acidophiles à saule helvétique (*Salicetum helveticae*)

La saulaie à saule helvétique (*Salicetum helveticae*) est une formation intra-alpine saxicole acidophile de la zone de combat. Elle est dominée par le saule helvétique (*Salix helvetica*), auquel s'associe le saule glauque (*S. glaucosericea*), parfois dominant. Elle se développe préférentiellement dans les secteurs longuement enneigés, sur des substrats composés de débris rocheux silicatés (moraines et pied d'éboulis stabilisés). Le sol se réduit souvent à un humus brut acide, aéré et humide, propice à la croissance des éricacées (*Vaccinium spp.*) ou de la calamagrostide velue (*Calamagrostis villosa*) ; cette dernière espèce formant ponctuellement des peuplements denses. D'un point de vue spatial, cette saulaie entre fréquemment en contact avec la lande à rhododendron ferrugineux, qui la remplace sur les secteurs les moins humides, ou avec les aulnaies vertes, les mélézins ou les pessières (fig. 22).



Fig. 22 - Saulaie acidophile à saule helvétique en mosaïque avec la lande à rhododendron ferrugineux.

La nature de ces peuplements souligne l'importance structurale et l'intérêt pour le génie végétal en zone intra-alpine des saules helvétique et glauque : pionniers, tolérant le froid et l'acidité prononcée du sol (chap. III.4). Elle révèle également le potentiel d'une graminée sociale comme la calamagrostide velue.

## 3. Critères de choix des végétaux

### 3.1. Principes de base

Les aménagements de génie végétal sont principalement constitués de matériaux vivants, à savoir de plantes ou parties de plantes, qui sont mises en œuvre selon différentes techniques pour constituer des ouvrages spécifiques. Les végétaux ainsi utilisés développent des systèmes racinaires et des tiges aériennes pour constituer, à terme, des formations végétales à part entière. Ainsi, plus la croissance des plantes est rapide et fournie, plus l'ouvrage exercera pleinement son efficacité dans sa fonction de protection du sol contre l'érosion. Un choix judicieux de végétaux adaptés aux conditions locales et présentant une croissance rapide est donc capital pour la réussite d'un ouvrage de génie végétal.

Un des principes de base dans le choix des végétaux est de prendre pour référence des modèles naturels (chap. III.2). Il s'agit pour cela de rechercher sur le cours d'eau faisant l'objet d'un projet, ou du moins dans son bassin versant proche, des structures végétales exposées à des contraintes physiques fortes (contraintes tractrices, exposition au charriage, ensevelissement partiel, etc.), et capables d'y résister. On s'inspire alors de leur composition botanique, de la répartition des différentes espèces sur la berge, mais également de l'ensemble des caractéristiques morphologiques et structures minérales qui occupent le pied de berge.

### 3.2. Critères de choix

Si les modèles naturels constituent la référence de base, le choix définitif des végétaux s'affine selon un certain nombre de critères liés à la distribution, l'écologie, la physiologie et la morphologie des espèces (fig. 1).

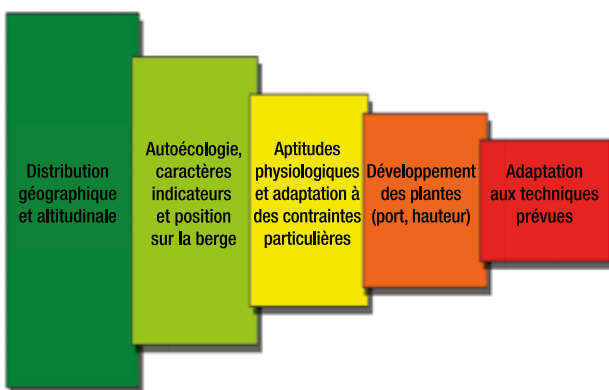


Fig. 1 - Processus de choix des végétaux comprenant une succession de filtres (critères) sélectifs.

#### 3.2.1. Répartition et autécologie des espèces

Aménager à l'aide de techniques de génie végétal signifie « introduire » des végétaux dans un milieu récepteur. Il est clair que l'efficacité de l'ouvrage dépendra d'une croissance saine et vigoureuse des végétaux choisis, autrement dit, de leur comportement face aux conditions de croissance.

##### 3.2.1.1 Distribution géographique et altitudinale

Les distributions géographique et altitudinale naturelles des espèces végétales résultent d'un long processus d'adaptation aux conditions climatiques et à l'ensemble des conditions de croissance à l'échelle d'une région biogéographique. Le respect de ces distributions naturelles dans le choix des espèces à utiliser doit figurer comme un principe fondamental, non seulement pour s'assurer de l'adaptation des espèces utilisées, mais également d'un point de vue éthique, pour ne pas participer à la modification des aires naturelles, ceci même si certains végétaux pourraient potentiellement présenter toutes les garanties de reprise. Pour illustrer ce propos, citons le cas de l'aulne de Corse (*Alnus cordata*), bien trop souvent utilisé dans l'aménagement des berges de cours d'eau en milieu naturel sur le continent (en milieu urbain, les critères liés à la provenance des plantes sont moins pertinents).

Au-delà de ce niveau taxonomique, ce principe s'applique aussi au rang infraspécifique. En effet, les espèces à larges amplitudes géographique et altitudinale sont généralement privilégiées dans les aménagements, mais cela ne doit pas faire oublier les spécificités régionales et l'existence de taxons infraspécifiques. C'est le cas notamment du saule pourpre (*S. purpurea*), du saule noirissant (*S. myrsinifolia*), de l'anhyllide vulnérable (*Anhyllis vulneraria*), du liondent hispide (*Leontodon hispidus*) ou encore du lotier corniculé (*Lotus corniculatus*), espèces polytypiques présentant des taxons infraspécifiques ayant des exigences écologiques spécifiques (chap. III.4).

L'anhyllide vulnérable est une légumineuse clé pour le génie végétal. Elle présente, dans les Alpes du Nord, une très grande diversité infraspécifique avec 6 sous-espèces indigènes parmi les 27 actuellement recensées en Europe. Si certains de ces taxons sont rares, comme les sous-espèces *guyoti*, *polyphylla* et *vulnerarioides*, d'autres sont plus fréquents et sont structurants des pelouses sèches ou d'altitude, comme les sous-espèces *alpestris*, *carpatica* et *valesiaca* (fig. 2b et chap. III.4). La connaissance de la distribution altitudinale et de l'écologie de ces sous-espèces devient alors un élément important pour la composition du mélange grainier et, par voie de conséquence, l'optimisation des possibilités de développement des plantes et la réussite d'un ouvrage.

Bien que régulièrement semée, la sous-espèce type (subsp. *vulneraria*) ne devrait pas être utilisée dans les Alpes du Nord occidentales puisqu'elle n'est pas indigène sur ce secteur.

### 3.2.1.2. Conditions édaphiques

Au-delà de l'altitude et du climat, étroitement liés, les caractéristiques physico-chimiques du sol, notamment son niveau d'hydromorphie, sa granulométrie et sa nature chimique (pH, éléments nutritifs), sont des critères particulièrement importants pour le choix des végétaux.

Les espèces présentant une large amplitude écologique sont évidemment beaucoup plus souples d'utilisation. Elles sont notamment susceptibles de trouver une place à plusieurs niveaux dans un profil de berge à aménager. C'est le cas notamment de certaines espèces ligneuses comme le bouleau pendant (*Betula pendula*), l'érable sycomore (*Acer pseudoplatanus*), le frêne (*Fraxinus excelsior*), le saule pourpre (*Salix purpurea*), le saule drapé (*S. elaeagnos*) ou d'espèces herbacées telles que l'anthyllide vulnérable (*Anthyllis vulneraria*) ou l'avoine jaunâtre (*Trisetum flavescens* – chap. III.4). Ces espèces peuvent ainsi être implantées sur divers types de substrats, du pied jusqu'en sommet de berge.

### 3.2.2. Stratégie écologique et morphologie des plantes

Les critères liés à la répartition et à l'autécologie ne sont pas les seuls à intervenir dans le choix des végétaux. Les stratégies adaptatives et attributs morphologiques déterminent également le potentiel d'utilisation de bon nombre d'espèces, ainsi que leur capacité à être intégrées dans les différents types d'ouvrage.

#### 3.2.2.1. Des traits communs : une stratégie écologique pionnière

Le plus souvent, sur les portions de terrain ayant subi un phénomène d'érosion, la terre végétale n'est plus présente, emportée par glissement, par charriage, etc. Rapporter de la terre végétale pour les besoins d'un aménagement peut s'avérer très coûteux et demeure parfois techniquement difficile. Très sensible au ruissellement,

son utilisation nécessite souvent une protection particulière. Dans bon nombre de situations, le substrat ne sera ainsi constitué que des matériaux en place ou d'horizons géologiques inférieurs dont la fertilité est souvent très faible et la granulométrie parfois très grossière. Dans ces situations, les espèces pionnières présentant une capacité à croître sur des sols bruts s'avèrent être des auxiliaires indispensables. Leur croissance rapide en situation de pleine lumière, leurs importantes capacités de reproduction sexuée, de propagation végétative et de dissémination sont des atouts incontestables pour le génie végétal (fig. 2).

Si de nombreuses espèces de saules présentent ce type de comportement (*Salix purpurea*, *S. elaeagnos*, *S. triandra*, etc.), l'utilisation d'autres ligneux pionniers comme l'aulne vert (*Alnus viridis*), le bouleau pendant (*Betula pendula*) ou le tremble (*Populus tremula*) peut également s'avérer pertinente. Parmi les espèces herbacées on recense l'anthyllide vulnérable (*A. vulneraria*), les épilobes (*Epilobium spp.*), les pétasites (*Petasites spp.*) ou encore le tussilage (*Tussilago farfara* – chap. III.5). Ces espèces sont capables de coloniser rapidement les secteurs dénudés, notamment les vides créés par d'éventuelles lacunes de l'ensemencement.

Sensibles à la concurrence d'autres espèces (compétition pour la lumière notamment), les taxons pionniers s'effacent peu à peu au profit d'espèces plus compétitives. Leur implantation dans un ouvrage permet toutefois d'amorcer la dynamique de végétation favorisant l'installation d'autres espèces plus longévives.

#### 3.2.2.2. Capacité de reproduction végétative

La reproduction végétative est une aptitude à la multiplication d'organes végétaux non sexués permettant la formation d'un nouvel individu. Elle constitue un mode de propagation efficace pour de nombreuses espèces pionnières. Elle est largement mise à profit dans la majorité des techniques de génie végétal pour former de nouvelles plantes à partir d'un fragment de tige ou de racine (en contact avec le sol ou le substratum). Si la reproduction



Fig. 2 - Exemples de comportement pionnier chez : (a) l'aulne vert (*Alnus viridis*) ; (b) l'anthyllide alpestre (*Anthyllis vulneraria* subsp. *alpestris*).





**Fig. 3** - Exemples de reproduction végétative chez le saule à trois étamines (*Salix triandra*) : **(a)** ramille transportée par une crue et échouée sur un banc de sable qui, au contact du substrat, forme de nouvelles racines et de nouvelles tiges aériennes ; **(b)** bouture plantée dans un substrat brut.

végétative à base de tiges aériennes est possible dans plusieurs genres de végétaux ligneux, ce n'est toutefois qu'avec les saules (*Salix spp.*) qu'elle est praticable sur de grandes surfaces avec un taux de reprise généralement élevé, sans soins particuliers et dans des conditions de croissance pas toujours optimales (fig. 3). Le taux de reprise par reproduction végétative est néanmoins très variable selon les espèces (chap. III.4.4.1).

Même si le bouturage de racines constitue un mode de multiplication particulièrement efficace pour certaines espèces ligneuses (*Alnus incana*, *Berberis vulgaris*, *Corylus avellana*, etc.), cette technique reste toutefois peu applicable dans le domaine du génie végétal.

La reproduction végétative constitue également un mode de propagation pour les herbacées. Certaines espèces peuvent ainsi être multipliées à partir de division de touffes ou de boutures de rhizomes. Cette technique peut être particulièrement pertinente pour intégrer des espèces comme la canche cespiteuse (*Deschampsia cespitosa*), les calamagrostides (*Calamagrostis spp.*) ou encore les pétasites (*Petasites spp.*) dans certains ouvrages (fascines d'hélophytes notamment).

### 3.2.2.3. Capacité à former des racines adventives

Si la capacité à former des racines adventives participe à la reproduction végétative, elle présente également un intérêt pour certaines techniques de génie végétal utilisant des plants en racines nues.

Les végétaux présentant cette propriété forment des réseaux racinaires plus importants (fig. 4a), permettant une exploration d'un volume plus élevé du sol et tolérant mieux l'enfouissement, ce qui représente un avantage dans la capacité d'un aménagement à stabiliser un substrat. La capacité à former des racines adventives, permise par la dédifférenciation cellulaire, peut être très variable d'une espèce à l'autre, y compris à l'intérieur d'un même genre. Par exemple, chez les sorbiers (*Sorbus spp.*), le sor-

bier des oiseleurs (*Sorbus aucuparia*) en développe abondamment, alors que l'alisier blanc (*Sorbus aria*) n'en forme pas. Le développement de racines adventives est notamment approprié pour les techniques des lits de plants et plançons (fig. 4b) et des caissons en rondins végétalisés.



**Fig. 4** - Certaines espèces présentent une capacité naturelle à former des racines adventives, **(a)** à l'image de cet aulne blanc (*Alnus incana*). Cette propriété est particulièrement adaptée pour les techniques où les végétaux sont partiellement enfouis dans le substrat, **(b)** à l'exemple des lits de plants et plançons.

Les racines adventives sont des racines se développant à un endroit inhabituel sur la plante, notamment les tiges aériennes. Si dans un premier temps, elles possèdent uniquement un rôle de fixation, elles développent progressivement leur capacité d'absorption pour exercer l'ensemble des fonctions racinaires.

La dédifférenciation cellulaire (ou totipotence) est la régression à l'état embryonnaire d'une cellule différenciée. Elle est susceptible de se produire lorsqu'une cellule a achevé sa différenciation. Elle s'effectue principalement au sein des tissus de réserve de la plante, dits parenchymateux.



**Fig. 5** - Deux exemples d'aptitudes à la régénération particulièrement adaptées pour le génie végétal : **(a)** rejets se formant au niveau de la souche déracinée d'un saule faux daphné (*Salix daphnoides*) ; **(b)** charriage d'alluvions grossières sur un cours d'eau de montagne ayant entraîné l'écorçage et l'ensevelissement partiel des tiges aériennes.

#### 3.2.2.4. Capacité de régénération suite à des perturbations

Même si un aménagement de génie végétal est réalisé pour réduire les risques de glissement ou d'érosion, il n'en demeure pas moins exposé à différentes sollicitations mécaniques en fonction de sa situation et de son positionnement sur la berge. Pour être durable et efficace à long terme, un aménagement doit comporter un maximum de plantes présentant un développement vigoureux. Pour cette raison, certaines aptitudes sont recherchées comme, par exemple, la capacité à rejeter de souche après brisure des tiges aériennes (fig. 5a), à cicatriser rapidement ou à résister à un ensevelissement partiel (fig. 5b).

#### 3.2.2.5. Vitesse d'installation et de croissance

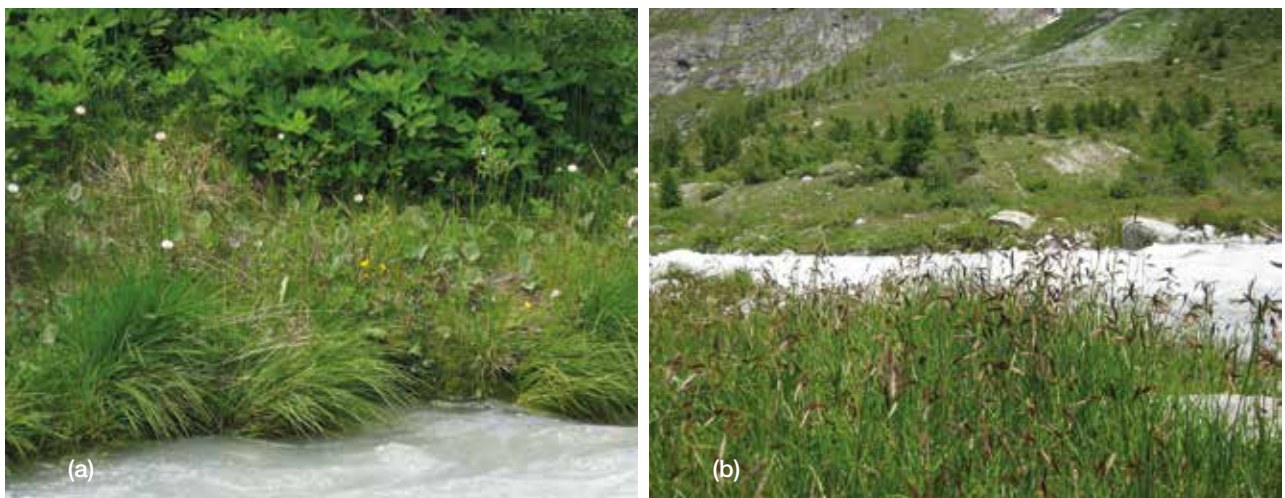
La rapidité d'établissement et de développement des végétaux utilisés dans un aménagement augmente l'efficacité des techniques mises en place. Ceci est d'autant

plus vrai que c'est en période initiale de croissance végétale que les techniques peuvent parfois présenter une relative vulnérabilité. Pour les espèces herbacées entrant dans la composition d'un mélange grainier, la faculté de former rapidement une couverture herbacée dense est une caractéristique recherchée afin de limiter le ruissellement et le ravinement.

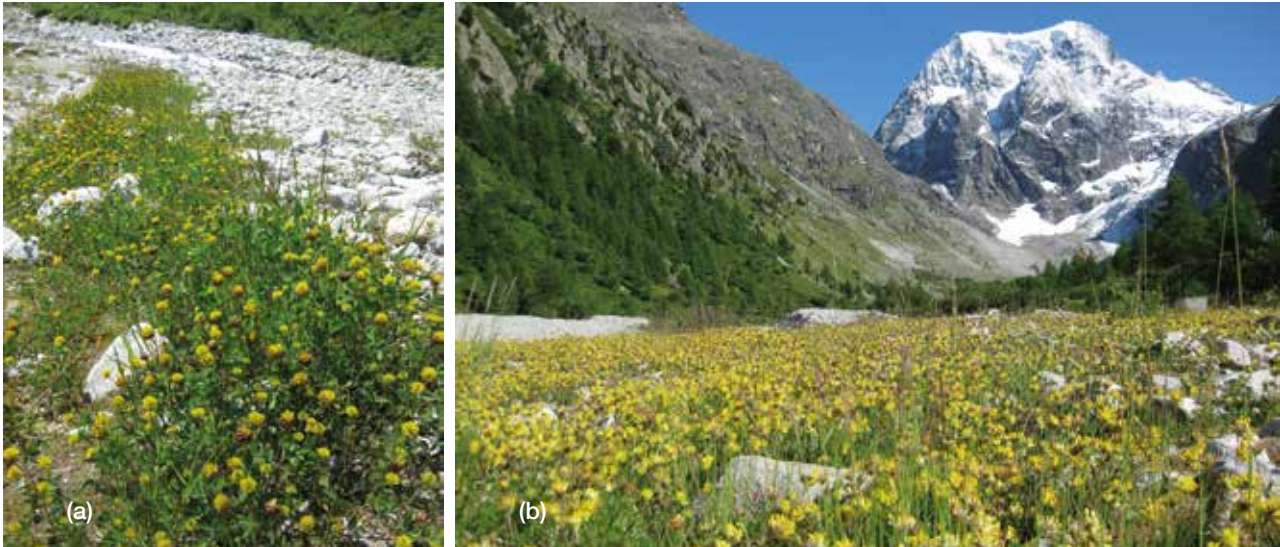
#### 3.2.2.6. Ancrage du système souterrain

Le principal effet recherché par l'utilisation des végétaux est la stabilisation du sol dérivant du type d'ancrage et de l'évapotranspiration induite par l'activité photosynthétique. Ainsi, les végétaux présentant un rapport élevé entre le volume de l'appareil souterrain et le volume de l'appareil aérien sont à privilégier.

Pour ce qui est des types racinaires, les racines pivotantes se développent en profondeur, tandis que les systèmes traçants et rhizomateux fixent les horizons superficiels du



**Fig. 6** - Modèle naturel de formation herbacée qui semble supporter les contraintes de pied de berge **(a)** avec notamment la canche gazonnante (*Deschampsia cespitosa*) en pied de berge, le tussilage (*Tussilago farfara*) dans la zone d'interface et l'impéatoire (*Peucedanum ostruthium*) plus en retrait ; une couverture dense est également formée **(b)** par ce peuplement de laiches des régions froides (*Carex frigida*).



**Fig. 7** - Les fabacées couvrent densément le sol et sont précieuses pour la colonisation des substrats bruts (fixation d'azote atmosphérique) à l'image (a) du trèfle brun (*Trifolium badium*), (b) de l'anthyllide alpestre (*Anthyllus vulneraria* subsp. *alpestris*) et du trèfle des neiges (*Trifolium pratense* subsp. *nivale*).

sol. De fait, c'est surtout la combinaison de ces deux types racinaires, permettant d'explorer un plus grand volume de sol et combinant un ancrage vertical et un ancrage horizontal, qui est importante dans l'aménagement. D'autre part, grâce à l'absorption racinaire, les végétaux induisent un second effet stabilisant en participant au drainage du sol.

### 3.2.2.7. Port et développement

En effectuant un choix d'espèces ligneuses, il est toujours nécessaire d'anticiper le développement futur des végétaux. En effet, dans certaines situations, la présence de grands arbres à l'intérieur d'un aménagement n'est pas souhaitable. C'est le cas notamment des talus très inclinés ou des terrains en mouvement où la présence d'arbres lourds et hauts peut induire des effets de bras de levier qui remettent en cause, à terme, la stabilité du terrain.

D'autres situations ne sont pas favorables à l'implantation d'essences à fort développement, par exemple lorsqu'un aménagement est proche de bâtiments ou d'infrastructures diverses (route, voie ferrée, digues de protection contre les crues, etc.).

En ce qui concerne les espèces herbacées, les types de port ont aussi une incidence importante sur la stabilisation des berges. Les espèces cespitueuses, formant des touffes plus ou moins denses (comme par exemple *Achnatherum calamagrostis*, *Carex paniculata* ou encore *Deschampsia cespitosa* – fig. 6a), permettent de dissiper l'énergie du courant lors de crues et favorisent ainsi le dépôt de sédiments fins. Les espèces rhizomateuses, formant généralement des tapis (comme *Calamagrostis epigeios*, *Epilobium angustifolium*, *Petasites* spp., *Tussilago farfara* ou encore *Carex frigida* – fig. 6b), favoriseront quant à elles la stabilisation et la protection des couches superficielles du sol. Là encore, la combinaison de ces deux types de port permet d'apporter une complémentarité à la couverture du sol (fig. 6 et 7).

### 3.2.2.8. Souplesse des tiges aériennes

Le pied de berge à l'interface terre-eau est un secteur très fréquemment sollicité par les contraintes d'arrachement et le charriage dès qu'une crue, même de faible ampleur, se produit. Là aussi, des ligneux à tiges souples ou se développant en cépées seront plus adaptés que de grands arbres. En effet, des tiges souples freinent le courant sans opposer trop de résistance et ne créent pas de turbulences (fig. 8). À l'inverse, de grands arbres présentant des troncs rigides offrent une densité végétale bien moindre au niveau du sol et constituent des points durs susceptibles de provoquer des turbulences à l'origine de nouvelles érosions (chap. II.3).

En cas de crue, les espèces herbacées elles aussi se couchent et exercent un certain niveau de protection par effet de couverture. Pour que cette contribution à la protection des berges soit effective, il est nécessaire d'obtenir une couverture plutôt dense (fig. 7) à l'aide de végétaux suffisamment robustes, ce qui exclut d'emblée de nombreuses espèces ne supportant pas la concurrence dans des formations denses dont la couverture au sol avoisine 100 %.

Le courant qui, en cas de crue, pénètre une densité végétale élevée, perd de sa compétence. Les contraintes d'arrachement s'en trouvent notablement réduites, ce qui induit parfois des phénomènes de sédimentation (fig. 8).

### 3.2.2.9. Dimension et physionomie des tiges aériennes

Les aménagements de génie végétal sont le plus souvent constitués de segments de tiges aériennes de dimensions variables en fonction de la technique utilisée voire même, pour chacune d'elles, en fonction de la partie d'ouvrage concernée. Ainsi, des pieux d'un certain diamètre (environ 10 cm), des branches longues et souples, des boutures plus courtes ou encore des ramilles de faible diamètre



**Fig. 8** - La souplesse des tiges, notamment celles des saules, permet à la végétation : **(a)** d'être plaquée au sol lors une crue, favorisant ainsi la couverture du sol ; **(b)** de se relever après perturbation, induisant un effet de frein suffisant pour favoriser la sédimentation.

peuvent être prélevés sur différentes espèces ligneuses, le plus souvent sur des saules (fig. 9a). En fonction de leur stade de croissance et de leur taille, toutes les espèces ne sont pas à même de fournir toutes les qualités de matériaux. Par exemple, il est rare de pouvoir prélever des pieux sur des espèces exclusivement buissonnantes (comme *Salix purpurea*), voire arbustives (comme *Salix myrsinifolia*), le diamètre de leurs branches ou de leur tronc atteignant trop rarement les dimensions recherchées.

D'autres espèces présentant d'excellentes aptitudes à la reproduction végétative sont parfois difficilement utilisables dans un aménagement en raison de la relative fragilité de leurs tiges aériennes. Il est par exemple difficile de confectionner des boutures résistant au battage à partir de la myricaire (*Myricaria germanica*), pourtant très adaptée à

d'autres égards (écologie, port, taux de reprise, etc.). Ainsi, pour cette espèce, il n'y a guère qu'une implantation sous forme de ramilles qui puisse être envisagée sur des chantiers mettant en œuvre de grandes quantités de matériaux végétaux. Enfin, la physionomie des branches, et notamment leur forme plus ou moins régulière, intervient également dans le choix des espèces. Il est par exemple difficile de se fournir en grandes quantités de boutures droites, de 60 à 80 cm et d'un diamètre suffisant, uniquement avec le saule de Suisse (*Salix helvetica* – fig. 9b). D'autres espèces de petite taille, comme les saules fétide (*Salix foetida*) et bleuâtre (*S. caesia*), ne pourront également pas fournir de longues branches nécessaires à la confection de fascines pour le pied de berge.



**Fig. 9** - **(a)** Le développement des tiges aériennes dans ce fourré de saule pourpre (*Salix purpurea*) est idéal pour un prélèvement de branches pour fascines et tressage, de boutures et de ramilles ; dans de tels cas, le prélèvement se fait par simple recépage à la base des tiges. **(b)** Chez certaines espèces subalpines, le faible diamètre des branches ainsi que leur forme souvent tortueuse rendent les prélèvements de certains types de fourniture difficile, à l'exemple ici du saule de Suisse (*Salix helvetica*).

### 3.2.3. Autres critères

Les critères liés à la morphologie et à la physiologie des espèces ne sont pas les seuls à entrer en considération dans le choix des végétaux. Le statut des espèces utilisées (protection et vulnérabilité) ainsi que la valeur biologique, écologique et paysagère de l'aménagement sont également à considérer.

#### 3.2.3.1. Abondance et statuts

Au sein de l'Arc alpin, le statut des espèces peut être très différent d'une région à l'autre. La législation sur les espèces protégées diffère ainsi d'un pays à un autre, mais aussi d'une région administrative à une autre (législation cantonale, régionale ou départementale). Le niveau de protection de chaque espèce peut également varier en fonction de l'espèce considérée (protection partielle ou totale en Suisse, protection stricte ou régime d'autorisation en France). Dans certains cas, des autorisations de récolte peuvent être demandées aux autorités compétentes. Il est donc nécessaire de s'informer et de ne pas envisager des prélèvements en milieu naturel pour les espèces vulnérables ou bénéficiant d'un statut de protection.

Notons toutefois que les règlements ne tiennent pas compte du fait qu'un prélèvement de segments de tiges aériennes, sur une espèce capable de reproduction végétative, ne remet pas en cause l'existence de la plante. L'opération favorise même sa propagation et, dans une certaine mesure, sa vitalité. Cet argument peut, dans certains cas, motiver une demande d'autorisation de récolte de certaines espèces protégées.

Pour plus d'informations sur la protection des espèces végétales (cadre légal, listes des espèces, demandes d'autorisation), se référer aux liens suivants :

[http://www.cps-skew.ch/cadre\\_legal/plantes\\_protegees.html](http://www.cps-skew.ch/cadre_legal/plantes_protegees.html)

<http://www.developpement-durable.gouv.fr/-Faune-et-flore-.html>

Les sites suivants permettent également d'obtenir une information détaillée espèce par espèce :

<http://inpn.mnhn.fr/accueil/index>

<http://www.infoflora.ch/fr/flore/>

Par ailleurs, certaines espèces ne bénéficiant pas d'un statut de protection peuvent être rares à l'échelle locale. On évitera donc de les utiliser en grande quantité dans des projets d'aménagement, ne serait-ce que pour ne pas rendre trop contraignante la recherche de fournitures lorsqu'elle consiste en un prélèvement en milieu naturel.

Il est enfin important de noter qu'il existe, en France comme en Suisse, une législation spécifique sur la production et la commercialisation des graines, semences et plants forestiers.

La directive européenne 99/105 régit la commercialisation des graines et plants forestiers. Cette réglementation a été transposée en droit français dans le Code forestier (articles L. et R. 153 et suivants). Les espèces réglementées (bénéficiant d'une traçabilité sur l'origine)

sont listées dans l'annexe 1 de l'arrêté ministériel modifié du 24 octobre 2003 relatif à la commercialisation des matériels forestiers de reproduction (MFR). En Suisse, l'ordonnance sur le matériel forestier de reproduction du 29 novembre 1994 fixe elle aussi une liste d'espèces faisant l'objet d'un certain nombre de restrictions quant à leur production et commercialisation. Cette réglementation est traduite de manière plus ou moins similaire en France et en Suisse. Elle s'applique aux semences, plants ou parties de plantes destinés à des fins forestières et permet de mettre en place une chaîne de traçabilité sur l'origine des MFR (du lieu de récolte au lieu de plantation). Elle permet ainsi aux utilisateurs d'avoir l'assurance qu'ils ne sont pas trompés par leurs fournisseurs sur l'origine et la qualité des graines et plants achetés pour leurs plantations. Celles-ci sont considérées comme ayant des fins forestières lorsqu'elles sont réalisées dans des conditions techniques compatibles avec la production de bois à titre principal ou lorsqu'elles sont susceptibles d'avoir un impact sur les ressources génétiques des arbres forestiers. Dans ce cadre, les ripisylves font partie intégrante du territoire forestier national, aussi bien en Suisse qu'en France. Ces réglementations prévoient plusieurs catégories (sélectionnée, qualifiée, testée et identifiée) pour lesquelles les niveaux d'exigence sont variables.

Concernant les plantes herbacées, la directive européenne 66/401 régit la production en vue de la commercialisation de semences de plantes fourragères à l'intérieur de la Communauté. Cette directive est traduite par différents textes de droit français, dont le règlement technique annexe des semences certifiées de plantes fourragères homologué par arrêté ministériel du 29 juin 2010, et l'arrêté de commercialisation du 15 septembre 1982 relatif à la commercialisation des semences fourragères. Pour un certain nombre d'espèces listées dans cet arrêté, il est interdit de commercialiser des variétés autres que celles qui sont certifiées. Cela signifie que, pour ces espèces, l'on ne peut utiliser que des semences ayant fait l'objet d'une certification même si ces variétés n'ont pas nécessairement les caractéristiques écologiques requises, notamment vis-à-vis de l'altitude. Une telle réglementation existe également en Suisse (ordonnance du DFE sur les semences et plants du 7 décembre 1998). Toutefois, en Suisse, celle-ci ne s'applique pas aux mélanges de semences destinés à des utilisations autres qu'à des fins d'affouragement (comme par exemple la stabilisation des talus et berges de cours d'eau).

Des informations détaillées sur ces réglementations sont accessibles aux adresses suivantes :

<http://agriculture.gouv.fr/Presentation-de-la-reglementation>

[http://www.admin.ch/ch/f/rs/921\\_552\\_1/index.html](http://www.admin.ch/ch/f/rs/921_552_1/index.html)

### 3.2.3.2. Fonctions annexes

Bien que l'efficacité technique d'un ouvrage de génie végétal représente toujours l'objectif prioritaire d'un aménagement, la structure végétale mise en place peut également assurer d'autres fonctions. Considérées comme annexes, elles contribuent à la création de structures privilégiées pour les déplacements de la faune (fonction de corridors), de zones de refuge temporaire, de garde-manger ou de sites de reproduction, voire même de milieu vital à part entière. L'importance plus ou moins prononcée de ces fonctions, qui influenceront également le choix des végétaux, dépend notamment des dimensions de l'aménagement et de sa localisation géographique.

Les aménagements constituent ainsi des réservoirs d'espèces végétales, animales et fongiques et contribuent pleinement à la conservation de la biodiversité, assurant une plus-value biologique et écologique à la fonction mécanique première.

Le génie végétal permet également une intégration paysagère des ouvrages de protection contre les crues, du moins en milieu naturel et semi-naturel ; intégration qui sera d'autant plus réussie si la référence aux modèles naturels est effective et si un effort de diversification est réalisé au niveau du choix des végétaux.

Dans des contextes particuliers, notamment en espace bâti, la valeur paysagère de l'ouvrage peut également être prise en considération, en favorisant certains types de feuillages ou des espèces présentant des floraisons ou fructifications abondantes et/ou de haute valeur ornementale : floraisons du saule faux daphné et du merisier à grappes, feuillages luisants du saule laurier et du saule faux daphné, feuillage léger du saule drapé, fructifications de l'épine-vinette ou du sorbier des oiseleurs, couleur automnale des feuillages de l'érable sycomore et du merisier à grappes, etc.

### 3.2.3.3. Recherche de diversité

Lorsque les techniques mises en œuvre le permettent et que les conditions locales le justifient, la diversification des espèces utilisées est hautement recommandée. Elle permet de mieux remplir ces fonctions qualifiées de secondaires et d'obtenir des formations végétales présentant une diversité spécifique mais aussi structurelle. Si certaines techniques se prêtent particulièrement à la diversification (par ex. les lits de plants et plançons), de simples plantations peuvent accompagner d'autres techniques pour satisfaire cet objectif.

Ce sont souvent les conditions de croissance, variant très fortement dans le profil transversal allant du pied jusqu'au sommet de berge, qui imposent la nécessité d'élargir le choix des végétaux (fig. 10). Une plus grande diversité végétale constitue ainsi une forme d'assurance lorsque les conditions de croissance sont hétérogènes. On garantit ainsi une quantité suffisante de végétaux présentant une croissance vigoureuse, assurant ainsi l'efficacité de l'ouvrage.



Fig. 10 - L'aménagement des sommets de berge sur des substrats grossiers et filtrants nécessite une adaptation de la composition botanique à la xéricité de l'endroit, et l'implantation d'espèces mésophiles, voire xérophiles, même en contexte alluvial.

## 3.3. En synthèse

Le choix de végétaux est une étape clé de la démarche d'aménagement. Il nécessite une connaissance précise des objectifs à atteindre. Les objectifs techniques de protection de surfaces, de stabilisation des berges en profondeur, de reconstitution de biotope, etc. sont à considérer, de même que les fonctions secondaires de l'aménagement, telles les fonctions de corridor biologique, d'abri, de lieu de reproduction, de source de nourriture. Pour réaliser ces objectifs, on veillera à utiliser des végétaux variés et complémentaires. On s'inspirera de modèles naturels présents à proximité, tant pour le choix des espèces que pour leur positionnement sur la berge (chap. III.2), en considérant que les formations végétales en place sont adaptées aux contraintes mécaniques et écologiques de leur milieu.

Les principales caractéristiques biologiques et exigences écologiques des espèces sont des éléments indispensables permettant de choisir les « bons » végétaux garantissant l'efficacité et la fonctionnalité d'un aménagement, soit :

- la morphologie et le volume du système racinaire ;
- l'aptitude à la multiplication végétative ;
- la résistance à la submersion et aux diverses sollicitations mécaniques ;
- les vitesses et stratégies de croissance.

Le rôle de l'appareil souterrain dans la fixation des sols est primordial. La comparaison entre le volume du système souterrain et celui des parties aériennes est un indicateur pertinent de la résistance aux forces d'arrachement ou aux contraintes éoliennes. Les parties aériennes jouent également un rôle important, notamment dans la dissipation de l'énergie hydraulique. Ce sont principalement les végétaux arbustifs et buissonnants qui, de par leur ramure souple et dense, provoquent un « effet de peigne » ralentissant la vitesse du courant et limitant les remous et turbulences.

Afin d'améliorer la pérennité des ouvrages, il est recommandé d'utiliser un maximum d'espèces indigènes complémentaires dans leur morphologie et leur physiologie.

## 4. Description des espèces

### 4.1. Sélection des végétaux présentés

Le choix des végétaux présentés pour une utilisation en génie végétal a été largement conditionné par leur caractère structurant dans les milieux naturels (chap. III.2.), ainsi que par leurs caractéristiques biotechniques particulières (chap. III.3.). Trente espèces ligneuses et vingt espèces herbacées ont ainsi été retenues. Vingt espèces complémentaires actuellement non ou peu utilisées sont également présentées de façon succincte.

En premier lieu, les espèces sélectionnées doivent être indigènes. La résistance aux contraintes mécaniques et l'adaptation aux conditions stationnelles du site constituent également des critères fondamentaux à prendre en compte.

#### 4.1.1. Espèces ligneuses

En ce qui concerne le choix des espèces ligneuses, les critères suivants ont été pris en compte :

- la répartition géographique ;
- la présence de l'espèce dans des groupements végétaux riverains montagnard ou subalpin ;
- les capacités de croissance et de colonisation (port, aptitudes à la reproduction végétative, rapidité de croissance, etc.) ;
- les effets sur la protection des berges et sur le cours d'eau.

Les 30 espèces ligneuses présentées sont :

##### Arbres / arbustes

<i>Acer pseudoplatanus</i>	Érable sycomore
<i>Alnus incana</i>	Aulne blanc
<i>Betula pendula</i>	Bouleau pendant
<i>Fraxinus excelsior</i>	Frêne commun
<i>Prunus padus</i>	Merisier à grappes
<i>Salix caprea</i>	Saule marsault
<i>Salix daphnoides</i>	Saule faux daphné
<i>Salix pentandra</i>	Saule laurier
<i>Sorbus aucuparia</i>	Sorbier des oiseleurs
<i>Sorbus mougeotii</i>	Alisier de Mougeot

##### Arbrisseaux hauts (> 2 m)

<i>Alnus viridis</i>	Aulne vert
<i>Berberis vulgaris</i>	Épine-vinette
<i>Hippophae rhamnoides</i>	Argousier
<i>Laburnum alpinum</i>	Cytise des Alpes
<i>Salix appendiculata</i>	Saule appendiculé
<i>Salix elaeagnos</i>	Saule drapé
<i>Salix laggeri</i>	Saule de Lager
<i>Salix myrsinifolia</i>	Saule noircissant
<i>Salix purpurea</i>	Saule pourpre
<i>Salix triandra</i>	Saule à trois étamines
<i>Sambucus racemosa</i>	Sureau à grappes

##### Arbrisseaux bas (< 2 m)

<i>Myricaria germanica</i>	Myricaire
<i>Ribes alpinum</i>	Groseillier des Alpes
<i>Rosa pendulina</i>	Rosier des Alpes
<i>Salix aurita</i>	Saule à oreillettes
<i>Salix caesia</i>	Saule bleuâtre
<i>Salix foetida</i>	Saule fétide
<i>Salix glaucosericea</i>	Saule glauque
<i>Salix hastata</i>	Saule hasté
<i>Salix helvetica</i>	Saule de Suisse

#### 4.1.2. Espèces herbacées

Les critères de sélection des espèces herbacées ont porté sur la densité de la couverture du sol (protection de surface) ainsi que le volume et le type de développement du système racinaire (effet d'ancrage). Comme pour les végétaux ligneux, la présence dans des groupements végétaux riverains aux étages montagnard et subalpin, la capacité à coloniser des surfaces au substrat brut et la position par rapport au cours d'eau ont été pris en compte. D'autres indications telles que la résistance aux forces d'arrachement, aux inondations ou à la sécheresse ont été considérées.

Pour une meilleure complémentarité entre les espèces au sein d'un aménagement (densité de la couverture végétale, système racinaire, vitesse de croissance), le choix a été porté sur treize graminées, cinq légumineuses, une cypéracée et une autre dicotylédone. La dominance des graminées dans le choix des végétaux herbacés provient notamment de leur capacité à créer une couverture dense et à résister aux forces d'arrachement. Les fabacées offrent, quant à elles, une couverture rapide du sol et un enrichissement de celui-ci en azote.

Les 20 espèces herbacées présentées sont :

#### Graminées

<i>Achnatherum calamagrostis</i>	Calamagrostide argentée
<i>Agrostis capillaris</i>	Agrostide capillaire
<i>Agrostis schraderiana</i>	Agrostide de Schrader
<i>Avenula pubescens</i>	Avoine pubescente
<i>Brachypodium rupestre</i>	Brachypode des rochers
<i>Calamagrostis epigejos</i>	Calamagrostide commune
<i>Calamagrostis varia</i>	Calamagrostide bigarrée
<i>Deschampsia cespitosa</i>	Canche cespiteuse
<i>Festuca laevigata</i>	Fétuque courbée
<i>Festuca nigrescens</i>	Fétuque noirâtre
<i>Phleum alpinum</i>	Fléole des Alpes
<i>Poa alpina</i>	Pâturin des Alpes
<i>Trisetum flavescens</i>	Avoine dorée

#### Légumineuses

<i>Anthyllis vulneraria</i>	Anthyllide vulnéraire
<i>Lotus corniculatus</i>	Lotier corniculé
<i>Onobrychis montana</i>	Sainfoin des montagnes
<i>Trifolium badium</i>	Trèfle brun
<i>Trifolium montanum</i>	Trèfle des montagnes

#### Cypéracées

<i>Carex paniculata</i>	Laiche paniculée
-------------------------	------------------

#### Autre dicotylédone

<i>Leontodon hispidus</i>	Liondent hispide
---------------------------	------------------

#### Épilobes

<i>Epilobium angustifolium</i>	Épilobe à feuilles étroites
<i>Epilobium dodonaei</i>	Épilobe à feuilles de romarin
<i>Epilobium fleischeri</i>	Épilobe de Fleischer
<i>Epilobium hirsutum</i>	Épilobe hirsute

#### Valérianes

<i>Valeriana montana</i>	Valériane des montagnes
<i>Valeriana officinalis</i>	Valériane officinale
<i>Valeriana tripteris</i>	Valériane triséquée

#### Grandes ombellifères

<i>Chaerophyllum hirsutum</i>	Cerfeuil hirsute
<i>Laserpitium latifolium</i>	Laser à larges feuilles
<i>Peucedanum ostruthium</i>	Impéatoire

#### Trèfles pionniers

<i>Trifolium pallescens</i>	Trèfle pâle
<i>Trifolium thalii</i>	Trèfle de Thal

Ces dernières sont présentées succinctement à la suite des 50 fiches espèces (chap. III.5.).

### 4.1.3. Autres herbacées

Vingt espèces complémentaires, actuellement non ou peu utilisées en génie végétal et structurantes de milieux naturels, ont ensuite été sélectionnées d'après leur morphologie et leur stratégie écologique :

#### Composées à larges feuilles

<i>Adenostyles alliariae</i>	Adénostyle à feuilles d'alliaire
<i>Adenostyles glabra</i>	Adénostyle des Alpes
<i>Adenostyles leucophylla</i>	Adénostyle à feuilles blanches
<i>Petasites albus</i>	Pétasite blanc
<i>Petasites hybridus</i>	Pétasite hybride
<i>Petasites paradoxus</i>	Pétasite paradoxal
<i>Tussilago farfara</i>	Tussilage

#### Graminée rhizomateuse

<i>Calamagrostis pseudophragmites</i>	Calamagrostide faux roseau
---------------------------------------	----------------------------



### 1

**Acer pseudoplatanus L.**  
**Erable sycamore**  
Aceracées

**Description**

- L'érable sycamore est un arbre de grande taille, pouvant atteindre 20 à 30 m.
- L'écorce d'abord lisse, gris jaunâtre, brun-rouge (fig. 2), se desquamant avec l'âge. Les jeunes rameaux, glabres, brun-gris, sont couverts de poils courts (fig. 3).
- Les bourgeons sont ovoïdes, à écailles glabres, vert clair et bordés de brun (fig. 3), le terminal étant plus grand que les axillaires.
- Les feuilles, opposées, à nervation palmée, sont mates dessus (fig. 4) et vert blanchâtre au revers (fig. 5). Elles sont composées de 5 lobes triangulaires inégalement dentés, séparés par des échancrures profondes et étroites.
- Les fleurs, petites et verdâtres, sont rassemblées en panicule terminale pendante longue de 3 à 8 cm (fig. 6).
- Les fruits (doubles samares), en forme de U ou de V ouvert (angle presque droit entre les 2 samares), mesurent de 2 à 6 cm (fig. 7).
- La floraison a lieu d'avril à mai, après la feuillaison.




Fig. 1 - Plant arborescent.




Fig. 2 - Écorce du tronc brun-rouge.




Fig. 3 - Bourgeons ovoïdes à écailles vert clair bordées de brun.




Fig. 4 - Feuille à échancrures profondes.




Fig. 5 - Feuille vert blanchâtre au revers.

174

### 4

**Écologie**

- L'érable sycamore est une espèce très commune, présente dans différents types de forêts de feuillus (forêts de ravin, aulnaies blanches, frênaies, hêtraies, pessières, sapinières, chênaies-charmaies, boisements rudéraux, etc.) et zones forestières (en situation pionnière). Il colonise préférentiellement les secteurs à humidité atmosphérique élevée.
- Il croît sur des sols à granulométrie variable (limons, sables, graviers, blocs), généralement assez profonds, frais et aérés, basiques à légèrement acides, riches en nutriments.
- Il présente un optimum écologique dans les forêts fraîches de ravin (Frilo-Acerion).
- Il se développe de l'étage collinéen à l'étage subalpin inférieur (jusqu'à 2 000 m).




Fig. 6 - Inflorescence en panicule pendante.




Fig. 7 - Samares en V ouvert.

175

**Utilisation en génie végétal**

L'érable sycamore est largement utilisé en aménagement, notamment comme arbre d'alignement en milieu urbanisé, mais aussi pour la création de haies et la restauration des terrains de montagne. Il offre également un très bon potentiel en génie végétal, en particulier pour la stabilisation des berges des rivières de montagne.

Doté d'un système racinaire ramifié très étendu, d'un fort pouvoir de régénération (rejets de souche) et d'une croissance juvénile rapide, il est capable de se développer dans des terrains à forte pente régulièrement perturbés (fig. 8). Il supporte ainsi de nombreux chocs sans que ceux-ci n'affectent significativement sa vitalité (forte capacité de cicatrisation et de régénération par recépéage). La destruction d'une partie de son système racinaire ne ralentit que faiblement sa croissance et favorise même, à long terme, le développement de racines plus longues (Hippes et al. 1996). Résistant à l'ensevelissement, il est capable de supporter un recouvrement important de la base de son tronc par des matériaux gravello-terreux. Suite à un recouvrement prolongé, il va créer rapidement des racines adventives utiles pour fixer les couches superficielles du sol. Certains individus peuvent ainsi supporter un recouvrement de la base du tronc de près de 30 % de leur hauteur (Schiechtel 1973). Sa grande amplitude écologique, sa résistance au froid et à la sécheresse, permettent de l'utiliser dans un grand nombre de situations, y compris sur des substrats bruts drainants jusqu'à 2 000 m d'altitude (Pandera 2006). Il est aussi tolérant au sel, ce qui autorise une implantation à proximité immédiate de routes régulièrement déneigées en hiver.

Les essais de bouturage en laboratoire à l'aide d'hormones de croissance synthétiques ont permis d'atteindre un taux de réussite de 96 % (Schiechtel 1973). Les essais de reproduction végétative en conditions naturelles n'étant toutefois pas aussi satisfaisants, l'utilisation de plants en racines neuvra être privilégiée. Sa capacité à produire des racines adventives permet d'intégrer cette espèce dans les lits de plants et plançons ou les caissons en rondins végétalisés. Toutefois, en limiter son utilisation ou on l'évitera sur les pentes trop inclinées, pour les effets de bras de levier qu'il est susceptible de produire à l'état adulte. Ce problème peut toutefois se résoudre par un entretien régulier (recépéage). De par sa faible tolérance à l'immersion prolongée et la formation d'un tronc rigide à l'état adulte, il est déconseillé de l'utiliser en pied de berge. Il pourra notamment être associé à l'aune blanc (*Alnus incana*), au bouleau pendule (*Betula pendula*), au frêne (*Fraxinus excelsior*), au tremble (*Populus tremula*) ou encore aux saules marsault (*Salix caprea*) et appendiculé (*S. appendiculata*).

L'érable sycamore est facilement disponible dans le commerce. Compte tenu de la présence de nombreux cultivars utilisés en ornement, une attention particulière devra être portée à l'utilisation de plants indigènes de provenance locale. La production et la commercialisation de plants d'érable sycamore à des fins forestières sont soumises à une réglementation spécifique en France et en Suisse (chap. III.3.2.4).

5

Fig. 1 - Vue générale d'une fiche espèce.

## 4.2. Comment lire une fiche espèce ?

La présentation des espèces susceptibles d'être utilisées en génie végétal s'organise en cinq rubriques illustrées par des photographies inédites (fig. 1).

### 1 Nomenclature

Toutes les fiches sont classées par ordre alphabétique selon le nom latin. Le nom latin correspond au nom scientifique valide de l'espèce. Dans un souci de simplification, les synonymes n'ont pas été indiqués sur les fiches. Les plus usités sont cependant listés page 313.

Le nom français est issu des flores françaises ou suisses de référence utilisées dans la région considérée, comme la Flore de la Suisse et des territoires limitrophes (Aeschimann et Burdet 1994), *Flora Helvetica* (Lauber et Wagner 1998), *Flora Alpina* (Aeschimann et al. 2004), *Flora vegetativa* (Eggenberg et Möhl 2008) ou encore la *Flore forestière française* (Rameau et al. 1993). En cas de divergence entre ces ouvrages, un choix arbitraire a été effectué.

### 2 Description

Ce chapitre présente les traits morphologiques de l'espèce et leur variabilité, l'éventuelle présence de sous-espèces et les confusions possibles avec d'autres taxons.

Les traits morphologiques présentés concernent :

- le port (type biologique, hauteur, etc.) ;
- les rameaux (couleur, pilosité, etc.) ;
- les bourgeons (forme, disposition, taille, etc.) ;
- les feuilles (forme, disposition, taille, couleur, etc.) ;
- les fleurs et inflorescences (type, couleur, etc.) ;
- les fruits (type, forme, taille, couleur, etc.).

La description d'éventuelles sous-espèces ne concerne que les taxons présents dans les Alpes du Nord occidentales. Seuls les traits distinctifs de ces dernières sont succinctement présentés. Les autres sous-espèces existantes sont mentionnées à titre indicatif.

Les confusions possibles avec d'autres espèces morphologiquement proches sont mentionnées. Des critères diagnostiques discriminants sont indiqués à toutes fins utiles.

Les traits morphologiques et les critères différentiels présentés sont issus de la démarche et des sources suivantes :

- une synthèse des données de la littérature floristique franco-suisse de référence (voir ci-dessus) ;
- une évaluation des données collectées par confrontation aux échantillons d'herbiers des collections de référence des Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève (prise de mensuration, vérification des critères qualitatifs). Lors de cette étape, les récoltes provenant des subdivisions administratives concernées par le projet (Berne, Fribourg, Valais,

Vaud, Haute-Savoie, Isère, Savoie) ont été privilégiées afin de fournir une description la plus appropriée possible ;

- une acquisition de données biométriques nouvelles relatives aux dimensions et à la disposition des bourgeons du genre *Salix* issues d'échantillons fraîchement collectés ou des herbiers personnels des auteurs ; ces données ont par la suite fait l'objet d'analyses statistiques élémentaires ;
- des observations personnelles de terrain.

### 3 Distribution et vulnérabilité

Ce chapitre se subdivise en trois points :

- la distribution mondiale ;
- la distribution au sein du territoire franco-suisse ;
- la distribution et la vulnérabilité dans les Alpes du Nord.

Le premier point est issu de différentes sources bibliographiques, notamment *Flora Alpina* (op. cit.), *Flora Europaea* (Tutin et al. 1964-1980) et *Atlas Florae Europaea* (Jalas et Suominen 1972-1999 ; Kurtto et Lampinen 2004-2010).

Les distributions nationales ont été appréciées à partir de la consultation des sites Internet du *Centre national de données et d'informations sur la flore de Suisse* (*Info Flora* – www.crsf.ch) et de la *Flore électronique française* en ligne (www.tela-botanica.org), ainsi que de quelques publications spécialisées.

La distribution au sein des Alpes du Nord a été appréciée à partir des indications figurant dans *Flora Alpina* (op. cit.), le *Catalogue départemental de la Haute-Savoie* (Charpin et Jordan 1990-1992) et la *Liste commentée des plantes vasculaires de Savoie* (Delahaye et Prunier 2006).

La vulnérabilité est issue des indications de la *Liste rouge des fougères et plantes à fleurs menacées de Suisse* (Moser et al. 2002) et du *Catalogue de la flore vasculaire de la région Rhône-Alpes* (CBNA et CBNMC 2011).

### 4 Écologie

Ce chapitre présente :

- les milieux de vie de l'espèce (habitats et exigences en termes de lumière) ;
- les exigences édaphiques (granulométrie, pH, humidité, teneur en nutriments, etc.) ;
- l'optimum phytosociologique (communauté végétale où l'espèce trouve son optimum de développement) ;
- la répartition altitudinale (étage de végétation).

Dans la mesure du possible et selon l'état des connaissances à disposition, ces exigences ont été précisées pour les différentes sous-espèces présentes dans les Alpes du Nord.

Les sources qui ont permis de synthétiser ces différents éléments sont :

- la *Base de données phytosociologiques suisse* de Robert Pantke (1997) ;
- les ouvrages tels que le *Guide des milieux naturels de Suisse* (Delarze et Gonseth 2008), *Flora Alpina* (op. cit.) ou la *Flore forestière française* (op. cit.) et diverses publications spécialisées ;
- les analyses pédologiques non publiées conduites ces dernières années par les diplômants d'hepia (Kölher 2006 ; Greulich 2008 ; Greuter 2011) ;
- les observations personnelles des auteurs.

### 5 Utilisation en génie végétal

Ce chapitre s'articule autour de six points à prendre en compte pour une utilisation de l'espèce en génie végétal :

- les aptitudes biotechniques découlant des caractéristiques morphologiques (port, type d'enracinement, rapport entre le volume de l'appareil souterrain et le volume du système aérien – noté « rapp. vol. syst. sout./aérien », souplesse des tiges, résistance mécanique) ;
- les exigences écologiques déterminant l'éventuelle possibilité d'implantation de l'espèce (limites altitudinales, position sur la berge, optimum édaphique, exigences en lumière) ;
- les caractéristiques physiologiques déterminant l'aptitude et les modalités de croissance de l'espèce (type de croissance et de développement, rapidité de colonisation, capacité à produire des racines adventives, taux de reprise au bouturage, viabilité des semences) ;
- les compositions végétales à privilégier en tenant compte des associations naturelles (autres espèces ayant des exigences écologiques et/ou des caractéristiques biotechniques similaires ou complémentaires) ;
- l'adéquation de l'espèce aux techniques existantes (lits de plants et plançons, fascines, caissons en rondins végétalisés, bouturage) ;
- la disponibilité dans le commerce (semences, plants en racines nues, plants en motte, boutures) et les possibilités de prélèvement en milieu naturel (fréquence, vulnérabilité, modes de prélèvement, protection).

Ce chapitre s'appuie sur une synthèse bibliographique de différents ouvrages de référence et autres publications spécialisées (articles scientifiques, monographies, actes de colloques) : Barker 1995, Crozat 2005, Dinger 1997, Donat 1995, Florineth 2004, Lachat 1994, Morgan et Rickson 1995, Norris et al. 2008, Rey et al. 2003, Schiechtl 1973, Schiechtl 1992, Stokes et al. 2007, Zeh 2007, etc. Il s'appuie également sur différents retours d'expériences, obtenus lors de ce projet ou dans d'autres cadres.

## 4.3. Présentation des 50 espèces

---

# *Acer pseudoplatanus* L.

## Érable sycomore

Aceracées

### Description

- L'érable sycomore est un arbre caducifolié au tronc droit, pouvant atteindre 20 à 30 m (fig. 1).
- L'écorce d'abord lisse, gris jaunâtre puis brun-rouge (fig. 2), se desquame avec le temps. Les jeunes rameaux, glabres, brun-gris, sont opposés (fig. 3).
- Les bourgeons sont ovoïdes, à écailles glabres, vert clair et bordées de brun (fig. 3), le terminal étant plus grand que les axillaires.
- Les feuilles, opposées, à nervation palmée, sont mates dessus (fig. 4) et vert blanchâtre au revers (fig. 5). Elles sont composées de 5 lobes triangulaires inégalement dentés, séparés par des échancrures profondes et étroites.
- Les fleurs, petites et verdâtres, sont rassemblées en panicule terminale pendante longue de 3 à 8 cm (fig. 6).
- Les fruits (doubles samares), en forme de U ou de V ouvert (angle presque droit entre les 2 samares), mesurent de 2 à 6 cm (fig. 7).
- La floraison a lieu d'avril à mai, après la feuillaison.



Fig. 1 - Port arborescent.



Fig. 4 - Feuille à échancrures profondes.



Fig. 2 - Écorce du tronc brun-rouge.



Fig. 3 - Bourgeons ovoïdes à écailles vert clair bordées de brun.



Fig. 5 - Feuille vert blanchâtre au revers.

- L'érable sycomore se distingue des autres érables (*A. opalus* et *A. platanoides* notamment) par ses feuilles aux échancrures aiguës et ses fleurs rassemblées en panicule (et non en corymbe).

### Distribution et vulnérabilité

L'érable sycomore est surtout présent dans les régions montagneuses d'Europe centrale et orientale. Il est commun sur l'ensemble du territoire franco-suisse à l'exception du sud et de l'ouest de la France (Bretagne, Pyrénées et Côte d'Azur notamment), où il est toutefois régulièrement planté.

Cette espèce est très fréquente sur l'ensemble des Alpes du Nord.

## Écologie

- L'érable sycomore est une espèce post-pionnière ubiquiste de demi-ombre se rencontrant dans différents types de forêts de feuillus et de conifères (forêts de ravins, aulnaies blanches, frênaies, hêtraies, pessières, sapinières, chênaies-charmaies, boisements rudéraux, etc.) et accrus forestiers (en situation pionnière). Il colonise préférentiellement les secteurs à humidité atmosphérique élevée.
- Il croît sur des sols à granulométrie variable (limons, sables, graviers, blocs), généralement assez profonds, frais et aérés, basiques à légèrement acides, riches en nutriments.
- Il présente un optimum écologique dans les forêts fraîches de ravins (*Tilio-Acerion*).
- Il se développe de l'étage collinéen à l'étage subalpin inférieur (jusqu'à 2 000 m).



Fig. 6 - Inflorescence en panicule pendante.



Fig. 7 - Samares en V ouvert.

## Utilisation en génie végétal

L'érable sycomore est largement utilisé en aménagement, notamment comme arbre d'alignement en milieu urbanisé, mais aussi pour la création de haies et la restauration des terrains de montagne. Il offre également un très bon potentiel en génie végétal, en particulier pour la stabilisation des berges des rivières de montagne.

Doté d'un système racinaire ramifié très étendu, d'un fort pouvoir de régénération (rejets de souche) et d'une croissance juvénile rapide, il est capable de se développer dans des terrains à forte pente régulièrement perturbés (fig. 8). Il supporte ainsi de nombreux chocs sans que ceux-ci n'affectent significativement sa vitalité (forte capacité de cicatrisation et de régénération par recépage). La destruction d'une partie de son système racinaire ne ralentit que faiblement sa croissance

et favorise même, à long terme, le développement de racines fines plus longues (Hippes *et al.* 1996). Résistant à l'ensevelissement, il est capable de supporter un recouvrement important de la base de son tronc par des matériaux gravo-terreux. Suite à un recouvrement prolongé, il va créer rapidement des racines adventives utiles pour fixer les couches superficielles du sol. Certains individus peuvent ainsi supporter un recouvrement de la base du tronc de près de 30 % de leur hauteur (Schiechtel 1973). Sa grande amplitude écologique, sa résistance au froid et à la sécheresse, permettent de l'utiliser dans un grand nombre de situations, y compris sur des substrats bruts drainants jusqu'à 2 000 m d'altitude (Pandera 2006). Il est aussi tolérant au sel, ce qui autorise une implantation à proximité immédiate de routes régulièrement déneigées en hiver.

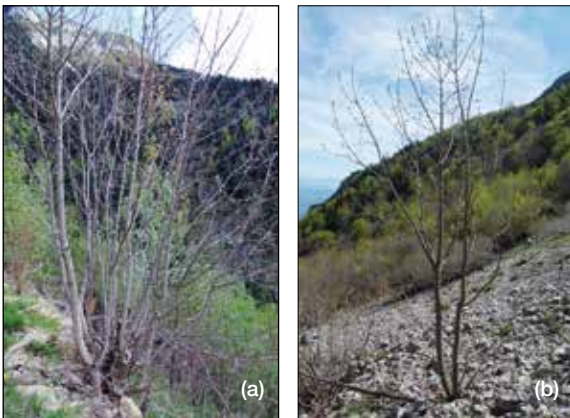


Fig. 8 - L'érable sycomore est une espèce dotée d'une forte capacité de régénération (a), capable de se développer sur des terrains à forte pente régulièrement perturbés (b).

Les essais de bouturage en laboratoire à l'aide d'hormones de croissance synthétiques ont permis d'atteindre un taux de réussite de 96 % (Schiechtel 1973). Les essais de reproduction végétative en conditions naturelles n'étant toutefois pas aussi satisfaisants, l'utilisation de plants en racines nues devra être

privilegiée. Sa capacité à produire des racines adventives permet d'intégrer cette espèce dans les lits de plants et plançons ou les caissons en rondins végétalisés. Toutefois, on limitera son utilisation ou on l'évitera sur les pentes trop inclinées, pour les effets de bras de levier qu'il est susceptible de produire à l'état adulte. Ce problème peut toutefois se résoudre par un entretien régulier (recépage). De par sa faible tolérance à l'immersion prolongée et la formation d'un tronc rigide à l'état adulte, il est déconseillé de l'utiliser en pied de berge. Il pourra notamment être associé à l'aulne blanc (*Alnus incana*), au bouleau pendant (*Betula pendula*), au frêne (*Fraxinus excelsior*), au tremble (*Populus tremula*) ou encore aux saules marsault (*Salix caprea*) et appendiculé (*S. appendiculata*).

L'érable sycomore est facilement disponible dans le commerce. Compte tenu de la présence de nombreux cultivars utilisés en ornement, une attention particulière devra être portée à l'utilisation de plants indigènes de provenance locale.

La production et la commercialisation de plants d'érable sycomore à des fins forestières sont soumises à une réglementation spécifique en France et en Suisse (chap. III.3.2.4).

# *Achnatherum calamagrostis* (L.) P. Beauv.

## Calamagrostide argentée

Poacées

### Description

- La calamagrostide argentée est une espèce vivace cespiteuse formant généralement de grosses touffes mesurant de 40 à 120 cm de haut (fig. 1).
- Les tiges, raides, sont dressées et très feuillées. Elles sont rouge violacé à la base et pourvues d'une griffe de courts rejets latéraux dressés perçant la gaine principale (fig. 2).
- Les feuilles sont longues et enroulées à l'extrémité. Elles sont larges de 2 à 6 mm et scabres sur le dessus. Les gaines, rougeâtres, sont terminées par une ligule courte et poilue (fig. 3).
- L'inflorescence est une panicule longue de 10 à 25 cm souvent inclinée au sommet, d'abord étalée (fig. 4), puis contractée à maturité (fig. 5).
- Les épillets, uniflores, sont initialement blanchâtres et argentés puis deviennent jaunâtres à maturité. La glumelle extérieure, longue de 3 à 6 mm, est couverte de longs poils blancs (fig. 6). Elle porte une longue arête, généralement coudée, mesurant 8 à 15 mm.
- La floraison a lieu de mai à août.
- Les espèces du genre *Calamagrostis* (*C. epigeios*, *C. varia*, etc.) se distinguent de la calamagrostide argentée par leurs ligules longues de plus de 3 mm et leurs glumelles glabres renfermant un faisceau de poils uniquement présent à la base de la glumelle inférieure.



Fig. 1 - Port.



Fig. 2 - Rejets latéraux dressés.



Fig. 3 - Gaine rougeâtre et ligule courte et poilue.



Fig. 4 - Panicule généralement étalée à la floraison.

### Distribution et vulnérabilité

La calamagrostide argentée est une espèce montagnarde d'Europe méridionale. Elle est assez commune dans les Alpes, le sud du Jura, les Cévennes et les Pyrénées.

Elle est relativement fréquente dans les Alpes du Nord, notamment sur les versants ensoleillés où elle peut être localement abondante.

## Écologie

- La calamagrostide argentée est une espèce pionnière de pleine lumière des talus, éboulis et rochers, terrasses alluviales, pelouses ou pinèdes sèches bien exposés. Elle est parfois présente en situation secondaire dans des gravières ou carrières abandonnées.
- Elle croît sur des substrats grossiers (gravier, cailloux, galets, blocs, rochers) secs à très secs, souvent pauvres en terre fine et en nutriments, le plus souvent calcaires ou schisteux, parfois marneux, basiques à légèrement acides.
- Elle présente un optimum écologique dans les éboulis calcaires thermophiles (*Stipion calamagrostis* - fig. 7).
- Elle se développe aux étages collinéen et montagnard (jusqu'à 1 700 m).



Fig. 5 - Panicule généralement contractée après la floraison.



Fig. 6 - Glumelle extérieure couverte de longs poils blancs.

## Utilisation en génie végétal

La calamagrostide argentée est encore assez peu utilisée en génie végétal. Seules quelques expérimentations ont été faites dans le cadre de la végétalisation de pentes soumises aux phénomènes d'érosion (restauration des terrains de montagne notamment). Elle s'avère très adaptée pour la stabilisation des berges de cours d'eau de montagne.

Son système racinaire pouvant atteindre 1 m de profondeur et son port cespiteux (vol. syst. sout./aérien  $\geq 1$ ) lui procure une excellente résistance à la traction (Schiechtl 1973). Cette espèce favorise également une stabilisation efficace des sols en profondeur comme en surface (espèce résistant bien à l'ensevelissement). La dissipation de l'énergie du courant lors des crues et le piégeage des sédiments fins, induit par son port en touffe, facilitent ainsi l'installation d'autres espèces. Dotée d'une forte tolérance à la sécheresse, cette espèce pionnière peut être utilisée sur des substrats bruts très drainants. Le diamètre des particules influence d'ailleurs positivement la production de racines (plus le substrat est grossier, plus la biomasse racinaire est importante). Si l'ensoleillement est adapté, elle peut être implantée jusqu'à 1 700 m dans les Alpes du Nord (éviter une utilisation en vallées encaissées au-dessus de 1 200 m).



Fig. 7 - Situation typique sur éboulis calcaires thermophiles (recolonisation de carrière).

Malgré une dormance importante durant les premiers mois, les graines présentent un taux de germination élevé à plus long terme, notamment celles conservées au sec plus de deux ans (75 % à 20 °C après 10 jours). Des essais de végétalisation par semis ont montré de bons résultats sur versant Nord (constatés 5 ans après ensemencement). Les tests effectués sur substrat grossier en exposition Sud se sont révélés toutefois moins prometteurs (Crosaz 2005). Lorsque l'espèce est localement abondante, il est aussi possible de récolter des inflorescences pour les disposer directement sur le sol en les recouvrant d'un géotextile. Cette méthode, ayant fait l'objet de quelques expérimentations, offre l'avantage de supprimer les opérations de tri des semences comme l'emploi de produits collants. Le tapis de paille créé constitue par ailleurs une couche de matière organique recouvrant le substrat. Les graines ainsi positionnées présentent toutefois un faible taux de germination (moins de 10 % après 10 jours - Crosaz 2005).

Il est enfin envisageable de transplanter des individus depuis des populations naturelles, garantissant la provenance locale et une meilleure reprise. Les touffes peuvent en effet être facilement divisées au printemps ou à l'automne et intégrées dans des fascines, voire directement sur les talus. Son association avec le brachypode des rochers (*Brachypodium rupestre*), la fétuque courbée (*Festuca laevigata*), l'anhyllide vulnérable (*Anhyllis vulneraria*), le liondent hispide (*Leontodon hispidus*) ou encore l'épilobe à feuilles de romarin (*Epilobium dodonaei*) est particulièrement pertinente.

La calamagrostide argentée est disponible dans certaines pépinières spécialisées. Compte tenu de la présence de plusieurs cultivars, une attention particulière devra être portée sur le choix de plants indigènes.

# *Agrostis capillaris* L.

## Agrostide capillaire

Poacées

### Description

- L'agrostide capillaire est une espèce vivace rhizomateuse très polymorphe haute de 20 à 70 cm formant généralement de vastes colonies (fig. 1).
- Les tiges, genouillées-ascendantes (fig. 2), ne produisent pas de stolons (fig. 3).
- Les feuilles, d'un vert franc, planes et glabres, sont larges de 2 à 5 mm. Les gaines, lisses, sont terminées par une ligule courte et tronquée (fig. 4) mesurant moins de 2 mm de long.
- L'inflorescence est une panicule lâche mesurant 4 à 16 cm de long, étalée même après la floraison (fig. 5).
- Les épillets, violacés, uniflores, sont portés par des rameaux fins et lisses, longs de 1,5 à 2,5 mm (fig. 6). Les glumelles, parfois aristées, sont dépourvues de poils à la base.
- La floraison a lieu de juin à août.



Fig. 3 - Souche rhizomateuse.



Fig. 4 - Gaine lisse terminée par une ligule courte et tronquée.



Fig. 5 - Inflorescence en panicule lâche.



Fig. 1 - Espèce sociale formant de vastes colonies.



Fig. 2 - Tiges genouillées ascendantes.

- Deux sous-espèces sont actuellement décrites :
  - subsp. **capillaris** (voir description ci-dessus) ;
  - subsp. **castellana** au port en touffes (absence ou présence de très courts rhizomes) et à la panicule contractée après la floraison.
- L'agrostide stolonifère se différencie de l'agrostide capillaire s. str. par la présence de stolons, par ses ligules dépassant 2 mm et par son inflorescence contractée après la floraison.
- L'agrostide de Schrader se différencie de l'agrostide capillaire s. str. par ses ligules dépassant 2 mm, son inflorescence plus ou moins contractée et par la présence d'un faisceau de poils à la base des glumelles.

### Distribution et vulnérabilité

L'agrostide capillaire est une espèce eurasiatique très commune sur l'ensemble du territoire franco-suisse à l'exception de la région méditerranéenne.

La sous-espèce type est très commune dans toutes les Alpes du Nord. La sous-espèce *castellana*, de distribution sud-européenne, est absente des Alpes du Nord.



## Écologie

- L'agrostide capillaire est une espèce de pleine lumière des pelouses, prairies, landes, coupes et lisières forestières, parfois des boisements clairs (chênaies, pinèdes, pessières, etc.).
- Elle croît sur des matériaux siliceux ou décalcifiés de taille variée (argiles, limons, sables, graviers) pauvres en bases et en éléments nutritifs, secs à frais.
- Elle présente un optimum écologique au sein des pelouses d'altitudes acidophiles (*Caricetea curvulae* – fig. 7) et des prairies et pâturages mésotrophes d'altitude (*Poion alpinae* et *Polygono-Trisetion pro parte*).
- Elle se développe de l'étage collinéen à l'étage alpin (jusqu'à 3 000 m) avec un optimum aux étages montagnard et subalpin.



Fig. 6 - Vue de détail des épillets.

## Utilisation en génie végétal

L'agrostide capillaire est régulièrement intégrée dans de nombreux mélanges grainiers pour l'ensemencement des aires de jeu, parcs et jardins, talus routiers, berges de cours d'eau, etc.

Dotée d'une capacité de dissémination importante et d'un fort pouvoir de multiplication végétative, cette espèce est capable de créer rapidement un couvert végétal dense et régulier. Elle est aussi utile pour fixer efficacement les couches superficielles du sol après aménagement, notamment contre les effets du ruissellement.

Capable de se développer sur des sols secs et pauvres en nutriments, elle peut être utilisée sur des substrats bruts, pauvres en matière organique et drainants, jusqu'à 3 000 m d'altitude.

Son appareil souterrain plutôt superficiel et son port en touffes assez lâches permettent d'apporter une bonne complémentarité avec la plupart des graminées, notamment la fétuque noirâtre (*Festuca nigrescens*), la fétuque courbée (*Festuca laevigata*), le brachypode des rochers (*Brachypodium rupestre*) ou la canche flexueuse (*Deschampsia flexuosa*). Elle pourra également être associée à des dicotylédones comme l'anhyllide vulnérable (*Anhyllis vulneraria*), le trèfle des montagnes (*Trifolium montanum*), le trèfle brun (*Trifolium badium*) ou encore le liondent hispide (*Leontodon hispidus*). Elle a toutefois tendance à devenir monopolisatrice et faire concurrence aux autres espèces (Krautzer *et al.* 2005). Elle devra ainsi être intégrée avec un faible pourcentage dans les mélanges grainiers (moins de 5 % en poids).



Fig. 7 - Situation typique dans une pelouse d'altitude avec *Nardus stricta*.

L'agrostide capillaire est disponible dans le commerce et est intégrée par défaut dans de nombreux mélanges grainiers. Relativement fréquente et localement très abondante de l'étage collinéen à l'étage subalpin sur terrain acide, elle peut également être multipliée et transplantée à partir de ses rhizomes, garantissant ainsi l'utilisation de souches locales et favorisant sa rapidité d'établissement.

La production en vue de la commercialisation de semences d'agrostide capillaire est soumise à une réglementation spécifique en France (chap. III.3.2.4).

# *Agrostis schraderiana* Bech.

## Agrostide de Schrader

Poacées

### Description

- L'agrostide de Schrader est une espèce vivace rhizomateuse mesurant 20 à 60 cm (fig. 1) et formant souvent des tapis denses.
- Les tiges, grêles et genouillées-ascendantes, sont pourvues de rhizomes souterrains (fig. 2).
- Les feuilles, planes et souples, sont larges de 2 à 6 mm. Celles-ci sont vert franc à glauques, sillonnées et scabres sur les bords. La ligule, généralement laciniée, est longue de 2 à 4 mm (fig. 3).
- L'inflorescence est une panicule étroite, plus ou moins contractée, longue de 5 à 17 cm (fig. 4).
- Les épillets, blanchâtres à violacés, sont uniflores. Ils sont portés par des rameaux grêles, souvent flexueux et dépourvus d'arête (fig. 5). Contrairement aux autres espèces du genre *Agrostis*, la base de la glumelle est entourée d'un faisceau de poils pouvant atteindre la moitié de la longueur de celle-ci (fig. 6).



Fig. 3 - Feuille plane sillonnée et ligule longue et laciniée.



Fig. 4 - Inflorescence en panicule étroite.



Fig. 5 - Épillets uniflores, violacés et dépourvus d'arête.



Fig. 1 - Port étalé.



Fig. 2 - Souche rhizomateuse.

- La floraison a lieu de juillet à août.
- L'agrostide stolonifère se différencie de l'agrostide de Schrader par la présence de stolons aériens, une inflorescence blanchâtre et l'absence d'un faisceau de poils à la base des glumelles.
- L'agrostide capillaire se différencie de l'agrostide de Schrader par ses ligules mesurant moins de 2 mm, son inflorescence étalée (pour la sous-espèce type) et par l'absence de poils à la base des glumelles.

### Distribution et vulnérabilité

L'agrostide de Schrader est une espèce montagnarde du Sud-Ouest de l'Europe. Elle est exclusivement présente dans les Pyrénées, les Alpes et les Apennins. Elle est protégée en région Franche-Comté.

Dans les Alpes du Nord, elle est assez commune dans la zone intra-alpine, mais est plus rare dans les Préalpes.

## Écologie

- L'agrostide de Schrader est une espèce de pleine lumière ou de demi-ombre se développant au sein des pentes et ravins ombragés, dans les brousses et landes subalpines fraîches (aulnaies vertes – fig. 7, landes à rhododendron), les pelouses maigres et les mégaphorbiaies d'altitude (fig. 8).
- Elle croît sur divers types de matériaux : sables, graviers, cailloux, blocs, schisteux ou granitiques, acides, pauvres en bases, humides à légèrement secs et plus ou moins riches en nutriments.
- Elle présente un optimum écologique dans les mégaphorbiaies supraforestières colluviales à graminées (*Agrostion schraderianae* – fig. 8).
- Elle se développe aux étages subalpin et alpin.



Fig. 6 - Base de la glumelle entourée d'un faisceau de poils atteignant la moitié de la longueur de celle-ci.

## Utilisation en génie végétal

L'agrostide de Schrader est encore relativement peu utilisée dans les aménagements, hormis pour la restauration des pistes de ski. Néanmoins, en raison de son caractère pionnier et de son rôle structurant dans certaines pelouses et mégaphorbiaies d'altitude, elle s'avère très adaptée pour le génie végétal.

Dotée d'une forte aptitude à la multiplication végétative, elle couvre rapidement le substrat après travaux, garantissant ainsi la protection des couches superficielles du sol. Capable de former des tapis denses en développant aussi bien des racines en surface (rhizomes) qu'en profondeur, elle offre également une forte résistance à la traction. En conditions naturelles, elle se retrouve d'ailleurs souvent sur des pentes très raides soumises à des perturbations régulières : couloirs d'avalanche (fig. 7), zones de glissement de terrain et d'accumulation de débris rocheux, etc.

Dotée d'une plasticité écologique élevée pour ce qui est de l'hygrométrie du sol et des conditions d'ensoleillement, elle est capable de se maintenir sur tout le profil de la berge et sur divers types de matériaux (terre végétale, substrat grossier, etc.), en conditions d'ensoleillement importantes comme en fond de vallon. Elle devra cependant être utilisée de l'étage montagnard supérieur à l'étage alpin, exclusivement sur des substrats acides surtout présents dans les Alpes internes. Elle pourra notamment être associée à l'agrostide capillaire (*Agrostis capillaris*), à la fétuque noirâtre (*Festuca nigrescens*), à la flouve des Alpes (*Anthoxanthum alpinum*), au nard raide (*Nardus stricta*), à la laiche toujours verte (*Carex sempervirens*) ou encore à l'impérateur (*Peucedanum ostruthium*).

L'agrostide de Schrader n'est cependant pas disponible dans le commerce. Étant localement abondante à l'étage subalpin, elle peut être multipliée et transplantée à partir de ses rhizomes, garantissant ainsi l'utilisation de souches locales et favorisant sa rapidité d'établissement. Des essais de plantation réalisés à partir de cette technique sur de petites zones érodées en montagne dans le Sud Tyrol, sous couvert d'une végétation pionnière préétablie, ont d'ailleurs fourni d'excellents résultats (Florineth in Barker et al. 1995).



Fig. 7 - Situation typique en association avec les brousses subalpines fraîches à aulne vert.



Fig. 8 - Mégaphorbiaie subalpine à graminées (*Agrostion schraderianae*).

# *Alnus incana* L.

## Aulne blanc

Bétulacées

### Description

- L'aulne blanc est un arbre caducifolié pouvant atteindre 20 m de haut (fig. 1).
- L'écorce, lisse, d'abord gris clair (fig. 2) devient gris noirâtre avec l'âge. Les jeunes rameaux, grisâtres et pubescents, sont légèrement anguleux.
- Les bourgeons sont arrondis, pubescents et faiblement pédonculés (pédoncule long de 1 à 4 mm), brunâtres à violacés (fig. 3).
- Les feuilles, pétiolées et alternes, sont ovales, généralement aiguës à acuminées, doublement dentées. Celles-ci sont vert foncé dessus (fig. 4) et grises à blanchâtres au revers (fig. 5). Elles présentent 9 à 15 paires de nervures latérales saillantes.
- Les chatons mâles, longs de 6 à 8 cm, pendent à l'extrémité des rameaux. Les chatons femelles sont portés par un pédoncule arqué et sont réunis par 2 à 6 sur les rameaux de la même année (fig. 6).
- Les cônes (strobiles), mesurant de 1 à 1,5 cm de long, sont ovoïdes et sessiles (fig. 7).
- La floraison a lieu de fin février à avril.



Fig. 1 - Port.



Fig. 4 - Feuille à face supérieure vert foncé.



Fig. 2 - Écorce lisse, gris clair à l'état jeune.



Fig. 3 - Bourgeon pubescent et faiblement pédonculé.



Fig. 5 - Feuille blanchâtre au revers.

- L'aulne blanc se distingue des autres aulnes (*A. viridis* et *A. glutinosa*) par ses rameaux et bourgeons pubescents (loupe parfois nécessaire) et par ses feuilles blanchâtres au revers présentant plus de 9 paires de nervures latérales.

### Distribution et vulnérabilité

L'aulne blanc est une espèce médio-européenne périlpine. Elle est présente sur l'ensemble du territoire suisse. En France, elle s'observe dans les massifs montagneux de l'Est du pays, ainsi que dans la vallée du Rhin.

Elle est fréquente dans les Alpes du Nord.

## Écologie

- L'aulne blanc est une espèce de pleine lumière se rencontrant généralement le long des torrents et rivières (aulnaies blanches, frênaies, saulaies alluviales, etc.). Supportant mal la concurrence des autres ligneux, il ne s'observe qu'occasionnellement dans les hêtraies et les pessières où il est cantonné aux accrues forestiers.
- Il croît préférentiellement sur sols riches en bases et en azote, à forte réserve en eau. Il peut néanmoins être présent sur des terrains secs et acides. L'optimum de croissance de l'aulne blanc s'observe sur les substrats alluvionnaires grossiers, sableux à caillouteux où il s'installe en pionnier (fig. 8).
- Il présente un optimum écologique dans les aulnaies blanches (*Alnion incanae*).
- Il se développe de l'étage collinéen à l'étage subalpin inférieur (de 100 à 2 000 m).



Fig. 6 - Chatons mâles pendants à l'extrémité des rameaux.



Fig. 7 - Chatons femelles et strobiles de l'année précédente.

## Utilisation en génie végétal

L'aulne blanc est largement utilisé en génie végétal, notamment pour la fixation des berges graveleuses et des sols soumis aux risques de glissement de terrain (réaménagement paysager de terrils ou de carrières).

Son système racinaire très étendu (racines obliques et horizontales se développant dans les horizons superficiels du sol – Kutschera et Lichtenegger 2002), sa capacité à drageonner, à rejeter de souche et à produire des racines adventives en font un élément essentiel pour la stabilisation des couches superficielles du sol, notamment sur les terrains à forte pente. Sa rapidité de croissance et d'établissement lui permet de se développer rapidement après plantation, assurant ainsi une protection immédiate des berges.



Fig. 8 - Situation en terrasse alluviale sur substrat grossier.

Tout comme les fabacées, les aulnes ont la capacité de fixer l'azote atmosphérique (nodosités à actinomycètes symbiotiques) permettant d'enrichir rapidement le sol et favorisant ainsi la croissance des autres plantes.

Doté de fortes résistances au froid et à la sécheresse, il peut être implanté sur des substrats bruts drainants jusqu'à 2 000 m d'altitude. Sa tolérance aux substrats grossiers (fig. 8) en fait un auxiliaire adapté pour l'aménagement des berges de cours d'eau de montagne.

Son port arboré pouvant atteindre 20 m de hauteur rend toutefois délicate toute utilisation en pied de berge (possibilité d'induire des turbulences lors de crues ou de créer un effet bras de levier sur des pentes abruptes) ou, du moins, nécessite de l'associer avec des espèces arbustives plus fortement ancrées comme le saule drapé (*Salix elaeagnos*), le saule pourpre (*S. purpurea*), le noisetier (*Corylus avellana*) ou l'aulne vert (*Alnus viridis*).

L'aulne blanc présentant un faible taux de reprise au bouturage de branches (en moyenne inférieur à 30 % – Schiechl 1973), l'utilisation de boutures, de plançons ou de couches de branches dans les aménagements devra être proscrite, d'autant plus que la production de racines après bouturage est faible (Francis *et al.* 2005). Il présente

néanmoins un taux de reprise élevé en bouturage de racines. Cette technique étant toutefois peu applicable en génie végétal (à développer éventuellement à titre expérimental ou dans le domaine de la restauration de milieux), les plants à racines nues devront être privilégiés (facilement disponibles dans de nombreuses pépinières). Sa capacité à produire des racines adventives permet de l'intégrer sous cette forme dans les lits de plants et plançons ou les caissons en rondins végétalisés. Il peut être associé notamment à l'érable sycomore (*Acer pseudoplatanus*), au bouleau pendant (*Betula pendula*), au frêne commun (*Fraxinus excelsior*), au merisier à grappes (*Prunus padus*) et à certaines espèces de saules comme les saules noirissant (*Salix myrsinifolia*), pourpre (*S. purpurea*) ou drapé (*S. elaeagnos*) avec lesquels il se retrouve fréquemment en milieu naturel.

La production et la commercialisation de plants d'aulne blanc à des fins forestières sont soumises à une réglementation spécifique en Europe et en France (chap. III.3.2.4).

# *Alnus viridis* (Chaix) DC.

## Aulne vert

Bétulacées

### Description

- L'aulne vert est un arbrisseau caducifolié haut de 1 à 4 mètres, comportant de nombreuses tiges arquées fréquemment couchées par la neige (fig. 1).
- Les jeunes rameaux, rougeâtres à violacés, sont anguleux (fig. 2) et sillonnés. Les rameaux âgés sont gris brunâtre et arrondis.
- Les bourgeons sont ovoïdes, pointus, bruns à rougeâtres, sessiles à faiblement pédonculés (pédoncule de moins de 1 mm), glabres et parfois visqueux (fig. 3).
- Les feuilles sont vertes, non brillantes, ovales à elliptiques et denticulées (fig. 4). Elles présentent 5 à 8 paires de nervures latérales pubescentes au revers (fig. 5).
- Les chatons mâles, longs de 2 à 6 cm, sont sessiles et pendent à l'extrémité des rameaux à maturité (fig. 6). Les chatons femelles, nettement pédonculés, sont solitaires ou réunis par 2 à 4 en grappes dressées sur les rameaux de l'année.
- Les cônes (strobiles), globuleux, initialement dressés puis pendants, mesurent de 7 à 15 mm (fig. 7).



Fig. 1- Port dense présentant des tiges arquées.



Fig. 2 - Rameau de l'année, anguleux, et bourgeon pointu et sessile.



Fig. 3 - Bourgeon terminal et chaton mâle en formation.



Fig. 4 - Feuille ovale à elliptique, denticulée.



Fig. 5 - Feuille à nervures pubescentes au revers.

- La floraison a lieu d'avril à juin, les fleurs mâles apparaissant dès l'automne (fig. 3).
- Trois sous-espèces sont actuellement décrites :
  - subsp. **viridis** ;
  - subsp. **brembana** ;
  - subsp. **suaveolens**.
- L'aulne vert se distingue des autres aulnes (*A. glutinosa* et *A. incana*) par son port en boule ne dépassant pas 4 m de haut, ses bourgeons glabres et pointus presque sessiles, ses feuilles vertes sur les 2 faces et ses chatons mâles visibles dès l'automne.

### Distribution et vulnérabilité

L'aulne vert est une espèce relativement commune dans les zones périalpines franco-suisse. Elle est rare dans les Alpes du Sud et le Jura.

La sous-espèce *viridis* est commune à l'étage subalpin des Alpes du Nord. Les sous-espèces *brembana* (des Alpes orientales) et *suaveolens* (de Corse) sont absentes des Alpes du Nord.

## Écologie

- L'aulne vert est une espèce pionnière de pleine lumière formant des colonies denses et souvent monospécifiques sur les versants ombragés, en association avec les mégaphorbiaies et les landes. Il s'observe également au bord des torrents de montagne (fig. 8), au sein des ravins et couloirs d'avalanche (fig. 1) et, plus ponctuellement, dans les pessières et mélézins frais, ainsi que dans les saulaies buissonnantes subalpines.
- Il croît préférentiellement sur des substrats limono-argileux, mais peut également se rencontrer sur matériaux plus grossiers, frais à humides tout au long de l'année, neutres à légèrement acides, riches en bases et en nutriments.
- Il présente un optimum écologique au sein des brousses subalpines fraîches (aulnaies vertes – *Alnion viridis*).
- Il se développe aux étages montagnard et subalpin (de 1 400 à 2 300 m), mais peut descendre jusqu'à 800 m, notamment par avalaison.



Fig. 6 - Chatons mâles sessiles.



Fig. 7 - Cônes (strobiles).

## Utilisation en génie végétal

L'aulne vert est assez régulièrement utilisé pour la fixation des terrains de montagne, notamment pour fixer les éboulis instables et assurer une protection contre les avalanches.

Doté d'un fort pouvoir de régénération (rejets de souche) et d'une croissance juvénile rapide (notamment en largeur), l'aulne vert est un « bon » colonisateur s'établissant rapidement à la suite de perturbations (avalanches, crues, etc.). Il protège ainsi rapidement le sol après plantation et assure une protection efficace des ouvrages contre les crues.



Fig. 8 - Situation en pied de berge.

L'aulne vert peut être largement exploité en génie végétal, notamment grâce à son port très fourni et son bon maintien en terrain incliné, utile pour fixer les éboulis et les talus instables soumis aux coulées de neige (Wiedmer et Senn-Irlet 2006). Ses tiges souples, son port non arborescent et son système racinaire se développant aussi bien en surface qu'en profondeur (rapp. vol. syst. sout./aérien = 1,6 – Schiechl 1973) permettent de l'utiliser en pied de berge. Ces caractéristiques lui procurent une résistance importante à la traction et permettent de dissiper l'énergie du courant en cas de crue.

Il favorise également l'établissement d'autres espèces en agissant sur les propriétés chimiques du substrat par fixation de l'azote atmosphérique (nodosités à actinomycètes symbiotiques) permettant un enrichissement du sol.

Sa résistance au froid et au gel autorise une utilisation dans les versants ombragés à des altitudes dépassant 2 000 m. Inversement, il ne peut guère être intégré dans les aménagements réalisés à moins de 1 400 m dans des conditions d'ensoleillement important.

Tout comme l'aulne blanc, cette espèce se prête mal au bouturage (taux de reprise inférieur à 10 %). L'aulne vert étant assez facilement disponible dans le commerce (provenances alpines certifiées), l'utilisation de plants en racines nues doit donc être privilégiée. Sa capacité à produire des racines adventives permet de l'intégrer sous cette forme dans les lits de plants et plançons ou les caissons en rondins végétalisés, du pied jusqu'au sommet de berge. Il peut notamment être associé au merisier à grappes (*Prunus padus*), au saule appendiculé (*Salix appendiculata*), au rosier des Alpes (*Rosa pendulina*), au bouleau pendant (*Betula pendula*) ou encore au sorbier des oiseleurs (*Sorbus aucuparia*).

La production et la commercialisation de plants d'aulne vert à des fins forestières sont soumises à une réglementation spécifique en Suisse (chap. III.3.2.4). Cette espèce bénéficie également d'un statut de protection partielle dans certains cantons suisses et d'une protection totale dans certaines régions françaises (Franche-Comté).

# *Anthyllis vulneraria* L.

## Anthyllide vulnéraire

Fabacées

### Description

- L'anthyllide vulnéraire est une espèce herbacée vivace mesurant 5 à 50 cm de haut et formant des touffes compactes (fig. 1).
- Les tiges, entièrement herbacées, sont glabrescentes (poils épars) à nettement velues (fig. 2), ascendantes à dressées.
- Les feuilles, imparipennées (parfois unifoliées – fig. 3), sont composées de 3 à 11 folioles, la terminale étant généralement plus grande que les latérales, notamment sur les feuilles inférieures.
- Les fleurs, jaunes à blanchâtres, parfois rougeâtres, sont rassemblées en glomérules denses portées par un long pédoncule et entourées de bractées foliacées palmées. Le calice, renflé, est plus ou moins velu selon les sous-espèces (fig. 4 à 6).
- Les gousses, glabres, ovales, sont renfermées dans le calice.
- La floraison a lieu de mai à septembre.



Fig. 1 - Port en touffes compactes.



Fig. 2 - Tiges plus ou moins velues (subsp. *polyphylla*).



Fig. 3 - Feuilles souvent unifoliées (subsp. *alpestris*).



Fig. 4 - Inflorescence (subsp. *alpestris*).



Fig. 5 - Inflorescence (subsp. *carpatica*).

- L'anthyllide vulnéraire est une espèce extrêmement polymorphe. Elle possède de nombreuses sous-espèces (et variétés), dont sept sont présentes dans les Alpes du Nord :

- subsp. *alpestris* (fig. 3 et 4) ;
- subsp. *carpatica* (fig. 5) ;
- subsp. *guyoti* ;
- subsp. *polyphylla* (fig. 2) ;
- subsp. *valesiaca* (fig. 6) ;
- subsp. *vulneraria* ;
- subsp. *vulnerarioides*.

### Distribution et vulnérabilité

L'anthyllide vulnéraire est une espèce subatlantique et sub-méditerranéenne très commune en France et en Suisse.

Parmi les 7 taxons représentés dans les Alpes du Nord, les sous-espèces *alpestris*, *carpatica* et *valesiaca* sont les plus fréquentes.

Les sous-espèces *guyoti*, *vulnerarioides* et *polyphylla* sont plus rares à l'état spontané ; cette dernière étant régulièrement présente dans les mélanges grainiers, comme la sous-espèce type, qui n'est pas indigène.



## Écologie

- L'anthyllide vulnérable est une espèce héliophile se développant au sein des prairies maigres, pelouses d'altitude et forêts claires thermophiles.
- Elle croît sur divers types de substrats, des matériaux argileux jusqu'aux blocs, pour peu qu'ils soient suffisamment secs, neutres à basiques.
- Les sous-espèces *alpestris* et *valesiaca* présentent leur optimum écologique au sein des pelouses subalpines et alpines calcicoles (*Elyno-Seslerietea* – fig. 7).
- La sous-espèce *carpatica* présente un optimum dans les prairies maigres mésophiles (*Mesobromion*) aux étages collinéen et montagnard.
- Les sous-espèces *guyoti* et *polyphylla* présentent leur optimum dans les pelouses steppiques (*Stipo-Poion carniolicae*) de l'étage collinéen à l'étage subalpin.
- La sous-espèce *vulnerarioides* présente un optimum au sein des crêtes ventées calcicoles (*Oxytropo-Elynon*) aux étages subalpin et alpin.



Fig. 6 - Inflorescence (subsp. *valesiaca*).

## Utilisation en génie végétal

L'anthyllide vulnérable est exploitée de longue date pour la production de fourrage et pour l'ensemencement des talus routiers, berges de cours d'eau, prairies ornementales et pistes de ski.

Son caractère pionnier permet de l'utiliser sur des substrats bruts pauvres en matière organique. À l'état naturel, elle forme d'ailleurs de vastes colonies sur les bancs de sédiments nus des zones alluviales ou des secteurs rocaillieux stabilisés en zone supraforestière (fig. 7). Suite à des mouvements de terrain, elle figure parmi les premières espèces colonisatrices. Comme toutes les légumineuses, sa capacité à fixer l'azote atmosphérique permet d'enrichir rapidement le sol, favorisant ainsi la croissance des autres plantes.

Grâce à sa croissance rapide, son système racinaire pivotant profondément ancré et ramifié et son port fourni, elle assure la stabilisation rapide des couches superficielles du sol tout en améliorant les qualités paysagère et écologique des sites. Présentant une forte capacité de dissémination en situation pionnière, elle s'installe rapidement dans les vides créés par d'éventuelles lacunes de l'ensemencement (Krautzer *et al.* 2004). Sa large amplitude altitudinale, sa tolérance au froid et à la sécheresse sont des arguments de choix pour une utilisation en rivièrre de montagne, notamment les sous-espèces *alpestris* et *valesiaca*.

Supportant mal la concurrence des autres espèces herbacées (notamment celle des fléoles), le recouvrement de cette espèce a tendance à diminuer lorsque le couvert végétal augmente. Néanmoins, au vu de son fort potentiel de colonisation, elle constitue un auxiliaire fondamental pour des aménagements sur substrat brut, sans apport complémentaire de terre végétale, et à plus forte raison dans la phase initiale d'évolution de l'aménagement. Elle pourra être associée notamment au lotier des Alpes (*Lotus alpinus*), au trèfle des montagnes (*Trifolium montanum*), à la séslerie bleuâtre (*Sesleria caerulea*), à la fétuque courbée (*Festuca laevigata*), assurant ainsi une complémentarité à la couverture du sol et à l'enracinement (Crosaz et Dinger 1999). Les sous-espèces *alpestris*, *carpatica*, *polyphylla* et *valesiaca* sont disponibles dans le commerce.

La production en vue de la commercialisation de semences d'anthyllide vulnérable est soumise à une réglementation spécifique en France (chap. III.3.2.4).



Fig. 7 - Situation typique en pelouse calcicole subalpine.

# *Avenula pubescens* (Huds.) Dumort.

## Avoine pubescente

Poacées

### Description

- L'avoine pubescente est une espèce cespiteuse haute de 30 à 100 cm (fig. 1).
- Les feuilles, larges de 2 à 5 mm, sont pourvues de 2 nervures médianes bien visibles (« trace de skis ») et sont terminées en pointe carénée. Elles sont souples, de couleur vert franc et couvertes de poils étalés (fig. 2). Les supérieures sont courtes (moins de 5 cm de long) et dressées. Les ligules des feuilles supérieures, longues de 4 à 8 mm, sont pointues (fig. 3). Les gaines, au moins les inférieures, sont généralement hirsutes. Elles peuvent parfois être glabrescentes, notamment pour la sous-espèce *laevigata*.
- L'inflorescence est une panicule mesurant de 7 à 16 cm, à rameaux étalés-dressés (fig. 4), généralement contractée et retombante après floraison (fig. 5).
- Les épillets, mesurant de 8 à 18 mm sans les arêtes, sont luisants à reflets argentés (fig. 6). Ils sont composés de 2 à 4 fleurs portées par un pédicelle muni de longs poils blanchâtres (fig. 7). Les glumelles extérieures, longues de 8 à 14 mm, portent une arête genouillée dépassant nettement l'épillet.
- La floraison a lieu de mai à juillet.
- Deux sous-espèces sont actuellement décrites :
  - subsp. ***pubescens***, dont les rameaux inférieurs de l'inflorescence sont rassemblés par 3 à 5 et dont les épillets, composés de 2 à 3 fleurs, mesurent généralement moins de 12 mm ;
  - subsp. ***laevigata***, dont les rameaux inférieurs de l'inflorescence sont rassemblés par 1 ou 2 et dont les épillets, mesurant généralement plus de 12 mm, sont composés de 3 à 4 fleurs.



Fig. 4 - Inflorescence en panicule à rameaux étalés à la floraison.



Fig. 5 - Panicule contractée après floraison.



Fig. 1 - Port cespiteux.



Fig. 2 - Feuille présentant des « traces de ski » et des poils étalés.



Fig. 3 - Ligule longue et pointue.

- L'avoine des prés (*A. pratensis*) et l'avoine bigarrée (*A. versicolor*) se distinguent de l'avoine pubescente par leurs feuilles totalement glabres et leurs ligules plus courtes (les supérieures mesurant moins de 5 mm).
- L'avoine pubescente peut également être confondue avec le fromental (*Arrhenatherum elatius*), qui s'en distingue par ses feuilles dépourvues de « trace de skis », ses gaines glabres et ses épillets munis d'une seule longue arête.

### Distribution et vulnérabilité

L'avoine pubescente est une espèce eurasiatique largement répandue en France et en Suisse. Elle est commune dans les Alpes du Nord.

La sous-espèce *laevigata*, plus rare, semble être uniquement présente dans les secteurs subalpains des Alpes et des Carpates.

## Écologie

- L'avoine pubescente est une espèce de pleine lumière des prairies mésophiles et des pelouses subalpines.
- Elle croît sur les sols frais à secs, plus ou moins riches en nutriments, basiques à légèrement acides.
- Elle présente un optimum au sein des prairies de fauche de basse altitude et de montagne (*Arrhenatherion*, *Polygono-Trisetion* – fig. 8), et des prairies mi-sèches médio-européennes (*Mesobromion*).
- Elle se développe de l'étage collinéen à l'étage subalpin. La sous-espèce *laevigata* semble se développer préférentiellement à l'étage subalpin tandis que la sous-espèce *pubescens* croît ordinairement dans les prairies collinéennes et montagnardes.



Fig. 6 - Glumelles extérieures portant une arête genouillée dépassant nettement l'épillet.



Fig. 7 - Fleur portée par un pédicelle muni de longs poils blanchâtres.

## Utilisation en génie végétal

L'avoine pubescente est largement utilisée pour la production de fourrage, ainsi que pour l'ensemencement des talus routiers, berges de cours d'eau et prairies ornementales.

De par sa bonne capacité de dissémination (reproduction végétative et grenaison importante), sa rapidité de croissance et sa large amplitude altitudinale, c'est une graminée adaptée pour l'ensemencement des berges et des talus en montagne.

Son port cespiteux relativement lâche et son système racinaire fasciculé lui permettent de stabiliser efficacement les couches supérieures du sol et assurent une bonne complémentarité avec les légumineuses à racines pivotantes et port dense comme l'anhyllide vulnérable (*Anhyllis vulneraria*), le lotier corniculé (*Lotus corniculatus*) ou le sainfoin des montagnes (*Onobrychis montana*).



Fig. 8 - Situation typique dans une pelouse montagnarde (subsp. *laevigata*).

Sa plasticité écologique autorise une utilisation sur divers types de sols pour peu qu'ils soient composés d'un minimum de terre végétale et pas trop acides (éviter les sols graveleux ou tourbeux), de l'étage collinéen à l'étage subalpin. L'avoine pubescente constitue donc une graminée de base pour de nombreux types de mélanges grainiers. Elle présente toutefois un taux de germination inconstant en conditions naturelles et devra être associée à d'autres espèces prairiales à fort pouvoir colonisateur comme l'agrostide capillaire (*Agrostis capillaris*), le brachypode des rochers (*Brachypodium rupestre*), le brome érigé (*Bromus erectus*), la fétuque noirâtre (*Festuca nigrescens*) ou l'avoine dorée (*Trisetum flavescens*).

L'avoine pubescente est facilement disponible dans le commerce sous forme de graines ou de plants en pots. La sous-espèce *laevigata* semble, par contre, ne pas encore être cultivée en pépinière.

# *Berberis vulgaris* L.

## Épine-vinette

Berbéridacées

### Description

- L'épine-vinette est un arbrisseau caducifolié formant des cépées denses mesurant de 1 à 3 m de haut (fig. 1).
- Ses tiges, fines et nombreuses, sont d'abord dressées puis arquées et pourvues d'épines trifides (stipules épineuses – fig. 2). Les jeunes rameaux, cannelés, portent souvent des épines simples (fig. 3). L'écorce, de couleur gris-beige, est jaune au revers.
- Les bourgeons, de couleur brun clair, sont constitués d'écailles coriaces et mucronées (fig. 3).
- Les feuilles, alternes, obovales à lancéolées et finement denticulées, sont atténuées à la base et portées par un court pétiole. Elles sont glabres, vert clair dessus (fig. 4) et glauques dessous.
- Les fleurs, jaune clair, sont rassemblées en grappes latérales pendantes (fig. 5).
- Les fruits sont des baies allongées, rouges à maturité, longues de 8 à 10 mm et larges de 3 à 5 mm (fig. 6). Elles persistent sur les rameaux jusqu'en hiver.
- La floraison a lieu de mi-avril à mi-juin.



Fig. 1 - Port en cépées denses.



Fig. 2 - Épine trifide.



Fig. 3 - Bourgeon sur rameau de l'année.



Fig. 4 - Bouquet de feuilles obovales à lancéolées.

- L'épine-vinette peut difficilement être confondue, hormis avec les autres espèces du genre *Berberis* (*B. aetnensis*, *B. thunbergii*, etc.) qui ne sont toutefois pas présentes dans les Alpes du Nord. En période hivernale, elle peut éventuellement être confondue avec le groseillier à maquereau (*Ribes uva-crispa*) qui s'en distingue par ses bourgeons à écailles obtuses et ciliées sur les bords.

### Distribution et vulnérabilité

L'épine-vinette est une espèce eurasiatique présente de façon inconstante de l'Ouest de l'Asie au Sud de l'Europe, à l'exception de la région méditerranéenne. Elle est présente de façon disséminée sur l'ensemble du territoire franco-suisse (elle est rare voire absente en Bretagne et sur la Côte d'Azur).

Elle croît sur l'ensemble de l'Arc alpin mais est cependant plus fréquente dans les zones intra-alpines (massifs de la Vanoise, des Écrins, Valais, etc.).

## Écologie

- L'épine-vinette est une espèce pionnière de pleine lumière tolérant l'ombrage se rencontrant dans les haies, les fourrés, les forêts sèches (chênaies, pinèdes, tilliaies, etc.), les pelouses en cours d'embroussaillage, mais aussi le long de certains cours d'eau sur matériaux grossiers.
- Elle croît préférentiellement sur des substrats drainants (sables, graviers, cailloux, blocs), basiques à légèrement acides, calcaires ou siliceux.
- Elle présente un optimum écologique dans les fourrés xérophiiles (*Berberidion* - fig. 7).
- Elle se développe de l'étage collinéen à l'étage subalpin inférieur (jusqu'à 2 000 m).



Fig. 5 - Inflorescence en grappe pendante.



Fig. 6 - Baies allongées, rouges à maturité.

## Utilisation en génie végétal

L'épine-vinette est régulièrement utilisée en ornement, notamment pour la création de haies ou la végétalisation des talus routiers, parcs et jardins. Elle présente également de nombreuses potentialités pour le génie végétal.

C'est une espèce vigoureuse adaptée aux températures extrêmes et pouvant se développer aussi bien en plein soleil qu'en situation mi-ombragée. Son développement racinaire extrêmement rapide et très ramifié (pouvant atteindre 4,5 m de long) assure une protection rapide du sol. Elle peut être utilisée sur des matériaux grossiers et filtrants, jusqu'à 2 000 m d'altitude, sur des roches calcaires ou siliceuses. Elle supporte toutefois mal les inondations prolongées et les sols asphyxiants. Elle ne devra donc pas être implantée en pied de berge et devra être privilégiée pour la stabilisation de sols graveleux à caillouteux.



Fig. 7 - Situation typique (*Berberidion*) en mosaïque avec une pelouse steppique.

Ses tiges souples et son port exclusivement buissonnant lui confèrent de nombreux atouts pour le génie végétal, notamment pour la stabilisation de talus inclinés. L'épine-vinette supporte un recouvrement important de la base du tronc par des matériaux graveleux-terreux, lors d'une crue ou d'un glissement de terrain par exemple. Elle crée dans ce cas des racines adventives utiles pour fixer les couches superficielles du sol, certains individus pouvant supporter un recouvrement de la base du tronc de près de 40 % de leur hauteur.

De par ses fleurs mellifères jaunes et ses baies rouge vif très appréciées des oiseaux, son intégration dans les ouvrages permet d'améliorer la qualité paysagère et écologique d'un site. Il est par contre important de noter qu'elle constitue un hôte intermédiaire de la rouille du blé et ne devra pas être utilisée à proximité de cultures céréalières.

Bien que l'épine-vinette présente un faible taux de reprise au bouturage (inférieur à 15 %), l'utilisation de boutures peut être envisagée en raison de leur capacité à produire rapidement des racines (Schiechtel 1973 - à intégrer en association avec des plantes ayant des taux de reprise élevés). Elle présente aussi une capacité de reprise importante en bouturage de racines. Cette technique étant toutefois peu applicable en génie végétal (à développer éventuellement à titre expérimental), les plants à racines nues, facilement disponible en pépinière, devront être privilégiés. Sa capacité à produire des racines adventives permet de l'intégrer sous cette forme dans les lits de plants et plançons ou les caissons en rondins végétalisés. Elle peut être associée notamment à l'argousier (*Hippophae rhamnoides*), au bouleau pendant (*Betula pendula*), au troène (*Ligustrum vulgare*) ou à la viorne lantane (*Viburnum lantana*) avec lesquels elle se retrouve fréquemment en milieu naturel. Étant donné l'existence de nombreux cultivars ornementaux dans le commerce, une attention particulière devra être portée à l'utilisation de plants indigènes.

# *Betula pendula* Roth

## Bouleau pendant

Bétulacées

### Description

- Le bouleau pendant est un arbre caducifolié à tronc droit ou arqué atteignant 25 m de haut (fig. 1).
- L'écorce, d'abord lisse et blanche, se détache en lanières horizontales, devenant ainsi crevassée et noirâtre à la base du tronc (fig. 2). Les jeunes rameaux, d'abord dressés puis retombants, sont glabres, bruns à rougeâtres et couverts de verrues blanchâtres à grisâtres en densité variable (fig. 3).
- Les bourgeons, coniques et allongés, sont bruns à roux (fig. 3).
- Les feuilles, alternes et longuement pétiolées, sont triangulaires et glabres sur les deux faces, doublement dentées. Elles sont vertes et luisantes dessus (fig. 4), vert clair à glauques au revers (fig. 5).
- Les fleurs mâles sont disposées en chatons sessiles (de 3 à 7 cm de long) pendants à l'extrémité des rameaux (fig. 6). Les fleurs femelles sont regroupées en chatons pédonculés et dressés mesurant de 1 à 3 cm de long.
- Les fruits (samares) sont regroupés en petits cônes pendants longs de 2 à 4 cm se dissociant sur l'arbre (fig. 7).



Fig. 1 - Port présentant des tiges souvent arquées.



Fig. 4 - Feuille verte et luisante sur le dessus.



Fig. 5 - Feuille vert clair à glauque au revers.



Fig. 2 - Écorce à la base du tronc noirâtre et crevassée.



Fig. 3 - Bourgeons coniques sur rameau de l'année verruqueux.

- La floraison a lieu d'avril à mai.
- Le bouleau pubescent (*B. pubescens* incl. *B. carpatica*) se distingue du bouleau pendant par son écorce plus blanche (même à la base du tronc), ses rameaux dressés non verruqueux (généralement pubescents) et ses feuilles simplement dentées.

### Distribution et vulnérabilité

Le bouleau pendant est une espèce eurasiatique très commune en Suisse et en France, à l'exception de la région méditerranéenne où elle est absente.

Elle est largement répandue sur l'ensemble des Alpes du Nord, tout en étant plus fréquente dans les zones intra-alpines.

## Écologie

- Le bouleau pendant est une espèce de pleine lumière supportant mal la compétition des ligneux sociaux. Ubiquiste et peu exigeant, il se rencontre préférentiellement dans les stades pionniers de divers types de boisements de feuillus et de conifères, ainsi que dans les landes et recrus forestiers.
- Il croît sur différents types de substrats (limons, sables, cailloux ou tourbe), acides à basiques, secs ou humides.
- Il présente un optimum écologique au sein des forêts acidophiles (*Quercetea robur-petraeae* – fig. 8).
- Il se développe de l'étage collinéen à l'étage subalpin inférieur (jusqu'à 2 000 m).



Fig. 6 - Chatons mâles (pendants) et femelles (dressés).



Fig. 7 - Jeunes cônes.

## Utilisation en génie végétal

Le bouleau pendant est largement utilisé dans de nombreux aménagements, notamment pour la végétalisation de carrières, les plantations de bords de route et la stabilisation des talus et des terrains à forte pente.

C'est une espèce vigoureuse capable de se développer dans des terrains très inclinés, régulièrement perturbés (glissements de terrain, crues, éboulis, etc. – fig. 9). De par sa croissance juvénile rapide et sa capacité à rejeter de souche (Ambrozy 2010), le bouleau pendant est particulièrement adapté pour la protection des sols contre l'érosion. Sa large répartition altitudinale et son caractère ubiquiste permettent de l'utiliser dans diverses conditions, en particulier sur des substrats bruts très drainants, jusqu'à 2 000 m d'altitude.

Son système racinaire très superficiel dépassant rarement 1 m de profondeur sur sol humide (Kutschera et Lichtenegger 2002) et son port essentiellement arboré le rendent toutefois difficilement utilisable en pied de berge, en raison de sa faible résistance à l'arrachement et de la création possible de turbulences lors de crues.

De par son très faible taux de reprise en reproduction végétative, le bouleau pendant ne peut être utilisé que sous forme de plants forestiers. Capable de produire des racines adventives, il pourra être intégré dans les lits de plants et plançons et dans les caissons en rondins végétalisés, du milieu jusqu'en sommet de berge (Florineth *et al.* 2002). Il peut notamment être associé au frêne commun (*Fraxinus excelsior*), au noisetier (*Corylus avellana*), au sureau à grappes (*Sambucus racemosa*), au tremble (*Populus tremula*) ou encore au saule marsault (*Salix caprea*) avec lesquels il se retrouve fréquemment en milieu naturel.

Le bouleau pendant est disponible dans de nombreuses pépinières. Compte tenu de la présence de nombreux cultivars utilisés pour l'ornement, une attention particulière devra être portée au choix de plants indigènes.

La production et la commercialisation de plants de bouleau pendant à des fins forestières sont soumises à une réglementation spécifique en France et en Suisse (chap. III.3.2.4). Cette espèce bénéficie également d'une protection partielle dans certains cantons suisses.



Fig. 8 - Faciès à bouleau d'une chênaie acidophile.



Fig. 9 - Individu se développant sur éboulis et montrant sa forte capacité de colonisation.

# *Brachypodium rupestre* (Host) Roem. & Schult.

## Brachypode des rochers

Poacées

### Description

- Le brachypode des rochers est une espèce vivace rhizomateuse haute de 40 à 100 cm, formant généralement des gazons lâches (fig. 1).
- Les tiges, dressées, sont généralement poilues aux nœuds et dépourvues de feuille au sommet. La souche, brun clair, est munie de rhizomes plus ou moins allongés (fig. 2).
- Les feuilles, larges de 2 à 7 mm, sont dressées, raides, brillantes, vert clair, plus ou moins lisses et velues, souvent enroulées (fig. 3). Elles sont pourvues d'une ligule courte, tronquée, mesurant moins de 2 mm (fig. 4).
- L'inflorescence est un épi allongé, d'abord entièrement dressé, puis généralement penché à l'extrémité après floraison (fig. 1). Elle est composée de 6 à 15 épillets courtement pédicellés et écartés de l'axe à maturité (fig. 5).
- Les épillets sont longs de 2 à 5 cm, souvent un peu arqués (fig. 6). La glumelle extérieure est généralement glabre et munie d'une arête de plus de 3 mm. L'intérieure, tronquée, est ciliée à la marge (fig. 5).
- La floraison a lieu de juin à août.



Fig. 3 - Feuille enroulée.



Fig. 4 - Ligule courte et tronquée.



Fig. 1 - Espèce sociale formant des gazons lâches.



Fig. 2 - Souche rhizomateuse, brun clair.

- Cette espèce est morphologiquement très proche du brachypode penné (*B. pinnatum*) avec lequel elle a souvent été confondue. Ce dernier s'en différencie par ses feuilles plus larges et non enroulées, mates, scabres au revers et ses épillets aux glumelles velues.
- Elle peut également être confondue avec le brachypode des forêts (*B. sylvaticum*) dont l'inflorescence scorpioïde présente des glumelles à arêtes allongées égalant environ la longueur de la glumelle.

### Distribution et vulnérabilité

Le brachypode des rochers est une espèce européenne présente des Pyrénées aux Carpates.

Compte tenu des confusions régulières entre *B. rupestre* et *B. pinnatum*, la répartition précise de ce dernier demeure mal connue dans les Alpes du Nord. Il est actuellement recensé en Suisse et en Haute-Savoie avec une fréquence inférieure à celle de *B. rupestre*, commun sur cette zone biogéographique.



## Écologie

- Le brachypode des rochers est une espèce de pleine lumière ou de demi-ombre des pelouses et pâturages secs, lisières, clairières, accrus forestiers et boisements clairs (chênaies pubescentes, hêtraies sèches, pinèdes).
- Il croît sur des substrats plutôt fins (argiles, limons et sables) et généralement calcaires, basiques à légèrement acides, pauvres en nutriments et plutôt secs.
- Il présente un optimum écologique dans les ourlets maigres (*Trifolio-Geranietea* – fig. 7) et pelouses maigres basophiles (*Festuco-Brometea*).
- Il se développe aux étages collinéen et montagnard (jusqu'à 1 700 m).



Fig. 5 - Inflorescence en épi allongé.



Fig. 6 - Épillet courtement pédicellé.

## Utilisation en génie végétal

Contrairement au brachypode penné (*B. pinnatum*), le brachypode des rochers est très peu cité dans les différents ouvrages de référence traitant du génie végétal. Or, dans de très nombreux cas, c'est bien ce dernier qui est effectivement utilisé. Il est en effet beaucoup plus fréquent que le précédent, notamment en France. La majorité des références attribuées au brachypode penné sont donc en réalité à rapporter au brachypode des rochers, d'ailleurs plus adapté que le précédent pour une utilisation en génie végétal.

Fort de ce constat, le brachypode des rochers est ainsi largement utilisé dans les aménagements, notamment pour l'ensemencement des talus routiers, pour la végétalisation des carrières ou la protection des pentes soumises aux phénomènes d'érosion.



Fig. 7 - Situation typique en ourlet maigre.

Doté d'un fort potentiel de colonisation dû à sa production de rhizomes et d'un système racinaire fasciculé pouvant atteindre 1 m de profondeur, il couvre rapidement le sol et permet une stabilisation rapide de celui-ci après ensemencement. Résistant bien à la sécheresse, le brachypode des rochers peut être utilisé sur des substrats bruts drainants (fig. 7). Supportant relativement bien l'ombrage, il pourra se maintenir longtemps au stade végétatif sous couvert de ligneux. Il ne pourra toutefois pas être utilisé à plus de 1200 m d'altitude sur des cours d'eau encaissés.

Ayant tendance à concurrencer les autres semis, cette espèce à forte capacité d'établissement devra être intégrée avec un faible pourcentage dans les mélanges grainiers (moins de 10 % en poids dans un mélange graminéen pur). Elle peut notamment être utilisée en association avec d'autres graminées à forte compétitivité comme les calamagrostides argentée (*Achnatherum calamagrostis*), bigarée (*Calamagrostis varia*) et commune (*C. epigeios*) ou encore la molinie faux roseau (*Molinia arundinacea*).

Bien que non référencé dans les listes des semences, le brachypode des rochers est souvent disponible dans le commerce sous l'appellation « *brachypode penné* ». L'origine des graines devra toutefois être contrôlée afin de garantir l'exactitude du taxon utilisé. Pouvant être localement abondant aux étages collinéen et montagnard, il peut aussi être multiplié et transplanté à partir de la division de ses rhizomes, garantissant ainsi l'utilisation de souches locales et favorisant sa rapidité d'établissement.

Le brachypode des rochers bénéficie d'un statut de protection dans certains cantons suisses (protection totale dans le canton de Nidwald).

# *Calamagrostis epigejos*

(L.) Roth

## Calamagrostide commune

Poacées

### Description

- La calamagrostide commune est une espèce vivace rhizomateuse mesurant de 60 à 150 cm de haut et formant des colonies denses souvent monospécifiques (fig. 1).
- Les tiges, robustes, dressées et rudes au sommet, sont pourvues à la base de longs rhizomes traçants.
- Les feuilles, longues, raides et coupantes, sont généralement dressées (fig. 2) et mesurent de 4 à 9 mm de large. Les ligules sont allongées (4 à 8 mm de long), fermes et souvent laciniées (fig. 3).
- L'inflorescence est une panicule dense et dressée mesurant de 15 à 30 cm de long (fig. 4).
- Les épillets, longs de 5 à 7 mm, uniflores, sont généralement lavés de violet (fig. 5). Les glumes, presque égales, sont étroites et acuminées. La glumelle inférieure est munie, à sa base, de longs poils égalant les glumes (fig. 6). Elle porte une arête dorsale peu visible.
- La floraison a lieu de juin à août.



Fig. 1 - Espèce sociale formant des colonies denses.



Fig. 2 - Feuilles et tiges dressées.



Fig. 3 - Ligule longue et laciniée.



Fig. 4 - Inflorescence en panicule dense et dressée.



Fig. 5 - Épillets généralement lavés de violet.

- La calamagrostide faux roseau (*C. pseudophragmites*) se distingue de la calamagrostide commune par ses feuilles bleutées, ses inflorescences d'un rouge plus vif, la position de l'arête des glumelles insérée à leur extrémité et sa situation plus strictement alluviale, bien que ces deux espèces puissent parfois croître dans un même site.

### Distribution et vulnérabilité

La calamagrostide commune est une espèce eurasiatique. Elle est présente sur l'ensemble du territoire franco-suisse à l'exception du Nord-Ouest et du Sud-Ouest de la France et des secteurs de haute montagne.

Elle est assez commune dans les secteurs intra-forestiers des Alpes du Nord.

## Écologie

- La calamagrostide commune est une espèce pionnière de pleine lumière ou de demi-ombre des coupes et lisières forestières (fig. 7), boisements clairs, alluvions et prairies plus ou moins humides.
- Elle croît sur des substrats plus ou moins riches en nutriments, limoneux à graveleux, acides à basiques, secs à humides (engorgement hivernal possible).
- Elle présente un optimum écologique dans les coupes et clairières forestières (*Epilobietea angustifolii*).
- Elle se développe aux étages collinéen et montagnard (jusqu'à 1 300 m).



Fig. 6 - Glumelle inférieure munie, à sa base, de longs poils égalant les glumes.

## Utilisation en génie végétal

La calamagrostide commune est déjà utilisée dans le domaine de l'aménagement, notamment pour la végétalisation des carrières et la stabilisation des talus routiers.

Son système racinaire fasciculé pouvant atteindre plus de 50 cm de profondeur et la densité de ses tiges aériennes lui procurent une excellente résistance à la traction (rapp. vol. syst. sout./aérien = 0,5). Ils favorisent également une stabilisation efficace des sols en surface, la dissipation de l'énergie du courant lors des crues et le piégeage des sédiments fins.



Fig. 7 - Situation typique en lisière forestière.

Dotée d'une croissance rapide et de rhizomes vigoureux, cette espèce pionnière est capable de couvrir rapidement le sol après ensemencement, assurant ainsi une protection efficace des berges. Supportant relativement bien l'ombre et la sécheresse, elle peut être utilisée sur des substrats bruts très drainants, y compris dans des vallées encaissées et boisées. Elle ne pourra toutefois pas être implantée à plus de 1 300 m d'altitude.

Ayant tendance à concurrencer les autres semis, cette espèce à forte capacité d'établissement devra être intégrée avec un faible pourcentage dans les mélanges grainiers (moins de 10 % en poids dans un mélange graminéen pur). Il est ainsi conseillé de l'utiliser en mélange avec d'autres espèces à forte compétitivité comme les calamagrostides argentée (*Achnatherum calamagrostis*) et bigarrée (*Calamagrostis varia*) ou la molinie faux roseau (*Molinia arundinacea*).

La calamagrostide commune est disponible dans le commerce sous forme de graines ou de plantes en pots. Peu de données sont actuellement disponibles sur la réussite des semis en conditions naturelles. Pouvant être localement abondante aux étages collinéen et montagnard où elle peut parfois former de vastes colonies, elle peut aussi être multipliée et transplantée à partir de la

division de ses rhizomes ou de ses touffes, garantissant ainsi l'utilisation de souches locales et favorisant sa rapidité d'établissement. Elle peut aussi être intégrée sous forme de mottes dans une fascine, pour peu que celle-ci ne soit pas constamment immergée. Il peut s'avérer également opportun de récolter les inflorescences à l'automne et de les disposer directement sur le sol en les recouvrant d'un géotextile. Cette méthode offre l'avantage de supprimer les opérations de tri des semences comme l'emploi de produits collants et permet de créer un tapis de paille apportant de la matière organique au substrat. Compte tenu du manque de données fiables concernant la germination de cette espèce (dormance des graines, conditions de germination, etc.), cette technique ne pourra toutefois être employée que dans un but expérimental. Il conviendrait donc d'effectuer des tests de germination afin de préciser les possibilités d'ensemencement pour cette espèce.

# *Calamagrostis varia* (Schard.) Host

## Calamagrostide bigarrée

Poacées

### Description

- La calamagrostide bigarrée est une espèce vivace rhizomateuse mesurant de 50 à 120 cm de haut et formant des colonies généralement denses, plus ou moins étalées (fig. 1).
- Les tiges, dressées et grêles, sont pourvues d'une souche rampante enfouie dans le sol (fig. 2).
- Les feuilles, vert pâle, mates, sont planes, scabres, relativement souples et mesurent de 3 à 8 mm de large. Elles sont parfois munies d'un faisceau de poils sur la face inférieure au niveau de la ligule. Celle-ci est longue de 3 à 6 mm, laciniée (fig. 3).
- L'inflorescence est une panicule longue de 7 à 20 cm, dressée, relativement étroite (fig. 4) et contractée après la floraison (fig. 1).
- Les épillets, uniflores, longs de 4 à 5 mm, sont blanchâtres à vert pâle, teintés de violet (fig. 4). La glumelle inférieure est munie à la base de poils dépassant sa demi-longueur et d'une arête coudée faisant généralement saillie à l'extrémité de l'épillet (fig. 5).
- La floraison a lieu de juillet à août.
- La calamagrostide roseau (*C. arundinacea*), très rare dans les Alpes du Nord, se distingue de la calamagrostide bigarrée par ses feuilles d'un vert franc, ainsi que par ses glumelles aux arêtes longuement saillantes et pourvues à la base d'une touffe de poils ne dépassant pas leur demi-longueur.



Fig. 1 - Espèce sociale formant des colonies denses.



Fig. 2 - Feuilles souples, vert pâle.



Fig. 3 - Ligule lacérée et faisceau de poils à la base des feuilles.



Fig. 4 - Inflorescence en panicule dressée.



Fig. 5 - Glumelle munie d'un faisceau de poils à la base.

### Distribution et vulnérabilité

La calamagrostide bigarrée est une espèce européenne montagnarde présente des Pyrénées aux Carpates. Elle est présente sur la quasi-totalité du territoire suisse. En France, elle ne se rencontre que dans les Pyrénées, le Tarn, les Alpes et le Jura.

Elle est assez commune dans les montagnes des Alpes du Nord et peut être localement abondante.

## Écologie

- La calamagrostide bigarrée est une espèce de demi-ombre ou de pleine lumière se développant au sein des pelouses, boisements (hêtraies, pessières et pinèdes principalement), alluvions, éboulis et landes de montagne, généralement en situation de lisière ou en versant Nord.
- Elle croît sur des substrats plutôt secs et généralement calcaires, argileux à graveleux (avec un optimum sur matériaux fins présentant une variation de leur hygrométrie), plus ou moins riches en éléments nutritifs, basiques à légèrement acides.
- Elle présente un optimum écologique au sein des pelouses marnicoles fraîches (*Calamagrostion varia* – fig. 6) et des pinèdes calcicoles mésophiles (*Erico-Pinetea*).
- Elle se développe de l'étage collinéen supérieur à l'étage subalpin (jusqu'à 2 200 m) avec un optimum à l'étage montagnard.



Fig. 6 - Situation typique en pelouse marnicole fraîche (*Calamagrostion varia*).

## Utilisation en génie végétal

La calamagrostide bigarrée n'a, à notre connaissance, encore jamais été utilisée dans le domaine du génie végétal. Elle offre cependant de nombreuses potentialités pour la stabilisation des berges de cours d'eau de montagne et la stabilisation des pentes soumises aux phénomènes d'érosion.

Son système racinaire fasciculé bien développé et la densité de ses tiges aériennes (rapp. vol. syst. sout./aérien = 1,2) lui procurent une excellente résistance à la traction. Cela favorise également une stabilisation efficace des sols en surface, la dissipation de l'énergie du courant lors des crues et le piégeage des sédiments fins. Dotée d'une croissance rapide, elle est capable de couvrir rapidement le sol, assurant ainsi une protection efficace des berges contre les phénomènes d'érosion et les glissements de terrain. En conditions naturelles, cette espèce se développe d'ailleurs assez régulièrement sur les loupes de glissement (fig. 7), couloirs d'avalanche et éboulis stabilisés (fig. 8). Supportant bien l'ombre et la sécheresse, cette espèce pionnière peut être utilisée sur des substrats bruts drainants, dans des vallées encaissées et boisées jusqu'à 1 800 m, en association notamment avec le brachypode des rochers (*Brachypodium rupestre*), les laiches ferrugineuse (*Carex ferruginea*) et toujours verte (*C. sempervirens*), le sainfoin des montagnes (*Onobrychis montana*) et le trèfle brun (*Trifolium badium*).

La calamagrostide bigarrée n'est, pour le moment, pas disponible dans le commerce. Elle semble en effet présenter un taux de germination très inconstant en conditions *ex-situ* (moins de 10 % - Regvar *et al.* 2006). Pouvant être localement abondante à l'étage montagnard et formant ponctuellement de vastes colonies, elle peut toutefois être multipliée et transplantée à partir de la division de ses rhizomes ou de ses touffes, garantissant ainsi l'utilisation de souches locales et favorisant sa rapidité d'établissement. Il peut également s'avérer intéressant de récolter les inflorescences à l'automne et de les disposer directement sur le sol en les recouvrant d'un géotextile. Compte tenu du manque de données fiables concernant la germination de cette espèce (dormance des graines, conditions de germination, etc.), cette technique est à employer à titre expérimental.



Fig. 7 - Situation sur loupe de glissement.



Fig. 8 - Situation sur éboulis stabilisés.

# Carex paniculata L.

## Laiche paniculée

Cypéracées

### Description

- La laiche paniculée est une espèce vivace cespiteuse mesurant de 30 à 180 cm de haut et formant souvent d'imposants touradons (fig. 1).
- Les tiges sont robustes et trigones à angles aigus. Elles sont scabres sur toute leur longueur et mesurent moins de 2,5 mm de large dans le tiers supérieur.
- Les feuilles, vert foncé, sont rudes et coupantes. Elles mesurent de 3 à 6 mm de large et sont brusquement rétrécies en pointe courte au sommet (fig. 2). Les gaines basiliaires, brunâtres, entières et luisantes, ne se désagrègent pas en fibres (fig. 3).
- L'inflorescence est une panicule fauve dressée ou pendante et plus ou moins compacte (fig. 4 et 5). Elle mesure de 3 à 12 cm à maturité. Les épillets, très nombreux, sont sessiles (fig. 6). Les fleurs femelles, insérées à la base de l'épillet, sont protégées par une écaille membraneuse aiguë égalant plus ou moins l'utricule.
- Les utricules, longs d'environ 3 mm, sont bruns, luisants, nettement ailés et faiblement nervés.



Fig. 1 - Port en touradon.



Fig. 4 - Inflorescence lâche et pendante.



Fig. 2 - Feuille rétrécie en une pointe courte au sommet.



Fig. 3 - Gaine basilaire brunâtre et luisante.



Fig. 5 - Inflorescence compacte et dressée.



Fig. 6 - Épillets sessiles.

- Deux sous-espèces sont actuellement décrites : subsp. **paniculata** et subsp. **lusitanica**, cette dernière étant uniquement présente, en Europe, dans la partie Ouest de la péninsule Ibérique.
- La laiche à épis rapprochés (*C. appropinquata*) se différencie de la laiche paniculée par ses gaines basiliaires déchirées en fibres et ses utricules mats, plus distinctement nervés. Les laiches d'Otruba (*Carex otrubae*) et des renards (*C. vulpina*) ne présentent pas de port en touradon et présentent une tige mesurant plus de 2,5 mm de large dans le tiers supérieur.

### Distribution et vulnérabilité

La laiche paniculée est une espèce eurasiatique, subocéanique présente sur l'ensemble du territoire franco-suisse à l'exception de la région méditerranéenne.

Elle est relativement commune dans les Alpes du Nord, tout en étant plus fréquente dans les secteurs périalpins.

## Écologie

- La laiche paniculée est une espèce de pleine lumière ou de demi-ombre formant souvent des groupements monospécifiques au sein des marais (fig. 7), des prés humides, au bord des lacs et cours d'eau, dans les fossés, aux abords des sources (groupements fontinaux) et dans les aulnaies marécageuses (fig. 8).
- Elle croît sur les sols humides principalement tourbeux ou tuffeux, plus occasionnellement sur des substrats argileux à sableux, basiques à légèrement acides et riches en éléments nutritifs.
- Elle présente un optimum écologique dans les magnocariçaies (*Magnocaricion*), notamment en situation eutrophe (*Caricetum paniculatae* – fig. 7) et dans les prairies grasses humides montagnardes (*Calthion*).
- Elle se développe de l'étage collinéen à l'étage subalpin inférieur (jusqu'à 1 700 m).



Fig. 7 - Magnocariçaie à laiche paniculée (*Caricetum paniculatae*).

## Utilisation en génie végétal

Encore assez peu utilisée en génie végétal, la laiche paniculée présente un fort potentiel pour la stabilisation des berges des rivières à l'étage montagnard.

Grâce à son système racinaire fasciculé dense et à son port en touffe, elle permet une stabilisation et une protection durable des sols. Implantée en pied de berge, ses touffes, formant parfois d'imposants touradons (fig. 9), permettent de dissiper l'énergie du courant lors des crues et de piéger les sédiments fins, facilitant ainsi l'installation d'autres espèces.

Dans des conditions optimales de développement, cette espèce peut toutefois devenir monopolisatrice et limiter la croissance des ligneux. Cette faculté constitue un atout lorsqu'il est souhaité de maintenir une berge ouverte. De ce fait, il est conseillé de ne pas la mêler aux plantations de jeunes plants forestiers ou de boutures qui sont susceptibles d'être étouffés.

La laiche paniculée est disponible dans le commerce sous forme de plants ou de graines. Le taux de germination des graines demeure toutefois assez aléatoire et dépend notamment de la luminosité et de l'hygrométrie du sol. Il est ainsi conseillé de l'utiliser sous forme de plants en l'intégrant par exemple dans des fascines d'hélophytes.

Relativement commune aux étages collinéen et montagnard (plus rare à la base de l'étage subalpin), il est aussi possible de la transplanter depuis des populations naturelles (par division de touffes), garantissant la provenance locale et améliorant la vitalité des plants. Elle pourra être associée notamment à la laiche en vessie (*Carex rostrata*), à la canche cespiteuse (*Deschampsia cespitosa*), aux calamagrostides bigarrée (*Calamagrostis varia*) et commune (*C. epigejos*), aux pétasites (*Petasites spp.*), à l'angélique (*Angelica sylvestris*), à la reine des prés (*Filipendula ulmaria*) ou encore au populage (*Caltha palustris*).



Fig. 8 - Aulnaie marécageuse à laiche paniculée.



Fig. 9 - Vue hivernale des touradons.

# *Deschampsia cespitosa*

(L.) P. Beauv.

## Canche cespiteuse

Poacées

### Description

- La canche cespiteuse est une espèce vivace cespitueuse pouvant atteindre 150 cm de haut et formant des touffes compactes (fig. 1).
- Les feuilles, larges de 2 à 4 mm, sont scabres, coupantes et parcourues par plusieurs côtes saillantes séparées par des nervures translucides nettement visibles à contre-jour (fig. 2). Les ligules, longues de 4 à 8 mm, sont lancéolées (fig. 3).
- L'inflorescence est une panicule pyramidale longue de 10 à 30 cm et composée de rameaux étalés à dressés (fig. 4).
- Les épillets sont rapprochés et maintenus par des pédicelles plus courts que ceux-ci (fig. 5). Ils mesurent de 2 à 4 mm et sont composés de 2 à 3 fleurs blanchâtres, vert jaunâtre ou violacées (fig. 6). La glumelle extérieure, membraneuse, porte une arête droite insérée à sa base.
- La floraison a lieu de juin à août.
- Plusieurs sous-espèces sont décrites dans le Nord-Est de l'Europe dont :
  - subsp. **alpina**, ne dépassant pas 50 cm de haut, aux feuilles radicales courtes (moins de 10 cm) et à l'inflorescence contractée à maturité ;
  - subsp. **cespitosa**, dépassant généralement 50 cm de haut, aux feuilles radicales mesurant plus de 15 cm et à l'inflorescence généralement étalée à maturité ;
  - subsp. **littoralis**, disparue de France, et présente en Suisse sur les rives des lacs de Joux et de Constance (taxon à forte valeur patrimoniale non décrit ici).



Fig. 1 - Port cespiteux.



Fig. 2 - Vue de détail d'une feuille à contre-jour.



Fig. 3 - Ligule lancéolée.



Fig. 4 - Inflorescence en panicule pyramidale.



Fig. 5 - Épillets rapprochés portés par de courts pédicelles.

- À l'état végétatif, la canche cespiteuse, assez polymorphe, peut éventuellement être confondue avec certaines laïches cespitueuses comme *Carex paniculata* ou *C. elata*. La présence de nervures translucides sur les feuilles permet toutefois de reconnaître facilement les touffes de canche.

### Distribution et vulnérabilité

La canche cespiteuse est une espèce eurasiatique commune dans tout le territoire franco-suisse à l'exception de la région méditerranéenne.

Elle est très commune dans les Alpes du Nord. La distribution de la sous-espèce *alpina* est encore méconnue.



## Écologie

- La canche cespiteuse est une espèce de pleine lumière ou de demi-ombre des prairies humides, des abords des sources, des cours d'eau (fig. 7) et des boisements frais à marécageux (aulnaies, chênaies, saulaies, etc.).
- Elle croît sur divers types de substrats (argiles, limons, sables, tourbes), généralement profonds et assez riches en éléments nutritifs, neutres à moyennement acides, frais à humides.
- Elle présente un optimum écologique dans les prairies humides (*Molinietalia*).
- Elle se développe de l'étage collinéen à l'étage alpin (jusqu'à 2 700 m) avec un optimum aux étages montagnard et subalpin.



Fig. 6 - Épillet généralement violacé.

## Utilisation en génie végétal

La canche cespiteuse est une graminée essentielle pour les aménagements de génie végétal aux étages montagnard et subalpin.

Grâce à son système racinaire fasciculé pouvant dépasser 1 m de profondeur et à son port cespiteux (rapp. vol. syst. sout./aérien = 1,6), elle permet une stabilisation et une protection durable des sols en profondeur et présente une résistance importante à la traction (Schiechtel 1973). Implantée en pied de berge, ses touffes imposantes permettent de dissiper l'énergie du courant lors des crues (fig. 7) et de piéger les sédiments fins, facilitant ainsi l'installation d'autres espèces. Sa plasticité écologique lui permet d'être utilisée dans différents types d'aménagements et sur tous types de substrats, aussi bien dans des vallées très encaissées que sur des talus exposés, jusqu'à 2 500 m d'altitude (Krautzer *et al.* 2004).

Dans des conditions optimales de développement, cette espèce peut toutefois devenir monopolisatrice et ainsi gêner la croissance des ligneux. Il est ainsi conseillé de ne pas la mêler aux plantations de jeunes plants forestiers ou de boutures qui risquent d'être étouffés.

La canche cespiteuse est disponible dans le commerce sous forme de plants en motte ou de graines. Elle présente un taux de germination très élevé en conditions naturelles et peut facilement être divisée au printemps (division des touffes). Très commune aux étages montagnard et subalpin, il est ainsi possible de la transplanter depuis des populations naturelles, garantissant la provenance locale et améliorant la vitalité des plants.

Elle pourra ainsi être implantée sous forme de plants dans des fascines d'hélophytes ou sous forme de graines dans les mélanges grainiers. Compte tenu de sa forte capacité de propagation et de son taux de germination élevé, elle devra toutefois être intégrée avec un faible pourcentage dans les mélanges grainiers (moins de 10 % en poids dans un mélange graminéen pur). Elle pourra notamment être associée aux laiches paniculée (*Carex paniculata*) et en vessie (*C. rostrata*), aux calamagrostides bigarrée (*Calamagrostis varia*) et commune (*C. epigejos*), aux pétasites (*Petasites spp.*), à l'épilobe à feuilles étroites (*Epilobium angustifolium*), à l'angélique (*Angelica sylvestris*), à la reine des prés (*Filipendula ulmaria*), au cerfeuil hirsute (*Chaerophyllum hirsutum*) ou encore au populage des marais (*Caltha palustris*), assurant ainsi une complémentarité à l'enracinement et à la couverture du sol.



Fig. 7 - Situation en pied de berge d'un torrent de montagne permettant la dissipation de l'énergie du courant.

# *Festuca laevigata* Gaudin

## Fétuque courbée

Poacées

### Description

- La fétuque courbée est une espèce vivace cespiteuse mesurant de 20 à 40 cm de haut et formant des touffes compactes (fig. 1 et 6).
- Les tiges, ascendantes à dressées, sont pourvues à la base de gaines desséchées brun clair ne se décomposant pas en réseau de fibres (fig. 2).
- Les feuilles caulinaires et basales, larges de 0,7 à 1,1 mm, sont toutes filiformes et plus ou moins compressées latéralement. Elles sont raides, arquées ou simplement incurvées à l'extrémité (fig. 3), glauques à vert foncé selon les sous-espèces. Elles sont munies de gaines glabres, ouvertes sur plus de la moitié de leur longueur.
- L'inflorescence est une panicule plus ou moins dense mesurant de 3 à 9 cm de long (fig. 4).
- Les épillets, verts à violacés, mesurent de 7 à 12 mm et sont composés de 4 à 6 fleurs. La glumelle inférieure est munie d'une arête à son sommet atteignant généralement la moitié de la longueur de celle-ci et dépassant 1,5 mm (fig. 5).
- La floraison a lieu de mai à juillet.
- Deux sous-espèces dont la valeur systématique est parfois discutée sont actuellement décrites :
  - subsp. **crassifolia** aux feuilles vertes, luisantes (fig. 6) et non compressées latéralement, à glumes supérieures munies d'une marge scariée ;
  - subsp. **laevigata** aux feuilles glauques à vert grisâtre, mates et compressées latéralement, à glumes supérieures dépourvues de marge scariée.



Fig. 1 - Port cespiteux (subsp. *laevigata*).



Fig. 2 - Gainés basales ne se décomposant pas en réseau de fibres (subsp. *laevigata*).



Fig. 3 - Feuilles glauques et arquées (subsp. *laevigata*).



Fig. 4 - Inflorescence en panicule dense (subsp. *laevigata*).



Fig. 5 - Épillets violacés à glumelles munies de longues arêtes (subsp. *laevigata*).

- La fétuque courbée fait partie du groupe complexe des fétuques ovines (*Festuca ovina* aggr.) rassemblant de nombreuses espèces et sous-espèces morphologiquement proches. Elle se distingue des autres taxons de ce groupe par la longueur de ses arêtes dépassant 1,5 mm.

### Distribution et vulnérabilité

La sous-espèce *crassifolia* est une plante ouest-alpine uniquement présente dans le Valais, la Haute-Savoie, la Savoie, l'Isère, les Alpes-Maritimes et les Apennins. Elle est relativement rare dans les Alpes du Nord (sa distribution est à préciser).

La sous-espèce *laevigata* est une plante montagnarde Sud-Ouest européenne présente des Pyrénées jusqu'aux Alpes centrales (Ouest de l'Autriche). Elle est relativement commune dans les secteurs supraforestiers des Alpes du Nord.

## Écologie

- La fétuque courbée est une espèce de pleine lumière des dalles, éboulis et pelouses rocailleuses.
- Elle croît sur des substrats grossiers (graviers, blocs), généralement calcaires, très secs, pauvres en nutriments, neutres à basiques.
- Elle présente un optimum écologique dans les groupements pionniers montagnards sur dalles calcaires (*Drabo-Seslerion* – fig. 7).
- La sous-espèce *crassifolia* se développe aux étages collinéen et montagnard. La sous-espèce *laevigata* croît quant à elle de l'étage collinéen à l'étage alpin, avec un optimum aux étages montagnard et subalpin.



Fig. 6 - Port cespiteux (subsp. *crassifolia*).

## Utilisation en génie végétal

Les fétuques du groupe *ovina* (fétuques ovines au sens large) auquel appartient la fétuque courbée sont assez régulièrement employées pour l'ensemencement des substrats très drainants (talus routiers, anciennes carrières, piste de ski) ou la création de gazons ornementaux. La fétuque courbée présente également un bon potentiel pour la stabilisation des berges des cours d'eau de montagne.

Son système racinaire fasciculé très ramifié pouvant atteindre 50 cm de profondeur et la densité de ses touffes (rapp. vol. syst. sout./aérien = 1,1), lui procurent une excellente résistance à la traction (Schiechtl 1973). Elle couvre efficacement le sol, assurant ainsi une protection aussi bien contre les phénomènes de ruissellement que lors d'épisodes de crues.

Présentant une très forte résistance à la sécheresse, la fétuque courbée est capable de se développer sur des pentes extrêmement raides et sur des substrats bruts très drainants (graviers, cailloux, blocs, etc. – fig. 7). Contrairement à d'autres espèces du groupe *ovina* ne tolérant pas les basses températures, la fétuque courbée peut être utilisée jusqu'à l'étage alpin.

Dotée d'une croissance relativement lente, cette espèce structurante pourra être incorporée comme graminée dominante dans de nombreux mélanges grainiers avec des pourcentages pouvant dépasser 20 % en poids de graines (Schiechtl 1973). Elle pourra notamment être associée à des légumineuses à racines pivotantes comme l'anthyllide vulnérable (*Anthyllis vulneraria*), le lotier corniculé (*Lotus corniculatus*) ou le sanfoin des montagnes (*Onobrychis montana*), ou à d'autres graminées comme la fétuque noirâtre (*Festuca nigrescens*), le pâturin des Alpes (*Poa alpina*) ou encore l'agrostide capillaire (*Agrostis capillaris*), assurant ainsi une complémentarité à l'enracinement et à la couverture du sol.

Les fétuques ovines au sens large sont facilement disponibles dans le commerce, mais leur identité taxonomique est souvent imprécise. Dans la majorité des cas, il s'agit probablement de *F. guestfalica*, plus adaptée à basse altitude. La production de semences de fétuque courbée devrait être développée pour les aménagements en altitude. Pouvant être localement abondante aux étages montagnard et subalpin, elle peut aussi être multipliée et transplantée à partir de la division de ses touffes, garantissant ainsi l'utilisation de souches locales et favorisant sa rapidité d'établissement.

La production en vue de la commercialisation de semences de fétuque ovine est soumise à une réglementation spécifique en France (chap. III.3.2.4).



Fig. 7 - Situation typique sur dalle calcaire.

# *Festuca nigrescens* Lam.

## Fétuque noirâtre

Poacées

### Description

- La fétuque noirâtre est une espèce vivace cespiteuse mesurant de 20 à 80 cm et formant des touffes denses (fig. 1).
- Les tiges, dressées à ascendantes, sont munies d'une souche courte entourée de gaines desséchées brun rougeâtre se décomposant généralement en réseau de fibres (fig. 2).
- Les feuilles caulinaires, planes, ou plus rarement canaliculées (en forme de V), sont larges de 1,5 à 2,5 mm. Les feuilles basales, filiformes, sont larges de 0,5 à 0,7 mm (fig. 3). Elles sont munies d'une gaine soudée sur toute leur longueur.
- L'inflorescence est une panicule dressée longue de 5 à 13 cm (fig. 4).
- Les épillets, verdâtres et généralement lavés de rouge ou de violet, sont longs de 6 à 10 mm (fig. 5). Les glumelles, ciliées sur le bord supérieur, sont munies d'une longue arête (fig. 6).
- La floraison a lieu de juin à août.
- Deux sous-espèces, dont la valeur systématique est parfois discutée, sont décrites :
  - subsp. **microphylla** aux feuilles glauques, scabres et à arête dépassant la moitié de la longueur de la glumelle ;
  - subsp. **nigrescens** aux feuilles vert foncé, lisses et à arête environ aussi longue que la moitié de la glumelle.



Fig. 1 - Port cespiteux.



Fig. 2 - Gaine basale se décomposant en réseau de fibres.



Fig. 3 - Feuilles basales filiformes.



Fig. 4 - Inflorescence en panicule dressée.



Fig. 5 - Épillets verdâtres généralement lavés de pourpre.

- La fétuque noirâtre fait partie du groupe des fétuques rouges (*F. rubra* aggr.) rassemblant de nombreuses espèces et sous-espèces morphologiquement proches. La fétuque rouge s. str. (*Festuca rubra* L.) se différencie de la fétuque noirâtre par la présence de fins rhizomes allongés traçants (plante formant des gazons et non des touffes).

### Distribution et vulnérabilité

La fétuque noirâtre est une espèce européenne présente des Pyrénées aux Carpates. Elle est relativement commune dans les Alpes du Nord.

La répartition des deux sous-espèces mentionnées est encore méconnue. La sous-espèce *microphylla*, plus rare que le type, est plus spécifiquement inféodée aux montagnes du Sud de l'Europe.

## Écologie

- La fétuque noirâtre est une espèce de pleine lumière des pelouses, prairies, landes et forêts claires acidophiles.
- Elle croît sur des sols généralement profonds, tourbeux ou limoneux, plus ou moins pauvres en éléments nutritifs, neutres à acides, frais à humides.
- Elle présente un optimum écologique dans les pâturages maigres acides d'altitude (*Nardion strictae* - fig. 7).
- Elle se développe de l'étage collinéen à l'étage alpin inférieur (jusqu'à 2 600 m) avec un optimum à l'étage montagnard.



Fig. 6 - Glumelles munies de longues arêtes.

## Utilisation en génie végétal

Les fétuques du groupe *rubra* (fétuques rouges au sens large) auquel appartient la fétuque noirâtre sont régulièrement employées pour l'ensemencement des prairies, talus routiers, berges de cours d'eau, pelouses et gazons. La fétuque noirâtre, encore assez peu utilisée dans le domaine de l'aménagement, est toutefois employée localement pour la stabilisation des sols érodés.

De par sa bonne capacité de dissémination et son système racinaire fasciculé ramifié, cette espèce permet une stabilisation rapide du sol après ensemencement. Elle couvre efficacement le sol, assurant ainsi une protection aussi bien contre les phénomènes de ruissellement que lors d'épisodes de crues.

Dotée d'une large amplitude écologique, elle est capable de se développer sur différents types de substrats, y compris sur matériaux drainants (fig. 1) pour peu qu'ils soient suffisamment riches en particules fines et dans diverses conditions d'exposition, aussi bien en sommet qu'en pied de berge. Contrairement à d'autres espèces du groupe *rubra* plus adaptées aux basses altitudes, la fétuque noirâtre peut être utilisée jusqu'à l'étage alpin (Krautzer *et al.* 2004).

La fétuque noirâtre assure ainsi une bonne complémentarité avec les légumineuses à racines pivotantes comme l'anhyllide vulnérable (*Anhyllis vulneraria*) ou le lotier corniculé (*Lotus corniculatus*), et d'autres graminées formant des touffes plus lâches ou des gazons comme la fétuque rouge (*Festuca rubra* s.str.), l'agrostide capillaire (*Agrostis capillaris*) ou le pâturin des prés (*Poa pratensis*). Dotée d'une croissance relativement lente, cette espèce structurante pourra être incorporée comme graminée dominante dans de nombreux mélanges grainiers avec des pourcentages pouvant dépasser 20 % en poids de graines.

Les fétuques rouges (au sens large) sont facilement disponibles dans le commerce mais leur identité taxonomique est quelquefois imprécise. Dans la majorité des cas, il s'agit de *F. rubra* subsp. *rubra*, produisant des gazons lâches. La fétuque noirâtre est toutefois disponible dans certaines pépinières spécialisées (culture effectuée à partir de souches alpines). Le taux moyen de germination de cette espèce en laboratoire est de 95 % (Peratoner et Spatz 2004). Pouvant être localement abondante aux étages montagnard et subalpin, elle peut aussi être multipliée et transplantée à partir de la division de ses touffes, garantissant ainsi l'utilisation de souches locales et favorisant sa rapidité d'établissement. Des essais de plantations de cette espèce réalisés sur de petites zones érodées en montagne à partir de cette technique, sous couvert d'une végétation pionnière préétablie, ont d'ailleurs donné d'excellents résultats (Florineth *in* Barker *et al.* 1995).

Il est important de noter que la production en vue de la commercialisation de semences de fétuque rouge est soumise à une réglementation spécifique en Europe et en France (chap. I.1.2.1 et III.3.3.4).



Fig. 7 - Situation typique en pelouse acidophile d'altitude (*Nardion strictae*).

# *Fraxinus excelsior* L.

## Frêne commun

Oléacées

### Description

- Le frêne commun est un arbre caducifolié à tronc droit et élancé pouvant atteindre 30 m de haut (fig. 1).
- L'écorce, d'abord lisse et verdâtre, se fissure et devient grise à beige (fig. 2). Les jeunes rameaux, opposés et plus ou moins aplatis, présentent de nombreuses cicatrices foliaires bien visibles (fig. 3).
- Les bourgeons sont globuleux, noirs, veloutés et mats, le terminal étant nettement plus gros que les axillaires (fig. 3).
- Les feuilles, opposées, sont imparipennées. Elles sont généralement composées de 9 à 15 folioles glabres, ovales à lancéolées, finement denticulées, subsessiles (fig. 4).
- Les fleurs, discrètes (sans calice ni corolle), sont rassemblées en thyrses terminaux denses (fig. 5). Les fleurs mâles, globuleuses, sont pourpre à noirâtres, les femelles, plus allongées, sont violacées.
- Les fruits (sames), formant parfois des bouquets denses pouvant réunir jusqu'à 150 éléments, sont pendants sur l'arbre et persistent durant l'hiver. Longs de 3 à 5 cm, ils sont composés d'une seule graine et d'une aile étroitement ovale (fig. 6).
- La floraison a lieu de mars à mai, bien avant la feuillaison.
- Le frêne à feuilles étroites (*F. angustifolia*) se distingue du frêne commun par ses bourgeons ordinairement bruns, ses folioles plus étroites, grossièrement et irrégulièrement dentées, généralement atténuées en coin à la base, ainsi que ses fruits disposés en grappes réunissant ordinairement moins de 20 éléments.



Fig. 1 - Port élancé.



Fig. 2 - Écorce du tronc grise à beige.



Fig. 3 - Bourgeon terminal nettement plus gros que les axillaires.



Fig. 4 - Feuille imparipennée.

- Le frêne orne (*F. ornus*) se distingue du frêne commun par ses bourgeons grisâtres, ses folioles plus larges, moins nombreuses (de 5 à 9 unités), nettement pétiolées, ainsi que ses fruits atténués en coin à la base.

### Distribution et vulnérabilité

Le frêne commun est une espèce européenne à large répartition. Elle est commune sur tout le territoire franco-suisse à l'exception de la région méditerranéenne.

Elle est très fréquente dans les Alpes du Nord.

## Écologie

- Le frêne commun est une espèce post-pionnière de pleine lumière ou de demi-ombre, se rencontrant dans différents types de boisements frais (chênaies, érablaies, frênaies, hêtraies, sapinières, boisements rudéraux), au bord des rivières et plans d'eau, dans les accrus et recrus forestiers (fig. 7).
- Il croît préférentiellement sur des sols profonds et riches en nutriments, basiques à légèrement acides, frais à humides, mais souvent bien drainés. Il présente un optimum sur des matériaux fins (argiles et limons), mais peut également se développer sur des substrats plus grossiers (cailloux ou blocs), notamment à l'étage montagnard.
- Il présente un optimum écologique au sein des frênaies alluviales (*Fraxinion*).
- Il se développe aux étages collinéen et montagnard (jusqu'à 1 500 m).



Fig. 5 - Inflorescences rassemblées en thyrses terminaux denses.

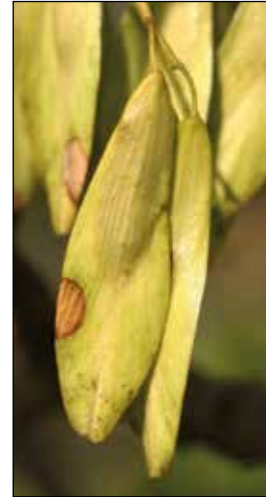


Fig. 6 - Samares pendants.

## Utilisation en génie végétal

Le frêne commun est une espèce déjà largement utilisée en génie végétal et dans les aménagements paysagers. Son bois souple et son système racinaire robuste et très ramifié (rapp. vol. syst. sout./aérien = 1,5) lui procurent une excellente résistance aux chocs et à l'arrachement. Sa rapidité de croissance et d'implantation lui permettent de protéger efficacement les sols contre l'érosion et les glissements de terrain (Kerr et Cahalan 2004). Dotée d'une très large amplitude écologique et d'une forte résistance au froid et à l'ombrage, cette espèce rustique peut être utilisée sur différents types de substrats et dans diverses conditions d'ensoleillement, jusqu'à 1 500 m d'altitude. Tolérante au sel, elle peut aussi être implantée à proximité immédiate de routes régulièrement salées l'hiver.

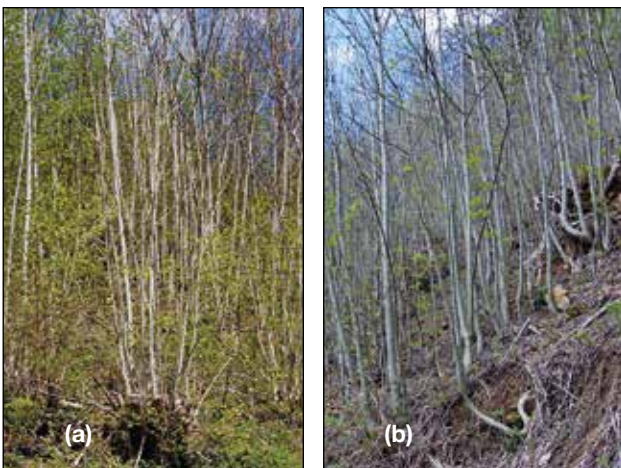


Fig. 7 - Deux aptitudes permettant au frêne de se développer sur des terrains instables à forte pente : (a) rejets de souche et (b) souplesse des tiges aériennes.

Bien qu'il puisse rejeter de souche (fig. 7a), son port arboré limite l'utilisation en pied de berge, car le tronc, rigide à l'état adulte, est susceptible de favoriser des turbulences. De plus, en situation escarpée, un grand frêne peut induire un effet de bras de levier, défavorable à la stabilité de la berge. En cépée, son port fourni permet toutefois de dissiper efficacement l'énergie du courant lors des crues. L'architecture de son système racinaire varie en fonction de la structure du sol (notamment selon la granulométrie) et peut ainsi être mixte (racines traçantes accompagnées de racines fasciculées) ou traçant. Sur des substrats grossiers, sa tendance à créer prioritairement des racines traçantes, notamment chez les individus âgés, nécessite de l'utiliser en association avec des espèces à enracinement plus profond.

Le frêne présentant une très faible aptitude à la multiplication végétative, il n'est pas possible de l'implanter sous forme de boutures, plançons ou couches de branches dans les aménagements. Les plants à racines nues, disponibles à faible coût dans de nombreuses pépinières, sont

à privilégier. Doté d'une bonne résistance à la transplantation et étant abondamment présent aux abords des rivières à l'étage montagnard, il est aussi possible de prélever des jeunes plants provenant de semis spontanés (fig. 7b), garantissant ainsi leur provenance locale et, potentiellement, leur vitalité.

Sa capacité à produire des racines adventives permet de l'intégrer dans les lits de plants et plançons ou les caissons en rondins végétalisés, du pied (s'il est entretenu en cépée) jusqu'au sommet de berge. Il peut être notamment associé à l'aulne blanc (*Alnus incana*), au bouleau pendant (*Betula pendula*), à l'érable sycomore (*Acer pseudoplatanus*), au merisier à grappes (*Prunus padus*) et à divers saules comme les saules poupre (*Salix purpurea*) ou noirissant (*S. myrsinifolia*). La qualité de son bois en fait aussi un excellent matériau pour la réalisation des ouvrages bois : seuils, caissons (moises et longrines), pieux pour ouvrages de pied de berge.

La production et la commercialisation de plants de frêne commun à des fins forestières sont soumises à une réglementation spécifique en France et en Suisse (chap. III.3.2.4).

# *Hippophae rhamnoides* L.

## Argousier

Éléagnacées

### Description

- L'argousier est un arbrisseau épineux caducifolié touffu atteignant 5 m de haut et présentant de nombreux drageons (fig. 1).
- L'écorce est grise à argentée. Les tiges, dressées et très ramifiées, donnent naissance à des rameaux courts épineux (fig. 2). Les jeunes rameaux, orangés ou beiges à brun foncé, sont ponctués de roux (fig. 3).
- Les bourgeons, globuleux et bosselés, sont alternes, marron à orangés et ponctués de brun (fig. 3).
- Les feuilles, oblongues à lancéolées, mesurent de 2 à 7 cm de long. Elles sont vert sombre et ponctuées de gris dessus (fig. 4), gris argenté et ponctuées de roux au revers (fig. 5).
- Les fleurs, tubulaires et lobées, sont très petites (3 mm) et présentent deux sépales verdâtres. Les fleurs mâles sont disposées en courts chatons brunâtres sessiles, les femelles verdâtres étant solitaires ou disposées en petites grappes pauciflores.
- Les baies, globuleuses, sont orange ou jaunâtres et mesurent de 7 à 8 mm de diamètre à maturité (fig. 6).
- La floraison a lieu de mars à avril, avant l'apparition des feuilles.



Fig. 4 - Feuille vert sombre ponctuée de gris sur la face supérieure.



Fig. 5 - Feuille gris argenté ponctuée de roux au revers.



Fig. 1 - Port buissonnant dense.



Fig. 2 - Rameau épineux.



Fig. 3 - Bourgeons globuleux et bosselés.

- Deux sous-espèces sont actuellement décrites : subsp. *fluviatilis* et subsp. *rhamnoides*. Seule la première est présente dans les Alpes du Nord.
- L'argousier peut difficilement être confondu avec d'autres espèces, si ce n'est avec les saules à feuilles étroites (*S. elaeagnos*, *S. rosmarinifolia*, etc.) qui s'en distinguent par l'absence de rameaux épineux.

### Distribution et vulnérabilité

L'argousier est une espèce eurasiatique à large distribution en Europe.

La sous-espèce *rhamnoides*, d'affinité atlantique, est propre aux arrières dunes littorales du Nord-Ouest de la France.

La sous-espèce *fluviatilis* est assez commune dans les bassins versants du Rhône et du Rhin. Elle est assez fréquente aux abords des torrents alpins et dans certains ravins des Alpes du Nord, notamment en zone intra-alpine. Elle est plus rare ailleurs, souvent naturalisée ou subspontanée. Elle est protégée dans le canton de Vaud.



## Écologie

- L'argousier est une espèce pionnière de pleine lumière des bords de torrents, terrasses alluviales, pelouses sèches, fourrés xérophiles et lisières.
- Il croît préférentiellement sur alluvions pauvres en sédiments fins (sables, graviers, galets) et apprécie les sols secs à temporairement humides, neutres à basiques et riches en nutriments (azote notamment). Tolérant les variations d'humidité du sol, il supporte toutefois mal les sécheresses intenses et prolongées.
- Il présente un optimum écologique dans les fourrés xérophiles (*Berberidion*) et les saulaies alluviales sur matériaux grossiers (*Salicion elaeagni*), notamment la saulaie à argousier (*Salici-Hippophaetum* – fig. 7).
- Il se développe de l'étage collinéen à l'étage subalpin inférieur (jusqu'à 1 800 m).



Fig. 6 - Baies orange globuleuses.

## Utilisation en génie végétal

L'argousier est une espèce largement utilisée en aménagement, notamment pour l'ornement (parcs, jardins, talus autoroutiers), la création de haies et la stabilisation des terrains de montagne soumis à l'érosion.

Tout comme les fabacées, cette espèce a la capacité de fixer l'azote atmosphérique (nodosités à bactéries fixatrices d'azote) permettant d'enrichir rapidement le sol et favorisant la croissance des autres plantes (Stewart et Pearson 1967). Sa ramure souple, son aptitude au drageonnement et son enracinement traçant et ramifié (rapp. vol. syst. sout./aérien = 1) lui procurent une résistance élevée à l'arrachement lors de crues ou de glissements de terrain (Schiechtel 1973). Capable de résister à des inondations comme à des sécheresses temporaires, il peut être utilisé sur toute la hauteur de la berge, sur des substrats grossiers et très drainants. Il est aussi tolérant au sel, ce qui permet une implantation à proximité immédiate de routes régulièrement déneigées l'hiver. De par sa fructification abondante (nombreuses baies orange très appréciées des oiseaux), son intégration dans les ouvrages permet aussi d'améliorer la qualité paysagère et écologique des aménagements.



Fig. 7 - Situation typique en compagnie du saule drapé (*Salici-Hippophaetum*).

Malgré un taux de reprise au bouturage élevé en laboratoire (jusqu'à 95 % de réussite avec de meilleurs résultats enregistrés au printemps sur de jeunes rameaux – Li et Beveridge 2004), l'utilisation de boutures dans les aménagements reste difficile en raison de leur faible capacité à produire des racines les premières années et du caractère aléatoire de leur survie (la disponibilité en eau et les températures du premier hiver étant des facteurs limitants). Cette technique mérite toutefois d'être testée expérimentalement. L'argousier peut également être multiplié à partir de drageons ou de boutures de racines. Ces techniques étant toutefois peu applicables en génie végétal, l'utilisation de plants en racines nues devra être privilégiée. Différentes expériences ont également montré que les graines d'argousier présentent un taux de germination élevé (90 % sur graines non stratifiées semées en automne – Rousseau 2002). La germination de cette espèce étant épigée, il suffit alors de disposer les fruits à la surface du sol, de les recouvrir de moins de 1 cm de substrat et de les protéger par un géotextile (Busing et Slabaugh 2008). Cette technique offre l'avantage de n'utiliser que des souches locales.

L'argousier peut être intégré dans les lits de plants et plançons ou les caissons en rondins végétalisés. En sommet de berge sur substrat drainant, il peut notamment être associé à l'épine-vinette (*Berberis vulgaris*), à l'amélanchier (*Amelanchier ovalis*), au troène (*Ligustrum vulgare*), à la viorne lantane (*Viburnum lantana*) ou à divers saules tolérant la sécheresse comme les saules drapé (*Salix elaeagnos*), faux daphné (*S. daphnoides*) ou pourpre (*S. purpurea*). En pied de berge, il s'accommodera parfaitement avec la myricaire (*Myricaria germanica*), les saules pourpre ou noircissant (*S. myrsinifolia*) avec lesquels il se retrouve fréquemment en milieu naturel.

Cette espèce est disponible dans de nombreuses pépinières, mais, compte tenu de la présence de plusieurs cultivars ornementaux, une attention particulière devra être portée à l'origine des plants.

L'argousier bénéficie d'un statut de protection totale dans certains cantons suisses (Vaud).

# *Laburnum alpinum* (Mill.) Bercht. & J. Presl

## Cytise des Alpes

Fabacées

### Description

- Le cytise des Alpes est un arbuste caducifolié aux tiges dressées pouvant atteindre 7 m de haut (fig. 1).
- L'écorce, vert brunâtre, lisse et pourvue de nombreuses lenticelles grisâtres (fig. 2), se fissure avec l'âge. Les jeunes rameaux, vert clair, sont glabres à la base et légèrement velus à l'extrémité (fig. 3).
- Les bourgeons, ovoïdes à coniques, sont composés d'écailles brun-vert clair pourvues de nombreux poils argentés (fig. 3).
- Les feuilles, trifoliolées, vert foncé et luisantes à la face supérieure (surtout à l'état jeune – fig. 4), sont munies de poils allongés épars (plus de 1 mm) à la marge et sur le pétiole. Elles sont vert clair au revers et généralement munies de quelques poils aux abords des nervures (fig. 5). Les folioles sont ovales à elliptiques.
- Les fleurs, longues de 13 à 19 mm, jaunes et odorantes, sont regroupées en grappes grêles et pendantes mesurant 18 à 40 cm (fig. 6). Le calice est velu.
- Les gousses, luisantes et glabres, mesurent de 2 à 5 cm et possèdent une suture ailée large de 2 mm (fig. 7).



Fig. 1 - Arbuste aux tiges dressées.



Fig. 2 - Écorce vert brunâtre pourvue de nombreuses lenticelles grisâtres.



Fig. 3 - Jeune rameau vert clair, légèrement velu à l'extrémité.



Fig. 4 - Feuille vert foncé, luisante à la face supérieure.



Fig. 5 - Feuilles vert clair au revers et munies de quelques poils aux abords des nervures.

- La floraison a lieu de mai à juillet.
- Le cytise aubour (*L. anagyroides*) se différencie du cytise des Alpes par ses feuilles mates à la face supérieure, ses gousses et ses rameaux nettement velus, une pilosité plus courte, ainsi que ses inflorescences moins allongées (mesurant ordinairement moins de 15 cm).

### Distribution et vulnérabilité

Le cytise des Alpes est une espèce sud-européenne montagnarde assez rare sur l'ensemble du territoire franco-suisse. Elle est uniquement présente dans les Alpes et le Jura.

Dans les Alpes du Nord, elle est globalement peu fréquente et très localisée. Elle peut toutefois former de vastes populations de plusieurs milliers de pieds sur certains secteurs.

## Écologie

- Le cytise des Alpes est une espèce pionnière de pleine lumière ou de demi-ombre se rencontrant dans des fourrés montagnards (fig. 8) ou en lisière forestière (hêtraies et pessières principalement, parfois mélézins).
- Il croît préférentiellement sur des substrats grossiers (blocs, galets, graviers), calcaires et peu profonds, pauvres en éléments nutritifs, basiques à légèrement acides, mais peut aussi se retrouver sur sédiments fins (argiles de décarbonatation et limons).
- Il présente un optimum écologique au sein des fourrés xérophiles (*Berberidion*) à mésophiles (*Corylo-Populion*).
- Il se développe de l'étage collinéen à l'étage subalpin inférieur (de 400 à 1 900 m) avec un optimum à l'étage montagnard.



Fig. 6 - Inflorescence en grappe grêle et pendante.



Fig. 7 - Gousses luisantes et glabres.

## Utilisation en génie végétal

Le cytise des Alpes est utilisé dans les aménagements, notamment en ornement et pour la stabilisation de terrains en zone de montagne.

L'élasticité et la densité de ses tiges lui permettent de résister à des charges importantes et, ainsi, de protéger rapidement les terrains en pente soumis aux risques d'érosion et de glissement de surface. L'important pouvoir de succion de ses racines lui permet de drainer efficacement le sol et ainsi de limiter la création de loupes de glissement. Comme toutes les légumineuses, sa capacité à fixer l'azote atmosphérique permet d'enrichir rapidement le sol, favorisant ainsi la croissance des autres plantes. Par ses fleurs jaunes mellifères, son intégration dans les ouvrages permet aussi d'améliorer la qualité paysagère et écologique des sites.



Fig. 8 - Situation typique sur pente rocheuse bien exposée.

Tolérant le gel, la sécheresse et les sols pauvres en éléments nutritifs, le cytise des Alpes peut être largement utilisé aux abords des rivières de montagne, notamment sur des substrats bruts très drainants jusqu'à 1 900 m. Doté d'un système racinaire relativement superficiel bien que très étendu (Kutschera et Lichtenegger 2002) et d'une faible tolérance aux immersions prolongées, il ne convient pas pour une implantation en pied de berge.

Le cytise des Alpes est disponible dans le commerce sous forme de graines, de plants en racines nues ou en motte. Compte tenu de l'existence de plusieurs cultivars ornementaux (« *Pendulum* » et « *Pyramidale* » notamment), une attention particulière devra être portée à la provenance des plants. Il est aussi possible de le bouturer (taux de reprise supérieur à 70 % à la fin de l'été – Graf *et al.* 2003). Si cette technique présente l'avantage d'implanter des souches locales adaptées aux conditions stationnelles, il est en revanche parfois difficile de trouver des populations suffisamment importantes pour prélever le matériel nécessaire à proximité des chantiers. Les plants ainsi créés présentent également l'inconvénient d'avoir une faible production racinaire les premières années, ce qui peut poser des problèmes pour la stabilisation des couches supérieures du sol après travaux.

Capable de produire des racines adventives, le cytise des Alpes peut être utilisé dans différents types d'aménagements comme les lits de plants et plançons, les caissons en rondins végétalisés ou encore les couches de branches à rejets. On privilégiera toutefois son implantation sur les couches supérieures pour ces ouvrages ou encore dans les plantations de sommet de berge. Il peut notamment être associé à l'argousier (*Hippophae rhamnoides*), à l'alisier de Mougeot (*Sorbus mougeotii*), à l'épine-vinette (*Berberis vulgaris*), à l'érable sycomore (*Acer pseudoplatanus*), au sorbier des oiseleurs (*Sorbus aucuparia*) ou encore au saule appendiculé (*Salix appendiculata*).

# *Leontodon hispidus* L.

## Liondent hispide

Astéracées

### Description

- Le liondent hispide est une espèce vivace mesurant de 10 à 60 cm (fig. 1).
- Les tiges, simples et monocéphales, sont velues ou glabres selon les sous-espèces. Elles sont nues ou munies de 1 à 3 écailles foliacées dans la partie supérieure et souvent épaissies sous le capitule (fig. 2).
- Les feuilles, disposées en rosette basale (fig. 1), sont oblongues à lancéolées et plus ou moins découpées selon les sous-espèces (fig. 3 et 4).
- Les fleurs, toutes ligulées, jaunes, sont disposées en capitule penché avant floraison (fig. 2). Le réceptacle est dépourvu de paillettes. L'involucre, long de 1 à 2 cm, est parsemé de poils très courts.
- Les akènes, glabres, mesurent 4 à 8 mm de long et sont surmontés d'un faisceau blanc à brunâtre de soies (aigrettes) dont les intérieures sont plumeuses (fig. 5).
- La floraison a lieu de juin à octobre.
- Le liondent hispide est une espèce très polymorphe comprenant six sous-espèces considérées parfois comme des espèces ou des variétés selon les auteurs. Quatre sont particulièrement adaptées pour une utilisation en génie végétal :
  - subsp. **hastilis** aux feuilles glabres grossièrement dentées (fig. 3) et tige grêle allongée (au moins 2 fois plus longues que les feuilles) ;
  - subsp. **hispidus** se distinguant de la précédente par ses feuilles nettement velues ;



Fig. 3 - Feuille grossièrement dentée (subsp. *hastilis*).



Fig. 4 - Feuille à divisions étroites (subsp. *hyoseroides*).



Fig. 1 - Port (subsp. *hyoseroides*).



Fig. 2 - Capitule penché avant floraison.

- subsp. **hyoseroides** aux feuilles glabres pennatifides à pennatiséquées à divisions étroites (fig. 4), rougeâtres à la base ;
  - subsp. **pseudocrispus** se distinguant de la précédente par ses feuilles ondulées-crêpues, nettement velues.
- À noter la présence de deux autres sous-espèces non décrites ici : subsp. **alpinus** et subsp. **opimus**.

### Distribution et vulnérabilité

Le liondent hispide est une espèce européenne. Les différentes sous-espèces ont des distributions sensiblement différentes.

La sous-espèce *hastilis*, centre-européenne, est encore méconnue dans les Alpes du Nord. Elle est fréquente localement.

La sous-espèce *hispidus*, européenne, est très commune dans les Alpes du Nord.

La sous-espèce *hyoseroides*, des montagnes sud-européennes (des Alpes aux Carpates), est assez commune localement dans les secteurs supraforestiers du Nord des Alpes.

La sous-espèce *pseudocrispus*, centre et ouest-alpine, est assez commune sur le secteur.

## Écologie

- Le liondent hispide est une espèce de pleine lumière se développant aussi bien en milieux herbacés (prairies grasses ou tourbeuses, pâturages, pelouses) qu'en milieux rocheux (éboulis, alluvions, rochers, etc.).
- Il croît sur des substrats généralement calcaires, plus ou moins grossiers (limons, sables, graviers, cailloux, blocs), assez riches en nutriments, secs à humides et plutôt neutres.
- La sous-espèce *hastilis* présente un optimum écologique dans les saulaies alluviales sur matériaux grossiers (*Salicion elaeagni*) de l'étage collinéen à l'étage subalpin (fig. 6a).
- La sous-espèce *hispidus* présente un optimum dans les prairies et pâturages gras (*Arrhenatheretalia*) de l'étage collinéen à l'étage subalpin.
- Les sous-espèces *hyoseroides* et *pseudocrispus* présentent un optimum au sein des éboulis calcaires frais (*Petasition paradoxii*) ou secs (*Stipion calamagrostis*) de l'étage montagnard à l'étage alpin (fig. 6b).



Fig. 5 - Akènes surmontés d'aigrettes.

## Utilisation en génie végétal

Le liondent hispide (*L. hispidus*) est une espèce présente dans de nombreux mélanges grainiers (type « prairies fleuries » ou « gazons fleuris ») utilisés pour les ensemencements des parcs, talus autoroutiers et pistes de ski.

De par sa large répartition altitudinale (collinéen à alpin) et sa tolérance à la sécheresse, cette espèce peut être utilisée dans un grand nombre de situations, notamment sur des substrats bruts très drainants (fig. 6) aux étages montagnard et subalpin. Il faut toutefois veiller à ne pas l'utiliser sur des sols trop acides ou en conditions ombragées.

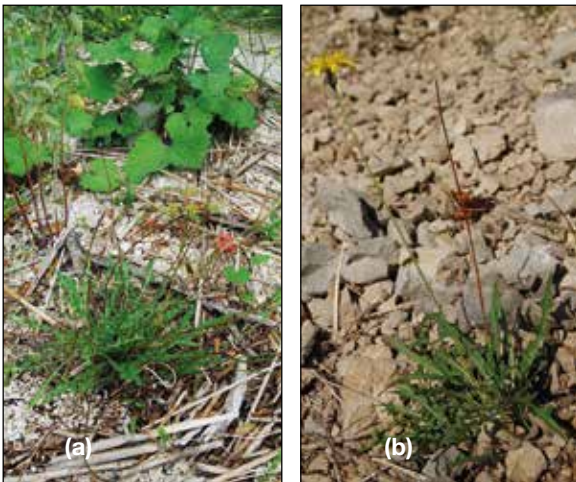


Fig. 6 - Deux situations typiques sur matériaux grossiers : (a) subsp. *hastilis* sur alluvions et (b) subsp. *hyoseroides* sur éboulis calcaires.

subsp. *rhaeticum*) ou le trèfle brun (*Trifolium badium*). Sur substrats plus grossiers, les sous-espèces *hastilis*, *hyoseroides* et *pseudocrispus* pourront être associées à la calamagrostide argentée (*Achnatherum calamagrostis*), à l'épilobe à feuilles de romarin (*Epilobium dodonaei*), au pétasite paradoxal (*Petasites paradoxus*), à la valériane des montagnes (*Valeriana montana*) ou au tussilage (*Tussilago farfara*).

Le liondent hispide est disponible dans le commerce sous forme de graines ou de plants en pots sans toutefois pouvoir certifier de quelle sous-espèce il s'agit (probablement majoritairement la subsp. *hispidus*). La commercialisation des sous-espèces *hastilis*, *hyoseroides* et *pseudocrispus*, plus résistantes à la sécheresse, devrait être développée.

Son système racinaire pivotant pouvant atteindre 50 cm de longueur lui permet de s'ancrer profondément dans le sol, créant ainsi une bonne complémentarité avec les autres espèces herbacées à système racinaire fasciculé. La production de rosettes de feuilles plaquées sur le sol et sa capacité à produire des racines latérales par croissance clonale (rapp. vol. syst. sout./aérien = 2,8 – Schiechtl 1973) lui confèrent une résistance importante à l'arrachement lors des crues.

Supportant mal la concurrence des autres espèces herbacées (notamment celle des fléoles), le recouvrement du liondent hispide a tendance à diminuer lorsque le couvert végétal augmente. Il offre toutefois une bonne capacité de dissémination les premières années et s'installe rapidement dans les vides créés par d'éventuelles lacunes de l'ensemencement. Son taux de germination élevé lui permet en effet d'occuper rapidement les trouées laissées par les semences à développement plus lent (Isselin-Nondedeu 2005).

Sur matériaux fins, la sous-espèce *hispidus* pourra être associée à d'autres espèces prairiales comme le pâturin des Alpes (*Poa alpina*), la fléole des Alpes rhétiques (*Phleum alpinum*).

# *Lotus corniculatus* L.

## Lotier corniculé

Fabacées

### Description

- Le lotier corniculé est une espèce herbacée vivace haute de 5 à 40 cm (fig. 1).
- Les tiges, ascendantes ou dressées, sont pleines et anguleuses. Elles sont glabres à nettement velues selon les sous-espèces.
- Les feuilles sont composées de 3 folioles supérieures obovales, oblancéolées ou oblongues et de deux stipules ovales, simulant des folioles (fig. 2). Elles sont ordinairement glabres et ciliées à la marge, parfois à pilosité étalée.
- Les fleurs, jaunes à orange, généralement lavées de rouge avant la floraison, sont solitaires ou rassemblées par 2 à 8 en glomérules ombelliformes longuement pédonculés (fig. 3). L'extrémité de la carène est terminée par un bec ascendant (fig. 4).
- Les gousses, droites, mesurent de 1,5 à 3,5 cm (fig. 5).
- La floraison a lieu de mai à septembre.
- Le lotier corniculé est une espèce très polymorphe comprenant quatre sous-espèces, parfois considérées comme des espèces à part entière par certains auteurs :



Fig. 1 - Port (subsp. *corniculatus*).



Fig. 2 - Feuille trifoliée accompagnée de 2 stipules simulant des folioles (subsp. *corniculatus*).



Fig. 3 - Inflorescence regroupant 3 à 8 fleurs (subsp. *corniculatus*).



Fig. 4 - Inflorescence regroupant moins de 3 fleurs (subsp. *alpinus*).

- subsp. **alpinus** (lotier des Alpes) de petite taille (moins de 10 cm), aux fleurs peu nombreuses (souvent moins de trois) devenant orange (fig. 4) et montrant une carène à pointe pourpre foncé ;
- subsp. **corniculatus** (lotier corniculé) glabre ou peu velue, comportant de 3 à 8 fleurs jaunes (fig. 3) et à pointe de la carène jaune ou rougeâtre ;
- subsp. **tenuis** (lotier glabre) se différencie du type par ses folioles linéaires à lancéolées plus étroites (moins de 4 mm) ;
- subsp. **valdepilosus** (lotier hirsute) velue à pilosité étalée, parfois dense, et silhouette souvent plus grêle.

### Distribution et vulnérabilité

La sous-espèce *alpinus* est présente dans les montagnes sud-européennes. Elle est commune dans les secteurs supraforestiers nord-alpins.

La sous-espèce *corniculatus* est présente dans toute l'Eurasie et en Afrique septentrionale. Elle est très commune dans les Alpes du Nord.

La sous-espèce *valdepilosus*, de distribution sud-européenne, est commune dans les vallées intra-alpines et plus ponctuelle ailleurs.

La sous-espèce *tenuis*, d'affinité méridionale, est présente en Eurasie et en Afrique septentrionale. Elle est rare dans les Alpes du Nord.

## Écologie

- Le lotier corniculé (*Lotus corniculatus*) est une espèce de pleine lumière se rencontrant le plus souvent dans les milieux herbacés, mais également dans les milieux rudéraux (sur substrat sablo-graveleux) et sur alluvions (fig. 6).
- Il croît sur divers types de matériaux, frais à moyennement secs, basiques à légèrement acides (fig. 6 et 7).
- La sous-espèce *alpinus* présente un optimum écologique dans les pelouses subalpines et alpines calcicoles sèches (*Elyno-Seslerietea*) aux étages subalpin et alpin (jusqu'à 3 000 m).
- La sous-espèce *corniculatus* présente un optimum au sein des pelouses sèches (*Festuco-Brometea*) et prairies grasses (*Molinio-Arrhenatheretea*) de l'étage collinéen à l'étage subalpin inférieur (jusqu'à 2 000 m).
- La sous-espèce *tenuis* présente un optimum au sein des prairies humides s'asséchant temporairement (*Molinion*) aux étages collinéen et montagnard inférieur.
- La sous-espèce *valdepilosus* se développe dans les pelouses sèches (*Festuco-Brometea*) aux étages collinéen et montagnard (jusqu'à 1 700 m).



Fig. 5 - Gousses droites (subsp. *corniculatus*).



Fig. 6 - Situation en contexte alluvial sur matériaux grossiers (subsp. *alpinus*).

## Utilisation en génie végétal

Le lotier corniculé (*Lotus corniculatus*) est largement employé dans les mélanges grainiers pour l'ensemencement des prairies, des talus autoroutiers, des berges de rivières et pistes de ski.

De par son développement rapide, son enracinement profond (système racinaire pivotant pouvant atteindre 1 m) et la densité de ses tiges aériennes, cette espèce offre une bonne résistance à la traction et assure une protection rapide des couches superficielles du sol. Comme toutes les fabacées, sa capacité à fixer l'azote atmosphérique permet d'enrichir rapidement le substrat, favorisant ainsi la croissance des autres plantes.

De par ses fleurs jaunes très attractives pour les insectes, son intégration dans les ouvrages permet d'améliorer la qualité paysagère et écologique des aménagements. Sa large amplitude altitudinale, sa tolérance au froid et à la sécheresse

sont des arguments de choix pour une utilisation en rivière de montagne, notamment la sous-espèce *alpinus* plus adaptée pour les aménagements alluviaux à plus de 1 500 m d'altitude. Il convient parfaitement en association avec des graminées au système racinaire de type fasciculé telles que le pâturin des Alpes (*Poa alpina*), la canche cespiteuse (*Deschampsia cespitosa*), la calamagrostide bigarrée (*Calamagrostis varia*), la fléole des Alpes (*Phleum alpinum*) ou la séslerie bleuâtre (*Sesleria caerulea*), dont il favorise la croissance et assure une complémentarité à l'enracinement et à la couverture végétale. Il peut aussi être associé à d'autres fabacées comme l'anthyllide alpestre (*Anthyllis vulneraria* subsp. *alpestris*), le trèfle brun (*Trifolium badium*) ou le trèfle de Thal (*Trifolium thalii*) avec lesquelles il se retrouve fréquemment en milieu naturel.

L'utilisation régulière de cette espèce dans les aménagements et la présence de nombreux cultivars dans le commerce ont eu pour effet de créer de nombreuses hybridations et introgressions avec des souches non alpines. Il est donc important, à l'avenir, de privilégier l'utilisation de souches locales dans les ouvrages afin de limiter ces phénomènes et de favoriser la rapidité d'établissement des graines. Les sous-espèces *alpinus* et *corniculatus* sont disponibles dans le commerce et sont parfois intégrées par défaut dans certains mélanges grainiers.

La production en vue de la commercialisation de semences de lotier corniculé est soumise à une réglementation spécifique en France (chap. III.3.2.4).



Fig. 7 - Situation sur matériaux graveleux-terreux (subsp. *alpinus*).

# *Myricaria germanica*

(L.) Desv.

## Myricaire

Tamaricacées

### Description

- La myricaire est un arbrisseau élané formant généralement des buissons denses atteignant parfois 2,5 m (fig. 1).
- Les rameaux, grêles et flexibles, sont dressés. Initialement verts, ils deviennent pourpres à rosés avec l'âge (fig. 2).
- Les bourgeons, glabres et globuleux, atteignent 3 mm de diamètre. Les écailles, nombreuses, sont marron à verdâtres et pourvues d'une marge plus claire (fig. 2).
- Les feuilles sont glauques. Celles des rameaux principaux, linéaires à lancéolées, atteignent 1 cm et sont rapidement caduques (fig. 3). Celles des rameaux axillaires, en forme d'écailles plus ou moins imbriquées, mesurent moins de 4 mm.
- Les fleurs, brièvement pédicellées, de couleur rose pâle, sont rassemblées en grappes terminales longues de 3 à 15 cm (fig. 4). Elles sont composées de 5 pétales d'environ 4 mm de long, de 5 sépales et de 10 étamines soudées (fleurs pentamères).
- Les capsules, piriformes, longues de 8 à 12 mm, sont grises à verdâtres (fig. 5). Les graines sont munies d'aigrettes pédicellées.
- La floraison a lieu de mai à juillet.
- La myricaire peut éventuellement être confondue avec les tamaris (*Tamarix spp.*). Ces derniers, d'affinité littorale, ne sont toutefois pas spontanés dans les Alpes du Nord (ils sont parfois plantés à proximité des habitations).



Fig. 1 - Port buissonnant.



Fig. 2 - Bourgeons glabres et globuleux.



Fig. 3 - Feuilles glauques, linéaires à lancéolées.



Fig. 4 - Fleurs rassemblées en grappe terminale.



Fig. 5 - Capsules piriformes.

### Distribution et vulnérabilité

La myricaire est une espèce eurasiatique peu fréquente, dispersée sur l'ensemble des massifs montagneux du territoire franco-suisse.

Elle est rare dans les Pyrénées, aux abords du Rhin, dans le Jura et sur le Plateau suisse. Elle est plus fréquente dans les Alpes où elle demeure toutefois assez localisée.

Dans les Alpes du Nord, elle peut être localement abondante, mais est globalement peu fréquente et dispersée (abords de l'Arve, de l'Arc, de l'Isère, du Drac, du Giffre, du Rhône, du Trient, de la Navisence, de la Borgne, etc.).



## Écologie

- La myricaie est une espèce pionnière de pleine lumière, des terrasses alluviales (lit majeur) des rivières et torrents de montagne (fig. 6).
- Elle se développe sur des substrats alluviaux plutôt grossiers (sables, graviers, galets), assez riches en nutriments, à humidité variable, soumis à des crues régulières, neutres à basiques. La survie des plantules est toutefois conditionnée à la présence de matériaux fins et humides.
- Elle trouve son optimum écologique au sein des saulaies alluviales sur matériaux grossiers (*Salicion elaeagni*) et dans les communautés herbacées riveraines d'altitude (*Epilobion fleischeri*).
- Elle se rencontre de l'étage collinéen à l'étage subalpin (jusqu'à 2 100 m) avec un optimum à l'étage montagnard.



Fig. 6 - Situation typique sur banc d'alluvions à l'étage subalpin.

## Utilisation en génie végétal

La myricaie est une espèce à fort potentiel pour le génie végétal même si elle est encore assez peu utilisée dans ce domaine. Elle colonise naturellement les terrasses alluviales de l'étage montagnard et forme souvent des colonies denses à proximité immédiate du lit mineur.

Adaptée aux substrats alluviaux grossiers, cette espèce peut être utilisée sur des matériaux bruts drainants, à condition d'être implantée en pied de berge, à proximité de la nappe. Dans cette situation, son port buissonnant fourni et la souplesse de ses tiges aériennes lui permettent de dissiper efficacement l'énergie du courant (fig. 7) et de piéger les sédiments fins (espèce tolérant un ensevelissement important). Son système racinaire profond lui offre une bonne résistance aux forces d'arrachement et favorise le maintien des couches superficielles du sol. La myricaie est capable de supporter de longues et intenses périodes de sécheresse à condition que son système racinaire soit suffisamment développé.



Fig. 7 - Situation en pied de berge.

Cette espèce offre un très bon taux de reprise en reproduction végétative (plus de 80 % en pied de berge). Elle peut ainsi être utilisée sous forme de boutures ou de plançons dans divers types d'aménagements comme les caissons en rondins végétalisés, les lits de plants et plançons, les boutures ou les ramilles anti-affouillement. Les boutures supportent toutefois mal les sécheresses prolongées après leur plantation (Lavaine *et al.* 2011). Il est ainsi préconisé, le cas échéant, de les arroser abondamment en début de reprise végétative. Compte tenu du faible diamètre de ses rameaux, le bouturage demeure assez aléatoire et le matériel végétal requis (rameaux de plus de 25 cm) est rarement abondant aux abords des chantiers.

La myricaie peut être utilisée jusqu'à 2 000 m en complément des saules se développant sur des matériaux grossiers (*Salix daphnoides*, *S. elaeagnos*, *S. myrsinifolia* et *S. purpurea* notamment), favorisant ainsi la diversification spécifique au sein des aménagements. Elle présente toutefois une plus faible compétitivité que ces derniers qui produisent plus de biomasse aérienne, notamment à partir de boutures. Il est ainsi préconisé de l'utiliser avec des densités importantes, en pied de berge dans des zones très perturbées, afin de limiter la compétition des autres espèces ligneuses. Elle peut enfin être insérée sous forme de ramilles vivantes plaquées au sol à l'horizontal sous une fascine morte ou sous un enrochement de pied de berge.

La myricaie est disponible dans certaines pépinières, mais provient souvent de populations asiatiques. L'utilisation de boutures issues de populations naturelles proches des chantiers devra donc être privilégiée, garantissant ainsi l'implantation de souches locales.

La myricaie bénéficie d'un statut de protection totale dans certains cantons suisses (Genève et Vaud).

# *Onobrychis montana* DC.

## Sainfoin des montagnes

Fabacées

### Description

- Le sainfoin des montagnes est une espèce vivace cespiteuse mesurant généralement moins de 30 cm (fig. 1).
- Les tiges, couchées à ascendantes, sont courtes et pubescentes. Les stipules, membraneuses, sont nettement soudées à la base et terminées par une longue pointe fine.
- Les feuilles, imparipennées, sont composées de 9 à 17 folioles étroitement elliptiques (fig. 2).
- Les fleurs, rose, veinées de pourpre, sont rassemblées en grappes courtes et denses présentant une silhouette pyramidale à ovoïde en début de floraison (fig. 3), s'allongeant à la fructification. L'étendard, plus court que la carène, est généralement plus pâle que celle-ci (fig. 4). Les ailes sont ordinairement aussi longues que le calice.
- Les fruits sont des gousses ovoïdes et comprimées mesurant 6 à 8 mm de diamètre. Elles sont alvéolées, pubescentes et munies de pointes longues de 0,5 à 1,5 mm (fig. 5).
- La floraison a lieu de juin à août.



Fig. 1 - Port cespiteux.



Fig. 2 - Feuille imparipennée.



Fig. 3 - Fleurs rassemblées en grappe courte et dense.



Fig. 4 - Fleurs à étendard plus court que la carène.



Fig. 5 - Gousse ovoïde, comprimée et alvéolée.

- Le sainfoin à feuilles de vesce (*Onobrychis viciifolia*) se distingue du sainfoin des montagnes par un port dressé, des fleurs à étendard égalant ou dépassant la carène, des ailes plus courtes que le calice et des gousses munies de pointes mesurant moins de 0,5 mm. À l'étage montagnard, on observe régulièrement des introgressions entre ces deux espèces. Il en résulte de nombreuses plantes à la morphologie intermédiaire, notamment entre 1 000 et 1 500 m.

### Distribution et vulnérabilité

Le sainfoin des montagnes est une espèce sud-européenne montagnarde. En France et en Suisse, il est surtout présent dans les Alpes et beaucoup plus rare dans le Jura.

Il est commun dans les secteurs périalpins et intra-alpins des Alpes du Nord.

## Écologie

- Le sainfoin des montagnes est une espèce de pleine lumière se développant préférentiellement dans les prairies, pelouses et pâturages de montagne (fig. 6), ainsi que sur les terrasses alluviales.
- Il croît indifféremment sur divers types de matériaux (argiles, limons, sables, graviers, cailloux), généralement calcaires et plutôt secs (fig. 7), neutres à basiques.
- Il présente un optimum écologique dans les pelouses subalpines et alpines calcicoles sèches (*Elyno-Seslerietea*).
- Il se développe de l'étage montagnard à l'étage alpin inférieur (jusqu'à 2 500 m) avec un optimum à l'étage subalpin.



Fig. 6 - Situation en pelouse sèche montagnarde intra-alpine (*Mesobromion*).

## Utilisation en génie végétal

Contrairement au sainfoin à feuilles de vesce, présent dans de nombreux mélanges grainiers, le sainfoin des montagnes n'est pas encore utilisé en génie végétal. Il offre toutefois de réelles potentialités dans ce domaine.

Comme toutes les fabacées, sa capacité à fixer l'azote atmosphérique permet d'enrichir rapidement le substrat, favorisant ainsi la croissance des autres plantes. De par son système racinaire pivotant profondément ancré et la densité de ses tiges aériennes, cette espèce offre une bonne résistance à la traction et assure une protection rapide des couches superficielles du sol. Son port rampant et son importante capacité de dissémination lui permettent de couvrir rapidement le sol après ensemencement (fig. 7).

Sa large amplitude altitudinale, sa tolérance au froid et à la sécheresse permettent de l'utiliser jusqu'à 2 500 m sur des substrats bruts très drainants. De par ses fleurs roses très attractives pour les insectes, son intégration dans les ouvrages permet aussi d'améliorer la qualité paysagère et écologique des aménagements.

Il peut être associé à des graminées au système racinaire fasciculé, telles que le pâturin des Alpes (*Poa alpina*), la calamagrostide bigarrée (*Calamagrostis varia*) ou la fléole des Alpes rhétiques (*Phleum alpinum* subsp. *rhaeticum*), dont il assure une complémentarité à l'enracinement et favorise la croissance.

Le sainfoin des montagnes n'est pas encore disponible dans le commerce.



Fig. 7 - Situation typique sur substrat calcaire sec à l'étage subalpin.

# *Phleum alpinum* L.

## Fléole des Alpes

Poacées

### Description

- La fléole des Alpes est une espèce vivace mesurant de 15 à 50 cm de haut et formant des touffes plus ou moins denses (fig. 1).
- La tige, ascendante à dressée (fig. 2), est glabre.
- Les feuilles sont scabres au bord seulement. Elles sont larges de 3 à 6 mm et terminées en pointe aiguë ; la supérieure est munie d'une gaine généralement nettement renflée (fig. 3). La ligule, longue d'environ 1 mm, est tronquée (fig. 4).
- L'inflorescence, ovoïde à cylindrique et teintée de violet, est une panicule contractée longue de 1 à 6 cm (fig. 5 et 6). Elle forme un arc continu lorsqu'on la plie.
- Les épillets, insérés directement sur l'axe de l'inflorescence, sont subsessiles, les rameaux étant soudés à l'axe. Les glumes, hérissées de longs cils raides, sont brusquement rétrécies en une arête allongée dépassant 2 mm.
- La floraison a lieu de juin à août.
- Deux sous-espèces sont décrites et parfois considérées comme des espèces à part entière :
  - subsp. **alpinum** (fléole des Alpes au sens strict) présentant une inflorescence ovoïde ne dépassant pas 2 cm de long (fig. 5) ; les arêtes des glumes sont glabres ;
  - subsp. **rhaeticum** (fléole des Alpes rhétiques) présentant une inflorescence cylindrique longue de plus de 2 cm (fig. 6) ; les arêtes des glumes sont ciliées.



Fig. 1 - Port cespiteux (subsp. *alpinum*).



Fig. 2 - Base de la tige ascendante.



Fig. 3 - Feuille supérieure munie d'une gaine nettement renflée.



Fig. 4 - Ligule courte et tronquée.

- La fléole des Alpes peut éventuellement être confondue avec deux autres espèces du genre *Phleum* :
  - la fléole des prés (*P. pratense*) s'en différencie par ses feuilles scabres sur les 2 faces et des arêtes des glumes plus courtes, ne dépassant pas 2 mm ;
  - la fléole hirsute (*P. hirsutum*) présente une panicule contractée qui se fragmente lorsqu'on la plie (ne formant pas un arc continu).

### Distribution et vulnérabilité

La fléole des Alpes est une espèce ouest-européenne montagnarde présente dans les Alpes, le Jura, le Massif central, la Corse et les Pyrénées.

Elle est assez commune dans les Alpes du Nord.

La sous-espèce *rhaeticum* des montagnes sud et centre-européennes y est répandue, tandis que la sous-espèce *alpinum*, arctico-alpine, est plus rare et essentiellement intra-alpine.

## Écologie

- La fléole des Alpes est une espèce de pleine lumière des prairies et pâturages d'altitude ainsi que des repôts à bétail. Elle se rencontre parfois au sein des tourbières, éboulis humides, combes à neige et zones alluviales d'altitude.
- Elle croît sur des matériaux fins (tourbe, argiles, limons) plus ou moins caillouteux. La sous-espèce *alpinum* se développe préférentiellement sur des sols pauvres en éléments nutritifs, neutres à acides, humides. La sous-espèce *rhaeticum* croît sur des sols riches en éléments nutritifs, basiques à légèrement acides, ni trop secs, ni trop humides.
- La sous-espèce *rhaeticum* présente un optimum écologique dans les pâturages gras subalpins et alpins (*Poion alpinae* – fig. 7).
- La sous-espèce *alpinum* présente un optimum au sein des combes à neige (*Salicetea herbaceae*), bas-marais acide (*Caricion nigrae*) et alluvions d'altitude (*Caricion bicoloris-atrofuscae*).
- Les deux sous-espèces se développent de l'étage montagnard à l'étage alpin (jusqu'à 2 800 m) avec un optimum à l'étage subalpin pour la sous-espèce *rhaeticum*.



Fig. 5 - Inflorescence ovoïde (subsp. *alpinum*).



Fig. 6 - Inflorescence cylindrique (subsp. *rhaeticum*).

## Utilisation en génie végétal

La fléole des Alpes rhétiques (*P. alpinum* subsp. *rhaeticum*) est une espèce utilisée dans les mélanges grainiers pour l'ensemencement des pistes de ski. Elle est aussi adaptée pour une utilisation dans les aménagements en rivières de montagne.

Sa tolérance à la sécheresse et sa large amplitude altitudinale permettent d'utiliser cette espèce sur des substrats bruts drainants jusqu'à 2 800 m d'altitude. Sa capacité de dissémination et sa forte compétitivité lui permettent de s'installer rapidement après ensemencement (Krautzer *et al.* 2005), favorisant ainsi la stabilisation rapide des couches superficielles du sol.

Son système racinaire fasciculé et son port en touffe permettent une stabilisation et une protection durable des sols, assurant ainsi une bonne complémentarité avec les légumineuses à racines pivotantes comme l'anthyllide vulnérable (*Anthyllis vulneraria*) ou le lotier des Alpes (*Lotus alpinus*), et d'autres graminées plus gazonnantes comme l'agrostide capillaire (*Agrostis capillaris*) ou l'avoine dorée (*Trisetum flavescens*). En conditions naturelles, la fléole des Alpes rhétiques se retrouve également régulièrement en association avec le pâturin des Alpes (*Poa alpina*), le liondent hispide (*Leontodon hispidus*), le trèfle brun (*Trifolium badium*) ou encore la crépide dorée (*Crepis aurea* – fig. 7).



Fig. 7 - Situation typique (subsp. *rhaeticum*) au sein d'un pâturage gras subalpin (*Poion alpinae*).

Dotée d'une forte capacité d'établissement et d'une grande plasticité écologique, elle peut être incorporée dans de nombreux mélanges grainiers, mais ne devra toutefois pas dépasser 5 % du poids total de graines (espèce monopolisatrice). La sous-espèce *rhaeticum* est disponible dans le commerce sous forme de graines.

Compte tenu de son écologie plus stricte et notamment de ses exigences hydriques, la sous-espèce *alpinum* est moins adaptée pour une utilisation en génie végétal. Elle peut néanmoins convenir pour la réalisation d'ensemencements ou d'aménagements à l'étage alpin sur matériaux fins.

# *Poa alpina* L.

## Pâturin des Alpes

Poacées

### Description

- Le pâturin des Alpes est une espèce vivace cespiteuse haute de 7 à 60 cm (fig. 1).
- La tige, dressée, lisse et cylindrique, est épaissie à la base (fig. 2). Elle est dépourvue de feuille dans sa partie supérieure.
- Les feuilles, à limbes courts, sont pourvues de gaines légèrement renflées. Elles sont larges de 1 à 5 mm et brusquement rétrécies en une pointe aiguë (fig. 3). La feuille supérieure est munie d'une gaine beaucoup plus longue que le limbe. Les ligules des feuilles supérieures, longues et aiguës, mesurent 2,5 à 5 mm (fig. 4). Celles des feuilles inférieures sont courtes et tronquées (fig. 5).
- L'inflorescence est une panicule de 2 à 7 cm plus ou moins compacte (fig. 6 et 7). Les rameaux sont généralement étalés à réfléchis à maturité, minces et flexueux. Les inférieurs sont solitaires ou réunis par deux.
- Les épillets, luisants, violacés, panachés de blanc et de vert, réunissent 5 à 10 fleurs (fig. 8). Ils sont souvent vivipares (fig. 9). Les glumelles sont velues-ciliées sur les bords.
- La floraison a lieu de mai à septembre.
- Le pâturin des Alpes peut facilement être confondu avec le pâturin lâche (*P. laxa*) et le petit pâturin (*P. minor*) dont les rameaux inférieurs de l'inflorescence sont appliqués contre la tige principale.
- Il présente également de grandes similitudes avec le pâturin de Baden (*P. badensis*), aux feuilles très bleu-tées, et le pâturin de Molineri (*P. molinerii*) qui présente des feuilles à marges scarieuses.



Fig. 6 - Inflorescence en panicule plus ou moins compacte.



Fig. 7 - Inflorescence (forme vivipare).



Fig. 1 - Port cespiteux.



Fig. 2 - Tige épaissie à la base.



Fig. 3 - Feuille brusquement rétrécie en pointe aiguë.



Fig. 4 - Ligule d'une feuille supérieure longue et aiguë.



Fig. 5 - Ligule d'une feuille inférieure courte et tronquée.

### Distribution et vulnérabilité

Le pâturin des Alpes présente une distribution euro-sibérienne et nord-américaine. Il est assez commun dans le Jura et les Alpes et est également recensé dans les Pyrénées, le Massif central, les Cévennes et la Corse.

Il est fréquent dans les Alpes du Nord.

## Écologie

- Le pâturin des Alpes est une espèce de pleine lumière se développant préférentiellement au sein des prairies et pâturages d'altitude plutôt riches en matière organique. Il se rencontre également dans les combes à neige, sur alluvions et dalles rocheuses, et au sein des boisements clairs de conifères (pessières, mélézins, pinèdes).
- Il croît sur des matériaux très divers (de l'argile jusqu'au bloc), calcaires ou siliceux et a son optimum sur des sols riches en éléments nutritifs, basiques à légèrement acides, ni trop secs, ni trop humides. Il tolère néanmoins la pauvreté en éléments nutritifs et la sécheresse temporaire des sols superficiels sur dalles rocheuses (fig. 10).
- Il présente un optimum écologique dans les pâturages gras subalpins et alpins (*Poion alpinae*).
- Il se développe de l'étage montagnard à l'étage alpin (jusqu'à 3 600 m) avec un optimum à l'étage subalpin, mais atteint ponctuellement les étages collinéen et nival.



Fig. 8 - Épillets violacés panachés de blanc et de vert.



Fig. 9 - Épillets souvent vivipares.

## Utilisation en génie végétal

Le pâturin des Alpes est utilisé pour l'ensemencement des pistes de ski et la restauration des terrains de montagne. Il constitue aussi une espèce à fort potentiel pour le génie végétal en rivière de montagne.

Doté d'une grande amplitude écologique et d'un important potentiel de colonisation, notamment grâce à sa faculté de production de plantules par viviparité, il couvre rapidement le sol et colonise les vides créés par d'éventuelles carences de l'ensemencement. Même si son système racinaire reste superficiel, il constitue un couvre-sol important s'il est associé à des espèces à enracinement profond comme le lotier des Alpes (*Lotus alpinus*) ou l'anthyllide vulnérable (*Anthyllis vulneraria*).

Sa large amplitude altitudinale (de 600 à 3 600 m) et sa tolérance au froid et à la sécheresse sont des atouts importants pour une utilisation en rivières de montagne dans différents contextes. À l'étage subalpin, il croît d'ailleurs régulièrement aux abords des torrents et montre une bonne résistance à la traction et à l'immersion temporaire (fig. 1 et 11). Il pourra être associé notamment à la fléole des Alpes rhétiques (*Phleum alpinum* subsp. *rhaeticum*), à la fétuque noirissante (*Festuca nigrescens*), au liondent hispide (*Leontodon hispidus*) ou encore au trèfle brun (*Trifolium badium*), avec lesquels il est régulièrement observé en milieu naturel.

Le pâturin des Alpes est disponible dans le commerce sous forme de graines. Pouvant être localement abondant aux étages montagnard et subalpin, il peut aussi être multiplié et transplanté à partir de la division de ses touffes, garantissant ainsi l'utilisation de souches locales et favorisant sa rapidité d'établissement. Des essais de plantation de cette espèce réalisés sur de petites zones érodées en montagne à partir de cette technique sous couvert d'une végétation pionnière pré-établie ont donné d'excellents résultats (Florineth in Barker et al. 1995).



Fig. 10 - Situation sur dalle rocheuse.



Fig. 11 - Situation en contexte alluvial.

# *Prunus padus* L.

## Merisier à grappes

Rosacées

### Description

- Le merisier à grappes est un arbuste ou un petit arbre caducifolié pouvant atteindre 15 m de haut (fig. 1).
- L'écorce, brune à grisâtre et légèrement crevassée, montre des lenticelles rousses devenant blanchâtres (fig. 2). Les jeunes rameaux, rouges à violacés (fig. 3), glabres, dégagent une odeur fétide caractéristique.
- Les bourgeons, brun rougeâtre à orangés, sont ovoïdes, allongés, pointus et plus ou moins appliqués sur le rameau (fig. 3).
- Les feuilles, alternes, ovales à elliptiques, mesurent de 5 à 10 cm de long. Elles sont aiguës au sommet, finement et régulièrement denticulées (fig. 4). Elles sont mates et vert sombre à la face supérieure (fig. 5), plus pâles et parfois velues à l'aisselle des nervures secondaires au revers (fig. 6).
- Les fleurs, blanches, sont disposées en grappes de 5 à 14 cm, d'abord dressées puis pendantes (fig. 7).
- Les fruits sont de petites drupes (merises) globuleuses, noires et brillantes, mesurant de 6 à 9 mm de diamètre (fig. 8).
- La floraison a lieu d'avril à juin, en même temps que la feuillaison.



Fig. 4 - Marge des feuilles finement et régulièrement denticulée.



Fig. 5 - Feuille mate à la face supérieure.



Fig. 6 - Feuille plus pâle au revers.



Fig. 1 - Port pouvant devenir arboré.



Fig. 2 - Écorce d'un jeune rameau présentant des lenticelles rousses devenant blanchâtres (subsp. *borealis*).



Fig. 3 - Bourgeons ovoïdes, pointus et rameau de l'année rougeâtre (subsp. *borealis*).

- Deux sous-espèces sont actuellement décrites : subsp. *padus* et subsp. *borealis*, cette dernière présentant des nervures saillantes sur la face inférieure des feuilles et des grappes dressées à étalées.
- À l'état végétatif, le merisier à grappes peut être confondu avec le merisier (*P. avium*), qui s'en distingue par ses rameaux de l'année beiges à gris clair, ne dégageant pas d'odeur fétide.

### Distribution et vulnérabilité

La sous-espèce *padus*, de distribution eurasiatique, est présente dans toute l'Europe à l'exception de la région méditerranéenne et des Balkans.

Elle est présente de façon disséminée sur l'ensemble du territoire franco-suisse. Assez commune des Vosges aux Préalpes, elle demeure relativement rare ailleurs, notamment dans les Alpes internes.

La sous-espèce *borealis*, des montagnes européennes, est présente de façon inconstante des Vosges aux Carpates. Elle est plus commune que la précédente dans les Alpes du Nord.



## Écologie

- Le merisier à grappes est une espèce de demi-ombre. La sous-espèce *padus* se rencontre aux abords des rivières et des ruisseaux, dans les boisements humides. La sous-espèce *borealis* se développe dans les brousses subalpines fraîches (aulnaies vertes, saulaies alluviales), voire les forêts claires de conifères et les mégaphorbiaies.
- Le merisier à grappes croît sur des matériaux alluvionnaires limono-argileux à sablo-graveleux, basiques à acides, frais à humides. La sous-espèce *borealis* a un optimum sur les substrats modérément alimentés en eau, sur roches calcaires ou siliceuses. La sous-espèce *padus* se rencontre plus rarement sur silice.
- La sous-espèce *padus* présente un optimum écologique dans les fourrés et forêts alluviales (*Fraxinetalia*), des étages collinéen et montagnard.
- La sous-espèce *borealis* se développe préférentiellement dans les brousses subalpines fraîches (*Betulo-Alnetea* – fig. 9) et les aulnaies alluviales (*Alnion incanae*) aux étages montagnard et subalpin inférieur (jusqu'à 2 000 m).



Fig. 7 - Inflorescence en grappe dressée (subsp. *borealis*).



Fig. 8 - Drupes noires et brillantes regroupées en grappe pendante (subsp. *borealis*).

## Utilisation en génie végétal

Le merisier à grappes est principalement utilisé en ornement, mais aussi pour la restauration des terrains de montagne. Doté d'une croissance rapide, d'une capacité à rejeter de souche et à drageonner, il offre de nombreuses potentialités dans le domaine du génie végétal. Résistant à l'ensevelissement (neige, coulée de boue, etc.) et produisant un nombre important de racines traçantes et adventives (Kutschera et Lichtenegger 2002), son implantation favorise la stabilisation



Fig. 9 - Situation sur terrasse alluviale en compagnie de saules alpins.

des couches superficielles du sol. L'important pouvoir de succion de ses racines lui permet aussi de drainer efficacement le substrat et de limiter la création de loupes de glissement. Son abondante floraison mellifère et sa production de drupes très appréciées des oiseaux permettent aussi d'améliorer la qualité paysagère et écologique des sites.

Dotée d'une grande résistance au froid et à la sécheresse, la sous-espèce *borealis* peut être utilisée jusqu'à 2 000 m sur des substrats bruts drainants, en pied comme en sommet de berge. L'utilisation de la sous-espèce *padus* devra par contre être limitée à l'étage montagnard sur des sols bien alimentés en eau.

La sous-espèce *padus* est disponible dans de nombreuses pépinières. Compte tenu de l'existence de plusieurs cultivars ornementaux (« *Colorata* » et « *Albertii* » notamment), une attention particulière devra être portée à la provenance des plants. La sous-espèce *borealis*, plus adaptée pour les chantiers d'altitude sur terrain filtrant, n'est pas encore disponible dans le commerce. Bien qu'il soit possible de la bouturer en pépinière, l'utilisation de plants en racines nues devra être privilégiée. En effet, le taux de reprise très aléatoire en conditions naturelles (apparemment meilleur à la fin de l'été) et les difficultés pour trouver des populations suffisamment importantes à proximité des chantiers ne permettent pas de l'utiliser sous cette forme.

Sa capacité à produire des racines adventives permet de l'intégrer dans les lits de plants et plançons ou les caissons en rondins végétalisés (Florineth 2004). Pour les chantiers situés à moins de 1200 m, la sous-espèce *padus* peut notamment être associée à l'aulne blanc (*Alnus incana*), au bouleau pendant (*Betula pendula*), au frêne (*Fraxinus excelsior*) et à divers saules comme les saules noirissant (*Salix myrsinifolia*) ou pourpre (*S. purpurea*). Au-dessus de 1200 m, la sous-espèce *borealis* peut être associée à l'aulne vert (*Alnus viridis*), au sorbier des oiseleurs (*Sorbus aucuparia*) ainsi qu'aux saules appendiculé (*Salix appendiculata*), alpestre (*S. myrsinifolia* subsp. *alpicola*), pourpre (*S. purpurea* subsp. *angustior*), fétide (*S. foetida*) et bleuâtre (*S. caesia*), qu'il cotoie fréquemment en milieu naturel (fig. 9).

# *Ribes alpinum* L.

## Groseillier des Alpes

Grossulariacées

### Description

- Le groseillier des Alpes est un arbrisseau caducifolié mesurant de 0,5 à 2 m de haut (fig. 1).
- Les tiges, dressées ou arquées, sont dépourvues d'épines. L'écorce, d'abord beige à grisâtre et souvent luisante (fig. 2), devient brun noirâtre et s'exfolie avec l'âge (fig. 3).
- Les bourgeons, bruns à orange clair, sont ovales-lancéolés, pointus au sommet et pourvus de plusieurs écailles imbriquées (fig. 2).
- Les feuilles, alternes et petites (de 1 à 5 cm), sont munies de poils appliqués épars sur la face supérieure (fig. 4). Elles sont brillantes, glabres ou légèrement pubescentes sur les nervures au revers (fig. 5). Composées de 3 à 5 lobes plus ou moins incisés et dentés, elles sont portées par un court pétiole ne dépassant généralement pas la longueur du limbe.
- Les fleurs, jaunâtres et unisexuées, sont réunies en courtes grappes dressées. Les inflorescences mâles comprennent de 10 à 30 fleurs (fig. 6), les femelles de 3 à 10. Les pétales, dressés, sont 4 à 5 fois plus courts que les sépales qui sont étalés ou réfléchis.



Fig. 4 - Face supérieure de la feuille munie de poils appliqués.



Fig. 5 - Feuille à face inférieure brillante et plus ou moins glabre.



Fig. 1 - Port dressé à arqué.



Fig. 2 - Bourgeons orange sur rameau de l'année gris et luisant.



Fig. 3 - Écorce âgée devenant brun noirâtre et luisant.

- Les fruits sont de petites baies globuleuses rouges et luisantes mesurant de 4 à 8 mm de diamètre (fig. 7).
- La floraison a lieu d'avril à début juin.
- Le groseillier rouge (*R. rubrum*) et le groseillier des rochers (*R. petraeum*) se distinguent du groseillier des Alpes par leurs feuilles munies d'un long pétiole dépassant généralement la longueur du limbe et leurs grappes pendantes.

### Distribution et vulnérabilité

Le groseillier des Alpes est une espèce eurasiatique méditerranéenne. Elle est présente dans les montagnes du Centre et du Sud de la France, les Pyrénées, les Vosges, le Jura et les Alpes. Elle est absente de l'Ouest de la France et de la région méditerranéenne.

Elle est assez commune dans les montagnes des Alpes du Nord, notamment les Préalpes (elle est plus rare dans les Alpes internes).

## Écologie

- Le groseillier des Alpes est une espèce de demi-ombre se développant dans divers types de fourrés et boisements (hêtraies, charmaies, chênaies, érablaies de ravins, pinèdes).
- Il croît le plus souvent sur des matériaux calcaires à granulométrie élevée (limons, graviers, blocs), basiques à légèrement acides, modérément secs à frais.
- Il présente un optimum écologique au sein des hêtraies et forêts de feuillus associées (*Fagetalia* – fig. 8).
- Il se développe de l'étage collinéen à l'étage subalpin inférieur (de 400 à 1 800 m) avec un optimum à l'étage montagnard.



Fig. 6 - Inflorescence mâle de 10 à 30 fleurs réunies en grappe dressée.



Fig. 7 - Baies rouges et luisantes.

## Utilisation en génie végétal

Bien que déjà utilisé en plantations ornementales (talus autoroutiers, réaménagement de carrières et de décharges, aménagement de parcs et jardins), le groseillier des Alpes est encore assez peu utilisé en génie végétal pour la stabilisation des berges de rivières. Il présente cependant de nombreuses potentialités dans ce domaine.

Son port exclusivement buissonnant et ses nombreuses tiges souples (rejetant de souche) lui permettent de protéger efficacement les couches superficielles du sol sur de fortes pentes, lors de crues ou glissements de terrain. Supportant bien le gel et les sécheresses temporaires, il peut être utilisé jusqu'à 1 800 m sur des substrats bruts très caillouteux (fig. 8). Son enracinement superficiel et sa faible tolérance aux immersions prolongées ne permettent toutefois pas son implantation en pied de berge. Supportant un ombrage important, il peut être intégré dans des ouvrages réalisés sur des cours d'eau très encaissés. Il est aussi tolérant au sel, ce qui autorise une implantation à proximité immédiate de routes régulièrement salées l'hiver.



Fig. 8 - Situation typique sur blocs calcaires en lisière d'une hêtraie.

Grâce à sa production abondante de baies rouges très appréciées des oiseaux, son intégration dans les ouvrages permet aussi d'améliorer la qualité paysagère et écologique des aménagements.

Bien qu'il soit possible de le bouturer en pépinière, le taux de reprise très aléatoire en conditions naturelles (la probabilité de reprise est plus élevée en début d'hiver) ne permet pas de l'utiliser sous cette forme en génie végétal. L'implantation de plants en racines nues devra ainsi être privilégiée. Il pourra être intégré dans des lits de plants et plançons, des caissons en rondins végétalisés ou des plantations en sommet de berge, en association avec l'érable sycomore (*Acer pseudoplatanus*), le frêne (*Fraxinus excelsior*), le chèvrefeuille des haies (*Lonicera xylosteum*), le chèvrefeuille noir (*Lonicera nigra*), le rosier des Alpes (*Rosa pendulina*) ou encore le saule appendiculé (*Salix appendiculata*).

Le groseillier des Alpes est disponible dans de nombreuses pépinières. Compte tenu de l'existence de plusieurs cultivars ornementaux (« *Aureum* » et « *Nana* » notamment), une attention particulière devra être portée à la provenance des plants.

Le groseillier des Alpes est protégé dans certaines régions françaises (Bourgogne).

# *Rosa pendulina* L.

## Rosier des Alpes

Rosacées

### Description

- Le rosier des Alpes est un arbrisseau caducifolié mesurant de 0,5 à 2 m de haut (fig. 1).
- Les tiges, dressées, parfois drageonnantes, sont munies d'aiguillons droits et fragiles, présents de façon éparsse seulement à leur base (fig. 2). L'écorce est de couleur variable (verte, vert-jaunâtre, orangée à pourpre).
- Les bourgeons, rouge-orangé à verdâtres, sont ovoïdes à coniques. Les axillaires, plus petits que les apicaux, sont écartés du rameau (fig. 3).
- Les feuilles, imparipennées, sont ordinairement composées de 7 à 11 folioles, ovales à elliptiques, mesurant 2 à 6 cm de long (fig. 4). Elles sont velues sur les nervures, doublement denticulées et munies de glandes rougeâtres sur les marges.
- Les fleurs, généralement solitaires, sont rose à rouge-carmin et portées par un pédicelle long de 1 à 3 cm (fig. 5), souvent muni de poils glanduleux. Les sépales, entiers et velus, sont au moins aussi longs que les pétales. Ils sont étalés à dressés après floraison et persistent à maturité (fig. 6).



Fig. 4 - Feuilles imparipennées.



Fig. 5 - Fleur rouge carmin.



Fig. 1 - Port buissonnant.



Fig. 2 - Base de la tige munie d'aiguillons droits et fragiles.



Fig. 3 - Bourgeons ovoïdes à coniques, l'axillaire étant écarté du rameau.

- Les fruits (cynorrhodons) sont brun-rouge à orange, ovoïdes et rétrécis au sommet. Ils mesurent de 1 à 2 cm de long et sont penchés à maturité (fig. 6).
- La floraison a lieu de mai à juillet.
- Le genre *Rosa* constitue un groupe complexe rassemblant de nombreuses espèces dont la détermination n'est pas toujours aisée. À l'état végétatif, le rosier des Alpes, dépourvu d'épine indurée, peut être confondu avec le rosier des champs (*R. arvensis*) qui s'en distingue par ses tiges décombantes vertes munies d'aiguillons éparses.

### Distribution et vulnérabilité

Le rosier des Alpes est une espèce sud-européenne montagnarde présente des Pyrénées aux Carpates. Elle est assez commune dans les Pyrénées, le Massif central, les Vosges, le Jura et les Alpes.

Elle est relativement commune dans les Alpes du Nord, aussi bien dans les vallées internes que dans les Préalpes.

## Écologie

- Le rosier des Alpes est une espèce à large amplitude se développant en conditions de demi-ombre ou de pleine lumière dans divers types de fourrés (aulnaies vertes, saulaies, etc.), boisements de montagne (hêtraies, érablaies, pessières, pinèdes, sapinières) et mégaphorbiaies.
- Il croît sur des matériaux très divers (argiles, limons, sables, graviers, blocs), acides à basiques, légèrement humides à modérément secs, plus ou moins riches en éléments nutritifs.
- Il présente un optimum écologique au sein des hêtraies (*Fagion sylvaticae*), brousses subalpines fraîches (*Betulo-Alnetea*) et mégaphorbiaies de montagne (*Mulgedio-Aconitetea* – fig. 7).
- Il se développe aux étages montagnard et subalpin (de 500 à 2 200 m).



Fig. 6 - Cynorrhodon brun-rouge, penché à maturité.

## Utilisation en génie végétal

Bien que cultivé comme plante ornementale, le rosier des Alpes n'est pas encore utilisé en génie végétal.

Son port exclusivement buissonnant, ses tiges souples et son enracinement profond de type pivotant, lui procurent pourtant une bonne résistance à la traction. Il constitue donc une espèce particulièrement adaptée pour la stabilisation des berges des rivières de montagne (fig. 8).

Sa forte amplitude écologique autorise une utilisation de 500 m à 2 000 m d'altitude, sur tous types de substrats (calcaire à siliceux, argileux ou grossier), en situation lumineuse ou ombragée.



Fig. 7 - Situation au sein d'une mégaphorbiaie montagnarde.



Fig. 8 - Situation en pied de berge.

Grâce à son abondante floraison mellifère et à sa production de cynorrhodons, son intégration dans les ouvrages permet aussi d'améliorer la qualité paysagère et écologique des aménagements.

Bien qu'il soit envisageable de procéder à des boutures de racines, la multiplication végétative de cette espèce reste toutefois très aléatoire. Il faudra ainsi privilégier l'utilisation de plants issus de pépinières (espèce disponible dans le commerce), en prenant soin de privilégier des souches locales. Relativement commun en montagne, il peut aussi être transplanté à partir de populations naturelles.

Il peut être intégré dans les lits de plants et plançons, les caissons en rondins végétalisés du pied jusqu'en sommet de berge, en association avec l'aulne vert (*Alnus viridis*), le bouleau pendule (*Betula pendula*), l'érable sycomore (*Acer pseudoplatanus*), le merisier à grappes (*Prunus padus*), le sorbier de Mougeot (*Sorbus mougeotii*), le groseillier des Alpes (*Ribes alpinum*), le chèvre-feuille des haies (*Lonicera xylosteum*) ou encore le saule appendiculé (*Salix appendiculata*) avec lesquels il est régulièrement observé en milieu naturel.

Le rosier des Alpes bénéficie d'un statut de protection totale dans certains cantons suisses (Schaffhouse).

# *Salix appendiculata* Vill.

## Saule appendiculé

Salicacées

### Description

- Le saule appendiculé est un arbuste caducifolié mesurant de 3 à 6 m de haut, composé d'une ou plusieurs tiges ascendantes à dressées (fig.1).
- Les rameaux de l'année, d'abord velus puis glabrescents, sont généralement courts, de couleur marron (plus ou moins foncé) à jaune verdâtre nuancé de brun (fig. 2). Les rameaux de 2 ans, ordinairement glabres, sont pourvus de nombreuses cicatrices foliaires saillantes (fig. 3).
- Les bourgeons, velus ou glabrescents, sont souvent jaunes à rouge orangé. Ils sont ovoïdes à coniques, généralement bombés sur la moitié inférieure et mesurent 3 à 6 mm de long (fig. 2).
- Les feuilles, oblongues à obovales, plus de 2 fois plus longues que larges, sont luisantes sur la face supérieure (fig. 4) et pubescentes sur la face inférieure (fig. 5). Elles sont longues de 5 à 12 cm et larges de 2 à 5 cm, la partie la plus large étant située dans la moitié supérieure. Atténuées à la base, elles présentent généralement plus de 10 paires de nervures latérales. Le pétiole, court, est muni à la base de 2 grandes stipules persistantes.
- Les fleurs sont protégées par une écaille poilue brunâtre au sommet. Les fleurs mâles sont composées de 2 étamines libres et sont regroupées en chatons courts et denses, généralement arqués (fig. 6). Les fleurs femelles, constituées d'une capsule velue longuement pédicellée (pédicelle plus long que l'écaille) surmontée d'un style court sont réunis en chatons oblongs, dressés, plus ou moins lâches (fig. 7).
- La floraison a lieu de fin avril à début juillet, en même temps que la feuillaison.



Fig. 1 - Port ascendant à dressé.



Fig. 2 - Bourgeons jaunes à rouge orangé sur rameau de l'année velu.



Fig. 3 - Rameau de 2 ans glabre, pourvu de nombreuses cicatrices foliaires saillantes.



Fig. 4 - Feuilles luisantes sur la face supérieure.



Fig. 5 - Feuilles pubescentes au revers.

- Le saule appendiculé peut être confondu avec le saule de Lagger (*S. laggeri*) aux feuilles et rameaux de 2 ans nettement velus (pilosité allongée de plus de 1 mm), et aux bourgeons floraux aplatis à l'extrémité. Il peut également être confondu avec le saule marsault (*S. caprea*) aux feuilles moins de 2 fois plus longues que larges, présentant généralement moins de 9 paires de nervures latérales, et aux stipules courtes, rapidement caduques. Les populations de l'étage montagnard supérieur peuvent d'ailleurs s'hybrider pour produire des individus à la morphologie intermédiaire (phénomène d'introgession).

### Distribution et vulnérabilité

Le saule appendiculé est une espèce sud-européenne montagnarde, présente des Pyrénées aux Alpes orientales. Il est assez commun dans les Alpes et le Jura mais est beaucoup plus rare dans les Pyrénées.

Il est commun dans les Alpes du Nord.

## Écologie

- Le saule appendiculé est une espèce pionnière ubiquiste de pleine lumière ou de demi-ombre des brousses subalpines (aulnaies vertes), fourrés (lisières et recrus) et forêts montagnardes fraîches (hêtraies, érablaies, pinèdes, pessières, aulnaies blanches).
- Il croît sur des substrats de taille variable (argileux à caillouteux), frais à humides, riches en bases et en nutriments, neutres à légèrement acides.
- Il présente un optimum écologique dans les brousses subalpines fraîches (*Alnion viridis*), notamment sur matériaux grossiers (*Salicetum appendiculatae* – fig. 17 p. 158).
- Il se développe aux étages montagnard et subalpins (de 800 à 2 300 m), parfois jusqu'à 500 m par avalaison.



Fig. 6 - Chatons mâles courts et denses, généralement arqués.



Fig. 7 - Chatons femelles dressés, plus ou moins lâches.

## Utilisation en génie végétal

Le saule appendiculé est une espèce adaptée pour les aménagements à l'étage montagnard ou subalpin, aussi bien pour la protection de berges de torrents que pour la stabilisation de pentes soumises au risque de glissement ou d'érosion.

Dotée d'un système racinaire ramifié, d'un fort pouvoir de régénération et d'une croissance juvénile rapide (notamment en largeur), cette espèce vigoureuse protège rapidement les couches superficielles du sol. Son port souple et dense ne dépassant pas 6 m de hauteur et sa résistance à l'ensevelissement (flexibilité des troncs et production de racines adventives) lui permettent de se développer sur des terrains instables soumis à des perturbations régulières (Beismann *et al.* 2000 – fig. 8). Sa forte amplitude écologique permet de l'implanter sur tous types de substrats et dans diverses conditions d'ensoleillement, du pied jusqu'en sommet de berge, jusqu'à 2 300 m d'altitude.

Les branches du saule appendiculé peuvent produire des plançons, des boutures et des pieux. Son taux de reprise au bouturage est toutefois assez aléatoire en milieu naturel et dépend notamment du type de rameaux utilisés, de la période de plantation et de la disponibilité en eau durant les premiers mois (taux de bouturage variant de 30 à 70 % selon les conditions – Schiechl 1992 et Zouaoui 2011). Il est ainsi préconisé d'utiliser prioritairement des plants en racines nues lorsque la technique le permet. Cette espèce étant parfois abondante aux abords des cours d'eau forestiers de montagne, il est cependant envisageable de l'intégrer sous forme de boutures ou de plançons, à condition de l'implanter avec de fortes densités et en combinaison avec des espèces à fort taux de reprise comme le saule pourpre (*S. purpurea*), le saule drapé (*S. elaeagnos*) ou le saule à trois étamines (*S. triandra*).

Son association avec l'aulne vert (*Alnus viridis*), l'érable sycamore (*Acer pseudoplatanus*), le sorbier des oiseleurs (*Sorbus aucuparia*) ou encore le cytise des Alpes (*Laburnum alpinum*) est particulièrement pertinente, notamment dans les lits de plants et plançons et les caissons en rondins végétalisés. Pour les aménagements réalisés à une altitude inférieure à 1 000 m, on privilégiera l'utilisation du saule marsault, sauf en situation encaissée. Le saule appendiculé est disponible dans certaines pépinières spécialisées.



Fig. 8 - Souplesse des tiges et rejets de souche permettant un développement sur terrain instable régulièrement perturbé.

# *Salix aurita* L.

## Saule à oreillettes

Salicacées

### Description

- Le saule à oreillettes est un arbrisseau caducifolié, densément ramifié, à port étalé atteignant 3 m de haut et formant des peuplements souvent denses et monospécifiques (fig. 1).
- Les jeunes rameaux, généralement anguleux, sont écartés de la tige en tous sens. Ceux de l'année sont grêles, brun rougeâtre à beige orangé et plus ou moins pubescents (fig. 2). Ceux de 2 ans, généralement glabres ou parfois munis de poils épars (fig. 3) sont striés sous l'écorce.
- Les bourgeons, rougeâtres, sont globuleux à ovoïdes et glabres à glabrescents. Ils mesurent moins de 4 mm (fig. 2).
- Les feuilles, obovales, sont longues de 1 à 4 cm. Elles sont gaufrées, ondulées à la marge, obtuses et pourvues d'une petite pointe recourbée au sommet en forme de gouttière (fig. 4). Elles sont mates, rugueuses et pubescentes dessus, tomenteuses blanchâtres et réticulées dessous. Elles sont courtement pétiolées et munies à la base de stipules dentées (oreillettes) longuement persistantes.
- Les fleurs sont protégées par une écaille poilue, brunâtre au sommet. Les fleurs mâles sont composées de 2 étamines velues et sont regroupées en petits chatons (moins de 3 cm) denses et dressés (fig. 5). Les fleurs femelles sont constituées d'un style court terminé par 2 stigmates bilobés et sont rassemblées en chatons oblongs, plus ou moins denses et courbés (fig. 6).
- La floraison a lieu d'avril à mai, avant la feuillaison.



Fig. 4 - Feuilles obovales, gaufrées, ondulées à la marge et munies de stipules dentées.



Fig. 1 - Port étalé.



Fig. 2 - Bourgeons rougeâtres et rameau de l'année pubescent.



Fig. 3 - Rameau de 2 ans généralement glabre.

- Le saule à oreillettes s'hybride régulièrement (phénomène d'introgression) avec le saule cendré (*S. cinerea*) pour former des populations parfois plus importantes que les types (*Salix x multinervis*).
- Le saule roux (*S. atrocinerea*) et le saule cendré (*S. cinerea*) se distinguent du saule à oreillettes par leurs feuilles non ondulées à la marge dépassant généralement 4 cm.

### Distribution et vulnérabilité

Le saule à oreillettes est une espèce eurasiatique présente presque partout en France et en Suisse, à l'exception de la région méditerranéenne et des hautes montagnes.

Elle est assez commune dans les Alpes du Nord.



## Écologie

- Le saule à oreillettes est une espèce pionnière de pleine lumière ou de demi-ombre des fourrés et boisements humides plus ou moins ouverts (saulaies marécageuses, aulnaies et bétulaies tourbeuses, haut marais).
- Il croît sur des substrats organiques ou fins (tourbes, argiles, limons hydromorphes), à engorgement prolongé et pauvres en bases.
- Il présente un optimum écologique dans les saulaies buissonnantes marécageuses (*Salicion cinereae*), notamment à l'étage montagnard aux abords des tourbières (*Frangulo-Salicetum auritae* – fig. 7).
- Il se développe aux étages collinéen et montagnard où il présente son optimum de développement.



Fig. 5 - Chatons mâles courts et dressés.



Fig. 6 - Chaton femelle dense et courbé.

## Utilisation en génie végétal

Le saule à oreillettes est une espèce encore assez peu utilisée en génie végétal. Son port buissonnant et son système racinaire très étendu offrent pourtant de nombreuses potentialités dans ce domaine, notamment pour le drainage des terrains argilo-limoneux déstabilisés par des suintements ou à charge en eau importante.

Sa faible amplitude écologique ne permet toutefois pas de l'utiliser en toute situation. Il sera ainsi préférentiellement planté sur des matériaux fins, riches en matière organique et bien alimentés en eau (éviter les substrats grossiers drainants). Il peut s'avérer opportun de l'implanter au niveau des zones d'infiltration d'eau ou de suintement risquant de déstabiliser la berge, en association notamment avec le saule laurier (*Salix pentandra*) ou le saule rampant (*S. repens*). Sa faible compétitivité empêche toutefois de l'associer à des espèces à fort développement et nécessite de l'implanter en forte densité (Adriaens 1993).



Fig. 7 - Situation typique en marge d'une tourbière à l'étage montagnard (*Frangulo-Salicetum auritae*).

Cette espèce présente un taux de reprise au bouturage inconstant, variant de 40 à 70 % selon les conditions, avec de meilleurs résultats obtenus sur des rameaux âgés constamment immergés (Schiechl 1973, 1992). De plus, compte tenu du faible diamètre de ses rameaux, il est souvent difficile de se procurer des boutures d'un diamètre suffisamment large pour être enfoncées mécaniquement, ou des branches suffisamment longues pour être insérées dans des fascines ou des couches de branches à rejets. Il pourra toutefois être implanté sous forme de plançons, dans les lits de plants et plançons ou des caissons en rondins végétalisés. Compte tenu de son taux de reprise plutôt faible, son utilisation en plants en racines nues est à privilégier.

Le saule à oreillette est disponible dans certaines pépinières.

Cette espèce bénéficie d'un statut de protection dans certains cantons suisses (protection totale ou partielle).

# *Salix caesia* Vill.

## Saule bleuâtre

Salicacées

### Description

- Le saule bleuâtre est un arbrisseau caducifolié, densément ramifié, à port étalé ou ascendant, atteignant 1,80 m de haut et formant souvent des peuplements denses, plus ou moins monospécifiques (fig. 1).
- Les rameaux, étalés ou ascendants, sont glabres. Ceux de l'année, luisants, sont rougeâtres à noirâtres (fig. 2 et 3).
- Les bourgeons, glabres, sont globuleux ou ovoïdes, aplatis ou légèrement échancrés au sommet (fig. 2 et 3). Ils mesurent de 2 à 4 mm et sont moins de 2 fois plus longs que larges. Les bourgeons inférieurs sont souvent opposés à subopposés.
- Les feuilles, elliptiques à lancéolées et courtement pétiolées, mesurent de 1 à 3 cm et sont 2 à 3 fois plus longues que larges. Elles sont mates, entièrement glabres, vert pâle dessus et glauques dessous (fig. 4). Les marges, souvent enroulées, sont entières.
- Les fleurs, protégées par une écaille glabrescente jaunâtre devenant brun rougeâtre à l'extrémité, sont rassemblées en petits chatons ovoïdes denses. Les fleurs mâles sont composées de 2 étamines généralement soudées à la base et surmontées d'anthères rougeâtres à violacées (fig. 5). Les fleurs femelles sont constituées d'une capsule pubescente violacée longue de 4 à 5 mm et courtement pédicellée (fig. 6).
- La floraison a lieu de juin à juillet, en même temps que la feuillaison.



Fig. 4 - Feuilles entières, elliptiques à lancéolées, glauques au revers.



Fig. 1 - Port ascendant à étalé.



Fig. 2 - Bourgeons ovoïdes sur rameau de l'année rougeâtre.



Fig. 3 - Bourgeons globuleux sur rameau de l'année noirâtre.

- Le saule bleuâtre peut éventuellement être confondu avec le saule pourpre (*S. purpurea*) qui s'en distingue par ses bourgeons allongés (au moins deux fois plus longs que larges) et ses feuilles dentées à l'extrémité (parfois faiblement). Lors du repos hivernal, le saule bleuâtre peut également être confondu avec le saule fétide (*S. foetida*) aux bourgeons ordinairement velus, deux à trois fois plus longs que larges.

### Distribution et vulnérabilité

Le saule bleuâtre est une espèce eurasiatique présente uniquement dans les Alpes et en Asie centrale et boréale.

Bien que pouvant être localement abondant sur certains secteurs intra-alpins, il est globalement assez rare dans les Alpes du Nord.

## Écologie

- Le saule bleuâtre est une espèce pionnière des brousses subalpines fraîches, se rencontrant aux abords des sources et torrents, ainsi que dans les prairies humides et les marais.
- Il croît sur des matériaux alluviaux fins (sables, limons, argiles), parfois tuffeux, sur des sols pauvres en nutriments, frais à humides, basiques à acides.
- Il présente un optimum écologique dans les saulaies buissonnantes subalpines riveraines intra-alpines (*Salicetum caesio-foetidae* – fig. 7).
- Il se développe aux étages subalpin et alpin (de 1 500 à 2 500 m) avec un optimum à l'étage subalpin supérieur.



Fig. 5 - Chaton mâle dense à anthères rougeâtres.



Fig. 6 - Chatons femelles denses, pourpres.

## Utilisation en génie végétal

Le saule bleuâtre est une espèce particulièrement adaptée pour le génie végétal. En effet, à l'instar du saule fétide, cette espèce forme naturellement des colonies denses aux abords des torrents subalpins sur matériaux fins (fig. 7).

De par sa ramure très souple, étalée à ascendante, il est particulièrement adapté pour stabiliser les berges des torrents ou les terrains inclinés soumis à des perturbations régulières. Implanté en pied de berge, les buissons denses qu'il forme permettent de dissiper l'énergie du courant lors des crues et de piéger les sédiments fins, facilitant ainsi l'installation d'autres espèces.

Il peut être utilisé sur des substrats fins ou grossiers, calcaires ou siliceux, de préférence sur des secteurs bien alimentés en eau (proximité de la nappe ou de suintements). Il devra être implanté dans des secteurs ensoleillés (éviter les vallées encaissées et les ripisylves trop denses) entre 1 700 et 2 300 m d'altitude.

Avec un taux de reprise au bouturage relativement faible (environ 50 %) et des rameaux courts, fins et très ramifiés, l'utilisation de boutures ou de branches dans les aménagements peut s'avérer difficile. Il est en effet peu envisageable de trouver des boutures suffisamment larges et rectilignes pour être battues mécaniquement ou des branches suffisamment longues pour être intégrées dans des fascines de saule ou des couches de branches à rejets.

Il peut toutefois être intéressant de l'intégrer sous forme de ramilles vivantes plaquées sous une fascine ou dans des lits de plants et plançons. Cette technique peut s'avérer efficace si les densités sont suffisamment importantes (30 à 40 pièces par mètre) et si les espèces associées sont faiblement concurrentielles. Le saule bleuâtre est disponible dans certaines pépinières spécialisées et pourra être aussi utilisé sous forme de plants en motte ou en racines nues dans les lits de plants et plançons ou les caissons en rondins végétalisés, du pied jusqu'en milieu de berge. Il peut être opportun de l'associer à d'autres saules subalpins exclusivement buissonnants comme les saules fétide (*Salix foetida*) ou hasté (*S. hastata*) avec lesquels il se retrouve fréquemment en milieu naturel.

Compte tenu de la relative vulnérabilité de cette espèce dans certains secteurs de l'Arc alpin, une attention particulière devra être portée à sa conservation lors de son utilisation en génie végétal : ne pas prélever de boutures dans le canton de Vaud



Fig. 7 - Situation typique aux abords d'un torrent intra-alpin (*Salicetum caesio-foetidae*).

où l'espèce est protégée, réaliser des prélèvements sporadiques sur des stations suffisamment importantes (plusieurs dizaines de pieds) et privilégier son implantation à proximité de noyaux de populations existants. En respectant ces principes, son intégration dans les ouvrages de génie végétal peut s'avérer pertinente pour la conservation de l'espèce.

Cette espèce bénéficie d'un statut de protection dans certains cantons suisses (protection totale ou partielle).

# Salix caprea L.

## Saule marsault

Salicacées

### Description

- Le saule marsault est un arbuste ou un petit arbre caducifolié de 3 à 12 m de haut formant des cépées ou des troncs courts (fig. 1).
- L'écorce, d'abord lisse et gris verdâtre, devient gris noirâtre et se fissure avec l'âge (crevasses en forme de losanges – fig. 2). Les rameaux de l'année, de couleur variable, sont glabres ou pubescents (fig. 3), ceux de 2 ans étant glabres et lisses sous l'écorce.
- Les bourgeons, de couleur variable (souvent bruns, jaunes à rouge orangé) et légèrement pubescents mesurent de 4 à 8 mm. Les bourgeons foliaires, ovoïdes à sub-globuleux, sont petits et appliqués sur le rameau. Les bourgeons floraux, plus gros, sont renflés dans la moitié inférieure et terminés par une pointe légèrement déjetée vers l'extérieur (fig. 3).
- Les feuilles, elliptiques et légèrement ondulées sur les bords, mesurent de 3 à 11 cm. Elles sont glabres dessus (fig. 4), glauques, velues et à nervures saillantes dessous (fig. 5). Elles sont généralement pourvues de moins de 9 paires de nervures latérales.
- Les fleurs sont protégées par une écaille noirâtre longuement velue. Les fleurs mâles sont composées de 2 étamines glabres ou munies de quelques poils à la base du filet et sont regroupées en chatons courts et denses (fig. 6). Les fleurs femelles, constituées d'un style court terminé par deux stigmates bilobés, sont rassemblées en chatons oblongs, dressés, plus ou moins lâches (fig. 7).
- La floraison a lieu de mars à mai, avant la feuillaison.



Fig. 1 - Port dressé.



Fig. 2 - Écorce grise présentant des crevasses en forme de losanges.



Fig. 3 - Bourgeons foliaires et floraux sur rameau de l'année.



Fig. 4 - Feuille elliptique, glabre dessus.



Fig. 5 - Feuille velue et glauque au revers.

- Le saule marsault peut être confondu avec le saule appendiculé (*S. appendiculata*), avec lequel il peut d'ailleurs s'hybrider, dont les feuilles sont plus de 2 fois plus longues que larges et présentent généralement plus de 10 paires de nervures latérales. La distinction hivernale entre ces deux espèces est parfois impossible lorsqu'elles présentent des bourgeons jaunes de taille sensiblement identique. Il peut également être confondu avec le saule cendré dont les rameaux de 2 ans sont nettement velus et striés sous l'écorce.

### Distribution et vulnérabilité

Le saule marsault est une espèce eurasiatique présente sur la quasi-totalité du territoire franco-suisse.

Il est très commun dans les Alpes du Nord.

## Écologie

- Le saule marsault est une espèce ubiquiste pionnière de pleine lumière des lisières, clairières, coupes, accrus forestiers, fourrés mésophiles et forêts claires de feuillus (chênaies, hêtraies, frênaies, érablaies, etc.).
- Il croît sur des substrats très divers (argiles, limons, sables plus ou moins caillouteux), souvent sur des sols bruns riches en nutriments, ni trop secs, ni trop humides, basiques à acides.
- Il présente un optimum écologique dans les groupements arbustifs mésophiles préforestiers (*Sambuco-Salicion*), notamment sur matériaux pauvres en bases à l'étage montagnard (*Salicetum capreae* – fig. 8).
- Il se développe aux étages collinéen et montagnard ; parfois à l'étage subalpin inférieur en situation d'adret (jusqu'à 2 000 m).



Fig. 6 - Chatons mâles courts et denses.



Fig. 7 - Chaton femelle dressé.

## Utilisation en génie végétal

Le saule marsault est une espèce largement utilisée en aménagement (création de haies, bosquets, etc.) et notamment en génie végétal (stabilisation de berges et talus).

Dotée d'un système racinaire ramifié, d'un fort pouvoir de régénération (rejets de souche – fig. 9) et d'une croissance juvénile rapide, notamment en largeur, cette espèce vigoureuse protège rapidement les couches supérieures du sol. Elle est capable de supporter de nombreux chocs et de produire de nombreuses racines adventives, ce qui lui permet de se développer sur des terrains instables soumis à des glissements de terrain réguliers et de résister à l'ensevelissement. Dotée d'une forte capacité d'évapotranspiration (Zouaoui 2011), elle est également adaptée pour drainer les berges et talus soumis à des infiltrations d'eau.

Avec un port souple et dense et une grande amplitude écologique, son potentiel d'utilisation dans des aménagements en cours d'eau de montagne est important. Il pourra ainsi être implanté sur tous types de sols et dans diverses conditions d'ensoleillement, notamment sur des substrats bruts drainants et dans des vallées boisées encaissées, jusqu'à 1 500 m d'altitude. De par son port pouvant devenir arboré et sa faible tolérance à l'immersion, il est cependant déconseillé de l'utiliser en pied de berge. Il est toutefois possible de le traiter en cépée afin d'éviter la formation d'un tronc pouvant induire un effet bras de levier lors de crues.

Compte tenu de son très faible taux de reprise au bouturage (inférieur à 40 % en condition *in situ*), il faudra privilégier l'utilisation de plants forestiers dans les aménagements. Les branches du saule marsault peuvent cependant produire des pieux de bonne qualité.

Son association avec le bouleau pendule (*Betula pendula*), le noisetier (*Corylus avellana*), le frêne commun (*Fraxinus excelsior*), le sorbier des oiseleurs (*Sorbus aucuparia*) ou encore le sureau à grappes (*Sambucus racemosa*) est particulièrement pertinente, notamment dans les lits de plants et les caissons en rondins végétalisés. Il est à noter que les populations de l'étage montagnard supérieur peuvent s'hybrider avec le saule appendiculé pour produire des individus à la morphologie intermédiaire (phénomène d'introgession). Pour les aménagements à l'étage subalpin, on privilégiera l'utilisation du saule appendiculé. Le saule marsault est disponible dans de nombreuses pépinières dont certaines garantissent une provenance locale des plants.



Fig. 8 - Situation typique au sein d'un groupement arbustif préforestier (*Salicetum capreae*).



Fig. 9 - Rejets de souche.

# *Salix daphnoides* Vill.

## Saule faux daphné

Salicacées

### Description

- Le saule faux daphné est un arbuste ou un petit arbre caducifolié mesurant de 4 à 15 m de haut (fig. 1), formant généralement des troncs robustes.
- Les rameaux de l'année, vert jaunâtre à rouge foncé (fig. 2 et 3), sont généralement glabres et brillants mais peuvent être plus ou moins velus. Les rameaux de 2-3 ans, glabres, sont parfois recouverts d'une pruine bleuâtre. L'écorce, devenant gris noirâtre avec l'âge, est jaune au revers.
- Les bourgeons sont généralement glabres mais peuvent être plus ou moins velus. Les bourgeons foliaires, plus ou moins comprimés, sont appliqués sur le rameau et mesurent de 3 à 8 mm (fig. 2). Les bourgeons floraux, plus gros, ovoïdes et renflés à la base, sont aplatis à l'apex en « bec de canard » et dépassent régulièrement 1 cm de long (fig. 3).
- Les feuilles, lancéolées et acuminées, sont longues de 4 à 10 cm et larges de 2 à 4 cm. Elles sont munies sur les marges de petites dents glanduleuses. Elles sont vertes et luisantes au-dessus (fig. 4) et glauques à blanchâtres au revers (fig. 5). Les stipules, rapidement caduques, sont aiguës et dentées.
- Les fleurs sont protégées par une écaille brunâtre, jaune ou verte, très velue. Les fleurs mâles, composées de 2 étamines libres et glabres, sont rassemblées en courts chatons sessiles, denses et dressés (fig. 6). Les femelles, pourvues de capsules glabres, longues de 3 à 5 mm et surmontées d'un long style terminé par 2 stigmates entiers ou bilobés, sont rassemblées en chatons cylindriques denses, sessiles et dressés (fig. 7).
- La floraison a lieu de fin février à mai, avant la feuillaison.



Fig. 1 - Port dressé.



Fig. 2 - Bourgeon floral comprimé, appliqué sur le rameau.



Fig. 3 - Bourgeon floral en « bec de canard ».



Fig. 4 - Feuille lancéolée et acuminée, verte et luisante dessus.



Fig. 5 - Feuille glauque à blanchâtre au revers.

- Le saule faux daphné peut être confondu avec le saule à trois étamines (*S. triandra*), dont les rameaux de l'année sont cannelés à l'extrémité et les fleurs mâles composées de 3 étamines. Il peut également être confondu avec le saule laurier (*S. pentandra*), aux feuilles visqueuses odorantes à l'état jeune et aux bourgeons foliaires à apex non appliqué sur les rameaux.

### Distribution et vulnérabilité

Le saule faux daphné est une espèce européenne présente des Pyrénées aux Carpates. Elle est rare dans les Pyrénées, le Jura et la vallée du Rhin, mais est plus fréquente dans les Alpes.

Elle est relativement commune dans les Alpes du Nord.

## Écologie

- Le saule faux daphné est une espèce pionnière de pleine lumière colonisant les terrasses alluviales des rivières de montagne.
- Il croît sur des substrats grossiers (sables, graviers et galets), riches en bases (généralement calcaires ou schisteux) et pauvres en nutriments, basiques à légèrement acides.
- Il présente un optimum écologique dans les saulaies et aulnaies alluviales sur matériaux grossiers (*Salicion elaeagni* et *Alnion incanae* – fig. 8 et 9).
- Il se développe de l'étage collinéen à l'étage subalpin (jusqu'à 2 300 m) avec un optimum à l'étage montagnard.



Fig. 6 - Chaton mâle sessile et dressé.



Fig. 7 - Chaton femelle sessile et dressé.

## Utilisation en génie végétal

Le saule faux daphné est une espèce précieuse pour la stabilisation des berges des rivières de montagne.

Dotée d'un fort pouvoir de régénération (rejets de souche) et d'une croissance juvénile rapide, cette espèce vigoureuse protège rapidement les couches supérieures du sol. De par ses rameaux souples et robustes, elle offre une très bonne résistance à la traction et est capable de supporter de nombreux chocs. Dotée également d'une forte capacité d'évapotranspiration (Zouaoui 2011), cette espèce est adaptée pour drainer les berges et talus instables soumis à des infiltrations d'eau.



Fig. 8 - Saulaie alluviale arborée à *Salix daphnoides*.

Tolérant relativement bien le froid et la sécheresse, elle peut être utilisée sur des substrats bruts très drainants (fig. 8 et 9), du pied jusqu'au sommet de la berge, jusqu'à 2 200 m d'altitude. Compte tenu de sa tendance à créer des troncs uniques pouvant atteindre 15 m de hauteur et de son système racinaire superficiel, il est toutefois déconseillé de l'implanter massivement en pied de berge.

Étant donné la taille de ses rameaux et de son excellent taux de reprise au bouturage (généralement supérieur à 90 % – Zouaoui 2011), cette espèce est particulièrement adaptée pour produire des boutures, des plançons, des ramilles ou des pieux (vivants ou morts). Elle peut ainsi facilement être intégrée dans

un grand nombre d'ouvrages de génie végétal (lits de plants et plançons, caissons en rondins végétalisés, tressages et fascines de saules, couches de branches à rejets, bouturage), notamment en association avec d'autres saules arbustifs à enracinement plus profond comme le saule drapé (*Salix elaeagnos*), le saule pourpre (*S. purpurea*) ou encore le saule noirissant (*S. myrsinifolia*), assurant ainsi une complémentarité à la couverture végétale et à l'enracinement.

Le saule faux daphné est disponible dans certaines pépinières. Étant localement abondant aux abords des rivières de montagne, il est toutefois préférable de se procurer le matériel végétal à proximité des chantiers (boutures), garantissant ainsi l'utilisation de souches locales particulièrement adaptées aux conditions stationnelles.

Le saule faux daphné bénéficie d'un statut de protection dans certains cantons suisses (protection totale ou partielle).



Fig. 9 - Stade pionnier à *Salix daphnoides* et *Myricaria germanica* (*Salici-Myricarietum*).

# *Salix elaeagnos* Scop.

## Saule drapé

Salicacées

### Description

- Le saule drapé est un arbuste haut de 1 à 5 m, produisant de nombreuses tiges dressées (fig. 1). Il peut parfois évoluer en un arbre atteignant 10 m au sein des aulnaies blanches.
- Les jeunes rameaux, jaunâtres à rougeâtres, sont plus ou moins tomenteux et cannelés à l'extrémité. Les rameaux de 2 ans sont glabres (fig. 2).
- Les bourgeons, longs de 4 à 9 mm, sont étroits et appliqués sur le rameau (fig. 3). Ils sont souvent concentrés à l'extrémité des rameaux avec plus de 5 bourgeons sur les 3 derniers centimètres.
- Les feuilles, alternes, sont oblongues, parfois presque linéaires, à bords enroulés. De longueur variable (2 à 12 cm), elles sont vert mat dessus (fig. 4), blanches et tomenteuses au revers (pilosité feutrée aranéuse – fig. 5).
- Les fleurs, protégées par une longue écaille verdâtre devenant brunâtre à l'extrémité, sont rassemblées en chatons effilés, grêles et généralement arqués. Les fleurs mâles sont composées de 2 étamines soudées et glabres (fig. 6). Les fleurs femelles sont pourvues d'un style court terminé par 2 stigmates entiers ou bilobés (fig. 7).
- La floraison a lieu de mars à mai, juste avant la feuillaison.
- Deux sous-espèces sont actuellement décrites :
  - subsp. **angustifolia** aux feuilles étroitement linéaires ne dépassant pas 1 cm de largeur ;
  - subsp. **elaeagnos** aux feuilles linéaires à lancéolées pouvant atteindre 2 cm de largeur.



Fig. 4 - Feuille linéaire à oblongue, mat dessus.



Fig. 5 - Feuille tomenteuse au revers, à bords enroulés.



Fig. 1 - Port dressé.



Fig. 2 - Rameau de 2 ans glabre.



Fig. 3 - Bourgeons appliqués sur rameau de l'année tomenteux.

- À l'état végétatif, le saule drapé peut être confondu avec le saule des vanniers (*S. viminalis*), présentant une pilosité soyeuse et argentée aux revers des feuilles, ainsi qu'avec le saule blanc (*S. alba*) présentant des feuilles et des rameaux à pilosité appliquée.

### Distribution et vulnérabilité

Le saule drapé est une espèce montagnarde sud-européenne présente de façon disséminée dans les secteurs montagneux de France et de Suisse (Pyrénées, Cévennes, Alpes, Jura, Vosges).

La sous-espèce *elaeagnos*, seule indigène, est relativement fréquente dans les Alpes du Nord.

La sous-espèce *angustifolia*, de distribution méditerranéo-montagnarde, est présente dans le Sud des Alpes. Elle est parfois intégrée dans des plantations d'où elle peut essaimer.



## Écologie

- Le saule drapé est une espèce pionnière de pleine lumière des bords de cours d'eau et terrasses alluviales où il forme parfois des communautés monospécifiques. Il se développe également au sein de fourrés ou de pinèdes sèches, ainsi que dans des carrières, gravières ou talus au sol temporairement inondé.
- Il croît sur des substrats alluviaux grossiers (sables, graviers, cailloux, blocs), plus ou moins pauvres en éléments nutritifs, basiques à légèrement acides, à humidité changeante (espèce supportant d'importantes fluctuations de la nappe phréatique).
- Il présente un optimum écologique au sein des saulaies alluviales sur matériaux grossiers (*Salicion elaeagni* – fig. 8).
- Il se développe aux étages collinéen et montagnard (jusqu'à 1 700 m).



Fig. 6 - Chaton mâle effilé, grêle et arqué.



Fig. 7 - Chaton femelle effilé, grêle et arqué.

## Utilisation en génie végétal

Le saule drapé est une espèce particulièrement adaptée pour la stabilisation des berges des rivières de montagne, notamment sur substrat très grossier.

Dotée d'un fort pouvoir de régénération (rejets de souche), d'une croissance juvénile rapide et d'un système racinaire extrêmement développé (rapp. vol. syst. sout./aérien = 1,8), cette espèce vigoureuse couvre et protège rapidement le sol, notamment les terrains très inclinés. De par ses rameaux souples et robustes, elle offre une très bonne résistance à la traction et est capable de supporter de nombreux chocs (cicatrisation rapide des blessures et production de cépées – Karrenberg *et al.* 2003). Résistant à l'ensevelissement, elle tolère un recouvrement important de la base de son tronc par des matériaux gravelo-terreux (lors d'une crue ou d'un glissement de terrain par exemple). Suite à un recouvrement



Fig. 8 - Stade pionnier de la saulaie alluviale sur matériaux grossiers (*Salicion elaeagni*).

prolongé, des racines adventives se développent rapidement et fixent les couches superficielles du sol, certains individus pouvant supporter un recouvrement de la base du tronc sur près de 35 % de leur hauteur (Schiechtel 1973).

Tolérant aussi bien les sécheresses intenses que les inondations prolongées (son système racinaire s'adapte en fonction de l'hygrométrie et de la granulométrie du sol et de la hauteur de la nappe – Francis *et al.* 2005), il peut être utilisé sur des substrats bruts très drainants (graviers, galets, etc.), du pied de berge jusqu'au sommet de talus, jusqu'à 1 500 m. Compte tenu de sa tendance à créer des troncs uniques pouvant atteindre 10 m de hauteur, son implantation en pied de berge devra être effectuée avec parcimonie en évitant les secteurs à fortes contraintes hydrauliques ou en favorisant le recépage des plants.

Étant donné la taille de ses rameaux et son taux élevé de reprise au bouturage (entre 70 et 90 % avec de meilleurs résul-

tats enregistrés en période hivernale sur des rameaux âgés), cette espèce peut être utilisée sous forme de boutures, de plançons, de branches ou de pieux. Le taux de reprise sera toutefois plus élevé si les boutures sont implantées sur substrat fin bien alimenté en eau (Francis *et al.* 2005). Elle peut ainsi être intégrée dans un grand nombre de techniques de génie végétal (lits de plants et plançons, caissons en rondins végétalisés, tressages et fascines de saules, couches de branches à rejets, bouturage), en association avec les saules faux daphné (*Salix daphnoides*), pourpre (*S. purpurea*) et noirissant (*S. myrsinifolia*), ou encore le bouleau pendant (*Betula pendula*), le sorbier des oiseleurs (*Sorbus aucuparia*), l'aulne blanc (*Alnus incana*) ou l'argousier (*Hippophae rhamnoides*), assurant ainsi une complémentarité à la couverture végétale et à l'enracinement. Elle est également particulièrement adaptée pour des techniques mixtes, par exemple en combinaison avec un enrochement de pied de berge.

Le saule drapé est disponible dans le commerce. Souvent abondant aux abords des rivières de montagne, il est toutefois préférable de se procurer le matériel végétal à proximité des chantiers (boutures), garantissant ainsi l'utilisation de souches locales et évitant la dispersion de la sous-espèce *angustifolia* en dehors de son aire biogéographique naturelle.

Le saule drapé bénéficie d'un statut de protection dans certains cantons suisses (protection partielle).

# *Salix foetida*

## Schleich. ex DC.

### Saule fétide

Salicacées

#### Description

- Le saule fétide est un arbrisseau caducifolié, densément ramifié, à port étalé ou ascendant atteignant 2 m de haut et formant des peuplements souvent denses et monospécifiques (fig. 1).
- Les rameaux de l'année sont glabres à nettement velus, mais le plus souvent à pilosité peu visible (poils courts épars). Ceux de 2 ans sont glabres, luisants (fig. 2) et striés sous l'écorce. L'écorce, d'abord brun noirâtre, rougeâtre, verdâtre ou orangée, devient gris foncé et s'exfolie avec l'âge.
- Les bourgeons, légèrement velus et de même couleur que les rameaux, sont ovoïdes, ellipsoïdes ou cylindriques à apex obtus (fig. 3). Ils mesurent de 2,5 à 4,5 mm et sont deux à trois fois aussi longs que larges.
- Les feuilles, longues de 1 à 4 cm, sont 2 à 3 fois plus longues que larges. Elles sont rigides, lancéolées, à bord régulièrement denticulé-glanduleux, vert foncé, glabres et luisantes dessus (fig. 4), glauques et plus ou moins soyeuses dessous (fig. 5).
- Les fleurs, protégées par une écaille barbue brune ou ferrugineuse, sont rassemblées en chatons courts et dressés ne dépassant pas 2 cm de long. Les fleurs mâles sont composées de deux étamines à filets glabres et anthères rougeâtres (fig. 6). Les fleurs femelles sont constituées d'une capsule velue atteignant 5 mm de long (fig. 7).
- La floraison a lieu de juin à juillet, en même temps que la feuillaison.



Fig. 4 - Feuille régulièrement denticulé-glanduleuse, luisante sur le dessus.



Fig. 5 - Feuille glauque plus ou moins soyeuse au revers.



Fig. 1 - Port étalé à ascendant.



Fig. 2 - Rameau de 2 ans glabre et luisant.



Fig. 3 - Bourgeons ovoïdes à apex obtus sur rameau de l'année velu.

- Le saule fétide peut être confondu avec des formes basses du saule alpestre (*S. myrsinifolia* subsp. *alpicola*) présentant une pilosité plus allongée sur les feuilles (entre 0,5 et 1 mm) et des bourgeons mesurant pour la plupart plus de 4 mm.

#### Distribution et vulnérabilité

Le saule fétide est une espèce européenne montagnarde présente uniquement dans les Alpes, les Apennins et les Pyrénées.

Elle est relativement fréquente dans les Alpes du Nord, notamment dans les secteurs supraforestiers des Alpes internes (Vanoise, Écrins, Valais) où elle peut être localement abondante.

## Écologie

- Le saule fétide est une espèce pionnière des brousses subalpines fraîches, se rencontrant aux abords des sources et torrents, dans les couloirs d'avalanche, les prairies humides et marécageuses ou sur les moraines et éboulis.
- Il croît sur des substrats à granulométrie variable, pauvres en bases et en nutriments, frais à humides, neutres à acides (espèce calcifuge se développant sur matériaux généralement siliceux).
- Il présente un optimum écologique au sein des saulaies buissonnantes riveraines subalpines (*Salicion waldsteinianae* – fig. 8).
- Il se développe aux étages subalpin et alpin inférieur (de 1 400 à 2 500 m) avec un optimum à l'étage subalpin supérieur.



Fig. 6 - Chaton mâle court et dressé.



Fig. 7 - Chaton femelle court et dressé.

## Utilisation en génie végétal

Le saule fétide est une espèce particulièrement adaptée pour le génie végétal en rivière de montagne. En effet, cette espèce forme naturellement des colonies denses aux abords des torrents subalpins des vallées intra-alpines, que ce soit en association avec le saule bleuâtre (*Salix caesia*) sur matériaux fins ou avec le saule hasté (*S. hastata*) sur matériaux grossiers (fig. 8).

De par sa ramure souple ne dépassant pas 1,5 m de hauteur en situation de pleine lumière, il est particulièrement adapté pour stabiliser les berges des torrents ou les terrains très inclinés soumis à des perturbations régulières. Implanté en pied de berge, les buissons denses qu'il forme permettent de dissiper l'énergie du courant lors des crues et de piéger les sédiments fins, facilitant ainsi l'installation d'autres espèces.

Elle peut être utilisée sur des substrats grossiers drainants (fig. 8) pour peu que ceux-ci soient suffisamment pauvres en calcaire et bien alimentés en eau (proximité de la nappe ou de suintements). Elle devra être implantée de préférence dans des secteurs ouverts ou bien exposés entre 1 700 et 2 300 m (éviter les vallées trop encaissées et les formations trop fermées).



Fig. 8 - Saulaie buissonnante à *Salix foetida* et *S. hastata* sur matériaux grossiers.

Vu son taux de reprise au bouturage peu élevé (environ 50 %) et ses rameaux courts, fins et très ramifiés, l'utilisation de boutures ou de branches dans les aménagements s'avère difficile. Il est en effet peu envisageable de trouver en grand nombre des boutures suffisamment larges et rectilignes pour être battues mécaniquement ou des branches suffisamment longues pour être intégrées dans des fascines de saule ou des couches de branches à rejets. Il peut toutefois être intéressant de l'intégrer sous forme de ramilles vivantes plaquées sous une fascine ou dans des lits de plants et plançons. Le matériel végétal à disposition pouvant être localement abondant, cette technique peut s'avérer efficace si les densités de plantations sont suffisamment importantes (30 à 40 pièces par mètre) et si les

espèces associées sont faiblement concurrentielles. Il peut ainsi être pertinent de l'associer aux saules hasté (*S. hastata*) et bleuâtre (*S. caesia*) ou à l'aulne vert (*Alnus viridis*) en pied de berge, voire aux saules glauque (*S. glaucosericea*) ou de Suisse (*S. helvetica*) sur les secteurs frais du haut de berge.

Le saule fétide est disponible dans certaines pépinières spécialisées et pourra ainsi être utilisé sous forme de plants dans les lits de plants ou les caissons en rondins végétalisés, du pied jusqu'en milieu de berge.

Le saule fétide bénéficie d'un statut de protection dans certains cantons suisses (protection partielle).

# *Salix glaucosericea* Flod.

## Saule glauque

Salicacées

### Description

- Le saule glauque est un arbrisseau caducifolié, tortueux, formant des petits buissons pouvant atteindre 2 m de haut (fig. 1).
- Les jeunes rameaux, gris-brun à rouge vif, sont luisants et couverts de longs poils blanchâtres étalés et enchevêtrés mesurant plus de 1 mm (fig. 2). Ils deviennent ensuite glabres et gris argenté avec l'âge (fig. 3).
- Les bourgeons, ovales à elliptiques, brun-rouge à orangés, sont couverts de longs poils étalés (fig. 2).
- Les feuilles, oblongues à lancéolées, sont velues et glauques sur les 2 faces (fig. 4). Elles mesurent de 3 à 7 cm et sont 2,5 à 4 fois plus longues que larges.
- Les fleurs, protégées par une écaille velue jaunâtre devenant brun rougeâtre à l'extrémité (jamais noirâtre), sont rassemblées en chatons dressés, oblongs à elliptiques portés par un long pédoncule feuillé. Les fleurs mâles sont pourvues de 2 étamines libres à filets velus à la base (fig. 5). Les fleurs femelles sont composées d'une capsule velue blanchâtre (poils longs et frisés) presque sessile, longue de 6 à 7 mm et surmontée d'un long style (fig. 6).
- La floraison a lieu de juin à juillet, en même temps que la feuillaison.
- Le saule glauque peut facilement être confondu avec le saule de Suisse (*S. helvetica*), présentant des feuilles glabrescentes sur la face supérieure, blanches tomenteuses au revers, des écailles noirâtres au sommet, des filets des étamines glabres et des capsules munies de poils courts.



Fig. 1 - Port.



Fig. 2 - Bourgeons et rameau de l'année très velus, à pilosité allongée.



Fig. 3 - Rameau de 2 ans gris argenté devenant glabrescent.



Fig. 4 - Feuilles oblongues à lancéolées, velues sur les 2 faces.

### Distribution et vulnérabilité

Le saule glauque est une espèce endémique est-alpine présente de la France à l'Autriche. Elle est peu commune sur l'ensemble du territoire franco-suisse.

Elle est globalement assez rare dans les Alpes du Nord, mais peut être localement abondante dans certains secteurs des Alpes internes.

## Écologie

- Le saule glauque est une espèce pionnière constituante des landes à rhododendrons et brousses subalpines. Il se développe parfois au sein de forêts de conifères claires et fraîches (pessières, cembraies, mélézins), marais, éboulis, couloirs d'avalanche ou aux abords des sources et cours d'eau de montagne.
- Il croît sur des matériaux grossiers (graviers, galets, blocs), généralement siliceux, pauvres en éléments nutritifs, neutres à acides, modérément secs à humides.
- Il présente un optimum écologique au sein des saulaies buissonnantes acidophiles sur blocs (*Salicetum helveticae* – fig. 7).
- Il se développe aux étages subalpin et alpin inférieur (de 1 400 à 2 500 m).



Fig. 5 - Chaton mâle dressé.



Fig. 6. - Chaton femelle velu blanchâtre.

## Utilisation en génie végétal

Le saule glauque est une espèce potentiellement adaptée pour le génie végétal en rivière de montagne.

Avec son port souple, dense et étalé ne dépassant pas 2 m de haut, il convient notamment pour stabiliser les berges des torrents ou les terrains très inclinés soumis à des perturbations régulières. Implantés en pied de berge, les buissons denses qu'il forme permettent de dissiper l'énergie du courant lors des crues et de piéger les sédiments fins, facilitant ainsi l'installation d'autres espèces.

De par sa tolérance à la variation du niveau hydrique du sol, il peut être utilisé sur des substrats grossiers très drainants, du pied jusqu'en sommet de berge, de préférence sur substrats siliceux, de 1 600 à 2 300 m d'altitude.

Au vu de sa relative rareté, de son très faible taux de reprise au bouturage (entre 20 et 30 %) et de ses rameaux courts et tortueux, l'utilisation de boutures ou de branches dans les aménagements peut s'avérer difficile. Il peut toutefois être intéressant de l'intégrer sous forme de ramilles vivantes plaquées sous une fascine ou dans des lits de plants et plançons en association avec les saules hasté (*Salix hastata*), fétide (*S. foetida*), de Suisse (*S. helvetica*), de Lagger (*S. laggeri*), alpestre (*S. myrsinifolia* subsp. *alpicola*) ou encore l'aulne vert (*Alnus viridis*) avec lesquels il se retrouve fréquemment en milieu naturel.



Fig. 7 - Situation typique au sein d'une brousse subalpine (*Salicetum helveticae*).

Compte tenu de la relative vulnérabilité de ce taxon dans certains secteurs de l'Arc alpin, une attention particulière devra être portée à sa conservation lors de son utilisation en génie végétal : ne pas prélever de boutures dans le canton de Vaud ou en région Rhône-Alpes où il est protégé, réaliser des prélèvements sporadiques sur des stations suffisamment importantes (plusieurs dizaines de pieds), privilégier son implantation à proximité de noyaux de populations existants. En respectant ces principes, son intégration dans les ouvrages de génie végétal peut s'avérer pertinente pour la conservation de l'espèce.

Le saule glauque ne semble actuellement pas encore disponible dans le commerce. La culture en pépinière de plants indigènes de provenance locale est donc à développer pour une utilisation en génie végétal mais aussi à des fins conservatoires.

# *Salix hastata* Vill.

## Saule hasté

Salicacées

### Description

- Le saule hasté est un arbrisseau caducifolié à port ascendant ou étalé atteignant 2 m de haut (fig. 1).
- Les rameaux de l'année, brun chocolat à rougeâtres, sont mats, glabres (fig. 2) ou lâchement velus (pilosité longue et enchevêtrée, souvent éparses – fig. 3). Ceux de 3 ans sont glabres, noueux (cicatrices foliaires saillantes) et souvent verdâtres.
- Les bourgeons, de même couleur que les jeunes rameaux, sont généralement de 2 types. Les bourgeons foliaires, plan-convexes, longs de 3,5 à 7 mm, présentent un apex aigu ou obtus, appliqué sur le rameau (fig. 2). Les bourgeons floraux, plus grands, longs de 8 à 10 mm, sont aigus ou plus ou moins aplatis au sommet à apex écarté du rameau (fig. 3).
- Les feuilles, longues de 2 à 8 cm, sont obovales à elliptiques, en coin à la base, régulièrement et finement denticulées et courtement pétiolées. Elles sont d'abord velues à l'état jeune (fig. 4) puis glabres, vert mat dessus et mates ou glauques dessous (fig. 5). Elles sont munies, à la base du pétiole, de grandes stipules à sommet droit.
- Les fleurs, protégées par une écaille barbue brunâtre au sommet, sont rassemblées en chatons allongés de 3 à 6 cm, dressés, portés par un pédoncule feuillé. Les fleurs mâles sont pourvues de 2 étamines à filets libres et glabres (fig. 6). Les fleurs femelles sont composées d'une capsule glabre, aplatie, presque sessile, et d'un long style terminé par des stigmates bifurqués (fig. 7).
- La floraison a lieu de juin à août, en même temps que la feuillaison.



Fig. 1 - Port ascendant à étalé.



Fig. 2 - Bourgeons foliaires sur rameau de l'année brun chocolat.



Fig. 3 - Bourgeons floraux sur rameau de l'année rougeâtre.



Fig. 4 - Jeune feuille velue au revers.



Fig. 5 - Feuilles matures glabres, glauques au revers.

- Le saule hasté peut être confondu avec des individus prostrés de saule appendiculé (*S. appendiculata*), aux rameaux de l'année brun jaunâtre à brun verdâtre, ou avec le saule fétide (*S. foetida*) aux feuilles régulièrement dentées glanduleuses et à pilosité courte peu visible (moins de 0,5 mm).

### Distribution et vulnérabilité

Le saule hasté est une espèce euro-sibérienne d'affinité arctico-alpine. Au sein du territoire franco-suisse, elle est présente dans les Pyrénées, le Massif central, les Vosges et les Alpes.

Elle est relativement fréquente dans les Alpes du Nord.

## Écologie

- Le saule hasté est une espèce pionnière de demi-ombre ou de pleine lumière, constituant des saulaies basses. Il se développe régulièrement au sein des aulnaies vertes et parfois dans les clairières des forêts fraîches de conifères (pinèdes, pessières, mélézins), les marais, éboulis ou couloirs d'avalanche.
- Il croît sur divers types de substrats, (alluvions, éboulis et moraines), frais à humides mais généralement bien aérés, plus ou moins riches en bases et en nutriments, basiques à légèrement acides.
- Il présente un optimum écologique dans les fourrés subalpins frais (*Betulo carpaticae-Alnetea viridis*) notamment au sein des saulaies riveraines (*Salicion waldesteiniana* – fig. 8).
- Il se développe aux étages subalpin et alpin inférieur (de 1 500 à 2 500 m).



Fig. 6 - Chaton mâle dressé et porté par un pédoncule feuillé.



Fig. 7 - Chaton femelle dressé et porté par un pédoncule feuillé.

## Utilisation en génie végétal

Le saule hasté est une espèce particulièrement adaptée pour le génie végétal. En effet, à l'instar du saule bleuâtre et du saule fétide, cette espèce forme naturellement des colonies denses aux abords des torrents subalpins.

Avec sa ramure souple ne dépassant pas 2 m de hauteur, il est particulièrement adapté pour stabiliser les berges des torrents ou les terrains inclinés soumis à des perturbations régulières. Il offre ainsi une forte résistance à la traction grâce à la souplesse de ses tiges qui s'adaptent aux contraintes du terrain. Implantés en pied de berge, les buissons denses qu'il forme permettent de dissiper l'énergie du courant lors des crues et de piéger les sédiments fins, facilitant ainsi l'installation d'autres espèces.



Fig. 8 - Situation typique sur blocs en association avec *Salix foetida*.

Sa grande amplitude écologique permet de l'utiliser aussi bien sur des substrats grossiers drainants (fig. 8) que sur des matériaux fins gorgés d'eau, sur roches calcaires ou siliceuses. Il pourra être implanté aussi bien sur des pentes raides exposées que dans des vallées encaissées, entre 1 500 et 2 300 m d'altitude.

Compte tenu de la taille de ses rameaux et de son taux de reprise élevé au bouturage (entre 60 et 70 %), cette espèce peut être utilisée sous forme de boutures, de branches, de plançons ou de ramilles. Il peut toutefois s'avérer difficile de trouver un nombre important de boutures au diamètre suffisamment large pour être battues mécaniquement, ou des branches suffisamment longues pour être intégrées dans des fascines de saule ou des couches de branches à rejets. Il peut être pertinent de l'intégrer sous forme de ramilles vivantes plaquées sous une fascine ou dans des lits de plants et plançons. Le matériel végétal à disposition pouvant être localement abondant aux abords des torrents subalpins, cette technique peut s'avérer opportune dans certaines situations. Attention toutefois à ne pas l'associer à des espèces arbustives à fort potentiel de croissance. Il pourra ainsi être associé à d'autres saules subalpins buissonnants comme les saules fétide (*Salix foetida*), bleuâtre (*S. caesia*), glauque (*S. glaucosericea*), de Suisse (*S. helvetica*), alpestre (*S. myrsinifolia* subsp. *alpicola*) ou noirissant (*S. myrsinifolia*), ou encore l'aulne vert (*Alnus viridis*) avec lesquels il se retrouve fréquemment en milieu naturel.

Le saule hasté est disponible dans certaines pépinières spécialisées. La présence de quelques cultivars sur le marché (« Bois jaune », « Wehrhanii », etc.) rend parfois difficile l'approvisionnement en plants indigènes.

Le saule hasté bénéficie d'un statut de protection dans certains cantons suisses (protection partielle).

# *Salix helvetica* Vill.

## Saule de Suisse

Salicacées

### Description

- Le saule de Suisse est un arbrisseau caducifolié tor-tueux formant des petits buissons pouvant atteindre 2 m de haut (fig. 1).
- Les jeunes rameaux sont luisants, brun-orangé (fig. 2), verdâtres à beiges. Initialement velus ou glabrescents, pourvus d'une pilosité courte enchevêtrée et appliquée mesurant moins de 1 mm de long, ils deviennent gris argenté et glabres avec l'âge (fig. 3).
- Les bourgeons, beiges à orangés, de 4 à 8 mm, sont ovoïdes à elliptiques, obtus ou arrondis au sommet à apex écarté du rameau (fig. 2).
- Les feuilles, courtement pétiolées, obovales à ellip-tiques, sont vert foncé à grisâtres, luisantes et légèrement velues dessus (fig. 4), densément velues-cotonneuses et blanchâtres au revers (fig. 5). Elles mesurent de 4 à 8 cm et sont 2 à 3 fois plus longues que larges.
- Les fleurs, protégées par une écaille velue brune devenant noirâtre à l'extrémité, sont rassemblées en chatons dressés, oblongs à elliptiques, courtement pédonculés. Les fleurs mâles sont composées de 2 étamines libres à filets glabres (fig. 6). Les fleurs femelles sont constituées d'une capsule tomenteuse (poils courts) presque sessile, longue de 5 à 7 mm et surmontée d'un style court, rougeâtre à violacé (fig. 7).
- La floraison a lieu de mai à juillet, en même temps que la feuillaison.



Fig. 1 - Port buissonnant.



Fig. 2 - Bourgeons ovoïdes à elliptiques, glabrescents.



Fig. 3 - Rameau de 2 ans gris argenté, glabre.



Fig. 4 - Feuille obovale, luisante sur la face supérieure.



Fig. 5 - Feuille velue blanchâtre au revers.

- Le saule de Suisse peut facilement être confondu avec le saule glauque (*S. glaucosericea*), aux feuilles glauques sur les deux faces, non tomenteuses blanchâtres au revers, aux bractées jamais noirâtres au sommet et à la pilosité des rameaux et des bourgeons hirsute et allongée (poils mesurant plus de 1 mm).

### Distribution et vulnérabilité

Le saule de Suisse est une espèce ouest-européenne montagnarde présente des Alpes aux Carpates. En France, elle est uniquement recensée de la Haute-Savoie aux Hautes-Alpes. Elle est plus largement distribuée en Suisse.

Elle est globalement assez rare dans les Alpes du Nord mais peut être localement abondante dans les Alpes valaisannes.



## Écologie

- Le saule de Suisse est une espèce pionnière des landes à rhododendrons et des brousses subalpines. Il se développe parfois au sein de forêts de conifères claires et fraîches (pessières, cembraies, mélézins), d'éboulis, de couloirs d'avalanche ou aux abords des sources et cours d'eau de montagne.
- Il croît sur des substrats grossiers (sables, graviers, blocs), le plus souvent morainiques ou alluviaux, siliceux, pauvres en éléments nutritifs, neutres à acides, frais à humides.
- Il présente un optimum écologique au sein des saulaies buissonnantes acidophiles sur blocs (*Salicetum helveticae* – fig. 8).
- Il se développe aux étages subalpin et alpin inférieur (de 1 700 à 2 500 m).



Fig. 6 - Chaton mâle court et dressé.



Fig. 7 - Chaton femelle composé de capsules tomenteuses surmontées de styles courts.

## Utilisation en génie végétal

À l'instar du saule glauque (*Salix glaucosericea*), le saule de Suisse est une espèce potentiellement adaptée pour le génie végétal.

Avec sa ramure souple ne dépassant pas 2 m de haut, le saule de Suisse est particulièrement adapté pour stabiliser les berges des torrents ou les terrains très inclinés soumis à des perturbations régulières. Il bénéficie d'une résistance élevée à la traction et résiste bien à l'ensevelissement (ses rameaux souples et robustes se couchent sur le sol lors de glissements de terrain ou d'éboulements). Implantés en pied de berge, les buissons denses qu'il forme permettent de dissiper l'énergie du courant lors des crues et de piéger les sédiments fins, facilitant ainsi l'installation d'autres espèces.

Il peut être utilisé sur des substrats grossiers silicatés drainants, de préférence sur des secteurs frais, ouverts ou bien exposés entre 1 700 et 2 300 m (éviter les vallées trop encaissées et les ripisylves trop denses).

Au vu de sa relative rareté dans certaines régions, de son taux de reprise au bouturage inconstant (entre 40 et 80 %) et de ses rameaux courts et tortueux, l'utilisation de boutures ou de branches dans les aménagements peut s'avérer difficile. Il n'est en effet guère possible de trouver un nombre important de branches suffisamment larges et rectilignes pour être battues mécaniquement. De la même manière, il est difficile de se procurer des branches suffisamment longues

pour être intégrées dans des fascines de saule ou des couches de branches à rejets. Toutefois, il peut être pertinent de l'intégrer sous forme de ramilles vivantes plaquées sous une fascine ou dans des lits de plants et plançons.

Le saule de Suisse étant disponible dans certaines pépinières, l'utilisation de plants en motte ou en racines nues devra être privilégiée. Il pourra être intégré sous cette forme dans des lits de plants ou des caissons en rondins végétalisés du pied jusqu'en sommet de berge, en association avec les saules appendiculé (*Salix appendiculata*), de Lagger (*S. laggeri*), fétide (*S. foetida*), alpestre (*S. myrsinifolia* subsp. *alpicola*), glauque (*S. glaucosericea*) ou avec l'aulne vert (*Alnus viridis*) qu'il cotoie fréquemment en milieu naturel.

Le saule de Suisse bénéficie d'un statut de protection dans certains cantons suisses (protection partielle) ainsi que sur l'ensemble du territoire français.



Fig. 8 - Situation typique (*Salicetum helveticae*) en mosaïque avec la lande à rhododendron ferrugineux.

# *Salix laggeri* Wimm.

## Saule de Lagger

Salicacées

### Description

- Le saule de Lagger est un arbuste à port dressé formant des cépées denses pouvant atteindre 4 m de hauteur (fig. 1).
- Les jeunes rameaux, beiges, jaunâtres à jaune verdâtre, robustes et nettement velus (pilosité hirsute et étalée – fig. 2), deviennent gris foncé avec l'âge (fig. 3). Ils ne sont jamais striés sous l'écorce.
- Les bourgeons, ovoïdes à triangulaires, sont nettement velus (pilosité allongée, dense et hirsute dépassant 1 mm) à apex aplati (fig. 2), appliqué sur le rameau ou légèrement recourbé vers l'extérieur (en « bec de canard »). Ils mesurent de 4,5 à 9,5 mm et sont ordinairement de 2 à 2,5 fois plus longs que larges.
- Les feuilles, lancéolées à obovales-elliptiques, d'abord blanches-cotonneuses, deviennent glabrescentes et vert foncé dessus (fig. 4) et sont velues blanchâtres au revers (fig. 5). Elles mesurent de 3 à 7 cm de long et sont crénelées-dentées à presque entières. Les stipules, longues de 0,5 cm, sont rapidement caduques.
- Les fleurs sont protégées par une écaille velue verdâtre teintée de brun au sommet. Les fleurs mâles sont composées de 2 étamines libres et sont regroupées en chatons courts et denses (fig. 6). Les fleurs femelles sont constituées d'une capsule velue longuement pédicellée (pédicelle plus long que l'écaille) surmontée d'un style court et sont rassemblées en chatons oblongs dressés à étalés (fig. 7).
- La floraison a lieu de mai à juillet, en même temps que la feuillaison.



Fig. 1 - Port en cépées denses.



Fig. 2 - Bourgeons et rameau de l'année nettement velus.



Fig. 3 - Rameau de 2 ans gris foncé, velu.



Fig. 4 - Feuille obovale à elliptique, glabrescente sur la face supérieure.



Fig. 5 - Feuille velue blanchâtre au revers.

- À l'état végétatif, le saule de Lagger peut être confondu avec le saule appendiculé (*S. appendiculata*) dont le bois de 2 ans est ordinairement glabre et les bourgeons non aplatis à l'extrémité. Il peut également être confondu avec le saule noircissant (*S. myrsinifolia*) dont les rameaux sont striés sous l'écorce et dont l'apex des bourgeons est obtus. Enfin, certains individus prostrés peuvent être confondus avec le saule glauque (*S. glaucosericea*) aux jeunes rameaux luisants.

### Distribution et vulnérabilité

Le saule de Lagger est une espèce endémique alpine présente de l'Est de la France à l'Ouest de l'Autriche.

Elle est rare et localisée dans les Alpes du Nord (surtout présente dans les Alpes internes).

## Écologie

- Le saule de Lagger est une espèce pionnière des brousses et saulaies buissonnantes subalpines, mais également des forêts de conifères claires (pessières, mélézins, etc.) se développant sur des éboulis, au sein de couloirs d'avalanche et aux abords des ruisseaux d'altitude (fig. 8).
- Il croît préférentiellement sur alluvions et éboulis siliceux grossiers (sables, graviers, galets, blocs), plus ou moins pauvres en éléments nutritifs, neutres à acides, frais à humides.
- Il présente un optimum écologique au sein des fourrés cryophiles montagnards à subalpins (*Betulo-Alnetea*).
- Il se développe de l'étage montagnard supérieur à l'étage subalpin (de 1 400 à 2 100 m).



Fig. 6 - Chaton mâle court et dense.



Fig. 7 - Chaton femelle dressé à étalé.

## Utilisation en génie végétal

Le saule de Lagger est une espèce potentiellement adaptée pour les aménagements aux étages montagnard et subalpin, aussi bien pour la protection de berges de torrents que pour la stabilisation de pentes soumises au risque de glissement ou d'érosion.

Dotée d'un fort pouvoir de régénération (rejets de souche) et d'une croissance juvénile rapide, cette espèce vigoureuse protège rapidement les couches superficielles du sol. Elle est capable de supporter de nombreux chocs et résiste bien à l'ensevelissement (flexibilité des troncs et production de racines adventives), ce qui lui permet de se développer sur des terrains instables soumis à des perturbations régulières. Avec un port assez souple et dense dépassant rarement 4 m de haut, son potentiel d'utilisation est très varié. Implantée en pied de berge, elle favorise ainsi la dissipation de l'énergie du courant et le piégeage des sédiments fins.



Fig. 8 - Situation typique aux abords d'un torrent.

Elle peut être utilisée sur des substrats grossiers, pour peu que ceux-ci soient suffisamment pauvres en calcaire et bien alimentés en eau (proximité de la nappe phréatique, d'une source ou d'un suintement), du pied jusqu'en sommet de berge, de 1 400 à 2 100 m d'altitude.

Les branches du saule de Lagger peuvent produire des ramilles, des plançons ou des boutures. Son taux de reprise au bouturage est toutefois faible en conditions naturelles (environ 30 %), ce qui limite sensiblement son utilisation. Il est cependant envisageable de l'intégrer sous forme de boutures ou de plançons, à condition de l'implanter avec de fortes densités (30 à 40 pièces par mètre) et de l'utiliser en combinaison avec des espèces à fort taux de reprise comme le saule noirissant (*Salix myrsinifolia*) ou le saule pourpre (*S. purpurea*).

Son association avec l'aulne vert (*Alnus viridis*), le bouleau pendant (*Betula pendula*), les saules appendiculé (*S. appendiculata*) ou noirissant (*S. myrsinifolia*) est particulièrement pertinente, notamment dans les lits de plants et plançons et les caissons en rondins végétalisés.

Le saule de Lagger est disponible dans certaines pépinières spécialisées, mais son approvisionnement peut toutefois s'avérer difficile.

Le saule de Lagger bénéficie d'un statut de protection dans certains cantons suisses (protection partielle) ainsi que dans certaines régions françaises.

# *Salix myrsinifolia* Salisb.

## Saule noircissant

Salicacées

### Description

- Le saule noircissant est un arbuste caducifolié, à port dressé, haut de 1,5 à 4 m et formant des cépées denses (fig. 1).
- Les rameaux de l'année, brun foncé, violacés à rougeâtres, sont pubescents (fig. 2). Les rameaux de 2 ans, glabres ou velus et luisants ou mats selon les sous-espèces (fig. 3), sont striés sous l'écorce.
- Les bourgeons, ovoïdes à plan-convexes, bruns à noirâtres, sont généralement densément velus (pilosité appliquée à hirsute) et appliqués sur le rameau (fig. 2). Ils sont environ 2 fois plus longs que larges et mesurent de 2,5 à 6,5 mm (la plupart mesurant plus de 4 mm).
- Les feuilles, lancéolées à elliptiques, sont longues de 2 à 6 cm et larges de 1 à 3 cm. Elles sont vertes et glabres dessus, glauques à pruveuses à nervures velues (fig. 4) et pointe verte au revers, comme essuyées (fig. 5). Elles sont ondulées, irrégulièrement dentées et glanduleuses sur les bords. Elles noircissent rapidement à la dessiccation (tâches sombres visibles autour des impacts).
- Les fleurs, protégées par une écaille barbue brunâtre au sommet, sont rassemblées en chatons courts, presque sessiles et feuillés à la base. Les fleurs mâles sont composées de 2 étamines libres à filets glabres à légèrement velus à la base (fig. 6). Les fleurs femelles sont constituées d'une capsule glabre ou velue surmontée d'un long style à stigmates bifurqués (fig. 7).
- La floraison a lieu d'avril à juin, en même temps que la feuillaison.
- Deux sous-espèces sont actuellement décrites. La sous-espèce *alpicola* diffère du type (subsp. *myrsinifolia*) par ses rameaux de 2 ans brillants, glabres à glabrescents (fig. 3).



Fig. 4 - Feuille glauque à nervures velues au revers.



Fig. 5 - Pointe de la feuille verte dessous, paraissant essuyée.



Fig. 1 - Port en cépées denses.



Fig. 2 - Bourgeons et rameaux de l'année velus : (a) subsp. *alpicola* ; (b) subsp. *myrsinifolia*.



Fig. 3 - Rameau de 2 ans : (a) glabre et brillant chez la subsp. *alpicola* ; (b) mat et velu chez la subsp. *myrsinifolia*.

### Distribution et vulnérabilité

Le saule noircissant est une espèce euro-sibérienne présente sur l'ensemble du territoire suisse. En France, elle est uniquement recensée dans l'Est (Alpes, Jura, Vosges et plaine du Rhin) et les Pyrénées. Elle est fréquente dans les Alpes du Nord.

La distribution de la sous-espèce *alpicola* reste à préciser.

## Écologie

- Le saule noirissant est une espèce pionnière des fourrés et forêts ripicoles (aulnaies, saulaies, frênaies, etc.) et des saulaies d'altitude.
- Il croît préférentiellement sur des substrats alluvionnaires grossiers (sables, graviers, galets), généralement calcaires, frais à humides et présentant des variations d'humidité au cours de l'année, basiques à légèrement acides.
- La sous-espèce *alpicola* se développe préférentiellement dans le manteau de l'aulnaie blanche (*Salicetum alpicolae* - fig. 8) et les fourrés cryophiles d'altitude (*Betulo-Alnetea*) avec un optimum à l'étage subalpin (parfois jusqu'à 2 300 m).
- La sous-espèce *mysinifolia* se développe préférentiellement au sein des aulnaies blanches (*Alnion incanae*) et formations arbustives annexes ou marécageuses (*Salicion pentandrae*) de l'étage collinéen à l'étage subalpin avec un optimum à l'étage montagnard.



Fig. 6 - Chaton mâle court.



Fig. 7 - Chaton femelle présentant de longs styles à stigmates bifurqués.

## Utilisation en génie végétal

Le saule noirissant est une espèce particulièrement adaptée pour la stabilisation des berges des rivières de montagne. Dotée d'un fort pouvoir de régénération (rejets de souche), d'une croissance juvénile rapide et d'un système racinaire développé (rapp. vol. syst. sout./aérien = 1,8), cette espèce vigoureuse couvre et protège rapidement le sol. Son port buissonnant ne dépassant pas 4 m de hauteur (3 m pour la sous-espèce *alpicola*) et ses rameaux souples et robustes, lui offre une très bonne résistance à la traction. Implanté en pied de berge, il favorise ainsi la dissipation de l'énergie du courant et le piégeage des sédiments fins.

Tolérant aussi bien les sécheresses intenses que les inondations prolongées (son système racinaire s'adapte en fonction de l'hygrométrie du sol et de la hauteur de la nappe - Hughes *et al.* 2010), il peut être utilisé sur des substrats bruts très drainants, du pied jusqu'au sommet de berge (fig. 9), jusqu'à 2 200 m d'altitude (notamment la sous-espèce *alpicola*).



Fig. 8 - Situation typique (subsp. *alpicola*) en lisière forestière (*Salicetum alpicolae*).



Fig. 9 - Situation typique en pied de berge sur blocs décimétriques (subsp. *mysinifolia*).

Compte tenu de la taille de ses rameaux et de son taux de reprise élevé au bouturage (entre 70 et 90 % avec de meilleurs résultats enregistrés sur des rameaux âgés plantés en période hivernale), cette espèce peut être utilisée sous forme de boutures, de branches, de plançons ou de ramilles. Elle peut ainsi être facilement intégrée dans un grand nombre d'ouvrages (lits de plants et plançons, caissons en rondins végétalisés, couches de branches à rejets, fascines de saule, bouturage, etc.), notamment en association avec l'aulne blanc (*Alnus incana*), le frêne commun (*Fraxinus excelsior*), le saule drapé (*Salix elaeagnos*), le saule faux daphné (*S. daphnoides*) ou le saule pourpre (*S. purpurea*).

Le saule noirissant est aussi disponible dans certaines pépinières mais la sous-espèce *alpicola* ne semble pas encore commercialisée. Souvent abondant aux abords des rivières de montagne, il est toutefois préférable de se procurer le matériel végétal à proximité des chantiers, garantissant ainsi l'utilisation de souches locales. Pour les aménagements à l'étage subalpin, il est conseillé, dans la mesure du possible, de privilégier la sous-espèce *alpicola*.

Le saule noirissant bénéficie d'un statut de protection dans certains cantons suisses (protection partielle).

# *Salix pentandra* L.

## Saule laurier

Salicacées

### Description

- Le saule laurier est un arbuste caducifolié, formant des cépées pouvant atteindre 12 m de haut (fig. 1).
- Les rameaux de l'année, arrondis et robustes, sont glabres et luisants (fig. 2). L'écorce, d'abord beige, devient grise avec l'âge (fig. 3).
- Les bourgeons, jaune orangé à brun rougeâtre, sont ovoïdes à elliptiques et luisants, à apex généralement écarté du rameau (fig. 3).
- Les feuilles, lancéolées à ovales-elliptiques, mesurent de 4 à 12 cm et sont 2 à 4 fois plus longues que larges. Elles sont totalement glabres et denticulées-glanduleuses, luisantes et vert foncé dessus (fig. 4), plus claires et mates dessous (fig. 5). À l'état jeune, elles sont visqueuses et odorantes. Les stipules, petites, sont rapidement caduques.
- Les fleurs, protégées par une écaille vert jaunâtre velue, sont rassemblées en chatons allongés portés par de longs pédoncules feuillés. Les fleurs mâles sont pourvues de 5 étamines libres (fig. 6). Les femelles sont munies d'un style court et d'une capsule glabre et luisante portée par un court pédicelle (fig. 7). Les chatons femelles desséchés persistent sur les rameaux durant tout l'hiver.
- La floraison a lieu de mai à juillet, en même temps ou légèrement après la feuillaison.



Fig. 1 - Port.



Fig. 2 - Bourgeons et rameau de l'année glabres et luisants.



Fig. 3 - Rameau de 2 ans et gris.



Fig. 4 - Feuille vert foncé, luisante sur la face supérieure.



Fig. 5 - Feuille plus claire et mate au revers.

- Le saule laurier peut être confondu avec le saule à trois étamines (*S. triandra*) dont les rameaux de l'année sont cannelés à leur extrémité et les fleurs mâles ne sont composées que de 3 étamines. Il peut également être confondu avec le saule faux daphné (*S. daphnoides*), aux feuilles non visqueuses odorantes à l'état jeune et aux bourgeons foliaires à apex nettement appliqué sur les rameaux.

### Distribution et vulnérabilité

Le saule laurier est une espèce eurasiatique montagnarde présente de façon disséminée sur l'ensemble du territoire franco-suisse.

Globalement assez rare sur l'ensemble de son aire, elle est toutefois assez fréquente dans les Alpes du Nord.

## Écologie

- Le saule laurier est une espèce pionnière à large amplitude colonisant les prairies humides, les broussailles fraîches d'altitude (saulaies buissonnantes), ainsi que les fourrés et boisements ripicoles ou marécageux (aulnaies blanches, saulaies marécageuses montagnardes).
- Il croît sur des substrats tourbeux ou alluvionnaires à granulométrie variable (argiles, limons, sables, graviers), souvent gorgés d'eau. Il est indifférent au pH, à la richesse en éléments nutritifs du sol et au type de roche mère.
- Cette espèce bimodale présente un optimum écologique au sein d'aulnaies-saulaies alluviales subalpines sur matériaux grossiers (*Alno-Salicetum pentandrae* – fig. 8) ou de saulaies marécageuses montagnardes sur tourbe (*Salicetum pentandro-cinereae*).
- Il se développe aux étages montagnard et subalpin (jusqu'à 2 000 m).



Fig. 6 - Chaton mâle allongé, porté par un long pédoncule feuillé.



Fig. 7 - Chaton femelle glabre, plus ou moins luisant.

## Utilisation en génie végétal

Le saule laurier est une espèce particulièrement adaptée pour la stabilisation des berges des cours d'eau et des talus de montagne. Son système racinaire profond, son fort pouvoir de régénération (rejets de souche) et sa croissance juvénile rapide lui permettent de protéger rapidement les couches supérieures du sol. De par ses rameaux souples et robustes, il offre une très bonne résistance à la traction et est capable de supporter de nombreux chocs. Dotée d'une forte capacité d'évapotranspiration (Zouaoui 2011), cette espèce convient également pour drainer les berges et talus instables soumis à des infiltrations d'eau.



Fig. 8 - Situation typique au sein d'une aulnaie-saulaie alluviale subalpine sur matériaux grossiers (*Alno-Salicetum pentandrae*).

Son feuillage luisant et sa floraison tardive, comparativement aux autres espèces de saule, permettent également d'apporter une plus-value ornementale aux aménagements. Sa forte amplitude écologique permet de l'implanter sur tous types de substrats pour peu qu'ils soient régulièrement alimentés en eau, et dans diverses conditions d'ensoleillement, en pied comme en sommet de berge, jusqu'à 2 000 m d'altitude. Avec son port arboré pouvant atteindre 12 m de haut, il convient toutefois d'être prudent lors de son implantation en pied de berge, notamment sur des cours d'eau à fortes contraintes hydrauliques.

Compte tenu de la taille de ses rameaux et de son taux de reprise élevé au bouturage (entre 70 et 90 % quelles que soient les conditions), cette espèce est particulièrement adaptée pour produire des boutures, des plançons, des branches ou des pieux (vivants ou morts). Pouvant être localement abondante aux abords des rivières de montagne, il est ainsi possible de se procurer le matériel végétal à proximité des chantiers, garantissant ainsi l'utilisation de souches locales.

Cette espèce peut facilement être intégrée dans un grand nombre d'ouvrages de génie végétal (lits de plants et plançons, caissons en rondins végétalisés, tressages et fascines de saules, couches de branches à rejets, bouturage), notamment en association avec les saules appendiculé (*Salix appendiculata*), drapé (*S. elaeagnos*), faux daphné (*S. daphnoides*), noircissant (*S. myrsinifolia*) ou encore avec l'aulne blanc (*Alnus incana*), le cytise des Alpes (*Laburnum alpinum*) et le sorbier des oiseleurs (*Sorbus aucuparia*), assurant ainsi une complémentarité à la couverture végétale et à l'enracinement.

Le saule laurier est disponible dans certaines pépinières. Cette espèce bénéficie d'un statut de protection dans certains cantons suisses (protection totale ou partielle) ainsi que dans certaines régions françaises.

# Salix purpurea L.

## Saule pourpre

Salicacées

### Description

- Le saule pourpre est un arbrisseau caducifolié formant des cépées denses pouvant atteindre 6 m de hauteur (fig. 1 et 8).
- Les rameaux de l'année, grêles, souples et généralement pourpre ou beiges (plus rarement verts ou gris), sont glabres et brillants (fig. 2). Les rameaux plus âgés deviennent ensuite beiges à grisâtres (fig. 3).
- Les bourgeons, souvent opposés à subopposés, généralement rougeâtres à noirâtres, parfois panachés de jaune, sont au moins 2 fois plus longs que larges et peuvent atteindre 10 mm de long. Ils sont glabres et plus ou moins luisants (fig. 2 et 3).
- Les feuilles, souvent opposées, sont obovales à lancéolées et courtement pétiolées. Elles mesurent 4 à 12 cm et sont de 3 à 10 fois plus longues que larges, élargies et denticulées dans la partie supérieure. Elles sont glabres sur les 2 faces, vert foncé dessus et glauques dessous (fig. 4 et 5).
- Les fleurs, protégées par une écaille velue rouge ou noire, sont rassemblées en chatons cylindriques denses et sessiles mesurant de 12 à 40 mm. Les fleurs mâles sont composées de 2 étamines à filets glabres, entièrement soudés, et d'anthères rouges en début de floraison devenant jaunâtres (fig. 6). Les fleurs femelles sont constituées d'une capsule sessile et pubescente (fig. 7).
- La floraison a lieu de mars à mai, avant la feuillaison.



Fig. 4 - Feuille vert foncé sur la face supérieure, denticulée sur la moitié supérieure (subsp. *purpurea*).



Fig. 5 - Feuilles vert clair, faiblement dentées (subsp. *angustior*).



Fig. 1 - Port ascendant en cépées denses (subsp. *purpurea*).



Fig. 2 - Bourgeons opposés sur rameau de l'année (subsp. *angustior*).



Fig. 3 - Bourgeons subopposés sur rameau de 2 ans (subsp. *purpurea*).

- Trois sous-espèces sont décrites à ce jour :
  - subsp. **angustior** aux feuilles vert clair, petites et faiblement dentées (fig. 5) et chatons ne dépassant pas 15 mm de long (fig. 6 et 7) ;
  - subsp. **lambertiana** aux feuilles arrondies à la base et denticulées sur toute leur longueur ;
  - subsp. **purpurea** aux feuilles en coin à la base et denticulées seulement sur la moitié supérieure (fig. 4).
- Le saule pourpre peut éventuellement être confondu avec le saule bleuâtre (*S. caesia*), qui s'en distingue par ses bourgeons globuleux moins de deux fois plus longs que larges et par ses feuilles jamais dentées.

### Distribution et vulnérabilité

Le saule pourpre est une espèce eurasiatique commune dans la majeure partie du territoire franco-suisse, à l'exception de l'extrême Ouest de la France.

La sous-espèce *purpurea* est très commune dans les Alpes du Nord. La sous-espèce *angustior*, d'Europe centrale, remplace la précédente en altitude. La sous-espèce *lambertiana*, ouest-européenne, n'est pas présente dans les Alpes du Nord (région située au-delà de la limite orientale de son aire).



## Écologie

- Le saule pourpre est une espèce pionnière à large amplitude se développant aux abords des cours d'eau (saulaies buissonnantes, aulnaies blanches, frênaies, saulaies blanches) et, en situation secondaire, au sein des fourrés mésophiles à mésoxérophiles (carrières, gravières, accrus forestiers – fig. 8).
- Il croît sur divers types de substrats (alluvions généralement grossières, sols argileux à graveleux plus ou moins riches en matière organique), basiques à légèrement acides, secs à humides. Il supporte aussi bien des sécheresses intenses que des inondations prolongées.
- Il présente un optimum écologique au sein des saulaies alluviales (*Salicetea purpureae* – fig. 1).
- La sous-espèce *angustior* se développe aux étages montagnard et subalpin (jusqu'à 2 400 m) et la sous-espèce *purpurea* aux étages collinéen et montagnard.



Fig. 6 - Chaton mâle cylindrique, dense et sessile (subsp. *angustior*).



Fig. 7 - Chaton femelle cylindrique, dense et sessile (subsp. *angustior*).

## Utilisation en génie végétal

Le saule pourpre est une espèce déjà largement utilisée en génie végétal. Dotée d'un fort pouvoir de régénération (rejets de souche), d'une croissance juvénile rapide et d'un système racinaire extrêmement développé (rapp. vol. syst. sout./aérien = 1,5), cette espèce vigoureuse couvre et protège rapidement le sol. Avec son port buissonnant ne dépassant généralement pas 6 m de hauteur et ses rameaux souples et robustes, elle offre une très bonne résistance à la traction et est particulièrement adaptée pour protéger les berges de cours d'eau et les talus très inclinés, sans risques de surcharge ou d'effet « bras de levier » (Beismann *et al.* 2000). Implantée en pied de berge, elle favorise ainsi la dissipation de l'énergie du courant et le piégeage des sédiments fins. Sa capacité à créer des racines adventives lui permet également de résister à l'ensevelissement.

Sa forte amplitude écologique permet de l'implanter sur tous types de substrats (même sur des matériaux grossiers et très drainants – fig. 8), dans diverses conditions d'ensoleillement, aussi bien en pied de berge qu'en sommet de talus et jusqu'à 2 300 m (notamment la sous-espèce *angustior*, plus adaptée en altitude).



Fig. 8 - Situation secondaire en contexte xérophile (subsp. *angustior*).

Compte tenu de la taille de ses rameaux et de son taux de reprise au bouturage supérieur à 90 % quelles que soient les conditions et les périodes de plantation, cette espèce peut être utilisée sous forme de boutures, de plançons ou de ramilles. Elle peut ainsi facilement être intégrée dans un grand nombre d'ouvrages de génie végétal : lits de plants et plançons, caissons en rondins végétalisés, tressages et fascines de saules, couches de branches à rejets, bouturage. Elle pourra notamment être associée aux saules noircissant (*Salix myrsinifolia*) et faux daphné (*S. daphnoides*), à la myricaire (*Myricaria germanica*), voire à l'argousier (*Hippophae rhamnoides*) ou encore aux saules drapé (*S. elaeagnos*) et à trois étamines (*S. triandra*) pour les aménagements situés en-dessous de 1 500 m d'altitude.

Le saule pourpre est disponible dans le commerce, y compris la sous-espèce *angustior* cultivée dans certaines pépinières.

Compte tenu de la présence de nombreux cultivars ornementaux sur le marché (« *Nana* », « *Howki* », « *Pendula* », etc.), une attention particulière devra être portée à la provenance des plants. La sous-espèce *lambertiana*, plus régulièrement cultivée pour l'ornement, ne devrait pas être employée dans les Alpes du Nord, ce taxon n'étant pas indigène sur ce secteur. Il est ainsi préférable de se procurer le matériel végétal à proximité des chantiers (boutures), garantissant alors l'utilisation de souches locales.

Le saule pourpre bénéficie d'un statut de protection dans certains cantons suisses (protection partielle).

# *Salix triandra* L.

## Saule à trois étamines

Salicacées

### Description

- Le saule à trois étamines est un arbuste caducifolié dépassant rarement 5 m de haut et formant des cépées denses (fig. 1).
- Les rameaux de l'année, généralement brun chocolat à brun rougeâtre, sont glabres, cannelés au sommet (fig. 2) et souvent pourvus de plaques décolorées blanchâtres (fig. 3). L'écorce âgée, généralement gris verdâtre, s'exfolie par plaques laissant alors visible un tronc couleur cannelle.
- Les bourgeons, plan-convexes, sont appliqués sur les rameaux (fig. 2 et 3). Ils sont 2 à 4 fois plus longs que larges et mesurent de 3 à 6 mm.
- Les feuilles, lancéolées, denticulées-glanduleuses, mesurent de 5 à 10 cm. Elles sont 3 à 5 fois plus longues que larges, glabres, vert foncé et luisantes dessus (fig. 4), plus claires ou un peu glauques au revers (fig. 5). Les stipules, longtemps persistantes, sont arrondies.
- Les fleurs, protégées par une écaille jaunâtre non barbue, sont rassemblées en chatons grêles et allongés, dressés à étalés et portés par un pédoncule feuillé. Les fleurs mâles sont composées de 3 étamines libres (fig. 6). Les fleurs femelles sont constituées d'une capsule glabre longue de 4 à 6 mm surmontée d'un style court (fig. 7).
- La floraison a lieu de mars à juin, avant ou pendant la feuillaison.



Fig. 1 - Port en cépées denses.



Fig. 2 - Rameau de l'année brun chocolat, cannelé au sommet.



Fig. 3 - Bourgeons appliqués et rameau présentant des plaques décolorées blanchâtres.



Fig. 4 - Feuille vert foncé et luisante dessus.



Fig. 5 - Feuille vert clair à glauque au revers.

- Deux sous-espèces sont décrites à ce jour :
  - subsp. **discolor** aux feuilles blanchâtres ou glauques dessous ;
  - subsp. **triandra** aux feuilles vert pâle dessous.
- Le saule à trois étamines peut être confondu avec le saule faux daphné (*S. daphnoides*), aux rameaux de l'année non cannelés à leur extrémité et aux fleurs mâles composées de seulement 2 étamines. Il peut également être confondu avec le saule laurier (*S. pentandra*), aux feuilles visqueuses odorantes à l'état jeune et aux bourgeons foliaires à apex non appliqué sur les rameaux.

### Distribution et vulnérabilité

Le saule à trois étamines est une espèce eurasiatique assez largement répandue sur le territoire franco-suisse. Il est commun dans les Alpes du Nord, notamment aux abords des vallées préalpines.

La distribution des deux sous-espèces (non distinguées en Suisse) n'est pas encore totalement connue.

## Écologie

- Le saule à trois étamines est une espèce pionnière formant des saulaies arbustives aux abords des cours d'eau. Régulièrement associé au saule blanc (*S. alba*) à basse altitude, il s'efface petit à petit au profit de ce dernier dans les formations forestières.
- Il croît sur des matériaux alluvionnaires plutôt fins (argiles, limons, sables), généralement calcaires, neutres à basiques, plus ou moins riches en nutriments et régulièrement inondés (sols frais à humides suivant les fluctuations de la nappe).
- Il présente un optimum écologique au sein des saulaies alluviales sur matériaux fins (*Salicetum triandrae* - fig. 8).
- Il se développe de l'étage collinéen à l'étage subalpin inférieur (jusqu'à 1 700 m).



Fig. 6 - Chaton mâle grêle et allongé.



Fig. 7 - Chaton femelle lâche, porté par un pédoncule feuillé.

## Utilisation en génie végétal

Le saule à trois étamines est une espèce régulièrement utilisée en génie végétal, notamment pour la stabilisation des berges des cours d'eau de basse altitude. Il offre également de nombreuses potentialités pour une utilisation en rivière de montagne.

Dotée d'un fort pouvoir de régénération (rejets de souche) et d'une croissance juvénile rapide, cette espèce vigoureuse couvre et protège rapidement le sol. Avec son port buissonnant dépassant rarement 5 m de haut et sa tolérance à la submersion, elle est particulièrement adaptée pour être implantée en pied de berge. Dans ces conditions, la fragilité de ses rameaux favorise un recépage permanent sans diminuer la vitalité des plants, induisant ainsi la formation de buissons denses permettant de dissiper l'énergie du courant et de piéger les sédiments fins. Dotée d'une forte capacité d'évapotranspiration (Zouaoui 2011), elle est également adaptée pour drainer les berges et talus soumis à des infiltrations d'eau.

Compte tenu de son écologie, il est déconseillé de l'implanter sur des substrats grossiers drainants, dans des conditions d'ombrage trop important (vallées encaissées, pentes fortement boisées, végétation arborée dense) ou à des altitudes supérieures à 1 500 m. Elle tolère toutefois relativement bien l'acidité du sol et peut être utilisée sur des substrats siliceux, pour peu que ceux-ci soient suffisamment riches en matériaux fins (Hytonen et Saarsalmi 2009).



Fig. 8 - Situation typique en contexte alluvial sur matériaux fins (*Salicetum triandrae*).

Étant donné la taille de ses rameaux et son taux de reprise élevé au bouturage (supérieur à 70 % quelles que soient les conditions), cette espèce peut être utilisée sous forme de boutures, de plançons ou de ramilles. Elle peut ainsi facilement être intégrée dans un grand nombre d'ouvrages de génie végétal (lits de plants et plançons, caissons en rondins végétalisés, fascines de saules, couches de branches à rejets, bouturage). Ses branches cassantes limitent toutefois son utilisation pour certaines techniques, notamment le tressage. Développant un système racinaire plutôt superficiel (rapp. vol. syst. sout./aérien = 0,4), elle devra être associée à d'autres saules buissonnants ou arbustifs à système racinaire plus profond comme les saules pourpre (*Salix purpurea*) ou noirissant (*S. myrsinifolia*). Il est aussi intéressant de noter que cette espèce

tolère bien les tailles d'entretien (recépage, création de saules têtards) et l'abrutissement, notamment par le castor.

Le saule à trois étamines est disponible dans le commerce. Compte tenu de la présence de nombreux cultivars ornementaux (« *Black Hollandens* », « *Light Franck* », « *Noire de Villaine* », etc.), une attention particulière devra être portée à la provenance des plants. Étant donné sa relative abondance aux abords de certains cours d'eau, il est préférable de se procurer le matériel végétal à proximité des chantiers (boutures), garantissant alors l'utilisation de souches locales.

Le saule à trois étamines bénéficie d'un statut de protection dans certains cantons suisses (protection totale ou partielle).

# *Sambucus racemosa* L.

## Sureau à grappes

Caprifoliacées

### Description

- Le sureau à grappes est un arbrisseau caducifolié mesurant de 1 à 4 m de haut et produisant des cépées assez denses (fig. 1).
- Les branches sont dressées et arquées. L'écorce, grise, est pourvue de nombreuses lenticelles verruqueuses (fig. 2). Les jeunes rameaux présentent une moelle orangée à brunâtre (fig. 3).
- Les bourgeons, ovales ou cylindriques, opposés, sont munis de plus de 4 écailles jaunâtres à violacées à apex brunâtre à noirâtre (fig. 4).
- Les feuilles, opposées, imparipennées, sont composées de 5 à 9 folioles ovales à lancéolées, dentées et sessiles (fig. 5).
- Les fleurs, jaunâtres, sont disposées en panicules denses et dressées, longues de 3 à 8 cm (fig. 6).
- Les fruits sont des baies globuleuses rouge vif et luisantes, de 4 à 5 mm de diamètre (fig. 7).
- La floraison a lieu d'avril à mai, en même temps que la feuillaison.



Fig. 1 - Port en cépées denses.



Fig. 4 - Bourgeons ovales et opposés.



Fig. 2 - Écorce grise pourvue de nombreuses lenticelles verruqueuses.



Fig. 3 - Moelle orangée.



Fig. 5 - Feuille imparipennée.

- Les sous-espèces **pubens** et **sieboldiana**, absentes des Alpes, ne sont pas présentées dans cet ouvrage.
- Le sureau noir (*Sambucus nigra*) se distingue du sureau à grappes par sa taille, pouvant atteindre 7 m, la couleur blanche de sa moelle, la forme et la couleur de son inflorescence (une panicule corymbiforme de fleurs blanches) et la couleur noire de ses fruits.

### Distribution et vulnérabilité

Le sureau à grappes est une espèce européenne présente dans toute la Suisse et dans une large moitié est de la France.

Elle est commune dans les forêts de montagne et les recrus forestiers du Nord des Alpes.

## Écologie

- Le sureau à grappes est une espèce de demi-ombre ou de pleine lumière des boisements clairs, haies, fourrés, clairières, accrus et recrus forestiers.
- Il croît généralement sur des sols assez profonds, riches en matériaux fins (argiles et limons purs ou caillouteux, parfois aussi sur blocs – fig. 8) et en éléments nutritifs, modérément secs à frais et à pH très variable.
- Il présente un optimum écologique dans les groupements arbustifs mésophiles préforestiers (*Sambuco-Salicion*), notamment sur sols argileux frais à l'étage montagnard (*Sambucetum racemosae*).
- Il se développe aux étages montagnard et subalpin avec un optimum à l'étage montagnard.



Fig. 6 - Inflorescence en panicule dense, dressée.



Fig. 7 - Baies rouges, globuleuses.

## Utilisation en génie végétal

Contrairement au sureau noir, le sureau à grappes est encore assez peu utilisé dans le domaine de l'aménagement. Il présente toutefois de nombreuses potentialités en génie végétal.

Doté d'une large amplitude écologique, il peut être utilisé sur différents types de substrats, pour peu qu'ils soient suffisamment riches en particules fines, et dans diverses conditions d'ensoleillement, de 800 à 2 000 m. Cette espèce supporte toutefois mal les inondations prolongées et les sols trop grossiers. Elle ne devra donc pas être implantée en pied de berge et devra être privilégiée pour la stabilisation de substrats argilo-limoneux.

Les tiges ne dépassant pas 4 m de hauteur, leur densité et leur souplesse lui permettent de se développer sur des pentes raides et instables soumises à des glissements de terrain ou à des chutes de pierres. Il offre aussi une forte tolérance à l'ensevelissement et produit, dans ce cas, des racines adventives utiles pour fixer les couches superficielles du sol.



Fig. 8 - Situation sur blocs calcaires.

L'intégration de cette espèce mellifère ayant une floraison et une fructification particulièrement abondante permet aussi d'améliorer la qualité paysagère et écologique d'un aménagement (plante-hôte d'un nombre important d'insectes et « garde-manger » pour beaucoup d'autres animaux).

Le sureau à grappes présente un très faible taux de reprise en bouturage de branches. Il est cependant possible de procéder au bouturage des racines qui présente de bons résultats. Il peut également être implanté sous forme de graines, cette méthode offrant une meilleure capacité de développement que les transplants (très forte croissance les premières années). Cette technique offre l'avantage de garantir l'utilisation de souches locales favorisant la rapidité d'établissement. Elle reste toutefois peu applicable en génie végétal (à expérimenter éventuellement en combinaison avec un ensemencement). Disponible dans de nombreuses pépinières, les plants à racines nues devront ainsi être privilégiés. Étant donné l'existence de nombreux cultivars ornementaux dans le commerce (« *Plumosa Aurea* », « *Sutherland Gold* », etc.), une attention particulière devra être portée à l'utilisation de plants indigènes.

Sa capacité à produire des racines adventives permet de l'intégrer dans les lits de plants et plançons ou les caissons en rondins végétalisés, du milieu jusqu'au sommet de la berge. Il pourra notamment être associé au saule marsault (*Salix caprea*), au bouleau pendan (*Betula pendula*), au noisetier (*Corylus avellana*), au peuplier tremble (*Populus tremula*) ou encore au sorbier des oiseleurs (*Sorbus aucuparia*) avec lesquels il se retrouve fréquemment en milieu naturel.

# *Sorbus aucuparia* L.

## Sorbier des oiseleurs

Rosacées

### Description

- Le sorbier des oiseleurs est un arbuste ou un arbre caducifolié au tronc généralement assez court atteignant 20 m de haut (fig. 1).
- L'écorce, d'abord gris clair puis gris noirâtre (fig. 2), se fissure longitudinalement avec l'âge. Les jeunes rameaux, brun rougeâtre à violacés, lisses et luisants, sont couverts de lenticelles blanches.
- Les bourgeons, fusiformes, sont munis d'écailles brun noirâtre nettement velues (longs poils blancs appliqués – fig. 3) à glabrescentes. Ils mesurent de 3 à 10 mm.
- Les feuilles, alternes, imparipennées, sont composées de 9 à 19 folioles oblongues à elliptiques, denticulées, vert foncé au-dessus, plus claires au revers et longues de 2,5 à 6,5 cm. D'abord pubescentes, elles deviennent glabrescentes et parfois luisantes (fig. 4).
- Les fleurs, blanches et petites, aux pétales longs de 4 à 5 mm, sont rassemblées en panicule corymbiforme (fig. 5).
- Les fruits (appelés sorbes) sont petits (de 5 à 10 mm de diamètre), globuleux, rouge vif à orangés (fig. 6). Ils persistent généralement durant l'hiver.
- La floraison a lieu de mai à juin.
- Deux sous-espèces sont actuellement connues dans les Alpes :
  - subsp. *aucuparia* (décrite ci-dessus).



Fig. 4 - Feuille imparipennée.



Fig. 5 - Inflorescence en panicule corymbiforme.



Fig. 1 - Port dressé.



Fig. 2 - Écorce gris clair devenant gris noirâtre.



Fig. 3 - Bourgeon fusiforme nettement velu.

- subsp. *glabrata* se distinguant du type par sa taille ne dépassant pas 3 m de haut et par ses pédoncules floraux glabres.
- Les sous-espèces *fenekiana*, *praemorsa* et *sibirica*, absentes des Alpes, ne sont pas présentées ici.
- Le sorbier domestique (*S. domestica*) se distingue du sorbier des oiseleurs par ses bourgeons glabrescents et visqueux et ses folioles essentiellement denticulées dans la partie supérieure.

### Distribution et vulnérabilité

Le sorbier des oiseleurs est une espèce eurasiatique présente dans une large partie du territoire franco-suisse. Elle est très commune dans les montagnes des Alpes du Nord, plus disséminée et souvent plantée en plaine.

La sous-espèce *glabrata*, d'affinité boréale, semble présente principalement dans le Nord de l'Europe, les Alpes et le Jura (sa distribution est à préciser).

## Écologie

- Le sorbier des oiseleurs est une espèce de pleine lumière ou de demi-ombre à très large amplitude, exigeant toutefois une forte humidité atmosphérique. Il se rencontre dans divers types de boisements, fourrés et accrus forestiers montagnards.
- En montagne, il se développe indifféremment sur divers types de substrats : fins ou grossiers, acides ou basiques, secs à humides. En plaine, il croît préférentiellement sur des substrats acides généralement sablo-limoneux.
- Il présente un optimum écologique dans les groupements arbustifs mésophiles préforestiers (*Sambuco-Salicion*), notamment sur roche mère silicatée au sol acide et pauvre en nutriments à l'étage montagnard supérieur (*Piceo-Sorbetum aucupariae* – fig. 7).
- Il est présent de l'étage montagnard à l'étage subalpin inférieur (jusqu'à 2 000 m).



Fig. 6 - Fruits (sorbes) globuleux, rouge vif à orangés.

## Utilisation en génie végétal

Le sorbier des oiseleurs est une espèce encore assez peu utilisée dans le domaine de l'aménagement, mise à part en plantations ornementales.

Dotée d'une très large amplitude écologique et de fortes résistances au froid et à la sécheresse, cette espèce rustique peut être utilisée sur différents types de substrats et dans diverses conditions d'ensoleillement, aux étages montagnard et subalpin (Vogt 2001). Elle offre aussi une forte tolérance à l'ensevelissement et produit, dans ce cas, des racines adventives permettant de fixer les couches superficielles du sol. Les blessures engendrées par des chocs sur son tronc favorisent également la production de rejets de souche et la constitution de cépées denses.



Fig. 7 - Situation typique au sein d'un groupement préforestier acidophile (*Piceo-Sorbetum aucupariae*).

Elle est ainsi particulièrement adaptée pour la stabilisation des berges inclinées soumises à des mouvements de terrain réguliers. Son système racinaire assez superficiel et son port arboré atteignant 15 à 20 m empêchent toutefois une utilisation sur pentes trop fortes (effet « bras de levier »). Enfin, la rigidité de son tronc peut provoquer des remous importants en cas de crue ce qui ne la prédispose pas à une utilisation en pied de berge. L'intégration de cette plante mellifère ayant une floraison et une fructification particulièrement abondantes permet aussi d'améliorer la qualité paysagère et écologique d'un aménagement (baies constituant un « garde-manger » pour de nombreux oiseaux durant une bonne partie de l'hiver). Il est important de noter qu'il constitue un hôte intermédiaire du feu bactérien, maladie des arbres fruitiers à pépins (rosacées principalement). Il est donc déconseillé de l'implanter à proximité de vergers.

Le sorbier des oiseleurs présente un très faible taux de reprise au bouturage. L'utilisation de plants à racines nues devra ainsi être privilégiée dans les aménagements (espèce facilement disponible dans de nombreuses pépinières). Etant donné l'existence de nombreux cultivars ornementaux dans le commerce (« *Cardinal Royal* », « *Skybound* », « *Sheerwater seedling* », « *Edulis* », etc.), une attention particulière devra être portée à l'utilisation de plants indigènes. Il peut aussi être implanté sous forme de graines, cette méthode offrant d'ailleurs une meilleure capacité de développement que les transplants avec une très forte croissance les premières années. Cette technique permet de garantir l'utilisation de souches locales adaptées aux conditions du milieu, même lorsque les populations locales sont peu importantes. Elle reste toutefois peu applicable en génie végétal (à expérimenter éventuellement en combinaison avec un ensemencement). Sa capacité à produire des racines adventives permet de l'intégrer dans les lits de plants et plançons ou les caissons en rondins végétalisés (Florineth *et al.* 2002), du milieu jusqu'en sommet de berge, en association notamment avec le saule marsault (*Salix caprea*), le bouleau pendant (*Betula pendula*), le noisetier (*Corylus avellana*), le peuplier tremble (*Populus tremula*), le sorbier de Mougeot (*Sorbus mougeotii*) ou le sureau à grappes (*Sambucus racemosa*) avec lesquels il se retrouve fréquemment en milieu naturel.

La production et la commercialisation de plants de sorbier des oiseleurs à des fins forestières sont soumises à une réglementation spécifique en Suisse (chap. III.3.2.4).

# *Sorbus mougeotii* Soy.-Will. et Godr. Alisier de Mougeot

Rosacées

## Description

- L'alisier de Mougeot est un arbuste ou arbre caducifolié pouvant atteindre 20 m de haut (fig. 1).
- Les jeunes rameaux, d'abord brun rougeâtre, deviennent brun foncé puis gris-noir (fig. 2). Ils sont plus ou moins velus et couverts de lenticelles blanches allongées (fig. 3).
- Les bourgeons, ovoïdes, sont pourvus d'écaillés vertes à rougeâtres montrant une marge brunâtre velue aranéuse (fig. 2 et 3).
- Les feuilles, longues de 6 à 10 cm et larges de 2,5 à 6 cm, sont ovales à elliptiques, incisées-lobées, les plus grands lobes étant situés dans la partie médiane de la feuille (fig. 4). Elles sont vertes dessus, blanc grisâtre et tomenteuses au revers (fig. 5).
- Les fleurs, blanches, à pétales étalés longs de 5 à 7 mm, sont disposées en panicules corymbiformes contractées (fig. 6).
- Les fruits, longs de 6 à 12 mm, sont ovoïdes à subglobuleux, rouges à orangés, un peu verruqueux (fig. 7).
- La floraison a lieu de mai à juin.
- L'alisier de Mougeot semble être un hybride fixé entre *S. torminalis* et *S. aria*. Il peut s'hybrider à son tour avec d'autres espèces du genre *Sorbus*.



Fig. 1 - Port arbustif.



Fig. 2 - Jeune rameau brun rougeâtre devenant gris-noir.



Fig. 3 - Bourgeon ovoïde pourvu d'écaillés velues aranéuses.



Fig. 4 - Feuille blanc grisâtre et tomenteuse au revers.



Fig. 5 - Feuille ovale à elliptique, incisée-lobée.

- L'alisier blanc (*S. aria*) se distingue de l'alisier de Mougeot par ses jeunes rameaux aranéux à tomenteux et ses feuilles tout au plus doublement denticulées, les plus grandes dents étant situées dans le tiers supérieur de la feuille.

## Distribution et vulnérabilité

L'alisier de Mougeot est une espèce montagnarde sud-ouest-européenne, présente des Pyrénées aux Alpes centrales (Ouest de l'Autriche).

Elle est dispersée sur l'ensemble du territoire franco-suisse, et assez commune dans les Pyrénées, les Vosges, le Jura et les Alpes occidentales. Elle est plus rare dans les Alpes centrales et méridionales (Tessin, Grisons, Alpes-de-Haute-Provence et Alpes-Maritimes).



## Écologie

- L'alisier de Mougeot est une espèce de pleine lumière ou de demi-ombre des brousses, forêts claires et fourrés montagnards (hêtraies, pessières, pinèdes).
- Il croît sur des sols généralement assez secs et peu profonds, argileux à rocheux (pierriers, éboulis, corniches rocheuses), plus ou moins pauvres en éléments nutritifs, basiques à acides.
- Il présente un optimum écologique au sein des groupements arbustifs acidophiles préforestiers à l'étage montagnard supérieur (*Piceo-Sorbetum* – fig. 8).
- Il croît de l'étage collinéen supérieur à l'étage subalpin inférieur (de 400 à 1 900 m) avec un optimum à l'étage montagnard supérieur.



Fig. 6 - Inflorescence en panicule corymbiforme.



Fig. 7 - Baies ovoïdes, rouges à orangées.

## Utilisation en génie végétal

L'alisier de Mougeot est une espèce encore assez peu utilisée dans le domaine de l'aménagement, mise à part ponctuellement en plantations ornementales.

Dotée d'une large amplitude écologique et d'une forte résistance à la sécheresse, cette espèce rustique peut être utilisée sur différents types de matériaux, y compris des substrats bruts très drainants, et dans diverses conditions d'ensoleillement, aux étages montagnard et subalpin. Les lésions engendrées par des chocs sur son tronc favorisent la production de rejets de souche et la constitution de cépées denses. Elle est ainsi particulièrement adaptée pour la stabilisation des berges inclinées soumises à des mouvements de terrain réguliers. Son port arboré, pouvant atteindre 20 m de hauteur, et son système racinaire assez superficiel empêchent toutefois une utilisation en pied de berge pour des raisons de stabilité.

L'intégration de cette espèce mellifère ayant une floraison et une fructification particulièrement abondante, ainsi qu'un feuillage argenté, permet aussi d'améliorer la qualité paysagère et écologique d'un aménagement (baies constituant un « garde-manger » pour de nombreux oiseaux). Toutefois, tout comme le sorbier des oiseleurs, il constitue un hôte intermédiaire du feu bactérien, maladie des arbres fruitiers à pépins (rosacées principalement). Il est donc déconseillé de l'implanter à proximité de vergers.



Fig. 8 - Situation typique en groupement préforestier montagnard.

Comme la majorité des espèces du genre *Sorbus*, l'alisier de Mougeot présente un très faible taux de reprise au bouturage. L'utilisation de plants à racines nues devra ainsi être privilégiée dans les aménagements. Il peut aussi être implanté sous forme de graines, cette technique offrant d'ailleurs une meilleure capacité de développement que les transplants (très forte croissance les premières années). Elle permet de garantir l'utilisation de souches locales adaptées aux conditions du milieu, même lorsque les populations locales sont peu importantes. Elle reste toutefois peu applicable en génie végétal.

Contrairement au sorbier des oiseleurs (*Sorbus aucuparia*) et à l'instar de l'alisier blanc (*Sorbus aria*), sa faible capacité à produire des racines adventives le rend moins adapté pour une intégration

dans des lits de plants et plançons ou des caissons en rondins végétalisés. Il pourra toutefois être implanté en faible densité dans ce type d'ouvrages, en association avec des espèces plus adaptées pour ces techniques comme l'érable sycomore (*Acer pseudoplatanus*), l'aulne blanc (*Alnus incana*), le bouleau pendant (*Betula pendula*), le frêne commun (*Fraxinus excelsior*), le noisetier (*Corylus avellana*), le saule appendiculé (*Salix appendiculata*), le sorbier des oiseleurs ou encore la viorne lantane (*Viburnum lantana*), du milieu jusqu'en sommet de berge. Il est disponible dans certaines pépinières (attention à privilégier l'utilisation de souches locales indigènes).

# *Trifolium badium* Schreb.

## Trèfle brun

Fabacées

### Description

- Le trèfle brun est une espèce vivace mesurant de 10 à 25 cm de haut (fig. 1).
- La souche donne naissance à des rosettes de feuilles et à des tiges florifères dressées ou ascendantes, non ou peu rameuses (parfois une inflorescence axillaire sommitale – fig. 2), couvertes de poils appliqués au sommet (fig. 3).
- Les feuilles supérieures sont opposées et munies de stipules ovales à triangulaires (fig. 3). Elles sont composées de 3 folioles sessiles finement dentées, elliptiques à obovales (fig. 4), tronquées ou échancrées au sommet, atteignant 2 cm de long (fig. 5).
- Les fleurs, d'abord jaune doré et dressées, sont réfractées et brunâtres après floraison (fig. 6). Elles sont longues de 5 à 10 mm et rassemblées en une inflorescence globuleuse compacte. Celle-ci est portée par un long pédoncule égalant ou dépassant les feuilles correspondantes. Le calice est pourvu de dents inégales ciliées.
- La floraison a lieu de juillet à août.



Fig. 4 - Feuille composée de 3 folioles sessiles.



Fig. 5 - Foliole finement dentée, tronquée ou échancrée au sommet.



Fig. 1 - Port présentant des tiges ascendantes.



Fig. 2 - Tige florifère dressée, peu rameuse.



Fig. 3 - Feuilles supérieures opposées, munies de stipules triangulaires.

- Le trèfle brun peut être confondu avec le trèfle doré (*T. aureum*) aux tiges ramifiées, présentant souvent de nombreuses inflorescences axillaires, plus ou moins flexueuses à l'extrémité et aux folioles terminales pétiolulées. Le trèfle marron (*T. spadiceum*) s'en distingue par ses tiges dressées, souvent solitaires, et son inflorescence cylindracée devenant noirâtre après floraison.

### Distribution et vulnérabilité

Le trèfle brun est une espèce sud-européenne montagnarde présente des Pyrénées aux Carpates. Au sein du territoire franco-suisse, elle est relativement commune dans les Alpes et les Pyrénées, mais reste rare dans le Jura et le Massif central.

Elle est fréquente dans les secteurs supraforestiers des Alpes du Nord.

## Écologie

- Le trèfle brun est une espèce de pleine lumière propre aux prairies, pâturages et pelouses fraîches d'altitude ainsi qu'aux abords des sources et torrents de montagne.
- Il croît préférentiellement sur des substrats riches en matériaux fins (argiles ou limons souvent accompagnés de graviers ou cailloux – fig. 7) généralement calcaires, basiques à légèrement acides, modérément secs à frais et assez riches en éléments nutritifs.
- Il présente un optimum écologique dans les pâturages gras subalpins et alpins (*Poion alpinae*) et les pelouses fraîches subalpines et alpines neutrocalci-cales (*Caricion ferrugineae*).
- Il se développe aux étages subalpin et alpin (de 1 400 à 2 800 m) avec un optimum à l'étage subalpin.



Fig. 6 - Fleurs d'abord jaune doré et dressées devenant brunâtres et réfractées après floraison.

## Utilisation en génie végétal

Le trèfle brun est encore très peu utilisé en génie végétal, excepté ponctuellement pour la végétalisation de pistes de ski. Il présente toutefois un fort potentiel pour la stabilisation des pentes soumises aux glissements de terrain.

De par son développement rapide, son enracinement profond (système racinaire pivotant allongé) et la forte densité de ses tiges aériennes, cette espèce offre une bonne résistance à la traction et assure une protection rapide des couches superficielles du sol. Comme toutes les fabacées, sa capacité à fixer l'azote atmosphérique permet d'enrichir rapidement le substrat, favorisant ainsi la croissance des autres plantes.



Fig. 7 - Situation pionnière en terrasse alluviale sur matériaux grossiers.

Il convient ainsi parfaitement en association avec des graminées au système racinaire fasciculé, telles que le pâturin des Alpes (*Poa alpina*), la fléole des Alpes rhétiques (*Phleum alpinum* subsp. *rhaeticum*), la fétuque noirâtre (*Festuca nigrescens*) ou encore la calamagrostide bigarrée (*Calamagrostis varia*), avec lesquelles il assure une complémentarité à l'enracinement et à la couverture végétale.

Sa large amplitude altitudinale, sa tolérance au froid et à la sécheresse sont des arguments de choix pour une utilisation en rivière de montagne, notamment sur des substrats pauvres en matière organique (calcaires ou siliceux), jusqu'à 2 800 m d'altitude. Ses fleurs jaunes très attractives pour les insectes permettent aussi d'améliorer la qualité paysagère et écologique des aménagements.

Cette espèce n'est pas encore facilement disponible dans le commerce (elle est présente dans certains catalogues grainiers avec des provenances diverses et souvent incertaines). Certaines études ont montré que, malgré le mécanisme de dormance induit par leur tégument, les graines présentaient un fort taux de germination après traitement (75 % après scarification – Dinger 1997). La culture de cette espèce à des fins de production de semences semble toutefois difficile en raison des faibles rendements et des problèmes de compétitivité (Krautzer *et al.* 2005). Il convient donc de poursuivre ces expérimentations afin de mettre à disposition des semences sur le marché.

# *Trifolium montanum* L.

## Trèfle des montagnes

Fabacées

### Description

- Le trèfle des montagnes est une espèce vivace mesurant de 15 à 50 cm de haut (fig. 1).
- La souche, épaisse et pivotante (fig. 2), donne naissance à des tiges ascendantes à dressées, couvertes de poils blanchâtres (fig. 3).
- Les feuilles, alternes et longuement pétiolées, sont composées de 3 folioles ovales, oblongues ou elliptiques, à bords denticulés (fig. 4). Elles sont glabres sur la face supérieure et couvertes de poils appliqués au revers. Les stipules, lancéolées à triangulaires, sont soudées à la base (fig. 3).
- Les fleurs, blanches (fig. 5), sont munies d'un pédicelle beaucoup plus court que le tube du calice, réfléchi après floraison (fig. 6). Elles sont rassemblées en inflorescences terminales ou axillaires denses, globuleuses à cylindracées, longues de 1 à 1,5 cm.
- La floraison a lieu de mai à septembre.



Fig. 4 - Feuille composée de 3 folioles denticulées.



Fig. 5 - Fleurs blanches rassemblées en inflorescence dense.



Fig. 1 - Port dressé.



Fig. 2 - Souche épaisse et pivotante.



Fig. 3 - Tige dressée couverte de poils blanchâtres et stipules triangulaires soudées à la base.

- Trois sous-espèces sont actuellement décrites (subsp. **gayanum**, subsp. **montanum** et subsp. **rupestre**), mais seul le type est présent dans les Alpes du Nord.
- Le trèfle des montagnes se distingue du trèfle hybride (*T. hybridum*) et du trèfle pâlisant (*T. pallescens*) par ses tiges couvertes de poils appliqués, ses feuilles pubescentes inférieurement et ses fleurs brièvement pédicellées. Le trèfle beige (*T. ochroleucon*) présente, quant à lui, des fleurs jaunâtres.

### Distribution et vulnérabilité

Le trèfle des montagnes est une espèce eurasiatique (Europe et Asie occidentale). Elle est présente dans une large moitié est de la France, y compris dans les Pyrénées, et dans presque toute la Suisse.

Elle est commune dans les Alpes du Nord.

## Écologie

- Le trèfle des montagnes est une espèce de pleine lumière ou de demi-ombre des prairies maigres (fig. 7) et boisements clairs plutôt secs (chênaies pubescentes, pinèdes, etc.).
- Il croît sur des substrats plutôt fins (argiles, limons), plus ou moins pauvres en éléments nutritifs, basiques à légèrement acides, à forts contrastes hydriques (alternance de phases d'engorgement et de dessiccation).
- Il présente un optimum écologique au sein des prairies maigres mésophiles (*Brometalia erecti*) et des pelouses montagnardes neutrocalcicoles (*Agrostio-Seslerion*), voir acidophiles (*Festucion variae*).
- Il se développe de l'étage collinéen à l'étage subalpin avec un optimum à l'étage montagnard.



Fig. 6 - Fleurs réfléchies après floraison.

## Utilisation en génie végétal

Le trèfle des montagnes est encore très peu utilisé en aménagement, excepté ponctuellement pour la restauration de pelouses. Il présente toutefois un fort potentiel pour la stabilisation des pentes soumises aux risques d'érosion et de glissement de terrain.

Sa large amplitude altitudinale, sa tolérance au froid et à la sécheresse en font une espèce particulièrement adaptée pour la stabilisation des talus et berges des rivières de montagne, notamment sur des substrats calcaires ou siliceux pauvres en matière organique, jusqu'à 2 200 m d'altitude.

De par son développement rapide et son enracinement profond, cette espèce offre une bonne résistance à la traction et assure une protection rapide des couches superficielles du sol. Comme toutes les fabacées, sa capacité à fixer l'azote atmosphérique permet d'enrichir rapidement le substrat.



Fig. 7 - Situation typique en prairie maigre, en compagnie notamment de *Bromus erectus* et *Brachypodium rupestre*.

De par ses fleurs mellifères attractives pour les insectes, son intégration dans les ouvrages permet aussi d'améliorer la qualité paysagère et écologique des aménagements.

Il convient ainsi parfaitement en association avec des graminées au système racinaire fasciculé telles que le brome érigé (*Bromus erectus*), la séslerie bleuâtre (*Sesleria caerulea*) ou le brachypode des rochers (*Brachypodium rupestre* – fig. 7) dont il favorise la croissance et assure une complémentarité à l'enracinement et à la couverture végétale. Son port dressé et son système racinaire pivotant (fig. 2) assurent aussi une bonne complémentarité avec d'autres fabacées comme le sainfoin (*Onobrychis vicifolia*), le lotier corniculé (*Lotus corniculatus*) ou l'anthyllide vulnérable (*Anthyllis vulneraria*) avec lesquels il s'observe régulièrement en milieu naturel.

Cette espèce est difficilement disponible dans le commerce (elle est présente dans certains catalogues grainiers avec des provenances diverses et souvent incertaines).

Le trèfle des montagnes bénéficie d'un statut de protection dans certains cantons suisses (protection totale dans le canton d'Argovie).

# *Trisetum flavescens*

(L.) P. Beauv.

## Avoine dorée

Poacées

### Description

- L'avoine dorée est une espèce vivace mesurant de 30 à 100 cm de haut et formant des touffes lâches (fig. 1).
- Les feuilles, larges de 3 à 10 mm, vert clair, sont velues, planes et finement sillonnées. Les gaines, pubescentes, sont munies de poils dirigés vers le bas (fig. 2) et sont terminées par une ligule denticulée longue d'environ 1 mm (fig. 3).
- L'inflorescence est une panicule lâche et étalée, longue de 5 à 20 cm, composée généralement de plus de 100 fleurs (fig. 4).
- Les épillets, longs de 5 à 8 mm, sont vert jaunâtre à rougeâtres et luisants (fig. 5). La glume inférieure est nettement plus courte que la supérieure. Les glumelles extérieures, carénées, sont munies d'une longue arête dorsale genouillée à maturité (fig. 6).
- La floraison a lieu de mai à août.
- Quatre sous-espèces sont actuellement décrites dont deux sont présentes dans les Alpes du Nord :
  - subsp. **flavescens** aux feuilles larges de moins de 5 mm et aux épillets jaunâtres ;
  - subsp. **purpurascens** aux feuilles mesurant généralement plus de 5 mm de large et aux épillets pourprés.
- Les sous-espèces **burnouffii** et **splendens** sont présentes uniquement en région méditerranéenne.
- L'avoine dorée se distingue des autres espèces du genre *Trisetum* par ses feuilles mesurant plus de 3 mm de large (1 à 3 mm chez *T. alpestre*, *T. distichophyllum* et *T. argenteum*).



Fig. 1 - Port en touffes lâches.



Fig. 2 - Feuille et gaine pubescente.



Fig. 3 - Feuille sillonnée et ligule denticulée.



Fig. 4 - Inflorescence en panicule lâche et étalée.



Fig. 5 - Épillets vert jaunâtre et luisants.

- Elle peut également être confondue avec le fromental (*Arrhenatherum elatius*) aux gaines glabres et aux épillets comprenant seulement 2 fleurs, dont une seule est munie d'une arête.
- Elle peut enfin être confondue avec d'autres avoines (*Avenula spp.* et *Helictotrichon spp.*) dont les épillets mesurent plus de 10 mm.

### Distribution et vulnérabilité

L'avoine dorée est largement répandue en France et en Suisse et est très commune dans toutes les Alpes du Nord.

La sous-espèce *flavescens* est présente dans presque toute l'Europe (naturalisée ou subsponnée dans le Nord) et dans le Sud-Ouest de l'Asie. La sous-espèce *purpurascens* est présente des Alpes aux Carpates.

## Écologie

- L'avoine dorée est une espèce de pleine lumière à large amplitude se rencontrant dans les prairies mésophiles maigres à grasses.
- La sous-espèce *flavescens* croît préférentiellement sur des sols profonds plus ou moins riches en éléments nutritifs, frais à modérément secs, basiques à acides. La sous-espèce *purpurascens* se développe quant à elle sur des sols généralement calcaires et plus secs.
- La sous-espèce *flavescens* présente un optimum écologique dans les prairies mésophiles de fauche de l'étage collinéen à subalpin (*Arrhenatherion*, *Polygono-Trisetion* – fig. 7).
- La sous-espèce *purpurascens* trouve son optimum au sein des pelouses subalpines calcaires sèches (*Elyno-Seslerietea*).



Fig. 6 - Glumelle extérieure munie d'une longue arête dorsale genouillée à maturité.

## Utilisation en génie végétal

L'avoine dorée est déjà largement utilisée en aménagement, notamment pour l'ensemencement des talus routiers, berges de cours d'eau et prairies ornementales.

De par sa bonne capacité de dissémination et sa rapidité de croissance, c'est une graminée essentielle pour l'ensemencement des berges et des talus en montagne. Sa large amplitude écologique autorise une utilisation sur divers types de sols, calcaires ou siliceux, pour peu qu'ils soient composés d'un minimum de terre végétale, de l'étage collinéen à subalpin.



Fig. 7 - Situation typique dans une prairie de fauche montagnarde (*Polygono-Trisetion*).

Son port en touffe lâche et son système racinaire fasciculé lui permettent de stabiliser efficacement les couches supérieures du sol et assurent une bonne complémentarité avec les légumineuses à racines pivotantes comme l'anthyllide vulnérable (*Anthyllis vulneraria*) ou le lotier corniculé (*Lotus corniculatus*). Elle peut également être associée à d'autres graminées formant des touffes plus denses telles que le pâturin des Alpes (*Poa alpina*), la fétuque noirâtre (*Festuca nigrescens*) ou la fléole des Alpes rhétiques (*Phleum alpinum* subsp. *rhaeticum*).

Graminée structurante par excellence, dotée d'une forte capacité d'installation, elle peut être incorporée dans de nombreux mélanges grainiers et remplace le fromental pour les ensemencements d'altitude. De par sa forte compétitivité, elle a toutefois tendance à devenir monopolisatrice (fig. 7) et son intégration dans les mélanges ne devra pas dépasser 10 % du poids total de graines afin de garantir l'installation et la pérennité des autres espèces.

Elle est facilement disponible dans le commerce sous forme de graines ou de plants en pots. La sous-espèce *purpurascens* ne semble par contre pas encore cultivée.

La production en vue de la commercialisation de semences d'avoine dorée est soumise à une réglementation spécifique en Europe et en France (chap. I.1.2.1 et III.3.3.4).

## 4.4. Synthèse : potentiel d'utilisation de différentes espèces ligneuses

### 4.4.1. Potentiels d'utilisation des saules de montagne

Au regard des caractéristiques biotechniques des différentes espèces présentées, le genre *Salix*, bien connu des ingénieurs biologistes, se distingue des autres ligneux du fait de ses nombreuses potentialités d'utilisation. Le tableau ci-dessous (tab. 1) synthétise les potentiels d'utilisation dans différentes techniques de génie végétal en distinguant les conditions d'utilisation :

- X : espèce adaptée en toutes conditions.
- : espèce non adaptée.
- 1 : espèce bénéficiant d'un taux de reprise relativement faible, à utiliser en mélange avec d'autres espèces en garantissant des conditions optimums de reprise (période, substrat, arrosage, etc.).
- 2 : espèce particulièrement adaptée pour une utilisation sous forme de pieux morts, sous réserve de trouver des segments suffisamment longs et réguliers ( $\geq 200$  cm).
- 3 : espèce adaptée, sous réserve de trouver des segments suffisamment larges, longs et réguliers en quantité suffisante.
- 4 : espèce adaptée, sous réserve de disponibilité en pépinière.
- 5 : espèce aux rameaux fragiles peu favorables au tressage, à utiliser en mélange avec d'autres espèces.

Tab. 1 - Potentiel d'utilisation des saules présentés.

Nom Latin	Nom français	Taux de reprise au bouturage (%) *	Pied de berge		Milieu et haut de berge				Plantation	
			Tressage + fascine		Couches de branches à rejets		Lits de plants et plançons + caisson végétalisé		Boutures	Plants
			Branches	Pieux $\geq 200$ cm	Branches	Pieux $\geq 100$ cm	Branches	Plants		
<i>Salix appendiculata</i> Vill.	Saule appendiculé	30 - 70	1	2	1	X	1	X	1	X
<i>S. aurita</i> L.	S. à oreillettes	40 - 70	-	-	-	-	1	X	1	X
<i>S. caesia</i> Vill.	S. bleuâtre	~ 50	-	-	-	-	X	4	X	4
<i>S. caprea</i> L.	S. marsault	10 - 40	-	2	-	2	-	X	-	X
<i>S. daphnoides</i> Vill.	S. faux daphné	> 90	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>S. elaeagnos</i> Scop.	S. drapé	70 - 90	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>S. foetida</i> Schleich. ex DC.	S. fétide	~ 50	-	-	3	-	X	4	3	4
<i>S. glaucosericea</i> Flod.	S. glauque	20 - 30	-	-	-	-	1	4	1 ; 3	4
<i>S. hastata</i> L.	S. hasté	60 - 70	-	-	3	-	X	4	3	4
<i>S. helvetica</i> Vill.	S. de Suisse	40 - 80	-	-	3	-	X	4	3	4
<i>S. laggeri</i> Wimm.	S. de Lagger	~ 30	-	-	1	1	1	4	1	4
<i>S. myrsinifolia</i> Salisb.	S. noircissant	70 - 90	X	-	X	3	X	X	X	X
<i>S. pentandra</i> L.	S. laurier	70 - 90	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>S. purpurea</i> L.	S. pourpre	> 90	X	-	X	3	X	X	X	X
<i>S. triandra</i> L.	S. à trois étamines	70 - 90	5	-	X	3	X	X	X	X

\* Dans la mesure du possible, le taux de reprise mentionné correspond à des résultats de tests effectués *in situ* (les expérimentations sous abris et/ou avec hormones de croissance n'ont pas été prises en compte). Les écarts importants entre certaines valeurs reflètent les différences enregistrées entre différentes expérimentations. Ils traduisent un taux de reprise inconstant, généralement intimement lié aux conditions de plantation (disponibilité en eau, période de prélèvement et de plantation, type de substrat).

Sources : Schiechl (1973, 1992) et diverses expérimentations effectuées sur le site de Lullier d'après Sartoretti (2009) et Zouaoui (2011).



#### 4.4.2. Potentiel d'utilisation des autres espèces ligneuses présentées

Bien que les saules constituent indéniablement le matériel végétal idéal pour les aménagements, d'autres espèces ligneuses peuvent également être utilisées du fait de leurs caractéristiques biotechniques. Le tableau ci-dessous (tab. 2) synthétise ces différentes caractéristiques :

- X : espèce adaptée en toutes conditions.
- : espèce non adaptée/caractère absent.
- 1 : espèce pouvant former des troncs rigides risquant de créer des turbulences et de produire un effet de bras de levier.
- 2 : enracinement variable selon texture du sol.
- +++ : caractère très marqué.
- ++ : caractère marqué.
- + : caractère peu marqué.
- PB : pied de berge.
- MB : milieu de berge.
- SB : sommet de berge.
- P : plants (en racines nues ou en mottes).
- B : boutures.

Tab. 2 - Potentiel d'utilisation des autres espèces ligneuses.

Nom latin	Nom français	Plantation			Reprise au bouturage	Formation de racines adventives	Capacité à drageonner	Rejets de souche	Racines			Forme courante employée	Etage de végétation
		PB	MB	SB					superficielles	profondes	fixation d'azote atmosphérique		
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	Erable sycomore	1	X	X	-	+	-	+++	++	+	-	P	coll. - subalp. inf.
<i>Alnus incana</i> (L.) Moench	Aulne blanc	1	X	X	-	+++	+++	++	++	2	+	P	coll. - subalp. inf.
<i>Alnus viridis</i> (Chaix) DC.	Aulne vert	X	X	X	-	-	++	+++	++	+	+	P	mont. - subalp.
<i>Berberis vulgaris</i> L.	Epine-vinette	-	-	X	+	++	+++	++	-	+++	-	P, B	coll. - subalp. inf.
<i>Betula pendula</i> Roth	Bouleau pendant	1	X	X	-	++	-	++	++	2	-	P	coll. - subalp. inf.
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	Frêne commun	1	X	X	-	+++	++	+++	+++	2	-	P	coll. - mont.
<i>Hippophaë rhamnoides</i> L.	Argousier	X	X	X	+	++	+++	+	++	-	+	P	coll. - subalp. inf.
<i>Laburnum alpinum</i> (Mill.) Bercht. et J. Presl	Cytise des Alpes	-	X	X	++	+++	-	++	++	+++	+	P, B	coll. - subalp. inf.
<i>Myricaria germanica</i> (L.) Desv.	Myricaire	X	-	-	+++	+++	-	++	++	++	-	B	coll. - subalp.
<i>Prunus padus</i> L.	Merisier à grappes	X	X	X	-	+++	+++	+++	++	+	-	P	mont. - subalp. inf.
<i>Ribes alpinum</i> L.	Groseillier des Alpes	-	X	X	-	-	-	++	++	-	-	P	coll. - subalp.
<i>Rosa pendulina</i> L.	Rosier des Alpes	X	X	X	-	+++	++	++	++	-	-	P	mont. - subalp.
<i>Sambucus racemosa</i> L.	Sureau à grappes	X	X	X	-	+++	++	+++	++	+	-	P	mont. - subalp.
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	Sorbier des oiseleurs	1	X	X	-	+++	-	++	++	+	-	P	mont. - subalp. inf.
<i>Sorbus mougeotii</i> Soyier-Will. et Godron	Alisier de Mougeot	-	X	X	-	-	-	+++	++	-	-	P	coll. sup. - subalp. inf.

Sources : Florineth (2004), Kutschera et Lichtenegger (2002), Schiechl (1973, 1992).

## 5. Autres espèces utilisables

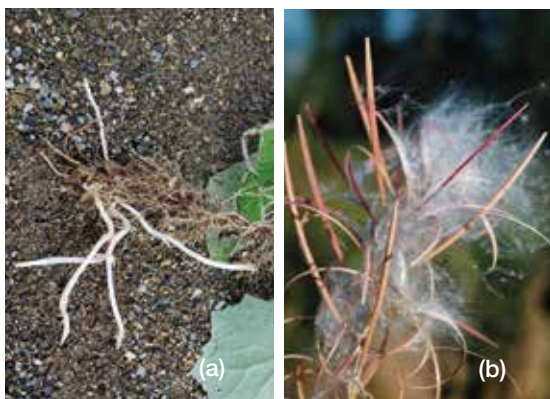
Outre les cinquante espèces décrites dans cet ouvrage, de nombreuses autres présentent des potentialités biotechniques pour le génie végétal. Si les espèces ligneuses sont généralement bien connues des pépiniéristes et des aménageurs, les espèces herbacées le sont beaucoup moins. Historiquement, la majorité des espèces herbacées utilisées dans les aménagements correspondent à des essences pastorales reconnues par les agronomes pour leurs propriétés fourragères ou pour l'importance de leur biomasse au sein des écosystèmes prairiaux. Pourtant, prairies et pelouses ne sont pas les seuls écosystèmes riches d'espèces à fort potentiel.

### 5.1. Des espèces herbacées à fort potentiel

Structurantes de mégaphorbiaies, de communautés alluviales (chap. III.2.) ou morainiques, de nombreuses espèces alpines sont potentiellement adaptées pour le génie végétal, bien qu'actuellement sous-exploitées dans ce domaine. De par leurs caractéristiques biologiques, écologiques et leurs aptitudes biotechniques, ces espèces répondent aux critères de choix présentés au chapitre III.3. Elles présentent en outre de nombreuses possibilités d'implantation et sont souvent faciles d'approvisionnement.

#### 5.1.1. Des caractéristiques biologiques et une stratégie écologique adaptées

La plupart des espèces montagnardes et subalpines potentiellement utilisables en génie végétal présentent une stratégie écologique pionnière, rudérale ou rudérale-compétitrice, marquée par une forte aptitude à la multiplication végétative (notamment de leurs rhizomes – fig. 1a) et la production de nombreuses diaspores trichométéochores par voie sexuée (akènes ou graines – fig. 1b).



**Fig. 1** - Une stratégie écologique rudérale caractérisée par une forte capacité de colonisation : (a) production de rhizomes chez le tussilage (*Tussilago farfara*) ; (b) production de nombreuses graines trichométéochores chez l'épilobe à feuilles étroites (*Epilobium angustifolium*).

Ces deux attributs leur procurent une forte aptitude à la dispersion et à la colonisation de nouveaux sites. Cette dispersion peut être assurée par deux vecteurs différents : l'eau, transportant de manière unidirectionnelle des fragments de rhizomes, éventuellement des graines ou des akènes, et le vent, assurant le transport non orienté des diaspores aériennes à des distances dépassant régulièrement 10 m et pouvant atteindre 100 m en secteur ouvert (Vittoz et Engler 2007).

**L'anémochorie** est la dispersion aérienne de diaspores (fruits ou graines).

**La dispersion trichométéochore** est un cas particulier d'anémochorie pour les fruits secs ou les graines munis d'une aigrette de soies (ou pappus) augmentant leur surface portante (fig. 1b). C'est par exemple le cas chez le tussilage dont un pied peut produire de 1 000 à 10 000 graines.

**La barochorie** est la dispersion de diaspores par la gravité.

#### 5.1.2. Des aptitudes biotechniques particulières

Les espèces rudérales sont, en règle générale, caractérisées par une croissance rapide et, pour les espèces vivaces, la présence de rhizomes. Ces derniers, se multipliant de manière horizontale (développement plagiotrope), produisent ensuite des racines secondaires plus ou moins nombreuses selon les espèces, favorisant ainsi la stabilisation des horizons superficiels du sol en assurant la cohésion des matériaux. En surface, la couverture foliaire parfois très importante (atteignant deux à trois fois la surface de sol correspondante, soit 2 à 3 m<sup>2</sup> pour 1 m<sup>2</sup> de surface de sol) limite l'érosion des particules fines lors d'épisodes orageux ou de crues. De par sa densité, elle dissipe également l'énergie du courant et induit un effet de peigne favorisant le dépôt de particules fines ou de débris végétaux, facilitant indirectement l'implantation d'espèces végétales mésophiles à hygrophiles.

### 5.1.3. De nombreuses possibilités d'implantation

Si ces végétaux pionniers peuvent s'installer spontanément sur des terrains fraîchement remaniés (consécutivement à une crue, un glissement de terrain ou un aménagement), il peut être opportun, lors de la réalisation d'un ouvrage de génie végétal, de ne pas s'en remettre uniquement à l'aléa de la colonisation spontanée et de garantir une couverture végétale du sol immédiatement après travaux.

Au vu de la morphologie et de la stratégie écologique de ces espèces, la mise en place de fragments de rhizomes ou de mottes semble être particulièrement adaptée. Néanmoins, pour quelques espèces présentant des taux de germination élevés, l'utilisation de semences peut s'avérer opportune. Il est ainsi envisageable de disposer des inflorescences matures à la surface du sol et de les recouvrir d'une fine couche de paille, de terre, de sable ou d'un géotextile biodégradable (type treillis de coco). Le semis apparaît aussi incontournable pour certaines ombellifères et certains trèfles de petite taille. Dans la mesure où la plupart de ces espèces ne sont encore pas ou peu utilisées, les techniques d'implantation demeurent dans plusieurs cas à expérimenter.

### 5.1.4. Des facilités d'approvisionnement

Généralement répandus dans les Alpes et constituant souvent des populations importantes, ces taxons ne devraient pas poser de problèmes en terme d'approvisionnement. Celui-ci pourrait s'effectuer soit directement à partir de populations naturelles (collecte d'inflorescences, de fragments de rhizomes, division de touffes, etc.), soit à partir de pépinières spécialisées qui pourraient assurer leur multiplication (plants en mottes, semis, etc.).

## 5.2. Pétasites, tussilage et adénostyles : des composées à larges feuilles

### 5.2.1. Les pétasites (*Petasites spp.*)

Les pétasites sont des espèces montagnardes à subalpines à floraison précoce précédant l'apparition de leurs feuilles (fig. 2). Les panicules contractées de capitules blancs à rosés sont parfois visibles dès fin février jusqu'en mai. Ils sont pourvus de longs rhizomes traçants et de feuilles ovales à cordiformes de grande taille (souvent plus de 20 cm, voire jusqu'à 100 cm de diamètre pour *P. hybridus*). Dans les situations optimales de développement, elles recouvrent ainsi totalement le sol (fig. 3).



Fig. 2 - Trois espèces de pétasites indigènes adaptées pour le génie végétal en rivière de montagne : (a) pétasite blanc (*Petasites albus*) ; (b) pétasite hybride (*P. hybridus*) ; (c) pétasite paradoxal (*P. paradoxus*).



Fig. 3 - Situation de deux espèces de pétasites en bordure de cours d'eau de montagne sur substrat frais : (a) *P. albus* ; (b) *P. paradoxus*.

Les pétasites colonisent les substrats régulièrement perturbés, que ce soit en situation forestière de demi-ombre sur des sols frais à texture variable (cas de *P. albus* typique de l'*Arunco-Petasition* – fig. 3a), en situation de pleine lumière sur matériaux carbonatés filtrants de faible diamètre (cas de *P. paradoxus* typique du *Petasition paradoxo* – fig. 3b) ou en situation riveraine, le plus souvent de demi-ombre, sur sols régulièrement alimentés par la nappe (cas de *P. hybridus* typique du *Petasition officinalis* – fig. 4).

Leur caractère pionnier, associé à une forte aptitude à la multiplication végétative, offre un potentiel important en termes d'utilisation en pied de berge de torrents, notamment au sein de fascines d'hélophytes (même si leur appareil aérien disparaît en période hivernale). La complémentarité des trois espèces induit un large éventail de possibilités quant à leur utilisation dans les situations montagnardes et subalpines. Leurs exigences hydriques imposent toutefois de les utiliser sur des substrats frais (*P. albus* et *P. paradoxus* – fig. 3), voire bien alimentés en eau (*P. hybridus* – fig. 4). Cette condition peut être un atout, car elle permet une utilisation dans les vallées encaissées et les situations confinées.



Fig. 4 - Situation typique de *Petasites hybridus* en pied de berge (*Petasition officinalis*).

En ce qui concerne les performances de croissance du système souterrain, c'est le pétasite paradoxal qui semble avoir le meilleur rendement avec un volume souterrain pouvant atteindre 160 cm<sup>3</sup> par pied pour 40 cm de profondeur (vol. syst. sout./aérien = 1,4). Pour comparaison, le système souterrain d'un pied de pétasite blanc peut atteindre 100 cm<sup>3</sup> (vol. syst. sout./aérien = 1).

Le taux de germination des pétasites semble inconstant en milieu naturel, bien qu'il puisse atteindre 80 % en pépinière pour le pétasite paradoxal (Schiechtel 1973). Le bouturage de rhizomes (fragments d'environ 10 cm implantés à la surface du sol) offre des résultats plus constants avec des taux de reprise compris entre 65 et 100 % selon les périodes de plantation (de meilleurs résultats sont obtenus avant la reprise de la végétation).

Les pétasites blanc et hybride sont difficilement disponibles dans le commerce sous forme de graines ou de plants en pots. Pouvant former localement de vastes populations aux abords des rivières de montagne, l'implantation de fragments de rhizomes issus de populations

naturelles devrait être privilégiée afin de garantir l'utilisation de souches locales.

Enfin, si le pétasite paradoxal atteint des altitudes très basses dans l'est des Alpes (par exemple 200 m dans le Frioul et en Slovénie), ce n'est pas le cas dans la partie occidentale du massif. À basse altitude, les pétasites peuvent être remplacés par le tussilage qui se substitue à ces espèces en situation naturelle et présente la même stratégie écologique et les mêmes aptitudes biotechniques.

## 5.2.2. Le tussilage (*Tussilago farfara*)

Comme pour les pétasites, la floraison du tussilage a lieu tôt au printemps (de février à avril), avant l'apparition des feuilles (fig. 5a). Le tussilage présente une morphologie foliaire proche de celle des pétasites, mais s'en différencie par des dents de second ordre plus courtes (fig. 5b – elles sont plus aiguës et allongées chez les pétasites).

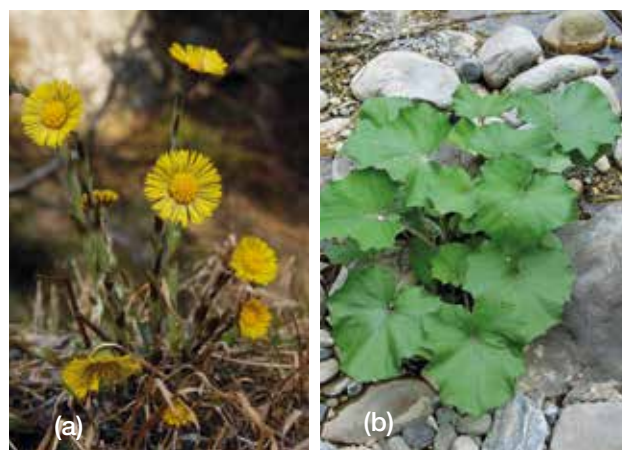


Fig. 5 - Tussilage (*Tussilago farfara*) : (a) floraison printanière avant feuillaison ; (b) appareil végétatif.

D'un point de vue écologique, le tussilage présente une amplitude plus importante que les pétasites puisqu'il croît au sein des éboulis, alluvions ou glissements de terrain de 200 à 2 000 m (fig. 6), ainsi que dans des situations secondaires sur matériaux fins susceptibles de s'assécher (*Poo-Tussilaginetum*), notamment sur des remblais ou des terrains décapés.



Fig. 6 - Situation typique du tussilage sur loupe de glissement (*Poo-Tussilaginetum*).

Sa forte aptitude à la multiplication végétative (taux de reprise proche de 100 % au bouturage de rhizomes), sa forte capacité d'établissement (couverture rapide du sol grâce à ses rhizomes traçants) et sa résistance à l'ensevelissement lui confèrent des potentialités identiques à celles des pétasites. Le tussilage montre toutefois des performances en termes de production de biomasse souterraine inférieures à celles des pétasites (volume souterrain pouvant atteindre 30 cm<sup>3</sup> par pied ; vol. syst. sout./aérien = 0,8). Complémentaire à ces derniers, il pourra être utilisé dans des situations de plus basses altitudes. Le tussilage est disponible dans certaines pépinières spécialisées sous forme de graines ou de plants en motte.

### 5.2.3. Les adénostyles (*Adenostyles* spp.)

Les adénostyles sont reconnaissables à leurs grandes feuilles cordiformes irrégulièrement et simplement dentées, à la différence de celles des pétasites. Ils présentent des touffes peu imposantes, mais solidement ancrées par un pivot allongé muni de nombreuses racines secondaires (système souterrain pouvant atteindre 20 cm<sup>3</sup> par pied ; vol. syst. sout./aérien = 0,9 chez *A. alpina*). À la différence des pétasites, ils développent des panicules corymbiformes de capitules roses à floraison estivale.

Trois espèces aux écologies complémentaires sont recensées dans les Alpes. L'adénostyle à feuilles d'alliaire (*A. alliariae*) est l'espèce la plus connue (fig. 7a). Elle présente un optimum de développement au sein de mégaphorbiaies subalpines (*Adenostyliion alliariae*), ainsi que dans les forêts de conifères ou de feuillus fraîches aux étages montagnard supérieur et subalpin (fig. 7b).



Fig. 7 - Adénostyle à feuilles d'alliaire (*Adenostyles alliariae*) : (a) port et taille pouvant atteindre 2 m ; (b) situation typique au sein d'une mégaphorbiaie subalpine (*Cicerbitetum alpinae*).

L'adénostyle glabre (*A. alpina*) est une espèce pionnière des éboulis calcaires grossiers frais (*Arabidion alpinae* – fig. 8), qui tolère l'ombre et persiste durablement sous couvert forestier de hêtraies sur éboulis (*Adenostylo-Fagetum*) ou d'érablaies fraîches de ravins (*Lunario-Acerion*). L'adénostyle à feuilles blanches (*A. leucophylla*) est une espèce pionnière des éboulis silicatés alpins (*Androsacion alpinae*).

La complémentarité écologique de ces trois espèces offre, à l'instar de celle des pétasites, un large éventail de possibilités quant à leur utilisation dans les situations

subalpines, voire alpines pour *A. leucophylla*. Le caractère rudéral et saxicole des adénostyles glabre et à feuilles blanches permettent une utilisation en milieu ou sommet de berge sur des matériaux bruts drainants carbonatés (*A. glabra*) ou silicatés (*A. leucophylla*). Inversement, la stratégie écologique compétitrice de *A. alliariae*, marquée par des exigences hydriques et trophiques plus élevées, requiert une utilisation sur des substrats fins, frais, si possible pourvus d'une fraction de matière organique. La tolérance à l'ombre de *A. alliariae* et de *A. alpina* rend possible une utilisation dans des situations confinées.



Fig. 8 - Situation typique de l'adénostyle glabre (*Adenostyles alpina*) au sein d'un éboulis calcaire frais (*Arabidion alpinae*).

Bien qu'il soit envisageable de réaliser des boutures de racines (taux de reprise assez élevé en pépinière), la faible taille et le caractère très ancré du pivot (développement oblique à vertical) limitent fortement les possibilités de prélèvements *in situ*, mis à part pour *A. alliariae* dont les populations peuvent être importantes (plusieurs centaines de tiges fleuries). L'utilisation de plants en motte (dans une fascine d'hélophytes, par exemple) ou de graines devra donc être privilégiée, ces trois espèces étant disponibles dans certaines pépinières spécialisées (attention toutefois à l'origine des plants compte tenu de la présence de nombreux cultivars ornementaux).

### 5.3. La calamagrostide faux roseau : une graminée typiquement alluviale

La calamagrostide faux roseau est un sosie de la calamagrostide commune (*Calamagrostis epigeios* – chap. III.4). Elle s'en différencie par ses feuilles plus glauques, son inflorescence rougeâtre à la floraison et ses épillets pourvus d'une arête dorsale insérée à l'extrémité de la lemme. Elle est pourvue de longs rhizomes traçants pouvant atteindre un mètre de profondeur mais dont le volume est néanmoins relativement faible par rapport à la biomasse aérienne (environ 1/10).

La calamagrostide faux roseau est une espèce héliophile alluviale qui, par sa présence, dénote un haut degré de naturalité. Elle est principalement répandue au-dessous de 1 500 m le long des grands cours d'eau de fond de vallée (comme l'Arc, l'Arve, le Giffre et l'Isère dans les Alpes savoyardes, et le long du Rhône dans les Alpes valaisannes). Le long de ces rivières, elle structure les communautés herbacées riveraines (*Calamagrostietum pseudophragmitis*) situées à l'aval des îlots. Elle montre

un optimum de développement sur des dépôts sableux et limoneux neutres à alcalins, à humidité constante (fig. 9). Le caractère pionnier de cette espèce, associé à une forte aptitude à la multiplication végétative, offre un potentiel important en termes d'utilisation.



**Fig. 9** - Calamagrostide faux roseau (*Calamagrostis pseudophragmites*) en pied de berge sur matériaux fins (*Calamagrostietum pseudophragmitis*).

Son importante biomasse aérienne (en moyenne 1,1 à 1,2 m de haut) joue un rôle de peigne particulièrement efficace pour le piégeage des matériaux fins.

De par ses exigences écologiques spécifiques, la calamagrostide faux roseau présente un spectre d'utilisation relativement restreint. Toutefois, ses aptitudes biotechniques et son caractère spécifiquement alluvial en font une espèce de prédilection pour une utilisation en pied de berge sur des substrats non grossiers le long des grandes rivières alpines aux étages collinéens et montagnards. Elle pourra ainsi être intégrée, sous forme de plants en motte ou de fragments de rhizomes, dans une fascine d'hélophytes par exemple.

## 5.4. Les épilobes : des onagracées essentiellement rhizomateuses

Le genre *Epilobium* est constitué de nombreuses espèces pionnières croissant à l'état naturel dans les milieux rocheux régulièrement perturbés ou aux abords des cours d'eau (plusieurs autres espèces sont également présentes dans les champs et les secteurs rudéraux).

Parmi les espèces les plus répandues sur les alluvions et moraines du nord-ouest des Alpes, on compte l'épilobe à feuilles étroites (*Epilobium angustifolium* – fig. 10a), l'épilobe à feuilles de romarin (*E. dodonaei* – fig. 10b), l'épilobe de Fleischer (*E. fleischeri* – fig. 10c) et l'épilobe hirsute (*E. hirsutum* – fig. 10d).

Si trois de ces espèces sont pourvues de longs rhizomes traçants (*E. angustifolium*, *E. fleischeri*, *E. hirsutum*), l'épilobe à feuilles de romarin forme des touffes denses. À titre d'exemple, le système souterrain de l'épilobe à feuilles étroites, composé d'un long rhizome profondément ancré dans le sol et associé à de nombreuses racines secondaires, peut atteindre 300 cm<sup>3</sup> par pied (vol. syst. sout./aérien = 1,1). Les tiges, ascendantes à dressées, sont pourvues de nombreuses feuilles linéaires à lancéolées recouvrant totalement le sol dans leur situation optimale de développement. Elles présentent des floraisons tardives, généralement en juillet-août. Leur fructification produit de très nombreuses graines anémochores.

Hormis pour l'épilobe de Fleischer, l'importante biomasse et la densité des tiges aériennes de ces espèces assurent un rôle de peigne efficace ; l'entrelacs de leurs rhizomes consolidant par ailleurs les couches superficielles du sol et en limitant l'érosion. De par leur morphologie et leur complémentarité écologique, ces quatre espèces présentent un large éventail de possibilités d'utilisation en génie végétal, depuis les situations thermophiles et xérophiles de l'étage collinéen jusqu'aux confins de l'étage alpin, à l'instar des pétasites avec lesquels elles pourraient être utilisées conjointement en milieu ou sommet de berge.



**Fig. 10** - Quatre espèces d'épilobes particulièrement adaptées pour le génie végétal en rivière de montagne : (a) épilobe à feuilles étroites (*Epilobium angustifolium*) ; (b) épilobe à feuilles de romarin (*E. dodonaei*) ; (c) épilobe de Fleischer (*E. fleischeri*) ; (d) épilobe hirsute (*E. hirsutum*).



Fig. 11 - Mégaphorbiaie à épilobe à feuilles étroites sur éboulis grossiers (*Epilobion angustifolii*).

Aux étages montagnard et subalpin, l'épilobe à feuilles étroites offre un important potentiel sur tous types de matériaux. Bien connue des groupements herbacés acidophiles de coupes forestières (*Epilobion angustifolii*), cette espèce présente également un optimum de développement au sein des éboulis ou de cônes de déjections frais constitués de matériaux centimétriques à décimétriques (fig. 11).

Typiques des communautés riveraines collinéennes xérophiiles sur matériaux grossiers (*Epilobio-Scrophularietum* – fig. 12), des gravières et carrières abandonnées, ou encore des talus de bord de route, les grosses touffes solidement ancrées de l'épilobe à feuilles de romarin peuvent parfaitement convenir pour une implantation sur des substrats drainants (galets, graviers) à basse altitude (inférieure à 1 000 m). Des essais d'implantation par division de touffes mériteraient d'être entrepris.



Fig. 12 - Communauté riveraine collinéenne xéroophile à épilobe à feuilles de romarin (*Epilobio-Scrophularietum*).

L'épilobe de Fleischer présente un intérêt pour une utilisation à l'étage subalpin, voire alpin, sur des substrats comportant une fraction importante de matériaux fins, donc relativement bien pourvus en eau. Bien qu'il présente une faible biomasse aérienne en regard des deux espèces précédentes (effet de peigne réduit), sa stratégie écologique rudérale-compétitrice lui permet de constituer des tapis fournis stabilisant les horizons superficiels et limitant l'érosion de surface (fig. 13).



Fig. 13 - Communauté riveraine orophile à épilobe de Fleischer (*Epilobietum fleischeri*).

À la différence des espèces précédentes, l'épilobe hirsute n'est pas une espèce saxicole. Toutefois, son comportement d'hélophyte en fait une espèce adaptée pour une utilisation en pied de berge sur des matériaux fins, bien pourvus en eau : par exemple, en situation d'intrados sur des secteurs à pente modérée du profil en long (inférieure à 2 %). Les mégaphorbiaies sur zones semi-perturbées eutrophes formées avec la reine des prés (*Epilobio-Filipenduletum*) témoignent de son dynamisme à faible altitude (moins de 1 000 m). Il est à ce titre déjà utilisé en situation planitiaire et collinéenne dans les fascines d'hélophytes.

La technique d'implantation la plus fiable semble être la plantation directe de rhizomes ou de mottes. Mis à part l'épilobe de Fleischer, plus rare en pépinière, les autres espèces mentionnées ci-dessus sont disponibles dans le commerce sous forme de graines ou de plants en motte. Pour les espèces rhizomateuses, il est également possible de prélever des boutures à partir de populations naturelles, garantissant ainsi l'utilisation de souches locales.

Pour l'ensemble de ces espèces, la pose d'inflorescences sur le sol, recouvertes d'une fine couche de paille, de terre, de sables ou d'un treillis de coco, semble être une technique adéquate. Elle mériterait d'être expérimentée pour les espèces les plus faciles d'approvisionnement comme l'épilobe à feuilles étroites ou l'épilobe hirsute qui constituent des populations parfois importantes de plusieurs milliers de tiges.

### 5.5. Les valérianes (*Valeriana* spp.)

Trois espèces de valérianes sont potentiellement adaptées pour une utilisation en génie végétal : la valériane des montagnes (*V. montana*), à laquelle on peut adjoindre son homologue la valériane triséquée (*V. tripteris*), et la valériane officinale (*V. officinalis*).

La valériane des montagnes (fig. 14a) est une espèce de taille relativement restreinte (inférieure à 40 cm), aux feuilles ovales à lancéolées, naissant de rhizomes blanchâtres et tapissant pour la plupart le sol. Typique des éboulis, alluvions et moraines calcaires des étages montagnard et subalpin, cette espèce pionnière héliophile tolère bien l'ombre et persiste durablement sous couvert



**Fig. 14** - Trois espèces de valérianes adaptées pour le génie végétal en rivière de montagne : **(a)** valériane des montagnes (*Valeriana montana*), typique des éboulis calcaires subalpins ; **(b)** valériane triséquée (*V. tripteris*), se développant en sous-bois d'une forêt de conifères à l'étage subalpin ; **(c)** valériane officinale (*V. officinalis*), typique des lisières fraîches montagnardes.

forestier de hêtraies sur éboulis (*Adenostylo-Fagetum*) ou d'éraablaies fraîches de ravins (*Lunario-Acerion*).

La tolérance aux perturbations et à l'ombre ainsi que son comportement en couvre-sol font de la valériane des montagnes une espèce adaptée pour une utilisation en milieu et sommet de berge. Comme l'épilobe de Fleischer, cette espèce aura pour vocation principale de stabiliser les horizons superficiels du sol. Elle devra être complétée par l'emploi d'espèces au système racinaire pivotant plus profond.

La valériane triséquée présente globalement la même morphologie que l'espèce précédente, mais s'en différencie par ses feuilles caulinaires triséquées et ses feuilles radicales cordiformes et dentées (fig. 14b). Il s'agit d'une espèce caractéristique des milieux rocheux calcaires ombragés (*Cystopteridion*) pouvant également se maintenir dans les forêts fraîches de conifères de l'étage montagnard à subalpin (*Abieti-Piceion*), y compris sur substrats acides (sols décalcifiés). Le système souterrain de la valériane triséquée, relativement superficiel, peut atteindre 95 cm<sup>3</sup> par pied (vol. syst. sout./aérien = 1,9). Tout comme

l'espèce précédente, elle est particulièrement adaptée pour protéger les couches supérieures du sol, notamment dans les secteurs confinés ou boisés.

La valériane officinale est une espèce de grande taille atteignant parfois 2 m et présentant une importante biomasse aérienne (fig. 14c). Elle se reconnaît à ses feuilles opposées pennatiséquées. Il s'agit d'une espèce étroitement liée à la présence d'eau dans le sol à basse altitude (étage collinéen) et à une relative fraîcheur à l'étage montagnard, où elle est typique des lisières et des mégaphorbiaies mésophiles à mésohygrophiles. Comme l'épilobe hirsute, la valériane officinale est particulièrement adaptée en tant qu'hélophyte pour une utilisation en pied de berge sur des matériaux fins bien pourvus en eau, avec des contraintes hydrauliques modérées. Sa tolérance à l'ombre permet une utilisation dans des situations confinées.

Parmi ces trois espèces, seule la valériane officinale est présente dans le commerce sous forme de graines ou de plants en motte et est déjà utilisée dans des situations planitiaires et collinéennes.



**Fig. 15** - Trois espèces d'ombellifères particulièrement adaptées pour le génie végétal en montagne : **(a)** cerfeuil hirsute (*Chaerophyllum hirsutum*) ; **(b)** impéatoire (*Peucedanum ostruthium*) ; **(c)** laser à larges feuilles (*Laserpitium latifolium*).



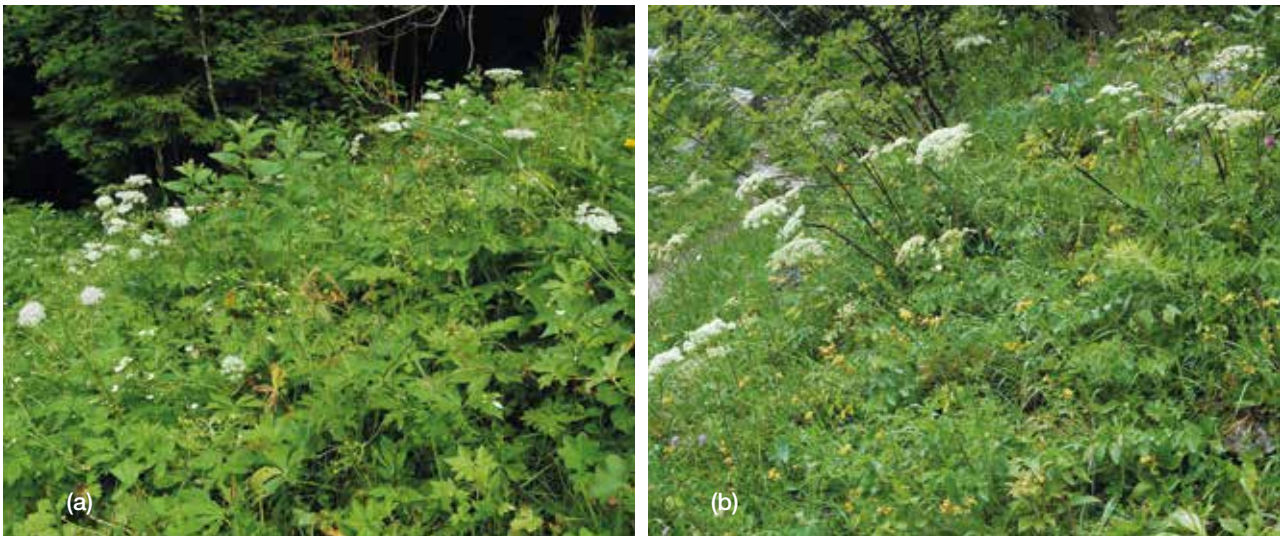


Fig. 16 - Habitat de deux espèces d'ombellifères : (a) cerfeuil hirsute au sein d'une mégaphorbiaie hygrophile montagnarde (*Chaerophyllo-Ranunculetum*) ; (b) laser à larges feuilles au sein d'une pelouse fraîche montagnarde (*Laserpitio-Camagrostietum*).

## 5.6. Les grandes ombellifères

Plusieurs espèces d'ombellifères présentent des caractéristiques biotechniques appropriées pour une utilisation en génie végétal en secteur montagnard. Parmi celles-ci, le cerfeuil hirsute (*Chaerophyllum hirsutum*), le laser à larges feuilles (*Laserpitium latifolium*) et l'impérateur (*Peucedanum ostruthium*) sont parmi les plus adaptées. Ces espèces se reconnaissent à la forme de leurs feuilles doublement divisées en trois (fig. 15).

Très compétitives, ces espèces forment dans leur optimum de développement des populations denses structurantes des mégaphorbiaies hygrophiles riveraines, pour le cerfeuil hirsute (*Chaerophyllo-Petasitetum* et *Chaerophyllo-Ranunculetum*), ou des communautés subalpines fraîches à mésophiles dans le cas de l'impérateur (*Adenostylion alliariae*) ou du laser à larges feuilles (*Calamagrostion variae* - fig. 16).

Leurs exigences thermiques différentes permettent une utilisation complémentaire en pied de berge et sur matériaux fins, au-dessous de 1 500 m pour le cerfeuil hirsute et au-dessus de 1 500 m pour l'impérateur. Le laser à larges

feuilles peut être utilisé de 800 à 2 200 m. Leur appareil souterrain est constitué d'une souche épaisse et ramifiée solidement ancrée dans le sol, protégeant efficacement les horizons superficiels. Celui du laser à larges feuilles peut ainsi atteindre plus de 60 cm de profondeur pour un volume de 120 cm<sup>3</sup> par pied (vol. syst. sout./aérien = 3,4). La densité de leur appareil aérien permet également de dissiper l'énergie du courant et de créer un effet de peigne très efficace. Leur tolérance à l'ombre et leurs exigences hydriques élevées requièrent une implantation dans des stations au microclimat frais et au sol bien pourvu en eau.

De par leur fruit sec barochore, elles présentent une faible capacité de dispersion mais montrent un taux de germination élevé (notamment les graines fraîches semées en automne). Elles peuvent également être multipliées par bouturage de racines ou division de touffes.

D'autres ombellifères formant des mégaphorbiaies denses, comme l'angélique sauvage (*Angelica sylvestris*), la berce des prés (*Heracleum sphondylium*), le cerfeuil de Villars (*Chaerophyllum villarsii*) ou encore le cerfeuil doré (*Chaerophyllum aureum*), pourraient également être utili-



Fig. 17 - Deux trèfles pionniers particulièrement adaptés pour le génie végétal en montagne : (a) trèfle pâle (*Trifolium pallescens*) ; (b) trèfle de Thal (*Trifolium thalii*).

sées, toujours sur matériaux fins bien pourvus en eau, aux étages montagnard et subalpin.

L'angélique sauvage, la berce des prés, le cerfeuil hirsute, le laser à larges feuilles et l'impératoire sont disponibles dans certaines pépinières sous forme de graines ou de plants en motte (attention toutefois à la présence de nombreuses variétés ornementales).

## 5.7. Deux trèfles pionniers

De par leur capacité à fixer l'azote atmosphérique, leur rôle structurant dans les écosystèmes et leur valeur fourragère, plusieurs espèces de légumineuses sont déjà couramment utilisées en agronomie et en aménagement. Deux trèfles pionniers fréquents sont encore apparemment peu utilisés en génie végétal. Ils présentent un intérêt pour des réalisations aux étages subalpin, voire alpin : le trèfle pâle (*Trifolium pallescens*) et le trèfle de Thal (*Trifolium thalii*). Occasionnellement entraînés par les eaux, ils s'observent parfois à plus basse altitude.

Morphologiquement, ces trèfles à fleurs blanches à rosées se reconnaissent par leur taille modeste (moins de 20 cm) et leur port couché à ascendant (fig. 17). Le trèfle de Thal se différencie du trèfle pâle par ses fleurs non réfractées après la floraison et ses stipules uninervées.

Le trèfle pâle présente un optimum de développement sur les moraines et alluvions (*Epilobion fleischeri*). Il s'agit d'une espèce typiquement rudérale. Le trèfle de Thal est une espèce des pelouses longuement enneigées, sur sol calcaire ou au moins calcique, au tapis végétal bien constitué (*Caricion ferrugineae*). Il tolère néanmoins relativement bien les perturbations et le piétinement. Ces deux espèces héliophiles se développent préférentiellement sur des matériaux fins bien pourvus en eau, mais non inondés.

Au vu de leur comportement rudéral ou semi-rudéral, de leur enracinement pivotant et de la densité des populations qu'elles peuvent former, ces espèces offrent une bonne résistance à la traction et assurent une protection rapide des couches superficielles du sol. Elles sont complémentaires aux graminées ayant un système racinaire fasciculé tels le pâturin des Alpes (*Poa alpina*), la fléole des Alpes (*Phleum alpinum*) ou encore la fétuque noirâtre (*Festuca nigrescens*). Leur tolérance au froid et à la pauvreté du sol est un atout supplémentaire pour une utilisation en rivières de montagne, notamment sur des berges récemment constituées et pourvues de matériaux fins. Leur implantation est à réaliser par ensemencement.

## 5.8. Quelques assemblages possibles

Le choix des espèces herbacées à planter devra impérativement prendre en compte la complémentarité en termes de structure et de croissance, tant des parties aériennes que souterraines, qui représente un des garants de la stabilisation du sol et de l'atténuation des effets de l'érosion. Elle permet à la couverture herbacée d'assurer pleinement sa fonction de protection de surface.

Une attention particulière devra également être portée à l'effet de concurrence potentielle avec les jeunes boutures des espèces ligneuses, parfois moins compétitives.

Enfin, la technique d'implantation devra être adaptée à la nature du matériel végétal, et parfois même améliorée ou testée, dans la mesure où la plupart de ces espèces n'ont été que peu ou pas utilisées jusqu'alors.

En s'inspirant des modèles naturels, plusieurs assemblages peuvent ainsi être proposés en fonction des conditions stationnelles du site et des objectifs de l'aménagement.

### Assemblage « hautes herbes » (fig. 18) :

*Adenostyles alliariae* (+ 1 000 m), *Calamagrostis pseudophragmites* (- 1 500 m), *Chaerophyllum hirsutum* (- 1 500 m), *Epilobium hirsutum* (- 1 000 m), *Petasites albus*, *Petasites hybridus* (- 1 500 m), *Peucedanum ostruthium* (+ 1 500 m), *Valeriana officinalis*.

### Assemblage « rocaillies calcaires » :

*Achnatherum calamagrostis* (- 1 500 m), *Adenostyles alpina*, *Epilobium angustifolium*, *Epilobium fleischeri*, *Leontodon hispidus* (subsp. *pseudocrispus* et *hyosoides*), *Onobrychis montana* (+ 1 500 m), *Petasites paradoxus*, *Valeriana montana*, *Tussilago farfara*.

### Assemblage « rocaillies siliceuses » :

*Adenostyles leucophylla* (+ 1 500 m), *Agrostis schradariana* (+ 1 500 m), *Epilobium angustifolium*, *Trifolium pallescens* (+ 1 500 m).

### Assemblage « pelouses fraîches subalpines » :

*Anthyllis vulneraria* subsp. *alpestris* (+ 1 500 m), *Calamagrostis varia*, *Lasepitium latifolium*, *Phleum alpinum* (+ 1 500 m), *Poa alpina*, *Trifolium badium* (+ 1 500 m), *Trifolium thalii* (+ 1 500 m), *Trisetum flavescens*.



Fig. 18 - Mégaphorbiaie composée de *Petasites albus*, *P. hybridus*, *Adenostyles alliariae* et *Valeriana officinalis* couvrant efficacement le sol et se développant naturellement sur la berge d'un cours d'eau de montagne au-dessus d'une assise de blocs décimétriques.

# 6. Clé d'identification des saules en période de repos végétatif

## 6.1. Introduction

### 6.1.1. Territoire et espèces concernées

Les espèces concernées par la clé d'identification hivernale du genre *Salix* sont celles présentes naturellement dans les Alpes du Nord occidentales (chap. III.1). Vingt-sept espèces sont ainsi actuellement recensées au sein de ce territoire :

<i>S. alba</i> L.	<i>S. hastata</i> L.
<i>S. appendiculata</i> Vill.	<i>S. helvetica</i> Vill.
<i>S. atrocinerea</i> Brot.	<i>S. herbacea</i> L.
<i>S. aurita</i> L.	<i>S. laggeri</i> Wimm.
<i>S. bicolor</i> Willd.	<i>S. myrsinifolia</i> Salisb.
<i>S. breviserrata</i> Flod.	<i>S. pentandra</i> L.
<i>S. caesia</i> Vill.	<i>S. purpurea</i> L.
<i>S. caprea</i> L.	<i>S. repens</i> L.
<i>S. cinerea</i> L.	<i>S. reticulata</i> L.
<i>S. daphnoides</i> Vill.	<i>S. retusa</i> L.
<i>S. elaeagnos</i> Scop.	<i>S. serpyllifolia</i> Scop.
<i>S. foetida</i> Schleich. ex DC.	<i>S. triandra</i> L.
<i>S. fragilis</i> L.	<i>S. viminalis</i> L.
<i>S. glaucosericea</i> Flod.	

### 6.1.2. Critères et démarche d'identification

En l'absence de feuilles et de fleurs, les caractères les plus essentiels à la détermination des saules sont le port de la plante, la flexibilité, la couleur et la pilosité des rameaux, la forme, la couleur et la taille des bourgeons. Dans certains cas particuliers, la disposition des bourgeons, la présence de stries sous l'écorce ou la forme de la section des rameaux sont également nécessaires à l'identification.

En période hivernale, les saules se distinguent des autres espèces ligneuses par leur bourgeon en capuchon composé d'une seule écaille (fig. 1).

#### 6.1.2.1. Préambule

Les différents caractères sont à observer de manière préférentielle sur les faces exposées au soleil dans la partie terminale (5-10 cm) des rameaux « dominants ». Les organes présentent en effet une tendance au verdissement lorsqu'ils se développent en situation ombragée, une taille réduite ou sont avortés lorsqu'ils se développent sur des rameaux « dominés ».

La démarche d'identification est à conduire de manière privilégiée sur des individus non taillés ou « perturbés ». Elle est délicate à mener sur des rejets de souche qui présentent des rameaux et des bourgeons aux tailles et aux proportions atypiques, ou sur des rameaux régulièrement abrutis ou submergés par les crues.

Dans de nombreux cas, la détermination d'un individu ne peut être achevée sur le terrain. Étant donné la plasticité morphologique de certaines espèces (notamment de *S. caprea*, *S. daphnoides* ou *S. myrsinifolia*) et l'aspect parfois atypique lié à des coupes récentes ou à des perturbations diverses, certaines précautions de récolte doivent être respectées avant d'utiliser la clé *ex situ* sur les échantillons fraîchement collectés :

- prélever, dans la mesure du possible, plusieurs échantillons sur différents individus sains et correctement développés, en évitant les rameaux récemment taillés ou broutés, les rejets de souche, les rameaux dominés ;
- prélever des échantillons comprenant du bois de l'année et de deux ans ;
- noter sur le terrain la hauteur approximative et le port de l'individu.

Enfin, compte tenu des phénomènes d'hybridations et d'introgessions existant au sein du genre, certains individus peuvent présenter des caractères intermédiaires. Pour des raisons évidentes de simplification, ces types morphologiques ne sont pas identifiables par cette clé. Parmi les croisements les plus réguliers au sein de la dition, on peut citer à titre indicatif : *S. aurita* x *S. cinerea* (*S. x multinervis*), *S. daphnoides* x *S. purpurea* (*S. x caliantha*), *S. caprea* x *S. elaeagnos* (*S. x seringeana* – fig. 1).



Fig. 1 - Deux hybrides régulièrement rencontrés en milieu naturel : (a) *S. aurita* x *S. cinerea* (*S. x multinervis*) ; (b) *S. caprea* x *S. elaeagnos* (*S. x seringeana*).

### 6.1.2.2. Le port

Le port des saules, comme pour l'ensemble des espèces ligneuses, est conditionné par la vitesse relative de croissance des tiges ligneuses, et donc par l'effet de dominance des bourgeons apicaux. On distingue ainsi deux grands types « d'architecture végétale » :

- le port arborescent caractérisé par une croissance plus rapide des bourgeons apicaux (acrotonie), favorisant l'élongation de l'individu et l'individualisation du tronc ;
- le port buissonnant caractérisé par une croissance des bourgeons axillaires dès les premiers stades de développement (basitonie), favorisant le développement des tiges à partir de la souche, donc la ramification de la plante.

Le port de la plante est aussi largement influencé par divers facteurs environnementaux comme les crues, le vent, la neige, les mouvements de terrain, l'action du bétail (piétinement, abrutissement, etc.), les relations interspécifiques de compétition entre espèces, (notamment pour l'accès à la lumière) ou l'action de l'homme (recépage, traitement en têtard ou en émonde).

#### Arbres et arbustes

*S. alba* et *S. fragilis* forment généralement un tronc individualisé et peuvent dépasser 15 m de haut (jusqu'à 30 m pour *S. alba* – fig. 2). *S. daphnoides* et *S. caprea* présentent régulièrement un port arborescent ne dépassant pas 15 m de hauteur.

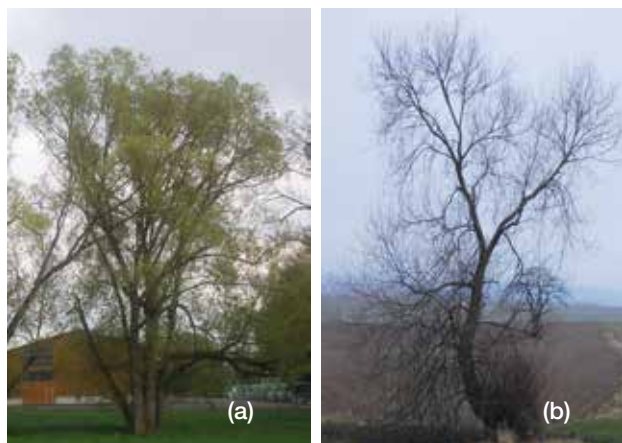


Fig. 2 - Deux espèces au port arborescent dépassant généralement 15 m de hauteur : (a) *S. alba* ; (b) *S. fragilis*.

Même s'ils peuvent présenter un port arborescent, *S. elaeagnos*, *S. pentandra* et *S. viminalis* forment bien souvent des cépées ne dépassant pas 10 m de hauteur (fig. 3).

Certaines espèces formant habituellement des troncs uniques peuvent, sous l'effet de différents facteurs environnementaux (crues, abrutissement, broyage, etc.), former des cépées plus ou moins basses suivant la fréquence des perturbations. Ces espèces peuvent également présenter un faciès buissonnant durant les premiers stades de leur croissance, créant ainsi des confusions possibles avec les espèces exclusivement buissonnantes (cas notamment de *S. alba*). Inversement, certaines espèces formant habituellement des cépées peuvent, en l'absence de perturbations régulières et sous l'effet de la compétition interspécifique, former des troncs uniques élancés (cas de *S. elaeagnos*).

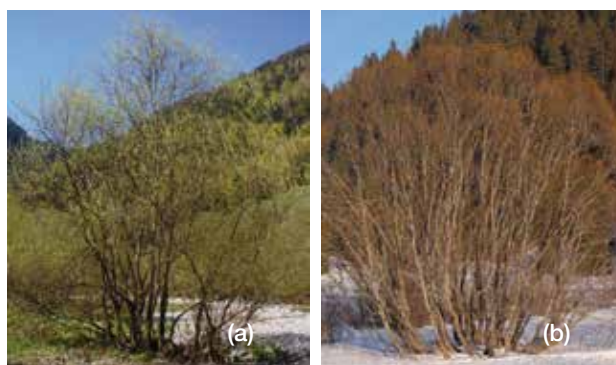


Fig. 3 - Deux espèces arborescentes formant généralement des cépées : (a) *S. elaeagnos* ; (b) *S. pentandra*.

#### Arbrisseaux

Quatorze des espèces décrites présentent un port buissonnant ne dépassant pas 8 m de hauteur. Parmi celles-ci, certaines présentent des tiges ascendantes à dressées dépassant généralement 2 m de haut : *S. appendiculata*, *S. atrocinerea*, *S. cinerea*, *S. laggeri*, *S. myrsinifolia*, *S. purpurea* et *S. triandra* (fig. 4).

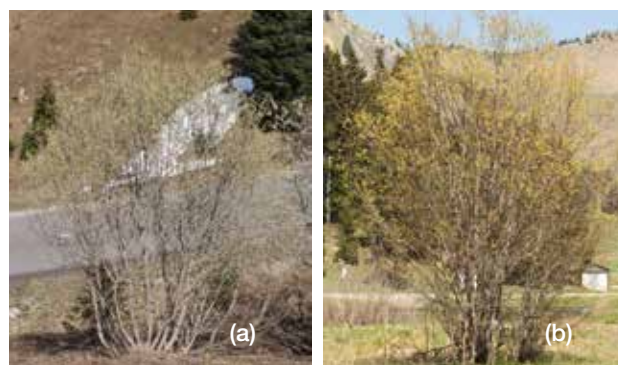


Fig. 4 - Deux espèces buissonnantes aux tiges ascendantes à dressées : (a) *S. appendiculata* ; (b) *S. myrsinifolia*.

D'autres sont des arbrisseaux aux tiges ascendantes à dressées de 0,3 à 2 m de haut : *S. aurita*, *S. bicolor*, *S. caesia*, *S. foetida*, *S. glaucosericea*, *S. hastata*, *S. helvetica* (fig. 5). *S. repens*, quant à lui, est un sous-arbrisseau à port étalé-ascendant ne dépassant pas 1 m de haut. Ses rameaux inférieurs sont appliqués sur le sol et donnent naissance à des tiges souples dressées dépassant généralement 30 cm de haut.



Fig. 5 - Deux arbrisseaux aux tiges ascendantes mesurant moins de 2 m de hauteur : (a) *S. foetida* ; (b) *S. helvetica*.

### Sous-arbrisseaux nains

Les autres espèces sont des sous-arbrisseaux présentant un port prostré ne dépassant pas 30 cm de hauteur. Ils développent des tiges étalées, généralement radicales : *S. breviserrata*, *S. herbacea*, *S. reticulata*, *S. retusa*, *S. serpyllifolia* (fig. 6). À l'exception de *S. breviserrata*, présentant des rameaux terminaux étalés, ascendants ou dressés pouvant atteindre 30 cm, ces espèces sont munies de rameaux terminaux généralement appliqués sur le sol (parfois même enfouis chez *S. reticulata*) ne dépassant pas 5 cm de haut.



Fig. 6 - Deux sous-arbrisseaux au port étalé ne dépassant généralement pas 5 cm de hauteur : (a) *S. herbacea* ; (b) *S. reticulata*.

Même s'ils présentent généralement des ports dressés dépassant 2 m de haut, certains taxons comme *S. appendiculata*, *S. myrsinifolia* subsp. *alpicola* et *S. purpurea* subsp. *angustior* peuvent former des arbrisseaux au port prostré et aux rameaux étalés-ascendants sous l'effet de l'enneigement ou des crues.

### 6.1.2.3. Les rameaux

Concernant l'observation des rameaux, une attention particulière devra être portée sur la pilosité, la couleur et la forme de la section des rameaux de l'année, ainsi que sur la pilosité des rameaux de deux ans. Autant que possible, le recours à l'observation des cannelures à la surface du bois de plus de 2 ans a été évité, dans la mesure où ce caractère est difficile à observer durant la phase de repos végétatif ; l'écorce restant collée au bois lors de cette période. Ce caractère est toutefois mentionné pour certaines espèces (*S. cinerea* notamment) en tant que critère secondaire d'aide à la détermination.

Les rameaux de l'année correspondent aux pousses apparues lors de la dernière saison de végétation. Dans le cas d'individus récemment taillés ou broutés, ils peuvent être difficiles à distinguer des rameaux de deux ans ; ces individus réalisant souvent une repousse dans la même saison.

La pilosité s'observe de manière privilégiée sur la partie terminale des rameaux (trois derniers centimètres), où elle est le mieux exprimée, mais aussi de part et d'autre des cicatrices foliaires et sur le bois de 2 ans (cas de *S. cinerea*, *S. laggeri*, *S. myrsinifolia* – fig. 7).



Fig. 7 - Variabilité de la pilosité et de la couleur des rameaux de 2 ans entre : (a) *S. myrsinifolia* s. str. ; (b) *S. myrsinifolia* subsp. *alpicola*.



Fig. 8 - Variabilité de la pilosité et de la couleur des rameaux de l'année chez *S. daphnoides* : (a) hirsute et mat ; (b) glabre et luisant.

Ce caractère montre cependant une forte variabilité chez certaines espèces (*S. daphnoides* – fig. 8, *S. elaeagnos*, *S. hastata*, *S. myrsinifolia*), où l'on observe des individus aux rameaux densément velus et d'autres aux rameaux glabres ou glabrescents. Cette variabilité s'observe également sur un même individu.

Compte tenu des nombreuses variations concernant la couleur des rameaux (variations souvent perceptibles sur un même individu en fonction notamment de l'exposition – fig. 8), ce caractère doit être utilisé avec prudence. Il est toutefois utile à la discrimination dans plusieurs cas.

Afin de bien observer la couleur et la brillance des rameaux, il peut être nécessaire de frotter ceux-ci avec le pouce afin d'ôter les éventuels dépôts de poussière ou la couche de pruine pouvant masquer ces caractères.

Enfin, la forme de la section des rameaux de l'année, arrondie ou anguleuse (cas de *S. atrocinerea*, *S. triandra*, *S. elaeagnos*), s'observe également sur l'extrémité des rameaux (trois derniers centimètres), *in situ* ou sur des rameaux récemment collectés ; les rameaux séchés devenant tous plus ou moins anguleux.

#### 6.1.2.4. Les bourgeons

Les bourgeons sont à observer dans leur disposition, leur forme, leur couleur et leur pilosité. Si certaines espèces présentent des caractères constants comme *S. triandra* ou *S. pentandra*, il existe une variabilité morphologique chez de nombreux taxons, parfois déroutante pour la détermination.

Un premier cas de variabilité est celui de la disposition des bourgeons sur les rameaux, comme chez *S. purpurea*. Aisément reconnaissable à ses bourgeons opposés, cette espèce présente néanmoins régulièrement des rameaux à disposition alterne (fig. 9). Certaines autres espèces peuvent parfois présenter des bourgeons opposés (*S. caesia* et *S. helvetica*), notamment à la base des rameaux de l'année.



Fig. 9 - Variabilité de la disposition des bourgeons chez *S. purpurea* : (a) opposée et décussée sur rameau de l'année ; (b) alterne et hélicoïdale sur le bois de 2 ans.

Concernant la forme des bourgeons, l'observation doit être principalement portée sur le rapport longueur/largeur et sur la forme de l'apex (conique/aplati, obtus/aigu – fig. 10).

Le caractère appliqué ou divergeant du bourgeon sur le rameau est principalement lié à sa forme sur la face ventrale (face intérieure attenante au rameau). Si celle-ci est plane ou concave, le bourgeon sera appliqué sur le rameau (fig. 9). À l'inverse, si la face intérieure du bourgeon est convexe, celui-ci présentera un apex écarté du rameau (fig. 10).

Les variabilités de taille et de forme des bourgeons peuvent être liées à leur position sur le rameau ou à leur nature (floral ou foliaire). Sous l'effet de la dominance apicale, les bourgeons terminaux des rameaux principaux (dits « rameaux dominants ») sont plus développés. Ce sont eux qui sont à observer de préférence et sur lesquels on effectuera les mesures. Les bourgeons situés à la base des rameaux ou sur les rameaux de 2 ans sont en règle générale plus petits, voire atrophiés, et présentent une tendance à l'arrondissement.

Chez certaines espèces, les bourgeons floraux et foliaires présentent des aspects différents en taille et en forme (*S. caprea*, *S. daphnoides*, *S. hastata* par ex. – fig. 10). Cette dissemblance peut être très utile à l'identification. Elle est toutefois plus ou moins facile à observer. En effet, les bourgeons floraux se développant principalement sur les rameaux dominants, les individus juvéniles ou les rameaux « dominés » des individus âgés en sont souvent dépourvus, ce qui ne facilite pas l'identification.



Fig. 10 - Bourgeons foliaires et floraux chez : (a) *S. daphnoides* (bourgeons floraux ovoïdes à apex écarté du rameau, bourgeons foliaires plus petits, appliqués et comprimés dorso-ventralement) ; (b) *S. hastata* (bourgeons floraux à apex aplati écarté du rameau, bourgeons foliaires fusiformes, plus petits et appliqués sur le rameau).

## 6.2. Clé des saules en période de repos végétatif

1. Arbrisseau, arbuste ou arbre dépassant 2 m de hauteur à maturité ou ne dépassant pas 2 m mais se développant à moins de 1 500 m d'altitude (cas des stades juvéniles) ..... 2
  - Arbrisseaux ou sous-arbrisseaux, parfois rampants, ne dépassant pas 2 m de hauteur et se développant à une altitude supérieure à 1 500 m (excepté *S. repens* présent à plus basse altitude) ..... 29
  
2. Rameaux de l'année glabres ou glabrescents, présentant parfois une pilosité éparses de part et d'autre des cicatrices foliaires (visible seulement à la loupe - fig. 11 et 14) ..... 3
  - Rameaux de l'année velus (au moins dans leur partie supérieure - fig. 12, 13 et 15) ..... 11
  
3. Rameaux de l'année cannelés ou anguleux à l'extrémité (observer les 3 derniers cm), brun foncé à brun rougeâtre, présentant souvent des plaques décolorées blanchâtres ..... *Salix triandra* (fig. 89 à 91)
  - Rameaux non cannelés ou anguleux à l'extrémité ..... 4
  
4. Bourgeons, au moins une partie d'entre eux, opposés ou subopposés notamment à la base des rameaux de l'année (observer plusieurs rameaux) ..... *Salix purpurea* (fig. 74 à 76)
  - Bourgeons jamais opposés ou subopposés ..... 5
  
5. Rameaux de l'année très brillants, vernissés. Chatons desséchés retombants, ordinairement présents en période hivernale sur les individus âgés. Bourgeons ovoïdes à elliptiques, jamais comprimés dorso-ventralement, jaune orangé à brunâtres ..... *Salix pentandra* (fig. 71 à 73)
  - Rameaux mats ou luisants, mais non vernissés. Chatons desséchés ordinairement absents en période hivernale. Bourgeons, au moins une partie d'entre eux, plan-convexes ..... 6
  
6. Bourgeons, au moins la majorité d'entre eux, moins de 2 fois aussi longs que larges ..... 7
  - Bourgeons, au moins la majorité d'entre eux, plus de 2 fois aussi longs que larges ..... 9
  
7. Bourgeons ordinairement de 2 types : les foliaires ovoïdes et carénés ne dépassant pas 5 mm ; les floraux à apex déjeté vers l'extérieur pouvant atteindre 8 mm ..... *Salix caprea* (fig. 32 à 34)
  - Bourgeons tous de même type, dépassant rarement 6 mm ..... 8
  
8. Rameaux terminaux ordinairement de couleurs sombres (rouge foncé, marron foncé à noirs). Arbre ou arbuste mesurant plus de 6 m de hauteur ..... *Salix caprea* (fig. 32 à 34)
  - Rameaux terminaux verts, jaunâtres ou beiges, souvent tachetés de noir. Arbuste ne dépassant pas 6 m de hauteur ..... *Salix appendiculata / caprea* (fig. 14 à 16 et 32 à 34)
  
9. Rameaux de l'année ordinairement rougeâtres à violacés, souvent nuancés de jaune ou de vert, voire verdâtres. Bourgeons ordinairement de 2 types : les foliaires effilés à apex appliqué sur le rameau, les floraux en « bec de canard » (à apex aplati et déjeté vers l'extérieur). Rameaux de 1 à 4 ans parfois prumineux ..... *Salix daphnoides* (fig. 38 à 40)
  - Rameaux de l'année orangés à brun jaunâtre, jamais nuancés de jaune ou de vert. Bourgeons tous de même type. Rameaux jamais prumineux ..... 10

10. Bourgeons brun foncé à noirâtres, parfois verdâtres ou orangés, souvent bicolores, fusiformes, les plus grands dépassant ordinairement 8 mm. Rameaux axillaires terminaux se rompant facilement à leur base ..... *Salix fragilis* (fig. 47 à 49)
- Bourgeons brun clair, parfois rougeâtres à jaunâtres, jamais noirâtres, comprimés dorso-ventralement, les plus grands dépassant rarement 8 mm. Rameaux axillaires terminaux s'arrachant plus difficilement ..... *Salix alba* (fig. 11 à 13)
11. Rameaux de 2 ans glabres (parfois glabrescents à leur extrémité) ..... 12
- Rameaux de 2 ans nettement velus (pilosité ordinairement visible à l'œil nu) ..... 25
12. Arbrisseau à tiges couchées à ascendantes, présentant des bourgeons globuleux à ovoïdes, mesurant moins de 4 mm ..... *Salix aurita* (fig. 20 à 22)
- Arbuste ou arbrisseau à tiges dressées, présentant des bourgeons mesurant pour la plupart plus de 4 mm ..... 13
13. Rameaux de l'année ordinairement cannelés ou anguleux à l'extrémité ..... 14
- Rameaux de l'année cylindriques, jamais cannelés ou anguleux (à l'état frais) ..... 15
14. Bourgeons ovoïdes, ordinairement carénés, moins de 2 fois aussi longs que larges. Présence de moins de 5 bourgeons sur les 3 derniers cm des rameaux de l'année ..... *Salix atrocinerea* (fig. 17 à 19)
- Bourgeons effilés, non carénés, plus de 2 fois aussi longs que larges. Présence de plus de 5 bourgeons sur les 3 derniers cm des rameaux de l'année ..... *Salix elaeagnos* (fig. 41 à 43)
15. Bourgeons plan-convexes, à apex plus ou moins appliqué sur le rameau ..... 16
- Bourgeons convexes sur les 2 faces, à apex ordinairement écarté du rameau ..... 20
16. Rameaux terminaux brun foncé, noirâtres ou violacés (observer la face exposée à la lumière) ..... *Salix myrsinifolia* subsp. *alpicola* (fig. 65 à 67)
- Rameaux terminaux d'une autre couleur ..... 17
17. Rameaux à pilosité appliquée ..... *Salix alba* (fig. 11 à 13)
- Rameaux présentant une pilosité d'un autre type, souvent hérissée ou aranéuse ..... 18
18. Rameaux présentant une pilosité hérissée, très courte (poils longs de moins de 0,5 mm) ..... *Salix viminalis* (fig. 92 à 94)
- Rameaux présentant une pilosité hérissée plus allongée ou de type aranéuse-enchevêtrée ..... 19
19. Rameaux de l'année mats, à pilosité aranéuse (parfois lâche). Présence de plus de 5 bourgeons sur les 3 derniers cm des rameaux de l'année. Bourgeons tous de même type ne dépassant pas 7 mm. Rameaux jamais pruineux ..... *Salix elaeagnos* (fig. 41 à 43)
- Rameaux de l'année luisants, ordinairement glabrescents à leur base et à pilosité irrégulière (souvent hérissée). Présence de moins de 5 bourgeons sur les 3 derniers cm des rameaux de l'année. Bourgeons souvent de 2 types : les foliaires effilés à apex appliqué sur le rameau ; les floraux en « bec de canard » (à apex aplati et déjeté vers l'extérieur) dépassant 8 mm. Rameaux de 1 à 4 ans parfois pruineux ..... *Salix daphnoides* (fig. 38 à 40)



## Guide des espèces - 6. Clé d'identification des saules

20. Bourgeons tous de même type, dépassant rarement 6 mm ..... 21
- Bourgeons ordinairement de 2 types : les foliaires ne dépassant pas 6 mm ; les floraux, à apex écarté du rameau, pouvant atteindre 8 à 12 mm ..... 23
21. Rameaux de 2 ans luisants à brillants. Présence régulière de feuilles marcescentes à l'extrémité des rameaux .....  
..... *Salix myrsinifolia* subsp. *alpicola* (fig. 65 à 67)
- Rameaux de 2 ans mats. Feuilles ordinairement non marcescentes ..... 22
22. Rameaux terminaux ordinairement de couleurs sombres (rouge foncé, marron foncé à noirs). Arbre ou arbuste mesurant plus de 6 m de hauteur ..... *Salix caprea* (fig. 32 à 34)
- Rameaux terminaux verts, jaunâtres ou beiges, souvent tachetés de noir. Arbuste ne dépassant pas 6 m de hauteur .....  
..... *Salix appendiculata* / *caprea* (fig. 14 à 16 et 32 à 34)
23. Rameaux de l'année luisants, parfois prumineux. Bourgeons floraux dépassant 8 mm .....  
..... *Salix daphnoides* (fig. 38 à 40)
- Rameaux de l'année mats, jamais prumineux. Bourgeons floraux mesurant moins de 8 mm ..... 24
24. Bourgeons floraux à apex plus ou moins déjeté vers l'extérieur. Bourgeons foliaires nettement carénés .....  
..... *Salix caprea* (fig. 32 à 34)
- Bourgeons floraux à apex conique (en forme de larme). Bourgeons foliaires pas ou peu carénés .....  
..... *Salix bicolor* (fig. 23 à 25)
25. Arbrisseau à port en boule, à tiges ascendantes. Rameaux de 2 ans à cannelures saillantes sous l'écorce (cicatrices longues de plus de 1 cm) ..... *Salix cinerea* (fig. 35 à 37)
- Arbuste à port dressé. Rameaux de 2 ans lisse sous l'écorce (ou présentant parfois des cicatrices peu visibles longues de moins de 5 mm) ..... 26
26. Pilosité aranéreuse, enchevêtrée. Rameaux de l'année ordinairement cannelés ou anguleux à l'extrémité (observer les 3 derniers cm) ..... *Salix elaeagnos* (fig. 41 à 43)
- Pilosité régulière, appliquée à hirsute. Rameaux de l'année arrondis ..... 27
27. Rameaux de l'année brun foncé à brun rougeâtre, gris foncé ou noirâtres. Présence régulière de feuilles marcescentes à l'extrémité des rameaux ..... *Salix myrsinifolia* (fig. 68 à 70)
- Rameaux de l'année brun clair, beiges, jaunâtres ou jaune verdâtre (parfois tachetés de noir). Feuilles non marcescentes ..... 28
28. Bourgeons à apex ordinairement aplati, appliqué sur le rameau ou déjeté vers l'extérieur, densément velus (poils longs de plus de 1 mm). ..... *Salix laggeri* (fig. 62 à 64)
- Bourgeons à apex arrondi à conique, jamais aplati, plus ou moins glabrescents (poils ne dépassant pas 0,5 mm) .....  
..... *Salix appendiculata* (fig. 14 à 16)
29. Arbrisseau ou sous-arbrisseau ne dépassant pas 30 cm de hauteur. Tiges étalées à ascendantes, ordinairement radicantes ..... 30
- Arbrisseau dépassant ordinairement 30 cm de hauteur. Tiges ascendantes à dressées, ordinairement non radicantes ..... 34

30. Arbrisseau ou sous-arbrisseau à rameaux terminaux étalés, ascendants ou dressés, non appliqués sur le sol, dépassant 5 cm de hauteur ..... **Salix breviserrata** (fig. 26 à 28)
- Arbrisseau ou sous-arbrisseau rampant, prostré, à rameaux terminaux plus ou moins appliqués sur le sol, parfois ascendants mais alors ne dépassant pas 5 cm de hauteur ..... 31
31. Bourgeons apicaux et subapicaux nettement plus grands que les bourgeons axillaires (de 1,5 à 3 fois), ces derniers peu nombreux, ordinairement pas plus de 3 (observer ce caractère sur les rameaux dominants) ..... 32
- Bourgeons apicaux et subapicaux plus petits ou de taille sensiblement identique aux bourgeons axillaires, ces derniers plus nombreux, ordinairement plus de 4 ..... 33
32. Bourgeons apicaux mesurant plus de 3,5 mm. Rameaux terminaux mesurant plus de 1,5 mm de diamètre (observer ce caractère à 2 cm sous le bourgeon apical) ..... **Salix reticulata** (fig. 80 à 82)
- Bourgeons apicaux mesurant moins de 3,5 mm. Rameaux terminaux filiformes mesurant moins de 1,5 mm de diamètre ..... **Salix herbacea** (fig. 59 à 61)
33. Bourgeons les plus grands mesurant plus de 2,3 mm. Rameaux terminaux mesurant plus de 1,5 mm de diamètre (observer ce caractère à 2 cm sous le bourgeon apical) ..... **Salix retusa** (fig. 83 à 85)
- Bourgeons les plus grands atteignant 2,2 mm tout au plus. Rameaux terminaux filiformes mesurant moins de 1,5 mm de diamètre ..... **Salix serpyllifolia** (fig. 86 à 88)
34. Sous-arbrisseau des tourbières et prairies humides à port étalé : les rameaux inférieurs sont rampants, les terminaux dressés, très souples (de type osier). Pilosité appliquée, dense et régulière ..... **Salix repens** (fig. 77 à 79)
- Arbrisseau à port ascendant ou dressé. Bourgeons et rameaux glabres ou à pilosité différente ..... 35
35. Bourgeons pour la plupart opposés ou subopposés, ordinairement plus de 2,5 fois aussi longs que larges (observer plusieurs rameaux) ..... **Salix purpurea** (fig. 74 à 76)
- Bourgeons alternes ou pour la plupart alternes (parfois opposés ou subopposés sur certains rameaux de *S. caesia* et *S. helvetica*, mais alors moins de 2,5 fois aussi longs que larges) ..... 36
36. Rameaux de l'année luisants (ce caractère est visible sur les zones présentant une pilosité éparsée) ..... 37
- Rameaux de l'année mats ..... 42
37. Bourgeons majoritairement globuleux, aplatis ou légèrement échancrés à l'extrémité, moins de 2 fois aussi longs que larges (ordinairement 1,5 fois), rouges à noirâtres ..... **Salix caesia** (fig. 29 à 31)
- Rameaux ne réunissant pas l'ensemble de ces caractères. .... 38
38. Rameaux de l'année glabres, très brillants, vernissés. Chatons desséchés retombants ordinairement présents en période hivernale sur les individus âgés ..... **Salix pentandra** (fig. 71 à 73)
- Rameaux de l'année ordinairement velus, non vernissés. Chatons desséchés généralement absents en période hivernale ..... 39
39. Rameaux terminaux brun foncé, brun rougeâtre, noirâtres ou violacés (observer la face exposée à la lumière) ..... 40
- Rameaux terminaux d'une autre couleur : brun jaunâtre, gris, orange ou rouges ..... 41

40. Bourgeons à apex plus ou moins comprimé, appliqué contre le rameau. Bourgeons, au moins une partie d'entre eux, mesurant plus de 4 mm. Rameaux terminaux plus épais mesurant la plupart plus de 1,5 mm de diamètre à leur extrémité (observer ce caractère à 2 cm sous le bourgeon apical). Pilosité, lorsqu'elle est visible, présentant des poils allongés ( $l > 0,5$  mm) ..... *Salix myrsinifolia* subsp. *alpicola* (fig. 65 à 67)
- Bourgeons à apex plus ou moins arrondi, non appliqué contre le rameau. Bourgeons mesurant ordinairement moins de 4 mm. Rameaux terminaux filiformes mesurant ordinairement moins de 1,5 mm de diamètre à leur extrémité. Pilosité composée de poils courts ( $l < 0,5$  mm) ..... *Salix foetida* (fig. 44 à 46)
41. Rameaux et bourgeons terminaux glabres, glabrescents ou à pilosité enchevêtrée appliquée. Bourgeons elliptiques, glabres, glabrescents ou velus, mais alors à pilosité moyennement allongée (la majorité des poils n'atteignant pas 1 mm) ..... *Salix helvetica* (fig. 56 à 58)
- Rameaux et bourgeons terminaux à pilosité ordinairement étalée. Bourgeons coniques, les terminaux très velus, à pilosité allongée (la majorité des poils dépassant 1 mm) masquant souvent la surface du bourgeon sous-jacent ..... *Salix glaucosericea* (fig. 50 à 52)
42. Bourgeons de 2 types, de forme et de taille différentes : les floraux étant plus allongés et plus larges que les foliaires (fig. 23, 53 et 62) ..... 43
- Bourgeons tous de même forme et sensiblement de même taille ..... 46
43. Bourgeons floraux ovoïdes ou en forme de « larmes », à apex conique et base arrondie ..... 44
- Bourgeons floraux à apex aplati, ordinairement 2 à 3 fois aussi longs que larges. Bourgeons foliaires plan-convexes à apex plus ou moins appliqué sur le rameau ..... 45
44. Bourgeons floraux ovoïdes, mesurant ordinairement plus de 8 mm, plus de 2 fois aussi longs que larges, brun chocolat à brun rougeâtre ..... *Salix hastata* (fig. 53 à 55)
- Bourgeons floraux en forme de « larmes », mesurant ordinairement moins de 8 mm, moins de 2 fois aussi longs que larges, jaunâtres à orangés ..... *Salix bicolor* (fig. 23 à 25)
45. Rameaux terminaux et bourgeons brun chocolat, brun rougeâtre ou orange. Rameaux de 2-3 ans ordinairement brun verdâtre à rouge orangé, glabres à glabrescents. Bourgeons terminaux glabres ou velus à pilosité aranéuse, enchevêtrée, appliquée, parfois dense ..... *Salix hastata* (fig. 53 à 55)
- Rameaux terminaux et bourgeons beiges, jaunâtres ou jaune verdâtre. Rameaux de 2-3 ans gris clair à noirâtres, densément velus. Bourgeons terminaux densément velus à pilosité hirsute allongée (la majorité des poils dépassant 1 mm masquant souvent la surface du bourgeon sous-jacent) ..... *Salix laggeri* (fig. 62 à 64)
46. Bourgeons de petite taille, n'atteignant pas 4 mm ..... *Salix aurita* (fig. 20 à 22)
- Bourgeons plus grands, dépassant 4 mm ..... *Salix appendiculata* (fig. 14 à 16)



Fig. 11 - *S. alba*  
(rameau glabrescent).



Fig. 12 - *S. alba*.



Fig. 13 - *S. alba*.



Fig. 14 - *S. appendiculata*.



Fig. 15 - *S. appendiculata*.



Fig. 16 - *S. appendiculata*.



Fig. 17 - *S. atrocinerea*.



Fig. 18 - *S. atrocinerea*.



Fig. 19 - *S. atrocinerea*.



Fig. 20 - *S. aurita*.



Fig. 21 - *S. aurita*.



Fig. 22 - *S. aurita*.



Fig. 23 - *S. bicolor*  
(bourgeons foliaires  
et floraux).



Fig. 24 - *S. bicolor*  
(bourgeon foliaire et  
bourgeon floral atypique).



Fig. 25 - *S. bicolor*  
(bourgeon floral typique).



Fig. 26 - *S. breviserrata*.



Fig. 27 - *S. breviserrata*.



Fig. 28 - *S. breviserrata*.



Fig. 29 - *S. caesia*.



Fig. 30 - *S. caesia*.



Fig. 31 - *S. caesia*.



Fig. 32 - *S. caprea*  
(bourgeons floraux).



Fig. 33 - *S. caprea*  
(bourgeons floraux  
et foliaires).



Fig. 34 - *S. caprea*  
(bourgeon foliaire).



Fig. 35 - *S. cinerea*  
(rameaux de 1-2 ans).



Fig. 36 - *S. cinerea*  
(bois strié sous l'écorce).



Fig. 37 - *S. cinerea*.



Fig. 38 - *S. daphnoides*  
(rameau pruineux).



Fig. 39 - *S. daphnoides*  
(bourgeon floral).



Fig. 40 - *S. daphnoides*  
(bourgeon foliaire).



Fig. 41 - *S. elaeagnos*.



Fig. 42 - *S. elaeagnos*.



Fig. 43 - *S. elaeagnos*.



Fig. 44 - *S. foetida*.



Fig. 45 - *S. foetida*.



Fig. 46 - *S. foetida*.

Guide des espèces - 6. Clé d'identification des saules



Fig. 47 - *S. fragilis*.



Fig. 48 - *S. fragilis*.



Fig. 49 - *S. fragilis*.



Fig. 50 - *S. glaucosericea*.



Fig. 51 - *S. glaucosericea*.



Fig. 52 - *S. glaucosericea*.



Fig. 53 - *S. hastata*  
(rameaux de l'année avec  
bourgeons floraux et foliaires).



Fig. 54 - *S. hastata*  
(bourgeons floraux).



Fig. 55 - *S. hastata*  
(bourgeon floral).



Fig. 56 - *S. helvetica*.



Fig. 57 - *S. helvetica*.



Fig. 58 - *S. helvetica*.



Fig. 59 - *S. herbacea*.



Fig. 60 - *S. herbacea*.



Fig. 61 - *S. herbacea*.



Fig. 62 - *S. laggeri*.



Fig. 63 - *S. laggeri*  
(rameau de 2 ans).



Fig. 64 - *S. laggeri*.



Fig. 65 - *S. myrsinifolia*  
subsp. *alpicola* (rameau  
de 2 ans glabre).



Fig. 66 - *S. myrsinifolia*  
subsp. *alpicola* (rameau  
de l'année très velu).



Fig. 67 - *S. myrsinifolia*  
subsp. *alpicola*.



Fig. 68 - *S. myrsinifolia*  
s. str. (rameaux de  
1 et 2 ans).



Fig. 69 - *S. myrsinifolia*  
s. str.



Fig. 70 - *S. myrsinifolia*  
s. str.





Fig. 71 - *S. pentandra*.



Fig. 72 - *S. pentandra*  
(chaton desséché présent  
en hiver).



Fig. 73 - *S. pentandra*.



Fig. 74 - *S. purpurea*.



Fig. 75 - *S. purpurea*.



Fig. 76 - *S. purpurea*  
(bourgeons alternes).



Fig. 77 - *S. repens*.



Fig. 78 - *S. repens*.



Fig. 79 - *S. repens*.



Fig. 80 - *S. reticulata*.



Fig. 81 - *S. reticulata*.



Fig. 82 - *S. reticulata*.



Fig. 83 - *S. retusa*.



Fig. 84 - *S. retusa*.



Fig. 85 - *S. retusa*.



Fig. 86 - *S. serpyllifolia*.



Fig. 87 - *S. serpyllifolia*.



Fig. 88 - *S. serpyllifolia*.



Fig. 89 - *S. triandra* (rameau de 2 ans).



Fig. 90 - *S. triandra*.



Fig. 91 - *S. triandra*.



Fig. 92 - *S. viminalis*.



Fig. 93 - *S. viminalis*.



Fig. 94 - *S. viminalis*.