

Les forêts riveraines et leurs milieux associés en France : fonctions, habitats, dynamique



Année universitaire
2013-2014

MASSENET J-Y
jymassenet@aol.com
Site internet :
www.jymassenet-foret.fr

Les forêts riveraines et leurs milieux associés en France : fonctions, habitats, fonctionnement

Chapitre 1 : Positionnement et déterminisme des formations végétales dans un bassin versant

- 1.1. Définitions : Ripisylves, Forêts alluviales, lit mineur etc
- 1.2. Les flux structurant les formations végétales riveraines
- 1.3. Les types de milieux humides et principales végétations en zone alluviale
- 1.4. Eléments de pédologie des milieux alluviaux
- 1.5. Influence de la durée d'immersion sur les arbres
- 1.6. Racines des arbres et connections avec la nappe
- 1.7. Influences anthropiques sur la croissance des arbres en milieu alluvial

Chapitre 2 : Les forêts riveraines : intérêts, rôles et cause de la régression des forêts alluviales

- 2.1. Forêts riveraines : causes historiques de leur régression et menaces sur leur existence et fonctionnement
- 2.2. Rôles des forêts et boisements riverains
- 2.3. Rôle des milieux associés
- 2.4. Les peupleraies : rôles et intérêts sur le plan de la biodiversité

Chapitre 3 : Identification des habitats et principaux habitats en forêts alluviales en France

- 3.1. Eléments de Phytosociologie
 - 3.1.1. Définitions
 - 3.1.2. Classement et Identification des associations végétales
 - 3.1.3. Principales classes d'associations forestières en France
 - 3.1.4. Méthodologie : réalisation de relevés
- 3.2. Notion d'habitat et identification
 - 3.2.1. Notion d'habitat
 - 3.2.2. Critères de dénomination des habitats
 - 3.2.3. Typologie des habitats et outils de référence pour l'identification et la gestion
 - 3.2.3.1. Typologies européennes : Corine Biotopes, Eunis
 - 3.2.3.2. Typologies françaises
 - 3.2.4. Guides d'identification des habitats
 - 3.2.5. Cahiers d'Habitats (Natura 2000)
- 3.3. Les principaux habitats en forêts alluviales en France et les milieux associés
 - 3.3.1. Les grands cours d'eau
 - 3.1.1.1 Les forêts pionnières de bois tendres
 - 3.1.1.2. Les forêts post pionnières de transition
 - 3.1.1.3 Les forêts de Bois durs
 - 3.3.2. Les petits cours d'eau
 - 3.3.3. Les milieux associés
- 3.4. Exemples de répartition des habitats dans un bassin versant
- 3.5. Habitat et station

Chapitre 4 : Méthodes de diagnostic stationnel en vue du choix des essences de boisement/choix des espèces pour la fixation des berges

4.1. Méthodes de diagnostic stationnel en vue du choix des essences de boisement

4.1.1 Méthodes analytiques

Méthodes basées sur la flore (groupes écologiques)

Méthodes basées sur les critères stationnels

4.1.2 Méthodes typologiques

4.1.3. Méthodes mixtes

4.1.4. Conclusion

4.2. Choix des espèces pour la fixation des berges

Chapitre 5 : Dynamique, fonctionnement et conservation des habitats

5.1. Notions de dynamiques des groupements végétaux des milieux alluviaux

5.2. Gestion des espèces invasives

5.3. Gestion du Bois mort et arbres à cavité

5.4. Valeur patrimoniales des habitats et espèces

5.5. Etat de conservation d'un habitat

BIBLIOGRAPHIE

Chapitre 1 : Positionnement et déterminisme des formations végétales dans un bassin versant

1.1 Définitions et notions fondamentales préalables:

Sans entrer dans trop de détails qui relèvent du cours d'hydraulique, nous donnerons ici quelques éléments (souvent simplifié) indispensables à la compréhension du cours.

1.1.1. Lit mineur et lit majeur, crue, annexes fluviales

Voici quelques définitions courantes admises données dans les guides techniques :

Lit mineur = espace fluvial, formé d'un chenal unique ou de chenaux multiples et de bancs de sable ou de galets, recouverts par les eaux ou non fixés par la végétation

Lit majeur = espace situé entre le lit mineur et la limite de la plus grande crue historique répertoriée (note : plus ou moins équivalent avec la plaine d'inondation). Les termes « plaine moderne » et « plaine alluviale » sont également parfois employés, ils renvoient à une vision plus géomorphologique du fond de vallée conscrit comme l'espace recouvert par les alluvions fluviales charriées par le cours d'eau sur la période holocène (quaternaire récent).

Espace de mobilité (de liberté) = espace du lit majeur à l'intérieur duquel le ou les chenaux fluviaux assurent des translations latérales permettant la mobilisation des sédiments ainsi que le fonctionnement des écosystèmes aquatiques et terrestres.

Crue = phénomène caractérisé par une montée plus ou moins brutale du niveau d'un cours d'eau, liée à une croissance du débit jusqu'à un niveau maximum. Ce phénomène peut se traduire par un débordement du lit mineur.

Berge : talus qui sépare le lit mineur du lit majeur

Rive : espace débutant au dessus de la berge, fortement influencé par le cours d'eau

Annexes fluviales = ensemble des zones humides au sens de la loi sur l'eau, en relation permanente ou temporaire avec le milieu courant par des connexions soit superficielles soit souterraines : îles, bras morts, prairies inondables, forêts inondables, ripisylves, sources et rivières phréatiques....

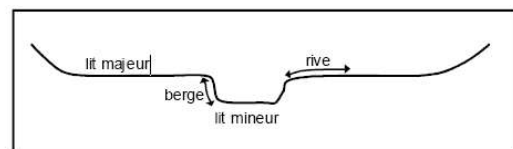
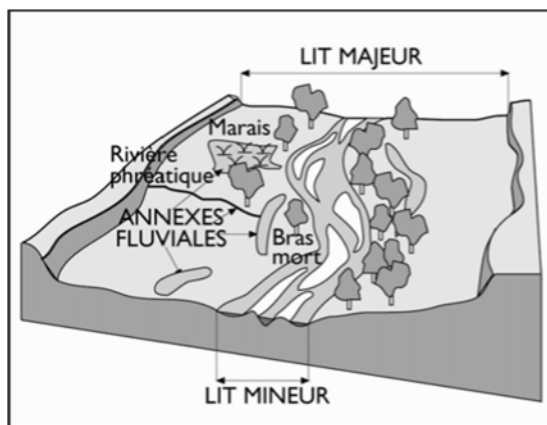


Figure 1.1. : Profils transversaux théoriques en système fluvial (Dufour S, 2004)

Corridor fluvial : il est défini comme la bande de végétation naturelle située le long d'un cours d'eau comprenant la berge, la plaine d'inondation et une partie des terrasses alluviales. Il est caractérisé par la présence et la mobilité du chenal actif créant des contraintes sédimentaires et hydrologiques particulières. Il en résulte une grande variabilité des conditions de milieu et la mise en place d'une mosaïque de biotopes différents à l'origine d'une grande diversité tant paysagère que biologique

Hydrosystème : Système composé de l'eau et des milieux aquatiques associés dans un secteur géographique délimité, notamment un bassin versant. Le concept d'hydrosystème insiste sur la notion de système et sur son fonctionnement hydraulique et biologique qui peuvent être modifiés par les actions de l'homme (ouvrages hydrauliques, pompage, extraction de granulats,...). Un hydrosystème peut comprendre un écosystème ou plusieurs écosystèmes. Au sein de l'hydrosystème, il y a des flux d'eau dans le sens longitudinal, mais aussi transversal et dans ce dernier cas, ces flux sont bidirectionnels et comprennent les échanges nappe-rivière. D'autres flux interviennent : nutriments, sédiments, matériel biologique, etc.

1.1.2. Les styles géomorphologiques des cours d'eau (styles fluviaux)

Classiquement, les cours d'eau sont classiquement décrits comme des systèmes structurés par des transferts longitudinaux d'eau, d'énergie et de matière de l'amont vers l'aval avec une succession de zones dominées par des processus différents : production, transfert et stockage des sédiments (SCHUMM S.A., 1977)

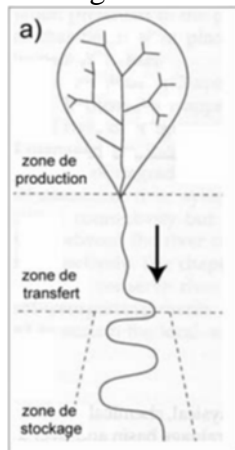


Figure 1.2. : Profils longitudinaux en système fluvial (Shaum, 1977)

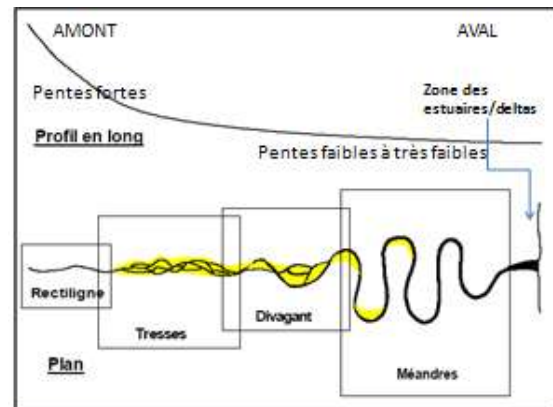


Figure 1.3. : Styles fluviaux (inspiré de Degoutte G., 2004)

Les variations des conditions d'écoulement et du transport solide provoquent un ajustement permanent du lit autour d'un état d'équilibre dynamique correspondant à un style géomorphologique particulier (tressage, méandrage...).

Classiquement, on peut distinguer les styles suivants :

- Style rectiligne
- Style en tresses
- Style divagant
- Style à méandres
- Zone des estuaires/deltas (Lorsque le fleuve a une influence dominante, il construit un delta; lorsque la mer est dominante, l'embouchure est un estuaire)

Style rectiligne : concernant les rivières de montagnes, cette zone est située dans la zone d'érosion et de production de sédiments d'un bassin versant. Elle est caractérisée par un lit à pente forte, un tracé plutôt rectiligne et à chenal unique. Les sédiments dominants sont de taille grossière. Les vallées sont étroites.

Style en tresses : le lit, large et plat (rapport Largeur/ profondeur fréquemment >100) est composé de plusieurs chenaux instables et séparés par des îlots de sédiments généralement gossiers. Le chenal principal (parfois peu ou pas différencié par rapport aux chenaux secondaires) est d'allure rectiligne, les chenaux secondaires pouvant être un peu sinueux. On observe de nombreuses connections (**anastomoses**) entre chenaux composant le lit. Les rivières en tresses sont relativement peu fréquentes en France (comparativement aux rivières à chenal unique) et se développent surtout dans les secteurs montagnards et pérимontagnards à forts apports solides et à pente moyenne à forte. Les bancs sont généralement peu végétalisés puisque toute végétation naissante dans la bande de tressage (lit mineur) est arrachée par la crue annuelle ou biennale suivante ce qui permet un rajeunissement fréquent de la végétation alluviale. Cependant, si le cours d'eau ne connaît pas de crue importante pendant au moins 5 ans, la végétation alluviale peut développer un système racinaire qui lui permet de mieux résister à l'arrachement, jusqu'à une crue de fréquence rare dont l'énergie permettra le déracinement. Pendant cet intervalle de temps, la végétalisation importante de certains bancs, notamment sur les marges du lit (forêt alluviale du lit mineur), permet le piégeage de matériaux plus fins.

Formation : Lorsqu'un torrent naît dans un massif montagneux relativement jeune d'un point de vue géologique, l'érosion fluviale est en général importante et, associée aux fortes pentes, permet la mobilisation et le transport de matériaux de différente taille allant du rocher aux argiles. Lorsque le torrent débouche brusquement dans une région où la pente est plus faible comme un plateau ou une plaine de piémont, l'énergie fournie par le courant n'est plus suffisante pour transporter la plupart des matériaux charriés qui se déposent alors en grande quantité dans le lit du cours d'eau. Ce dernier est alors entravé par d'importantes masses de débris rocheux et caillouteux qui forment de nombreuses îles de galets et de graviers, des bancs de sable, etc entre les différents bras du cours d'eau formés pour contourner ces îles et bancs. Ces îles ne sont pas statiques et sont érodées, s'agrandissent, se déplacent dans le lit en donnant un aspect changeant au cours d'eau.

En France, les sections de cours d'eau à tresses sont assez rares du fait des travaux de canalisation. Toutefois, on peut encore observer ce style le long de la Drome ou de la Durance par exemple.

Style divagant : ici le nombre de tresses diminue, la granulométrie des sédiments transportés devient plus fine. Le lit est composé de 1 à 3 bras séparés par des îles pouvant être larges. Le chenal principal devient sinueux. Il s'agit d'un style intermédiaire entre le style en tresses et le style à méandres.

Style à méandres : ici le chenal devient unique et présentant des méandres. Le transport est d'abord mixte en amont (charriage d'éléments grossiers et transport d'éléments fins en suspension) pour devenir presque uniquement composé de matières en suspensions dans les zones aval de plaine.

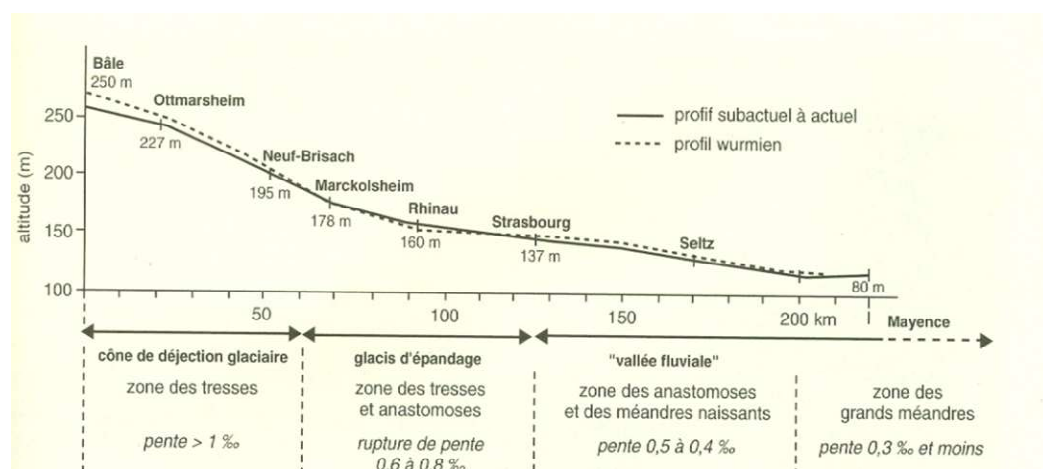


Figure 1.4. : Profils longitudinaux en système fluvial : cas du Rhin (Piegay et al. ,2004)

1.1.3. Notions de ripisylve, forêts alluviales (à bois tendre ou à bois durs), végétation de berges

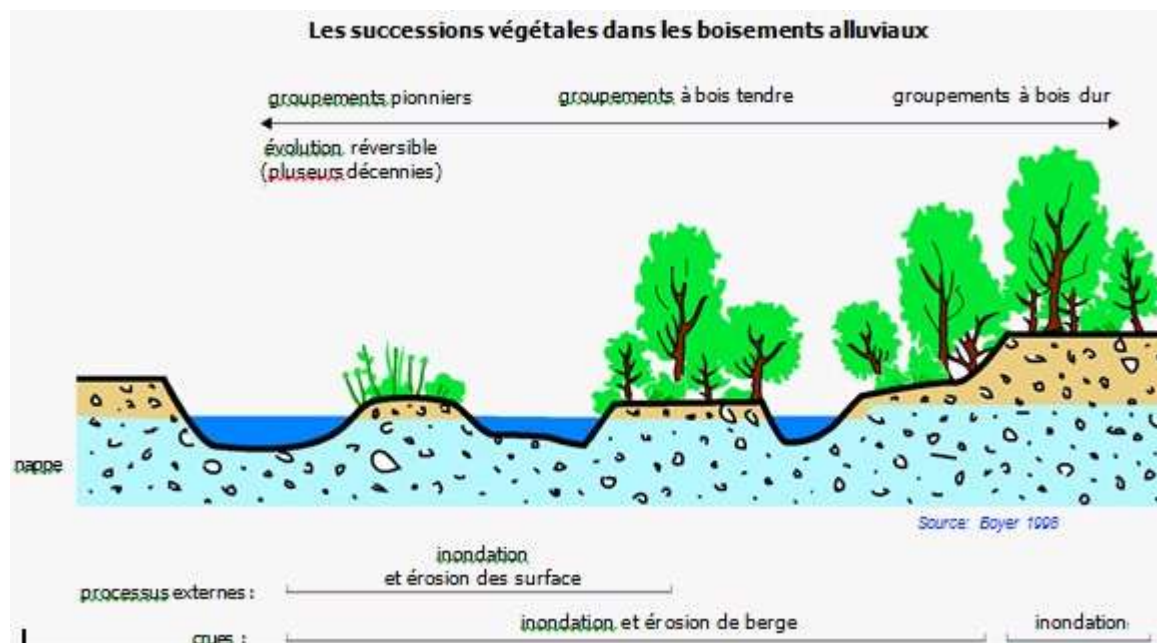
Ripisylve, forêt alluviale, boisement riverain, boisement de berge, forêt d'inondation,... les appellations pour dénommer les formations arborées situées en bord de cours d'eau sont nombreuses et portent parfois à confusion.

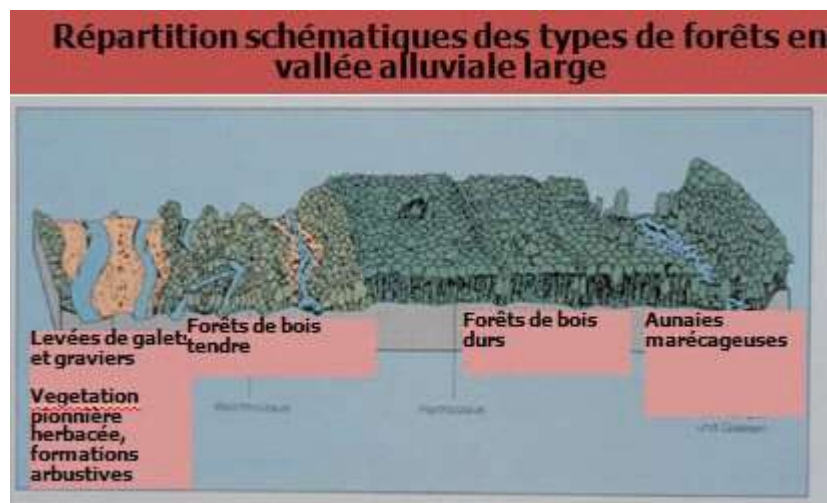
Si l'on peut définir la **forêt alluviale** comme étant les formations boisées sur alluvions, la définition de la **Ripisylve** est plus confuse.

*Pour certain auteurs de brochures techniques (CRPF, 2009), par exemple, ce terme ne s'applique qu'aux **peuplements en bordure directe des cours d'eau**, sur une bande de 4 à 20 m de large maximum. Au-delà, dans le reste des vallées, on parlera de forêts alluviales.*

D'autres auteurs ont souhaité faire une distinction, dans les milieux alluviaux, entre ripisylve (du latin ripa=berge et sylva = forêt) et forêt alluviale. Dès les premières tentatives de différenciation des deux communautés végétales les phytosociologues ont cherché à distinguer la ripisylve de la forêt alluviale par la qualité de ses formations : la première correspondant à la communauté **de bois tendres (saules, peupliers, aulnes)**, la seconde aux communautés **de bois durs (chênes, frênes, érables)**. (figures 1.5 et 1.6)

Les forêts de bois tendres sont soumis à des phénomènes de rajeunissements répétés et les processus guidant l'évolution de ces formations boisées sont de nature allogéniques (influencés par les crues et le régime pluvial). Les forêts de bois tendres étant moins soumises aux perturbations violentes, celles ci sont plus stables et peuvent évoluer (maturation) plus longtemps.





Figures 1.5 et 1.6 : Répartition schématique des forêts à bois tendres et des forêts à bois durs

Toutefois, ces dernières définitions, si elles s'appliquent bien aux fleuves, elles ne permettent pas d'inclure les boisements sur berges de rivières installés par l'homme ou certaines forêts riveraines développées sur de petits cours d'eau dont un profil typique de nos régions est reproduit ci-dessous (figure 1.7 et 1.8).

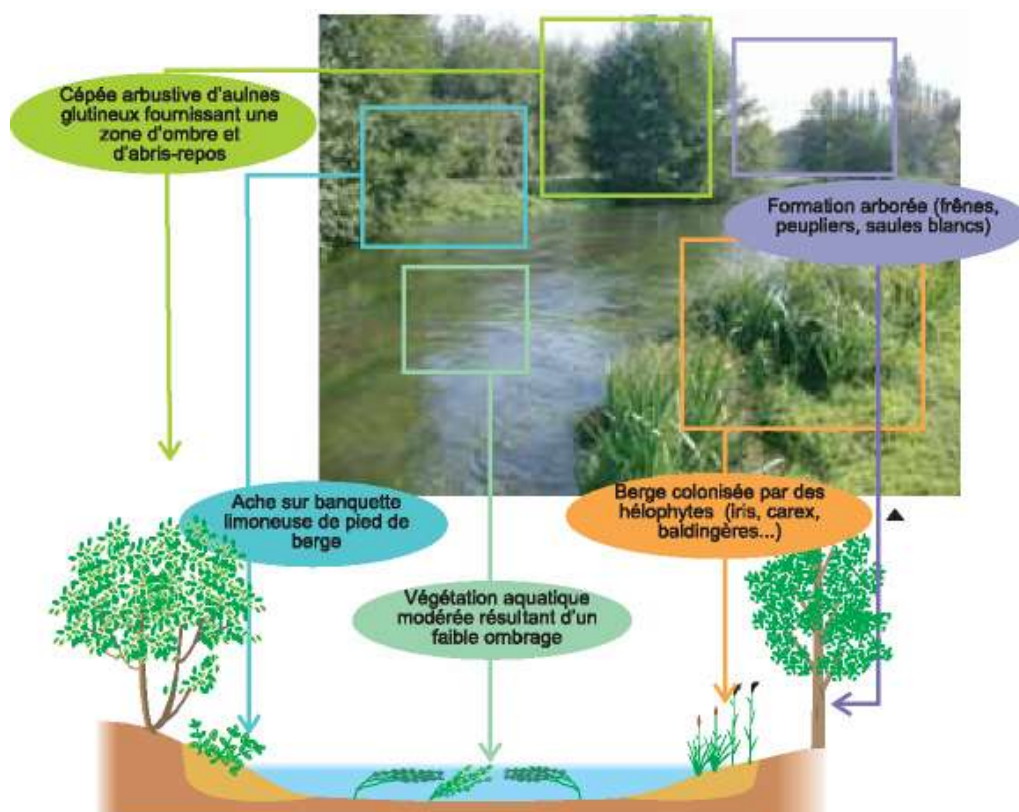


Figure 1.7 : profil de végétation d'une rivière de nos régions (Agence de l'eau Seine-Normandie, 2006)

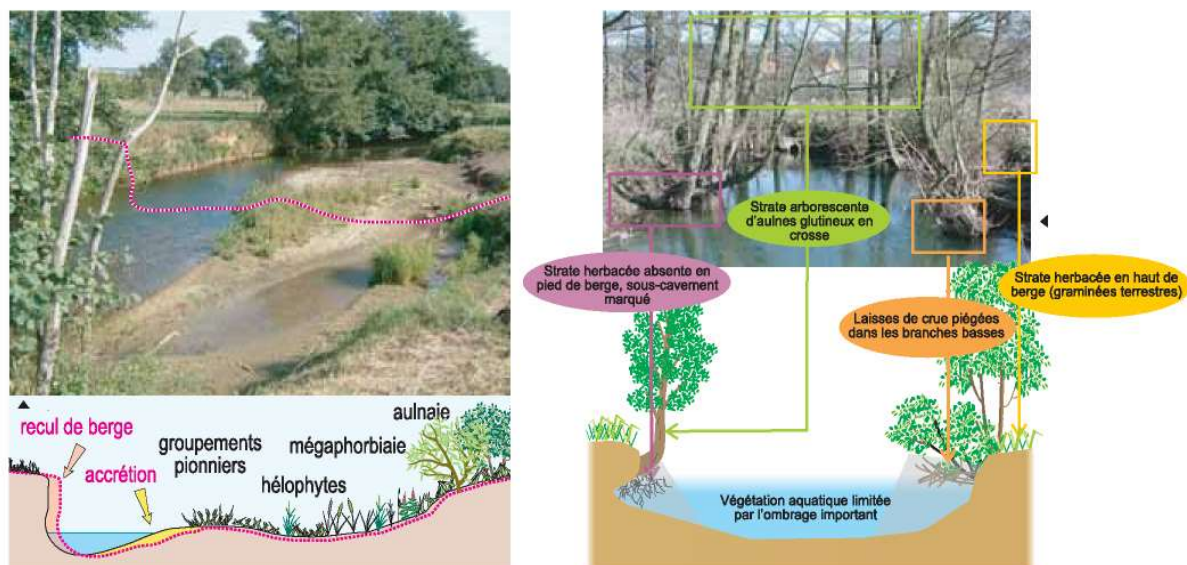


Figure 1.8 : profil de végétation d'une rivière de nos régions : cas d'un lit mobile à gauche (érosion à gauche de la figure et accumulation de sédiments en berge à droite) et cas d'un lit à berges hautes (Agence de l'eau Seine-Normandie, 2006)

Enfin un troisième terme est souvent utilisé : celui de **forêt riveraine**. Ce terme désigne toute formation boisée riverain d'un cours d'eau, qu'il soit ou non influencé par ce dernier.

Quelle définition choisir alors ?

Nous retiendrons une définition de la ripisylve suivante (Piégay et al. (2003),modifié) :

Formation boisée bordant immédiatement un cours d'eau, dont la composition et la structure sont liées aux inondations plus ou moins fréquentes qu'elles subissent et/ou à la présence d'une nappe d'eau peu profonde liée à un cours d'eau. Il peut s'agir de forêts à bois tendre (niveau de perturbation élevé) ou de forêts à bois durs (niveau de perturbation plus faible). Une ripisylve possède une largeur variable, pouvant aller de la frange arborée/arbustive limitée à un cordon en rive de cours d'eau à plusieurs dizaines de mètres ou d'une centaine de mètres dans les larges plaines alluviales.

Ces forêts riveraines font parties des multiples milieux que l'on trouve en bordure de cours d'eau, qu'ils soient naturels ou artificiels.

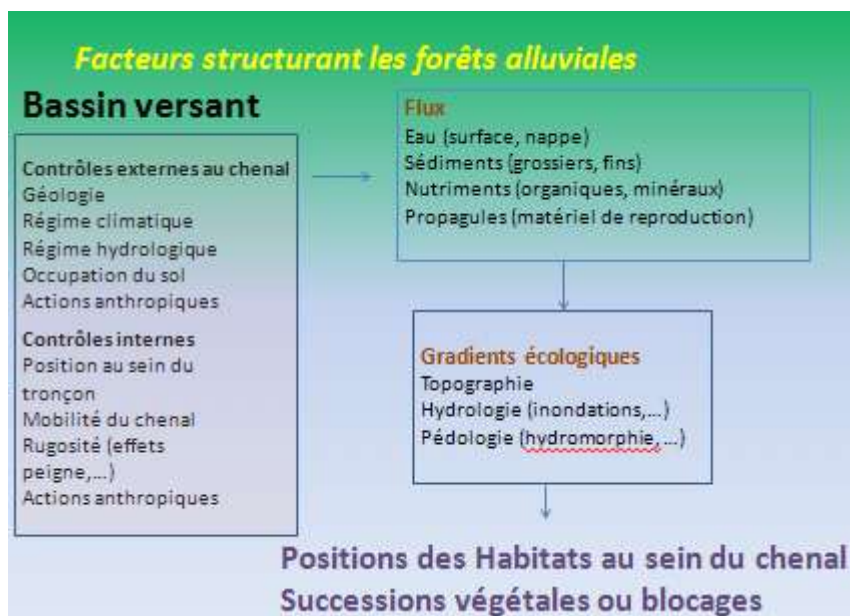
1.2 Les flux structurant les formations végétales riveraines

Les flux expliquant la nature des formations végétales le long des cours d'eau sont :

- Les flux d'eau (eau d'écoulement dans les cours d'eau, eaux de ruissellement alimentant les cours d'eau, eau des nappes souterraines, mouvements et battements de ces dernières,...)
- Les flux de sédiments (nature de ceux-ci, quantité,...)
- Les flux de nutriments (nitrates, phosphates, ...)
- Les flux de matériel de reproduction (semences, propagules)

Ces flux sont influencés par différents facteurs :

- Le contexte climatique et géologique du bassin versant
- Le régime hydrologique (pluvial, niveo-pluvial, ou niveal)
- L'occupation des sols (agriculture, prairie, forêt,...) au sein du bassin versant
- Les actions anthropiques (rectifications de cours d'eau, barrages,...)
- La position où l'on se trouve au sein du tronçon (zones amonts, zones aval), la rugosité des berges,...



1.2.1. Les Flux d'eau

A. Flux d'eau de surface

a) Les régimes hydrologiques et débits

En se basant sur la répartition temporelle des écoulements et l'origine préférentielle de l'eau (pluie, neige, glaciers), il est possible de distinguer trois principaux régimes hydrologiques, chacun d'eux étant composé de trois types :

- le régime pluvial (hautes eaux en hiver, basses eaux en été),
- le régime mixte pluvio-nival (glissement des hautes eaux depuis l'hiver et le printemps vers le printemps et l'été au fur et à mesure de l'augmentation de la part de la neige)
- le régime glaciaire – niveo-alpin (hautes eaux en été et basses eaux en hiver).
- Le régime méditerranéen

Toutefois, en fonction de la position dans le tronçon, le type de régime peut varier (exemple du Rhin et du Rhône en figure ci-dessous)

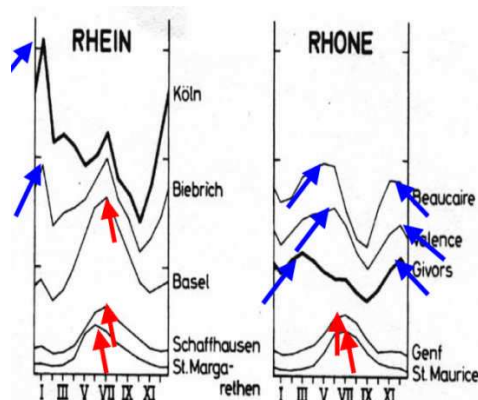


Figure 1.9 : régime niveo-alpin en amont et régime pluvial ou mixte en aval : cas du Rhin et du Rhône

	Débit moyen	Etiage min	Crue biennale	Crue max	Régime	Longueur totale	Surface tot. bassin versant
	m3/sec	m3/sec	m3/sec	m3/sec		(km)	(km ²)
Rhin (Strasbourg)	1200	500		5000	Nival /pluvio-nival	1230	185000
Seine (Le Havre)	563				Pluvial océanique	777	78650
Seine (Paris 13)	310	52	100	1790			
Eure (Louvières)	26,2	11	62	140	Pluvial océanique	228,5	5935
Rhône (Beaucaire)	1700			11500	Pluvio-nival océanique	812	95500
Loire (St Nazaire)	931	100	3500	5900	Pluvio-nival océanique	1012	117000
Somme (Abbeville)	34,9	20	50	104	Pluvial océanique	263	6550

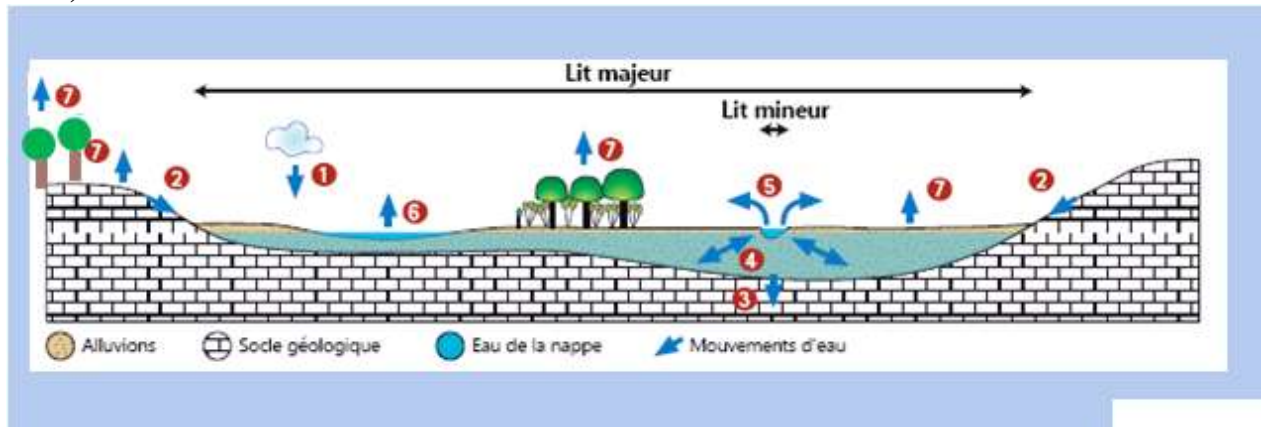
Figure 1.11 : Quelques caractéristiques hydrologiques de fleuves et rivières de France

b) Contrôle des écoulements de surface par la ripisylve

Par leur « rugosité », les ripisylves freinent l'écoulement des eaux non seulement dans le lit majeur mais aussi dans le lit mineur (grâce à la végétation des berges). Cette notion de rugosité sera étudiée dans les cours d'hydraulique.

B. Relations Nappe et rivière au sein d'un bassin versant

a) Généralités



Figures 1.12 : Exemple de représentation des types de milieux humides dans un bassin versant (CRPF Champagne-Ardenne, 2011)

Les nappes alluviales sont des masses d'eau qui circulent dans les sédiments des rivières. Elles sont en communication avec le cours d'eau et reposent sur un niveau géologique plus ou moins imperméable. Plusieurs mouvements d'eau sont liés à la rivière et aux nappes. La plus grande partie des eaux de la nappe et des rivières provient des eaux de pluies collectées sur l'ensemble du bassin-versant en amont (ou de la fonte des neiges dans certaines régions) : sources, ruissellements, circulations latérales dans les sols et les roches [2]. Leur quantité dépend donc des précipitations reçues sur ce bassin-versant (parfois plus importantes qu'au lieu où l'on se trouve) ; leur qualité dépend des terrains géologiques traversés (par exemple, sur un bassin crayeux non perturbé, en moyenne 85 % de la pluie efficace – précipitations brutes diminuées de l'évapotranspiration – s'infiltre et 15 % ruisselle). En règle générale, une bonne part des pluies d'été n'alimente pas la rivière et les nappes car elles humectent le sol ou retournent à l'atmosphère par évapotranspiration [7]. L'interception opérée par des peuplements de résineux varie entre 17 et 60 % du volume précipité, alors que pour des peuplements de feuillus, elle est en moyenne moins importante (entre 12 et 35 %). En revanche, les pluies d'hiver et de printemps tombent sur des sols humides et après avoir rechargé le réservoir en eau des sols, les excès d'eau s'infiltrent et circulent jusqu'aux rivières et alimentent la nappe. A signaler qu'en augmentant la superficie de bassin imperméabilisé, l'urbanisation modifie également la réponse hydrologique d'un bassin versant dans le sens d'une augmentation du pic de crue et des écoulements totaux.

Mais une partie de l'eau des rivières et des nappes vient aussi directement de la pluie [1]. Enfin, une partie des eaux peut aussi s'infiltre dans les couches géologiques profondes [3].

La nappe et la rivière échangent de l'eau en permanence [4]. Par exemple l'été, lorsque le niveau des rivières est bas (dans nos régions), c'est la nappe qui alimente la rivière.

En revanche en hiver, en période de hautes eaux, les rivières alimentent les nappes. L'eau des nappes s'écoule non seulement latéralement dans le lit majeur, mais également longitudinalement, de l'amont vers l'aval. Lorsque les rivières reçoivent beaucoup d'eau, elles peuvent sortir de leur chenal usuel d'écoulement, le lit mineur, et envahir tout ou partie du lit majeur. Celui-ci correspond à l'extension maximale des crues. Outre ces crues de débordement [5], il peut se produire des crues par remontée de nappe [6]. L'eau remonte alors dans les points les plus bas des vallées.

b) Flux de l'eau souterraine et relations nappe-rivière

Comme dit plus haut, les eaux souterraines circulent à la fois longitudinalement d'amont en aval des vallées et mais également latéralement vers le cours d'eau (figure 1.13 A). De plus il existe des échanges bidirectionnels entre ces nappes et l'eau de surface.

Concernant ces échanges entre nappes et rivières, on peut retenir trois situations typiques :

En période d'étiage (figure 1.13 C), la ligne de points bas située dans l'axe du chenal produit une attraction plus marquée sur la nappe voisine. Dans cette situation, les eaux souterraines s'écoulent plutôt latéralement par rapport à l'axe de la vallée, en direction du cours d'eau.

Inversément, en période de crue, les échanges latéraux nappe-rivière s'inversent et une pression latérale de l'eau de surface circulant dans le chenal s'exerce.

Ce phénomène observé en période de crue peut être cependant contrarié en cas de colmatage du chenal (dû à des dépôts d'éléments fins ou à des concrétionnements calcaires par exemple).

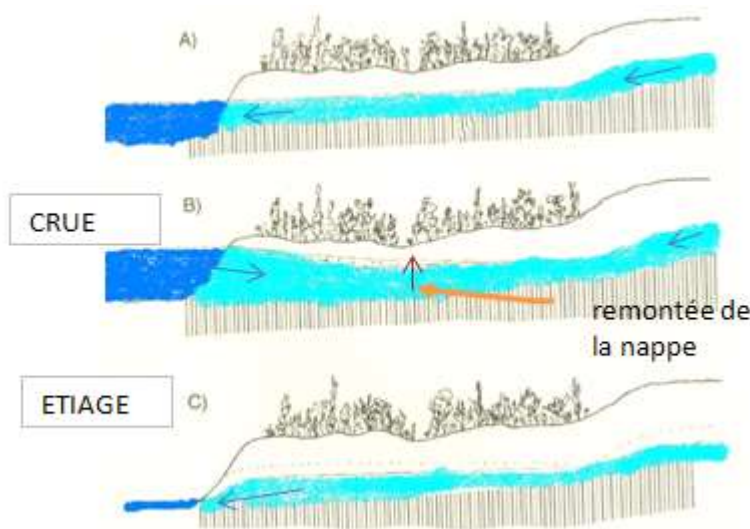
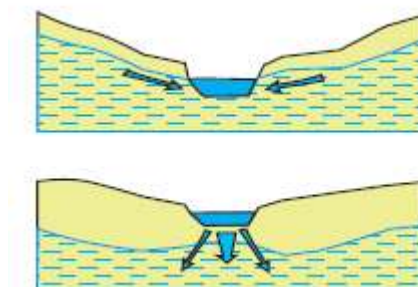


Figure 1.13 : relations nappe-rivière : A) débit moyen B) Crue C) Etiage (modifié à partir de Piegay et al. ,2004)

Selon la configuration hydrogéologique, il arrive que la rivière ne draine plus la nappe mais l'alimente, si son lit n'est pas colmaté. Ce cas est fréquent dans le Pays d'Ouche



Lorsque la nappe peut alimenter longtemps la rivière au cours de la saison de végétation, le débit de celle-ci reste assez régulier et important même en été lorsque les pluies efficaces sont plus rares. C'est le cas par exemple de l'Yères (76) qui est alimenté tout le long de l'année par une nappe de la craie, soubassement géologique son lit. Par contre lorsque la nappe n'alimente pas ou peu la rivière (rivières alimentées par les eaux de ruissellement), le débit est irrégulier dans l'année avec des étiages ou des crues très marqués (cas de l'Epte ; 27)



Figure 1.14 : débits comparés de l'EPTE et de l'YERES

Tout ceci ne sera pas sans conséquence sur la nature de la végétation riveraine de ces cours d'eau.

c) Alimentation en eau de la ripisylve

L'alimentation en eau des ripisylves se fait de l'amont, par des apports du chenal et de la nappe qui raccompagne, et des versants adjacents, par le ruissellement superficiel et les échanges phréatiques entre nappe alluviale et nappes de versant. De l'amont à l'aval du réseau hydrographique, la part relative des apports de versant diminue significativement au profit des apports provenant du cours d'eau

Les ripisylves prélèvent des quantités importantes d'eau, que ce soit au niveau du peuplement ou au niveau des espèces (le frêne par exemple est un grand consommateur d'eau).

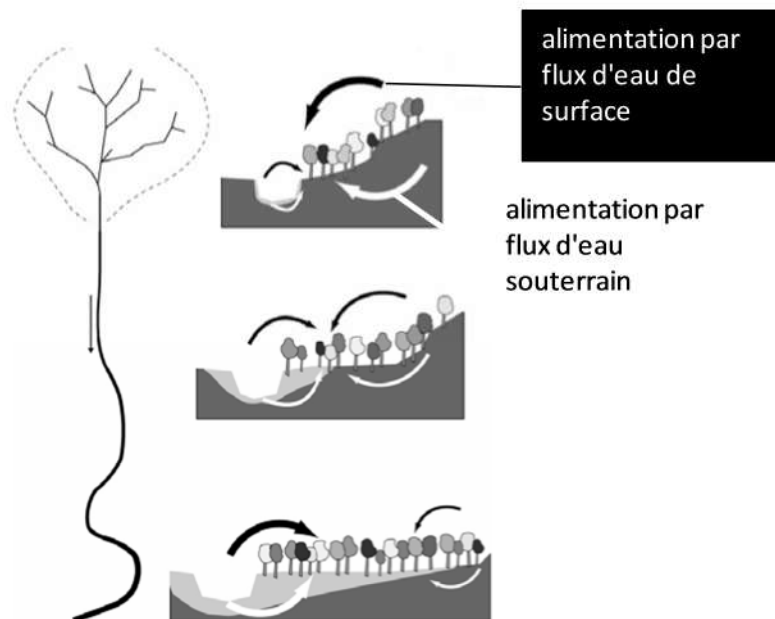


Figure 1.15 : Alimentation en eau des ripisylves, évolution longitudinale de la part respective des apports de versant et des apports du chenal (modifié d'après Brinson M, 1993).

1.2.2. Les Flux de sédiments

A. La production de sédiments au sein du bassin versant : Influences du contexte géologique, hydrologique, et de l'occupation des sols

A l'échelle du bassin versant, le transfert principal de sédiments se fait de l'amont vers aval. Ainsi le type de sédiments que l'on peut rencontrer au sein d'un tronçon est étroitement lié à la nature des roches qui affleurent dans la partie amont du bassin. Les mouvements de sédiments se produisent préférentiellement en période de hautes eaux et surtout de crue.

L'occupation des sols sur l'ensemble du bassin influence les quantités de sédiments entrant dans le système.

A l'échelle d'un bassin versant, la présence d'un taux important de couverture du sol par la végétation (notamment forestière) réduit la production de sédiments en diminuant, l'impact de la pluie et du ruissellement. Par exemple, dans un contexte climatique (méditerranéen) et géologique (marnes noires) très sensible à l'érosion, Mathys (2003) mesure une production sédimentaire (fins plus grossiers) 160 fois plus importante dans un bassin qui présente 68 % de sols nus que dans un bassin avec seulement 13 % de sols nus.

Réduire les dégâts causés par le ruissellement, l'érosion et les crues dévastatrices des torrents de montagne ont été d'ailleurs une des motivations qui a conduit à la création au milieu du 19ème siècle du service de restauration des terrains de montagne (RTM) de l'administration des Eaux et Forêts.

B. Les facteurs de contrôle de la sédimentation : flux d'eau de surface, topographie, végétation et bois mort

Les flux de sédiments sont contrôlés par les flux d'eau de surface. Le transport des matériaux se fait par charriage (les matériaux sont roulés sur le fond), saltation (les grains sont décollés et retombent un peu plus loin) ou mise en suspension, selon les vitesses du courant et l'adhérence des matériaux. La force nécessaire à la mise en mouvement n'est pas exactement proportionnelle à la granulométrie, les éléments très fins (< 0.2 mm) sont, toutes choses égales par ailleurs, plus difficiles à arracher, mais restent en suspension beaucoup plus longtemps. Il y a érosion lorsque, pour une taille et une densité de sédiments données, la vitesse des écoulements est supérieure aux conditions critiques de mise en mouvement des sédiments, et il y a dépôt (ou accrétion) lorsque ces vitesses dites critiques ne sont plus atteintes.

Pour les torrents de montagne, par exemple, l'énergie est telle que des sédiments de taille très grossière peuvent être entraînés. Les sédiments les plus fins (sables par exemples) ne pouvant s'accumuler que là où la végétation arbustive (herbacée dans une moindre mesure) colonisant les bancs et berges peu freiner l'eau et piéger les sédiments. Au sein du bassin versant, les forêts alluviales constituent des zones de stockage où les phénomènes d'érosion restent locaux (ex : berges). En effet, dans la mesure où la végétation offre une résistance aux écoulements, elle diminue la vitesse des flux et donc diminue la capacité de transport des sédiments.

Longitudinalement, le long du chenal, on observe une variation granulométrique des dépôts de sédiments. Les secteurs supérieurs du cours d'eau, à forte pente et où l'érosion domine, sont caractérisés par des alluvions à dominante grossière (bloc, galets, graviers, sables) souvent mal triées. A l'opposé, les secteurs inférieurs, à faible pente et où les phénomènes de sédimentation dominent, possèdent des alluvions plus fines (sableuses, limoneuses voire argileuses) et bien triées. Des variations transversales s'observent également du chenal principal vers les milieux connexes : la taille moyenne des alluvions diminue parallèlement à la diminution de l'énergie véhiculée par les eaux d'inondations du chenal vers la limite externe du lit majeur actif.

Durant un événement de crue, la sédimentation dans la plaine est maximale en phase de décrue, alors que l'érosion est plus importante en montée de crue. Mais chaque style fluvial enregistre une phase maximale de sédimentation qui dépend de sa position dans le corridor et de sa topographie

La sédimentation au sein de la ripisylve, processus fondamental pour l'établissement et le développement des unités forestières, dépend de facteurs locaux, notamment la topographie et la végétation, qui contrôlent les conditions d'écoulement et de rugosité



Figure 1.16 : zone pionnière à la confluence de l'Ain et du Rhône, le banc de galet n'est pas végétalisé, la zone arbustive enregistre une sédimentation sableuse (Piegay et al. ,2004)

Le taux de sédimentation, étudié sur plusieurs sites de l'Ain, montre que les unités colonisées par la végétation ligneuse depuis le début des années 1980 enregistrent une vitesse de sédimentation relativement élevée (3cm/an), mais très variable d'une station à l'autre, les valeurs maximale atteignant près de 8cm/an. Généralement une végétation ligneuses dense (formations végétales de bois tendres : saules peupliers,...) et jeune provoque les taux de sédimentations les plus élevés. Ceci est dû à la rugosité de la végétation et à son effet peigne retenant les débris végétaux (bois mort).

La sédimentation provoquant un exhaussement des bancs et rives où elle se produit, celle ci aura tendance à diminuer avec l'âge de l'unité de sédimentation.

Sur les berges et les îles récentes de la Loire, Gautier *et al.* (2000) enregistrent un taux de sédimentation maximum de 20 cm/an. Sur les bancs de convexité de l'Ain, Berger (2000) mesure une sédimentation maximum de 29 cm/an; elle observe également une décroissance très rapide de ce taux avec l'âge des unités. Pour des peuplements plus anciens les valeurs sont plus faibles :

- entre 0,5 et 2,5 cm/an sur une période de 30 ans dans la ripisylve garonnaise (Steiger *et al.*, 2001 b),
- entre 0,11 et 2,4 cm /an pour des surfaces âgées de 15 à 45 ans dans les bouchons alluviaux de la basse vallée de l'Ain (Piégay *et al.*, 2003),
- de 0,45 à 0,91 cm/an dans les forêts alluviales intra-digues du Rhin sur la période 1860-1970 (Carbiener *et al.*, 1993).

Verticalement et latéralement, la topographie joue également sur la connexion hydrologique avec le chenal principal. A ce titre, plus une zone est connectée (basse, proche du chenal), plus la part des processus allogènes est élevée (apports des sédiments minéraux) et celle des processus autogènes faibles (production de matière organique).

La strate arborée de la forêt alluviale joue également un rôle important en produisant des débris ligneux. La présence de bois s'accompagne d'un ralentissement et d'une diversification des écoulements au sein du chenal. Les embâcles de bois mort créent des pertes de charge localisées et donc des sédimentations en amont de ces embâcles.

C. Les faciès d'écoulement des rivières et petits fleuves côtiers de Seine Maritime

A l'échelle d'un tronçon du chenal, le lit mineur présente des séquences de faciès. Un faciès d'écoulement est une portion du cours d'eau à peu près homogène sur le plan de la vitesse, de la profondeur, de la pente et du substrat. On oppose les faciès lentiques, à écoulements lents, aux faciès lotiques, à écoulements rapides.

Faciès	morphodynamique	Description	vitesse (cm/s)	profondeur (cm)	Nature du fond
Lotique	Chute	Quasi verticalité, eau blanche, uniquement en sortie des barrages	-	-	Maçonnerie
	Rapide	Pente et turbulence fortes, eau écumeuse.	> 50	-	Blocs
	Radier	Faible tirant d'eau et vitesse rapide, substrat du fond affleurant et couvert de graviers	40-60	< 40	Cailloux
	Plat courant	Faciès commun lorsque la largeur uniformise des vitesses qui restent soutenues.	30-50	< 60	Graviers
	Profond courant	Faciès assez commun sur les cours d'eau les plus importants.	30-40	> 60	Sables et graviers
Lentique	Fosse de concavité ou d'affouillement - mouille	Le long d'un obstacle à l'écoulement ou dans la concavité d'un méandre.	variable	> 60	Variable
	Chenal lentique	Portion de rivière à peu près linéaire à section rectangulaire.	< 30	> 60	Limons et vases
	Plat lentique	Faciès commun lorsque la largeur uniformise et réduit la	< 30	< 60	Sables et limons
	Lénitique	Eau presque immobile des bras morts.	< 5	-	Limons et vases

Sur les rivières de la craie, les radiers alternent avec des plats courants ou des profonds courants, selon une fréquence décroissante de l'amont vers l'aval. Le cours aval des plus grandes rivières présente surtout des plats courants et lentiques.

Ces successions de zones d'érosion et de dépôt, alternativement plus ou moins profondes, lentes ou rapides, participent à la définition de la géométrie du lit, droit ou sinueux, en dissipant les variations d'énergie du flot.

Les radiers sont marqués par un rétrécissement du chenal, puis une diminution progressive de la profondeur du lit, d'où une augmentation de la vitesse du courant et de la capacité de transport de la masse d'eau. Ceci aboutit à un tri granulométrique des sédiments : dans la zone d'accélération, les fines, puis les sables et graviers sont entraînés vers l'aval ; dans la zone de ralentissement, les sables et graviers se déposent en bancs meubles.

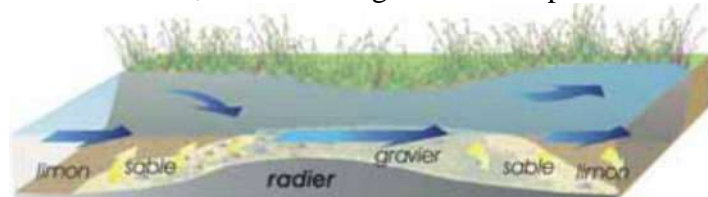


Figure 1.17 : sédimentation au niveau d'un radier (Agence de l'eau Seine-Normandie, 2006)

Les limons et argiles, maintenus en suspension, vont d'abord former des banquettes en bordure de la zone d'expansion

puis se déposer sur les fonds des secteurs lents et profonds (mouilles), en aval.

Au niveau d'un méandre, la profondeur et la vitesse augmentent de l'intérieur vers l'extérieur de la courbe. Ce gradient de vitesse se traduit par : des courants tourbillonnaires orientés de l'amont extérieur vers l'aval intérieur ; une différence de capacité de transport, croissante de l'intérieur vers l'extérieur. Il en résulte un déplacement des sédiments de l'extérieur vers l'intérieur du virage.

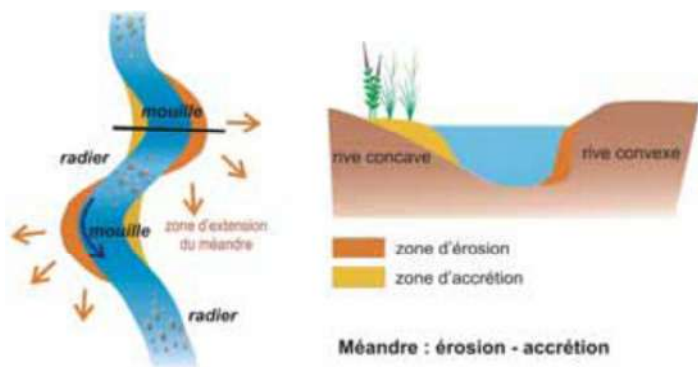


Figure 1.18 : érosion et accrétion au niveau d'un méandre (Agence de l'eau Seine-Normandie, 2006)

Le fond de la partie profonde du chenal, à l'extérieur de la courbe, est constitué des sédiments les plus grossiers, tandis que la courbe intérieure accueille des éléments plus fins. Les limons se déposent en banquettes le long de la berge, les bancs de sables meubles se formant vers le centre du chenal et l'aval du virage.

Le tri granulométrique est donc à la fois transversal et longitudinal.

Les faciès lotiques comprennent un nombre restreint d'espèces végétales. Ils sont colonisés par *Ranunculus fluitans* (renoncule flottante) espèce caractéristique strictement rhéophile. A proximité de ses touffes, le ralentissement permet la colonisation par des espèces moins rhéophiles comme *Potamogeton pectinatus* (potamot pectiné), *Callitriche platycarpa* (callitriche à fruits plats), *Sagittaria sagittifolia* (sagittaire), *Berula erecta* (berle dressée).

Les faciès lentiques du cours inférieur des rivières aux substrats fins (sables, limons et vases) comptent davantage d'espèces. Ils favorisent les hydrophytes émergentes comme *Apium nodiflorum*, *Sparganium erectum*, *Glyceria aquatica*... Les potamots y sont plus nombreux. La nupharaie à *Nuphar lutea* (nénuphar jaune), espèce thermophile, s'observe surtout en Eure-et-Loir.

Plusieurs espèces très répandues sur les rivières de Seine-Aval se rencontrent presque indifféremment dans des eaux vives, où elles sont totalement immergées, et en pied de berge, comme *Berula erecta*, *Apium nodiflorum*, *Veronica beccabunga* (cresson de cheval), *Nasturtium officinalis* (cresson).

1.2.3. Les flux de nutriments

L'étude des nutriments dans les forêts riveraines est essentiellement abordée depuis les années 1980 sous l'aspect de la capacité de rétention des ripisylves en azote et phosphore. Les flux d'azote ont été particulièrement étudiés car les enjeux en termes de santé publique (consommation de l'eau potable) et de modification des écosystèmes aquatiques (eutrophisation) sont très forts.

La teneur en sels minéraux et en nutriments joue également un grand rôle. La plupart des cours d'eau de Seine-Aval ont acquis un niveau trophique élevé et les plantes des milieux oligotrophes, comme *Ranunculus penicillatus* qui se rencontre sur l'Avre ou l'Iton, se sont considérablement raréfiées. Localement et dans des conditions de développement floristique favorables (ensoleillement, courants faibles), une augmentation des apports nutritifs peut entraîner un mécanisme d'appauvrissement des eaux en oxygène par prolifération végétale (conséquences de l'eutrophisation).

La consommation, le stockage et la transformation des nutriments par des agents biologiques sont fortement liés à l'activité physiologique de ces agents. Cette dernière dépend de paramètres climatologiques (température pour les bactéries, période de végétation pour les végétaux) et de paramètres locaux (connexion entre le chenal et la nappe, teneur en eaux du sol, disponibilité des autres nutriments). Par exemple, les échanges de nitrates, et dans une moindre mesure ceux de phosphates, sont modifiés par la suppression des inondations dans certaines parties de la forêt du Rhin (Sanchez- Pérez et al., 2003). Les crues créent une alternance de conditions humides et sèches qui favorisent l'activité bactérienne et la solubilisation

1.2.4. Les flux de matériel de reproduction (espèces ligneuses)

Chaque espèce végétale possède une capacité de dispersion propre et un mode de propagation préférentiel : par graines, par fragments végétatifs transportés par le vent, l'eau, la faune... Quel que soit ce type préférentiel, toutes les graines et les fragments de tissus situés en zone inondable sont susceptibles d'être déplacés lors d'une crue et de se développer là où ils auront été déposés.

Par exemple, chez l'**aulne glutineux**, la dissémination des graines par l'eau (hydrochorie) est la plus importante (il peut aussi se disperser par anémochorie). La graine est capable de flotter au gré des courants plus d'un an sans perdre son pouvoir germinatif. Elle peut être transportée sur de grandes distances et se disperser dans le lit majeur des cours d'eau en profitant d'inondations (Claessens H. , 2005). Dans les zones humides du lit majeur lorsque la dispersion se fait par anémochorie (le vent) et sachant que l'aulne atteint sa maturité vers 10 ans et que la distance moyenne de dissémination des akènes est de 60 m, voire 100 m, sa vitesse de progression serait alors de l'ordre d'une centaine de mètres en une dizaine d'années (Cluzeau C, 1992). Cette essence pionnière, grâce à sa capacité de dispersion, colonisent rapidement les formations herbacées auxquelles elles succèdent. Une reproduction asexuée par bouturage est possible le long des cours d'eau.

Concernant le **peuplier noir**, ses graines blanches (contrairement au saule blanc qui a des graines noires), sont transportées par le vent, puis peuvent être également véhiculées par l'eau. La part respective du transport réalisé par le vent ou l'eau est difficile à connaître et dépend de nombreux facteurs : la direction et la force du vent, la largeur et la vitesse

d'écoulement de la rivière ou du fleuve, la topographie, la densité des peupliers au sein de la ripisylve, la hauteur de l'arbre, le volume du houppier, etc. Au moment du pic de dispersion des graines (fin mai à mi juillet), la rivière peut être recouverte par un "matelas" de graines, celles-ci flottant grâce au coton hydrophobe. Ces graines ne peuvent germer que sur des sédiments jeunes et frais (sables, limons, graviers), déposés par la dynamique des fleuves et des rivières. Les jeunes semis s'ancrent très rapidement par une croissance racinaire spectaculaire. Il semble que le semis privilégie dans un premier temps la croissance racinaire au détriment de la pousse végétative. Sur un site de Loire, un mois après germination, la racine peut atteindre 15 cm alors que la pousse végétative n'est que 2 à 3 cm. Outre la reproduction sexuée, le peuplier noir se reproduit et propage aussi par voie asexuée, surtout lors de perturbations soutenues, grâce à des drageons ou par marcottage ou bouturage (comme les **saules**).

1.3 Les types de milieux humides et principales végétations en zone alluviale

1.3.1. Typologie SDAGE

Les Schémas Directeurs d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) sont les documents d'orientations en matière de gestion de l'eau dans les 6 grands bassins versants français. Dans ce cadre, une typologie de zones humides a été proposée en 1996 pour la mise en œuvre de la Loi sur l'eau de 1992. Les types intègrent le contexte géographique, hydraulique et écologique, ainsi que le rôle de l'homme (zones humides artificielles). Certains sites vastes et hétérogènes peuvent couvrir plusieurs types de zones humides SDAGE.

Nomenclature de la typologie SDAGE:

- 1 - Grands estuaires
- 2 - Baies et estuaires moyens et plats
- 3 - Marais et lagunes côtiers
- 4 - Marais saumâtres aménagés
- 5 - 6 - Bordures et cours d'eau et plaines alluviales (Zones humides liées aux cours d'eau)
- 7 - Zones humides de bas-fond en tête de bassin
- 8 - Régions d'étangs
- 9 - Bordures de plans d'eau
- 10 - Marais et landes humides de plaines et plateaux
- 11 - Zones humides ponctuelles
- 12 - Marais aménagés dans un but agricole
- 13 - Zones humides artificielles

Cette typologie offre un cadre général intéressant à l'échelle de vastes territoires. Pour des inventaires et études à des échelles plus fines, d'autres typologies plus détaillées telles que Corine-Biotopes ou EUNIS doivent être privilégiées (voir chapitre 3).

1.3.2. Les formations végétales en milieu alluvial : exemple des fleuves côtiers de Haute Normandie

Si nous suivons un fleuve côtier de Haute Normandie, on peut rencontrer les formations végétales suivantes le long du bassin versant:

Du lit mineur (le cours d'eau proprement dit) au lit majeur (l'ensemble de la zone inondable), c'est tout un ensemble de végétations aquatiques, amphibies et hygrophiles qui se succèdent.

Les ruisseaux et rivières aux eaux vives et de bonne qualité sont le milieu d'élection des renoncules aquatiques (*Ranunculus penicillatus* et *Ranunculus fluitans*). Les cours d'eau plus lents, aux eaux plus riches, sont plutôt le domaine des callitriches (*Callitriche sp.*) et des potamots (*Potamogeton pectinatus*).

Mégaphorbiaies : Habitat linéaire, composé de végétations de hautes herbes installées en bordure de cours d'eau et en lisière de forêt humide. Ces "prairies" élevées sont caractérisées par l'absence d'actions anthropiques (fertilisation, fauche, pâturage). On rencontre les Mégaphorbiaies dans des sites très humides des vallées alluviales présentant un sol engorgé avec une nappe temporaire. Le sol est bien pourvu en matière organique, développé sur un substrat alluvial, riche en azote. Ces zones sont soumises à des crues hivernales ou printanières temporaires (sans subir d'immersions prolongées) et le sol reste humide presque toute l'année.

Ces habitats, se développent dans les prairies des vallées, qui ne sont plus gérées (fauchées ou pâturées anciennement).

Il faut distinguer les Mégaphorbiaies primaires des Mégaphorbiaies secondaires qui se développent dans les prairies humides récemment (ou provisoirement) abandonnées. Les Mégaphorbiaies secondaires sont moins pérennes que les Mégaphorbiaies primaires, la dynamique des ligneux étant généralement plus rapide lorsque la formation résulte de l'abandon d'une gestion agro-pastorale. Ces groupements participent à la dynamique des forêts riveraines. Les espèces présentes dans ces milieux sont caractérisées par leurs feuilles larges et leurs inflorescences vives. La plupart du temps, l'habitat est dominé par un petit nombre d'espèces sociales très dynamiques (Ortie dioïque *Urtica dioica*, Eupatoire chanvrine *Eupatorium cannabinum*). Notons que ce cortège d'espèces varie selon le niveau trophique et le degré d'éclairement.

Espèces caractéristiques : *Filipendula ulmaria*, *Lysimachia vulgaris*, *Lythrum salicaria*, *Stachys palustris*, *Thalictrum flavum*, *Angelica sylvestris*, *Cuscuta europaea*, *Cirsium oleraceum*, *Cruciata laevipes*, *Myosoton aquaticum*, *Symphytum officinale*, *Iris pseudacorus*, *Galium palustre*, *Althaea officinalis*, *Rubus caesius*, *Artemisia vulgaris*, *Poa palustris*

Forêt alluviales : résiduelles en Haute Normandie. On trouve la saulaie arborescente, l'aulnaie – frênaie à haute herbes,

Les prairies de fauche humides :

Si l'on s'écarte du cours d'eau, les prairies du lit majeur, traditionnellement fauchées ou pâturées extensivement, présentent des cortèges floristiques variant selon l'hygrométrie du sol, la ressource en éléments nutritifs et la gestion pratiquée (fauche ou pâture). **Les prairies de fauche humides** peuvent abriter l'Orchis à fleurs lâches (*Orchis laxiflora*), la Dactylorhize négligée (*Dactylorhiza praetermissa*), l'Oenanthe à feuilles de silaüs (*Oenanthe silaifolia*), l'Oenanthe fistuleuse (*Oenanthe fistulosa*), le Sénéçon aquatique (*Senecio aquaticus*) et le Brome en grappe (*Bromus racemosus*)

Prairies hygrophiles :

Prairie à structure assez haute et dense, dominée par les joncs, les Cypéracées et les graminées.

Présence plus ou moins importante des grandes espèces de Mégaphorbiaies telles que : l'Iris, la Reine-des-Prés, Scirpe des bois... et les grandes Laïches. Habitat sur sol très humide, avec nappe affleurante et un substrat très organique (para-tourbeux).

Le pré hygrophile oligotrophe alcalin constitue la variante prairiale des tourbières basses alcalines. Toutefois, en cas de pâturage régulier et relativement intense, accompagné d'un amendement lui confère une composition floristique mixte regroupant à la fois des espèces oligotrophes typiques de la tourbière basse et des espèces prairiales mésotrophes.

Cet habitat fait partie des habitats actuellement les plus menacés à l'échelle communautaire, ainsi qu'à l'échelle de la Haute-Normandie.

Bas-marais tourbeux :

La tourbe se forme dans des conditions particulières, dites abiotiques, où la pauvreté voire l'absence d'oxygène, du fait de l'inondation quasi-permanente, ne permet pas d'assurer la décomposition complète de la matière organique dans des milieux par ailleurs très productifs (diverses mousses dites turfigènes en particulier de la famille des Hypnacées en milieu alcalin et Sphagnacées en milieu acide), tiges et feuilles des roseaux et laïches notamment).

Alimentée au moins en partie par des eaux chargées en calcium en provenance de la nappe de la craie et des eaux de ruissellement et de percolation du plateau crayeux, la tourbe de ces milieux présente des caractéristiques chimiques

différentes de celles des tourbières à sphaignes, dépourvues de bases (calcium notamment). Pour cette raison, les tourbières alcalines sont souvent appelées « bas-marais » ou tourbière basses alcalines par opposition aux tourbières bombées acides.

Les végétations estuariennes : elles s'échelonnent et se répartissent dans l'espace en fonction de la fréquence et de la durée des submersions lors des marées. On distingue classiquement **la slikke**, plus ou moins recouverte à chaque marée et **le schorre** qui se subdivise en bas, moyen et haut-schorre selon que celui-ci sera partiellement ou totalement recouvert à chaque marée de vives eaux (c'est-à-dire une à deux fois par mois) ou seulement lors des grandes marées d'équinoxe, c'est-à-dire deux fois par an.

La haute-slikke est le domaine des Salicornes : Salicorne d'Europe (*Salicornia europaea*) ou Salicorne couchée (*Salicornia procumbens* var. *procumbens*) mais également de la Suéda maritime (*Suaeda maritima*). Sur le Schorre, où la végétation est plus dense et diversifiée, peuvent s'observer l'Atropis maritime (*Puccinellia maritima*), l'Atropis distant (*Puccinellia distans*) ou la Spergulaire marine (*Spergularia marina*).

Des prairies halophiles permettent le développement du Jonc de Gérard (*Juncus gerardii*), du Troscart maritime (*Triglochin maritimum*) ou du Vulpin bulbeux (*Alopecurus bulbosus*).

1.4 Éléments de pédologie

1.4.1. Référentiel pédologique français

Ce référentiel a été élaboré par un groupe de travail dans le cadre de l'A.F.E.S. (Association française pour l'étude du sol) et est paru en 1992 (pour la première édition, la seconde édition étant parue en 1995, la troisième en 2008). Il est destiné à remplacer le système français de classification des sols qui avait été élaboré en 1967 par la Commission de Pédologie et de Cartographie des Sols (C.P.C.S.).

Le **RPF n'est pas une classification hiérarchisée** mais une typologie des sols permettant de rattacher un sol réel (décrit sur le terrain) à une des **Références** (voir schéma de la figure 1.19 ci-dessous) proposées .

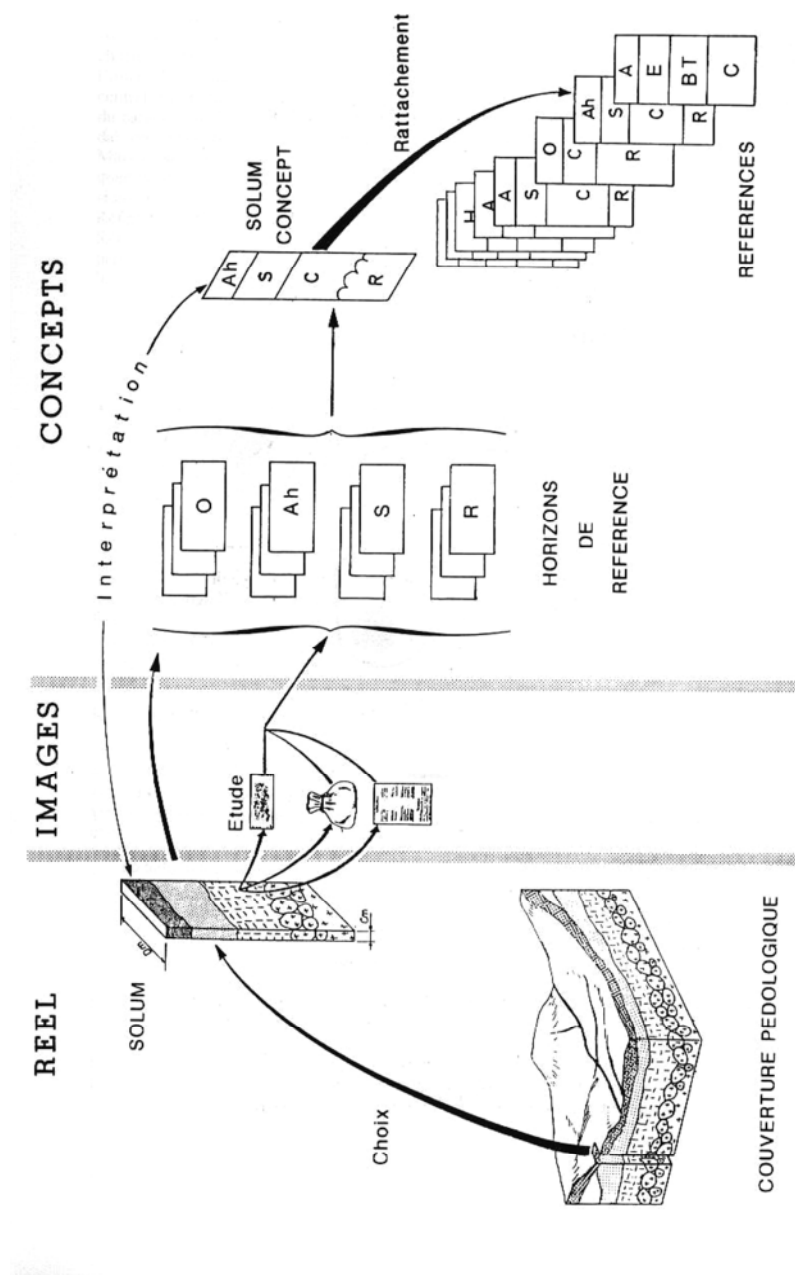


Figure 1.19 : Principe du Référentiel Pédologique Français (schéma tiré du R.P.F , 1995)

La démarche de rattachement comporte trois grandes étapes :

- la description du sol réel :

Il s'agira tout d'abord de décrire le sol réel au moyen d'un solum : **le solum est une tranche verticale d'une couverture pédologique observable dans une fosse ou une tranchée.**

Les descriptions (effectuées au niveau de chaque horizon) concerneront la structure, la texture, les couleurs, la profondeur prospectée par les racines et leur distribution dans le solum, le PH, la présence de calcaire actif,...

Des études complémentaires en laboratoire (PH, CEC, S/T, granulométrie,...) viendront compléter les observations faites sur le terrain.

- l'interprétation des observations et l'identification des horizons :

En fonction des données récoltées sur le terrain et des résultats des analyses complémentaires éventuelles, le pédologue va essayer de raccrocher chaque horizon réel avec un **horizon de référence**.

Chaque horizon de référence proposé par le RPF (il y en a 73 dans l'édition 1995) est défini et décrit par plusieurs éléments tels que :

- ♠ caractères morphologiques (structure, couleurs,...) ,
- ♠ données analytiques (PH, S/T, CEC,...)
- ♠ position dans la couverture pédologique.

- le rattachement du sol réel à une ou plusieurs références :

Le rattachement consiste à relier un solum à une ou plusieurs Références (caractérisées par des **solums-diagnostiques c'est à dire des successions verticales d'horizons de référence**) puis à lui donner le(s) nom(s) correspondant. Cela se fait sur base d'un raisonnement pédologique sur base de l'interprétation des données de terrain et plus précisément sur base de profils.

Le profil étant une séquence d'informations (données) concernant le solum, ordonnée de haut en bas. Ces informations peuvent être relatives à des caractères visuels (profil structural par exemple) ou à d'autres caractères (profil hydrique, profil granulométrique,...).

A noter également, que les Références (au nombre de 110 dans l'édition de 2008) peuvent être subdivisées en **Types** par l'adjonction d'un ou plusieurs **qualificatifs**.

1.4.2 Les principaux horizons de référence

Nous nous bornerons ici à donner les caractéristiques les plus importantes des principaux horizons de référence. Une description plus complète des horizons sera vue , plus loin dans ce chapitre, au cours de l'étude des principales Références de sol .

1. Les horizons organiques (ou holorganiques) : O

Ils ont été déjà vus dans le chapitre consacré à l'humus ; nous n'y reviendrons plus ici.

2. Les horizons organo-minéraux (ou hémiorganiques) : A

Ils sont constitués d'un mélange de matière organique et de matière minérale et sont situés à la base des horizons holorganiques lorsque ceux-ci existent ou sinon à la partie supérieure du sol.

- Ce sont donc des horizons de surface et leur épaisseur est en général de l'ordre de quelques dizaines de cm.
- Ils sont plus riches en matière organique que les horizons sous-jacents ; leur teneur en matière organique est très variable : de 1 à 20 %. Cette teneur élevée en matière organique leur confère une coloration plus ou moins sombre.
- Ils sont à structure fragmentaire arrondie, largement influencée par la matière organique et par l'activité biologique.
 - ♠ Dans les conditions favorables à une intense activité biologique, ils y aura un brassage biologique par les vers de terre de la totalité de la masse humique avec des particules minérales : la structure sera grumeleuse.
 - ♠ Dans des conditions moins favorables, l'activité des vers de terre est réduite et la structure, microgrumeleuse, sera principalement due à des précipitations physico-chimiques (l'humine d'insolubilisation est majoritaire).
 - ♠ Dans les conditions défavorables (très faible activité biologique, sans activité notable des vers de terre), il n'y a pas d'humine d'insolubilisation et peu d'humine microbienne, les complexes argilo-humiques sont rares. La matière organique est principalement sous forme d'humine d'héritage et se présente sous la forme de boulettes fécales juxtaposées aux particules minérales.
- On note la présence de nombreux pédotubules dus à l'activité biologique (galeries creusées par les vers de terre,...).
- Ils sont généralement appauvris en constituants minéraux : argiles, carbonates, hydroxydes.
Par contre, ils sont souvent enrichis en sels solubles et, sur le complexe adsorbant, en cations et en anions.

3. Horizons « atypiques » ou « jeunes » (Js et Jp)

Ce sont des horizons très peu différenciés, soit parce que la durée d'évolution du solum est encore insuffisante, soit parce que les autres facteurs de la pédogenèse sont absents ou bloquent l'évolution. Les processus d'altération (décarbonatation, libération du fer, etc.) et de redistribution interne de matières (argile, fer, calcaire) sont à peine amorcés et peu visibles. Ce ne sont plus des couches M ou D ; il existe une structure pédologique, mais peu développée et tributaire de la granulométrie.

L'horizon J de surface (Js) contient de faibles quantités de matières organiques. Sa structure n'est jamais biomacrostructurée.

L'horizon J de profondeur (Jp) est situé, à faible profondeur, sous un horizon Js ou un horizon A ou LA, et ne contient pas de matières organiques ou seulement des traces. Ces horizons peuvent être observés dans certains fluviosols, thalassosols, etc.

4. Les horizons d'altération à structure pédologique : S

L'horizon structural S (anciennement (B) dans la CPCS) est un horizon pédologique d'altération. Il est le siège de processus d'altération des minéraux primaires (avec libération d'oxydes ou d'hydroxydes de fer et d'Al) , de décarbonatation,...

Les caractéristiques principales de ces horizons sont les suivantes :

- appauvris, par rapport à la roche-mère, en constituants solubles (sels, carbonates,...) ;
- enrichis, par rapport à la roche-mère, en constituants issus de l'altération (sables, limons, argiles, hydroxydes) ;
- éventuellement très riches en argiles d'altération.

5. Les horizons éluviaux :

Les horizons éluviaux E sont des horizons minéraux ou organo-minéraux nettement appauvris en fer et/ou en argiles fines ($< 2 \mu\text{m}$) et / ou en aluminium. C'est un horizon d'éluviation par entraînement vertical, oblique ou latéral des constituants cités ci-dessus.

Les principales caractéristiques de ces horizons sont les suivantes :

- Ils sont, en général, proches de la surface du sol, sous un horizon A. Leur épaisseur varie de quelques centimètres à plusieurs dizaines de centimètres.
- Ils sont appauvris, non seulement en minéraux argileux, mais aussi en sels, en carbonates, en hydroxydes (Fe, Al,...). En général, l'appauvrissement en sels et en carbonates a précédé l'appauvrissement en éléments argileux, l'appauvrissement en hydroxydes étant, le plus souvent, conjoint à celui en éléments argileux.
- En conséquence des appauvrissements, les horizons E connaissent une concentration et donc un enrichissement relatif en constituants migrant moins facilement : limons, sables,...
- Leur couleur est toujours plus claire que celle de l'horizon sous-jacent.
- L'horizon E est beaucoup moins riche en carbone organique que l'horizon A sus-jacent.
- La structure est soit massive ou particulière, soit fragmentaire peu développée (peu nette) et fragile.

Le complexe adsorbant des horizons E est, normalement, partiellement ou totalement désaturés en cations basiques (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+) ; leur PH est donc acide.

6. Les horizons illuviaux : B

Les horizons B sont des horizons enrichis en constituants, minéraux ou organiques, une partie de l'enrichissement étant la conséquence d'une migration de matière, verticale ou latérale. En règle générale, un horizon E ou A est présent au-dessus d'eux dans le solum, mais il peut avoir été érodé et ne plus exister.

Rappelons que l'enrichissement (en fer et/ou en argile et/ou en aluminium et/ou en humus) peut être dû :

- uniquement à des apports en provenance d'autres horizons superposés verticalement ou situés latéralement (apports illuviaux) ,
- ou à la combinaison d'apports illuviaux et de transformations sur place de minéraux préexistants (altération) .

Parmi les principaux types d'horizons B, on trouve :

- BT (horizon B argilluvial , anciennement Bt) : **accumulations d'argiles**.

7. Les horizons hydromorphes : G et g

On distingue deux types d'horizons hydromorphes :

- les **horizons réductiques G** : il résultent d'un excès d'eau presque permanent, leur couleur est dominée par le gris, le vert , le bleu. Leur morphologie est à attribuer à la prédominance des processus de réduction du fer.
- les **horizons rédoxiques g ou -g** : ils résultent d'un excès d'eau temporaire et sont caractérisés par la présence de taches de couleur rouille. Leur morphologie résulte de la succession, dans le temps, de processus de réduction et de mobilisation du fer (périodes de saturation en eau), et de processus d'oxydation et d'immobilisation du fer (périodes de non saturation).

Le développement des processus d'oxydoréduction se manifeste de façon très visible en ce qui concerne le fer, par des variations de couleur (teintes grises du fer réduit, teintes jaune-rouge à brun-rouge du fer oxydé) et, comme nous le verrons par la suite, une redistribution particulière liée à la plus grande mobilité du fer sous forme réduite.

A) Horizons réductiques (notation Gr et Go) :

Leur morphologie est à attribuer à la prédominance des processus de réduction et de mobilisation du fer. Dans les horizons réductiques, **la répartition du fer est plutôt homogène.** Lorsque la porosité et les conditions hydrologiques permettent le renouvellement de l'eau en excès, ces horizons s'appauvrissent progressivement en fer. Parfois, en conditions acides, il peut y avoir déferfification complète et blanchiment de l'horizon.

La morphologie des horizons réductiques varie sensiblement au cours de l'année en fonction de la persistance ou du caractère saisonnier de la saturation (battement de nappe profonde) qui les génère. D'où la distinction entre horizons réductiques sensu stricto et ceux temporairement réoxydés.

Les horizons réductiques sensu stricto (notés Gr¹ = gley réduit) sont caractérisés par leur couleur qui peut être soit uniformément bleuâtre à verdâtre (sur plus de 95 % de la surface du profil), soit uniformément blanche à grisâtre. L'engorgement en eau y est permanent ou quasi. Le fer libre est pour la plus grande part sous forme ferreuse.

Dans les horizons réductiques temporairement réoxydés (notés Go² = gley oxydé), la saturation par l'eau est interrompue périodiquement. Des taches de teintes rouille, souvent pâles, sont observables pendant les périodes de non saturation, au contact des vides, des racines, sur les faces de certains agrégats. Il y a une redistribution centrifuge du fer, migrant lors du dessèchement de l'horizon, de l'intérieur des agrégats vers leur périphérie.

Le fer s'immobilise alors sous forme de fines pellicules d'hydroxydes. Mais ce phénomène est fugace : les immobilisations de fer disparaissant dès que l'horizon, de nouveau saturé, redevient le siège de processus de réduction et de mobilisation du fer qui tendent à en uniformiser la répartition dans l'horizon.



Figure 1.20 : horizon de gley oxydé (Go)

¹Anciennement Horizon de gley réduit (CPCS).

²Anciennement Horizon de gley oxydé (CPCS).

B) Horizons rédoxiques (notation g ou -g) :

Les horizons rédoxiques (symbolisés par la lettre g ou -g), sont caractérisés par une juxtaposition de plages, de traînées grises (ou simplement plus claires que le fond de l'horizon) appauvries en fer et de taches, de nodules, voire de concrétions de couleur rouille (brun-rouge, jaune-rouge, etc) enrichies en fer.

Les taches d'oxydation et / ou de décoloration peuvent être assez nombreuses (2 à 20 % de la surface de l'horizon) à très nombreuses (horizon bariolé). Elles peuvent être très fines (1 à 2 mm) à grosses (plus de 15 mm) , peu contrastées ou contrastées.

Dans les horizons rédoxiques, la répartition du fer est très hétérogène. La couleur des surfaces des agrégats, plus claires que leur partie interne, résulte d'une **migration du fer vers l'intérieur de ces agrégats**, lors des périodes de saturation. **Le fer s'immobilise à l'intérieur des agrégats quand le dessèchement intervient**, souvent rapidement, dans ce type d'horizon. Cette **immobilisation du fer est permanente** ; en se maintenant lorsque le sol est à nouveau saturé, les immobilisations de fer **tendent peu à peu à former des accumulations localisées**, donnant des taches de couleur rouille, des nodules, des concrétions (figure 1.21). Les surfaces décolorées grisâtres correspondent à des concentrations faibles en fer.

Une ségrégation du fer de type rédoxique est donc à attribuer au développement successif de processus de réduction et de mobilisation puis d'oxydation et d'immobilisation du fer, intervenant pendant les périodes de saturation puis de non saturation de l'horizon.



Figure 1.21 : horizon de pseudogley

8. Les horizons d'altération à structures lithologiques : C

L'horizon C se situe à la base du sol, en continuité avec la roche-mère qui lui donne naissance. Les constituants de cet horizon ont subi une fragmentation importante et/ou une certaine altération chimique.

L'horizon C (ou roche-mère pédologique) peut subir une certaine illuviation (dépôts de CaCO_3 , gypse, argiles, sels) ou même une éluviation de certains éléments (sels solubles,...).

9. Les roches-mères : R, M ou D (roches-mères ou substrats)

Il s'agit de roches, dures ou meubles, non altérées (ou seulement très localement). Ce matériau peut être partiellement exploité par les racines.

On distingue les roches en termes de :

- **Couches R** : Roches dures, massives ou peu fragmentée (calcaires durs, grès, granites,...),
- **Couches M** : Roches meubles ou tendres non ou peu fragmentées. Ces couches sont cohérentes mais faciles à travailler avec des outils (craie, marne, sables, schistes,...).
- **Couches D** : Matériaux durs fragmentés puis déplacés ou transportés, non consolidés, formant un ensemble pseudo-meuble où les éléments grossiers dominent (éboulis, grève alluviale, moraines,...).

10. Horizons histiques H

Horizons holorganiques formés en milieu saturé par l'eau durant des périodes prolongées (plus de 6 mois dans l'année) et composés principalement à partir de débris de végétaux hygrophiles ou subaquatiques.

Pour qu'un horizon soit considéré comme histique, sa teneur en cendres (obtenue par calcination à 600 °C) doit être < 50 % ; au-delà de 20 % de matière minérale, on estime que l'horizon histique a reçu des apports de matières minérales d'origine allochtone.

Typologie des horizons histiques H		Indice de von Post	Taux de cendres (en %)
Horizons saptriques (Hs)	sans aucun élément visible	10	25-50
	avec quelques fibres reconnaissables	9	25-50
	avec restes de bois	8 ou 9	40-50
Horizons mésiques (Hm)	avec restes de racines	5 à 8	10-50
	avec restes d'herbacées et de mousses	5 à 8	15-50
	indifférencié	5 à 8	12-50
	à rhizomes	5 à 8	12-50
	ou restes de bois		
Horizons fibriques (Hf)	à rhizomes, et de radeaux	4 à 5	5-25
	à restes de bois	3 à 5	10-50
	à linaigrettes	2 à 4	10-50
	à sphaignes et éricacées	1 à 5	< 10
	à sphaignes	1 à 4	< 10

Échelle de décomposition des horizons histiques selon von Post.

Degré de l'échelle	Décomposition	Structures végétales avant le test	Présence de matières amorphes	Ce qui passe entre les doigts par pression dans la main
1	Nulle	Parfaitement identifiables	Nulle	Eau limpide
2	Insignifiante	Facilement identifiables	Nulle	Eau de couleur jaune à brune
3	Très faible	Identifiables	Très faible	Eau de couleur brune à noire
4	Faible	Difficilement identifiables	Faible	Eau turbide
5	Moyenne	Reconnaissables, mais non identifiables	Moyenne	Eau turbide, avec un peu de matière solide
6	Moyenne à forte	Non reconnaissables	Élevée	Eau boueuse: moins du 1/3 de la matière solide passe entre les doigts
7	Forte	Indistinctes	Très élevée	Eau boueuse: environ la moitié de la matière solide passe entre les doigts
8	Très forte	Très indistinctes	Très élevée	Boue: les 2/3 de la matière solide passent entre les doigts
9	Presque totale	Partiellement non discernables	Très élevée	Presque tout le mélange homogène eau-matière solide passe entre les doigts
10	Totale	Non discernables	Très élevée	Toute la masse homogène passe entre les doigts

►► Méthodes de description sur le terrain

Dans un histosol saturé par l'eau, les débris organiques gardent longtemps leur physionomie. Une description appropriée des différents niveaux renseigne sur l'histoire hydrique et sur le fonctionnement. Comme certains caractères sont fugaces, l'ordre des descriptions est important.

0. noter le cortège végétal à l'endroit du sondage ainsi que les observations topographiques (butte, résurgence, etc.). Ensuite, pour chaque niveau, il faut noter :

1. la couleur : elle varie du beige au noir, avec des reflets souvent rougeâtres, parfois violacés ;
2. l'odeur : sans odeur, odeur d'H₂S (noter l'intensité : +, ++, +++);
3. la compacité ;
4. l'organisation des structures végétales : plutôt verticale ou horizontale, inorganisation, avec grumeaux, etc. ;
5. le degré de décomposition peut être estimé par le test de von Post (cf. tableau ci-contre). Il varie de 1 à 10 ; noter s'il est impossible de réaliser ce test ; le test peut aider à la caractérisation des deux points suivants, ne pas hésiter à le renouveler ;
6. le taux de fibres : saprique < 10 %, mésique entre 10 et 40 %, fibrique > 40 % ;
7. la nature des fibres et des macrorestes ainsi que leurs tailles (tiges, brindilles, racines) et hypothèses typologiques (bois, cypéracées, éricacées, roseaux, sphaignes, etc.) ;
8. l'humidité (impression) : sec, frais, peu humide, humide, etc. ;
9. éventuellement : mesures de teneurs en eau volumiques avec des grands anneaux de 250 cm³ ;
10. la présence ou l'absence d'une nappe d'eau : pour identifier les superpositions de nappe, noter le niveau par rapport à la surface après le sondage ;
11. présence ou non de matière minérale : noter la granulométrie, la structure et l'abondance.

►► Analyses de laboratoire

Certaines analyses sont communes aux approches effectuées pour caractériser d'autres sols : pH, masse volumique apparente, CEC, teneurs en carbone, teneur en azote ; les autres sont spécifiques : taux de fibres frottées, taux de cendres, indice pyrophosphate, étude des macrorestes.

11. Matériaux limniques (Mli) et terriques (Mt)

Dans les histosols, on observe parfois des matériaux non holorganiques déposés en surface (sur une épaisseur < 50 cm) ou intercalés au sein des horizons histiques :

- les matériaux limniques (Mli) sont des matériaux coprogènes ou des tourbes sédimentaires (débris de plantes aquatiques très modifiées par les animaux aquatiques), des terres à diatomées, des marnes dérivant de débris végétaux et d'organismes aquatiques (charophycées, coquilles d'animaux). Cette définition inclut la notion de « gyttja » utilisée en Europe septentrionale ;
- les matériaux terriques (Mt) sont des matériaux minéraux ou organo-minéraux, consolidés ou non, continus, recouvrant des horizons H ou recouverts par eux.

12. Matériaux anthropiques Z

Des matériaux variés d'origine anthropique, artificiels et technologiques, viennent souvent enfouir les sols autochtones. L'homme est responsable de la mise en place de ces matériaux non pédologiques dans lequel l'anthroposol va se développer (déblais de mines ou de carrières, déchets domestiques, boues résiduelles, scories, gravats, décombres, etc.). Cette mise en place provoque l'enfouissement des horizons initiaux qui doivent alors être notés soit –b, soit II.

Quatre types de matériaux anthropiques (codés Z) peuvent être distingués :

- les matériaux anthropiques terreux (codés Ztr) sont des matériaux d'origine pédologique ou géologique, le plus souvent mélangés, et de granulométrie fine (< 2 mm), avec parfois une faible charge en éléments grossiers,
- les matériaux anthropiques technologiques (codés Ztc) sont issus des procédés d'extraction et de transformations par voies physiques, chimiques ou biologiques de matières premières. Ce sont des sous-produits des activités industrielles, artisanales ou minières,
- les matériaux anthropiques holorganiques (codés ZO) correspondent à des apports de grande quantité de matières végétales non ou peu transformées ou de composts,

1.4.3 Les références

1.4.3.1. Les FLUVIOSOLS :

Ces sols de dépôts alluviaux récents des vallées se distinguent par trois caractères principaux :

- ils occupent toujours une position basse dans les paysages : celle des vallées où ils constituent le lit des rivières.
- ils sont développés dans des matériaux récents, les alluvions fluviatiles.
- ils sont marqués par la présence d'une nappe phréatique permanente ou temporaire, à fortes oscillations et ils sont inondables en période de crues.

Il ne faut pas confondre les sols alluviaux proprement dit, avec les dépôts d'alluvions anciennes des terrasses, dépourvues de nappe, et qui constituent un matériau pour des sols évolués.

A) Caractéristiques principales :

a) Matériau :

Souvent, il s'agit d'un matériau relativement fin (argile, sable, limon) reposant sur un matériau grossier (la grève alluviale) dans lequel circule une nappe phréatique. La texture peut varier beaucoup avec la profondeur suivant les types d'alluvionnement successifs.

b) Evolution :

Faible ou nulle ; elle peut se traduire par de faibles altérations et redistributions du fer, des sels, du CaCO_3 ,...

c) Caractères hydromorphes :

De nombreux fluviosols connaissent des engorgement à des degrés divers. On note toujours la présence d'une nappe souterraine plus ou moins profonde selon le cas et les saisons.

Comme la nappe est riche en oxygène (nappe circulante), les effets négatifs sur la végétation sont atténués.

B) Horizons de Référence :

Dans les FLUVIOSOLS, il n'existe pas d'horizons de référence spécifiques mais on peut y reconnaître notamment :

- des horizons A typiques ou atypiques (horizons Js) ;
- des horizons S assez typiques (FLUVIOSOLS BRUNIFIES) ou atypiques (horizons Jp) ;
- des couches M et très souvent des couches D (grève alluviale).

Les horizons atypiques ou jeunes Js et Jp sont des horizons très peu différenciés. Les processus d'altération (décarbonatation, libération du fer,...) et de redistribution interne de matière (argile, fer, carbonates) sont à peine amorcés et peu visibles.

C) Références :

a) FLUVIOSOLS BRUTS :

Matériaux d'apport fluviatiles en général grossiers (sables et cailloux) à l'état brut (ou presque) inclus dans le lit mineur des rivières (bancs, îlots temporaires, berges,...). Ils sont souvent mal stabilisés et toujours recouverts en période de hautes eaux.

La couche la plus superficielle peut contenir des traces de matière organique incorporée mais il n'existe pas de véritable horizon pédologique.

Solum diagnostique :

couches M ou D



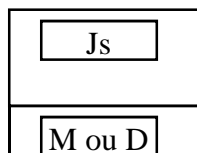
Les FLUVIOSOLS BRUTS peuvent supporter une végétation arbustive caractéristique (saulaie, aulnaie).

b) FLUVIOSOLS TYPIQUES :

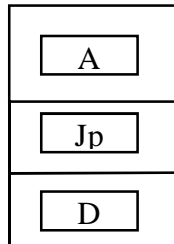
Développés dans des matériaux d'apports fluviatiles récents qui occupent le lit majeur des rivières, ils sont soumis aux inondations en période de crues desquelles la sédimentation se poursuit encore actuellement. Faute de temps, la pédogenèse n'a pas encore pu se manifester. Il s'agit donc de sols peu évolués et peu différenciés sans véritable horizon S.

Les FLUVIOSOLS TYPIQUES correspondent à trois solums diagnostiques :

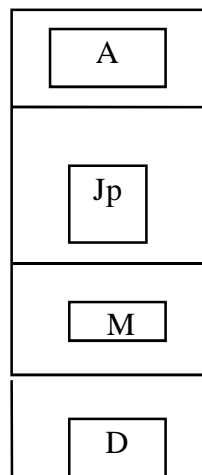
1. Js / M ou D : Solums peu épais (moins de 30 cm), peu évolués où l'horizon Js repose directement sur la couche M ou D (grève alluviale). Ils ne présentent pas d'horizons Jp. Ils peuvent contenir une forte proportion de matériaux grossiers issu de la couche D. Ces solums sont plus fréquents en amont des vallées qu'à l'aval.



2. A / Jp / D : Solums moyennement profonds (30 à 80 cm) comprenant un horizon A typique et un horizon « jeune » de profondeur (Jp) reposant directement sur la couche D par une transition parfois progressive mais le plus souvent par un contact abrupt et ondulé.



3. A / Jp / M / D : Solums profonds (plus de 80 cm) où l'horizon Jp surmonte une couche M plus ou moins épaisse constituée d'un matériau d'apport alluvial de granulométrie variable mais fine. Cette couche M repose sur une couche D située le plus souvent à plus d'un mètre de profondeur.



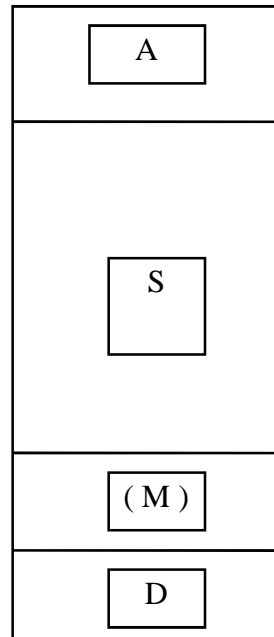
Ces deux derniers solums sont plus fréquents dans la zone aval des rivières que dans le secteur amont.

Les propriétés des FLUVIOSOLS TYPIQUES sont celles des FLUVIOSOLS en général.

Leur potentialités agronomiques et forestières vont en croissant du premier solum vers le troisième, notamment en raison des possibilités plus favorables de réserve en eau et d'enracinement, à condition cependant que celles-ci ne soient pas entravées par des phénomènes d'engorgement plus fréquents dans le solum 3.

Potentialités forestières : culture du peuplier si le sol est suffisamment profond.

c) FLUVIOSOLS BRUNIFIES :



Développés dans des matériaux d'apport fluviatiles récents, ils occupent le lit majeur des rivières et sont soumis aux inondations au cours desquelles une sédimentation fine se produit encore actuellement. Ils sont souvent argileux ou argilo-limoneux, riches en matières organiques et présentent l'aspect des sols brunifiés à horizon S bien exprimé.

Solum diagnostique :

A / S / D ou A / S / M / D

Ce sont des solums profonds (1 m ou plus) possédant en dessous de l'horizon A un horizon bien structuré, biologiquement actif, bien pourvu en matière organique (le taux de carbone peut être supérieur à 2 %) ayant tout à fait les caractères d'un horizon S typique. Cet horizon recouvre, une couche M qui peut être épaisse ou repose directement sur une couche D (grève alluviale).

Ces solums sont les plus fréquents dans les grandes vallées alluviales en zone médiane et aval du profil en long des rivières. Ils peuvent présenter des caractères d'engorgement plus ou moins accentués mais ceux-ci sont souvent atténués par le fait que la nappe alluviale et les eaux d'inondation sont circulantes et oxygénées.

Les propriétés des FLUVIOSOLS BRUNIFIES sont celles des FLUVIOSOLS TYPIQUES en général. Il faut toutefois ajouter que :

- leur potentialités sont très élevées ;
- bien que souvent lourds et difficiles à travailler, ils sont souvent mis en culture sauf pour les types rédoxiques et réductiques.

1.4.3.2. SOLUMS HYDROMORPHES

Ces sols sont caractérisés par une oxydo-réduction du fer liée à la présence permanente ou temporaire d'une nappe. Ces sols comportent au moins un horizon présentant des caractères attribuables à un excès d'eau.

Les causes possibles de l'excès d'eau sont :

- présence d'une nappe profonde, pouvant osciller ;
- présence d'un horizon peu perméable empêchant l'infiltration de l'eau (nappe perchée) ;
- inondation, apports latéraux, etc.

La saturation des horizons par l'eau, c'est-à-dire l'occupation de toute la porosité accessible, peut prendre des formes différentes : si elle se manifeste le plus souvent sous forme de nappe, perchée ou profonde (eau libre), elle peut aussi prendre la forme d'une imbibition capillaire (eau plus ou moins fortement liée au sol) en l'absence de pores grossiers. La saturation par l'eau est plus ou moins durable au cours de l'année, elle peut affecter une partie ou la totalité du solum.

La saturation par l'eau limite les échanges gazeux entre le sol et l'atmosphère. Il peut en résulter un déficit en oxygène plus ou moins prolongé, qui entraîne :

- le développement de processus d'oxydo-réduction qui modifient la mobilité des constituants du sol , d'où des redistributions particulières de certains éléments, notamment du fer ;
- une évolution spécifique de la fraction organique lorsque la saturation intéresse la partie supérieure des solums. L'anaérobiose provoque un ralentissement et une modification de l'activité biologique. Ceci se traduit par une augmentation des teneurs en matières organiques.

1.4.3.2.1. Horizons de Référence : voir ci-dessus (1.4.2)

1.4.3.2.2. Désignation des solums à caractères hydromorphes :

Pour définir et désigner les Références, deux critères sont utilisés : la profondeur d'apparition des Horizons de Référence G, g ou -g et la présence d'autres Horizons de Référence importants tels que E, BT,S, etc.

a) **Manifestation d'hydromorphie débutant à moins de 50 cm de profondeur** (plus ou moins 10 cm) : les excès d'eau sont considérés comme majeurs vis-à-vis du fonctionnement actuel du solum.

Deux cas :

- présence uniquement de G ou g : rattachement simple aux REDUCTISOLS ou aux REDOXISOLS.
- présence également d'horizons E, BT, BP, Sca, Sci, Sal, etc : rattachement double.
Par exemple : LUVISOL-REDOXISOL, FLUVIOSOLS TYPIQUES-REDUCTISOL, CALCOSOL-REDOXISOL.



Figure 1.22 : LUVISOL-REDOXISOL (Forêt domaniale de Rambouillet, 2003)

b) **Manifestation d'hydromorphie débutant entre 50 et 80 cm** : les excès d'eau sont considérés comme secondaires et ils sont indiqués par l'utilisation des qualificatifs « réductique » ou « rédoxique » qui s'ajoutent au nom de la Référence.

Exemples : FLUVIOSOL BRUNIFIE rédoxique ; BRUNISOL MESOSATURE rédoxique, FLUVIOSOL TYPIQUE réductique.

c) **Manifestation d'hydromorphie débutant entre 80 cm et 120 cm** : les excès d'eau sont considérés comme accessoires et ils sont indiqués par l'utilisation des qualificatifs « à horizon réductique de profondeur » ou « à horizon rédoxique de profondeur » qui s'ajoutent au nom de la Référence.

1.4.3.2.3. Horizons de surfaces riches en matière organique relatifs à l'existence de conditions anaérobies

Ces horizons présentent de plus ou moins fortes teneurs en matière organique et des substances dont la nature est propre aux milieux saturés d'eau.

Lorsque la saturation par l'eau atteint la partie superficielle du sol, l'anaérobiose qui s'y développe ralentit la décomposition, la minéralisation de la matière organique fraîche. Elle favorise la production de composés solubles et leur maintien dans le sol en limitant leur biodégradation. L'insolubilisation de ces composés organiques solubles, pour laquelle des constituants minéraux du sol jouent un rôle important, aboutit à la formation d'acides fulviques et humiques.

L'évolution, la composition de la fraction organique du sol, dépendent du développement de processus biologique et par conséquent de la durée de la saturation du sol par l'eau (durée des conditions d'anaérobiose).

C'est ainsi que l'on peut distinguer deux types d'horizons de surface. Les différences entre ces deux types d'horizons résultent globalement de la diminution de l'activité biologique du sol liée à l'existence de conditions anaérobies (donc de la durée et de la continuité de la saturation du sol par l'eau), qu'il s'agisse de l'activité des micro-organismes intervenant dans la décomposition de la matière organique ou de celle de la faune du sol qui assure la fragmentation des substances organiques et leur mélange plus ou moins intime à la fraction minérale du sol.

Horizon de surface temporairement saturé d'eau (type hydromull, hydromoder, hydromor) :

- couleur dominante gris foncé à gris noir, présence de taches de rouille dans les agrégats(réoxydation) ou le long des racines, canaux, etc.
- structure fine devenant massive à débit polyédrique ou grossière cubique ou prismatique, quand la durée de saturation croît ; matière organique plus ou moins mélangée à la fraction minérale suivant l'activité de la faune du sol ; horizon parfois surmonté d'une litière ;
- taux de carbone organique en général inférieur à 8 %.

Horizon de surface longuement saturé d'eau (type anmor - An) :

- couleur gris-noir ;
- structure massive, toucher onctueux lorsque l'horizon est saturé d'eau ; matière organique assez bien mélangée à la fraction minérale du fait de l'activité de la faune du sol lors des périodes de non-saturation ;
- taux de carbone organique supérieur à 8 %.

Un troisième ensemble d'horizons, observés dans des sols constamment saturés d'eau, présentent à la fois une accumulation plus forte et une évolution plus faible de la matière organique. Il s'agit des horizons histiques qui caractérisent les HISTOSOLS (Tourbes).

1.4.3.2.4. REDOXISOLS et REDUCTISOLS : (Pseudogleys et Gleys, CPCS)

A. REDUCTISOLS TYPIQUES (à saturation permanente remontant saisonnièrement dans le solum : fluctuation d'une nappe permanente profonde)

Nous nous limiterons ici à l'étude des REDUCTISOLS en milieu peu acides ou basiques.

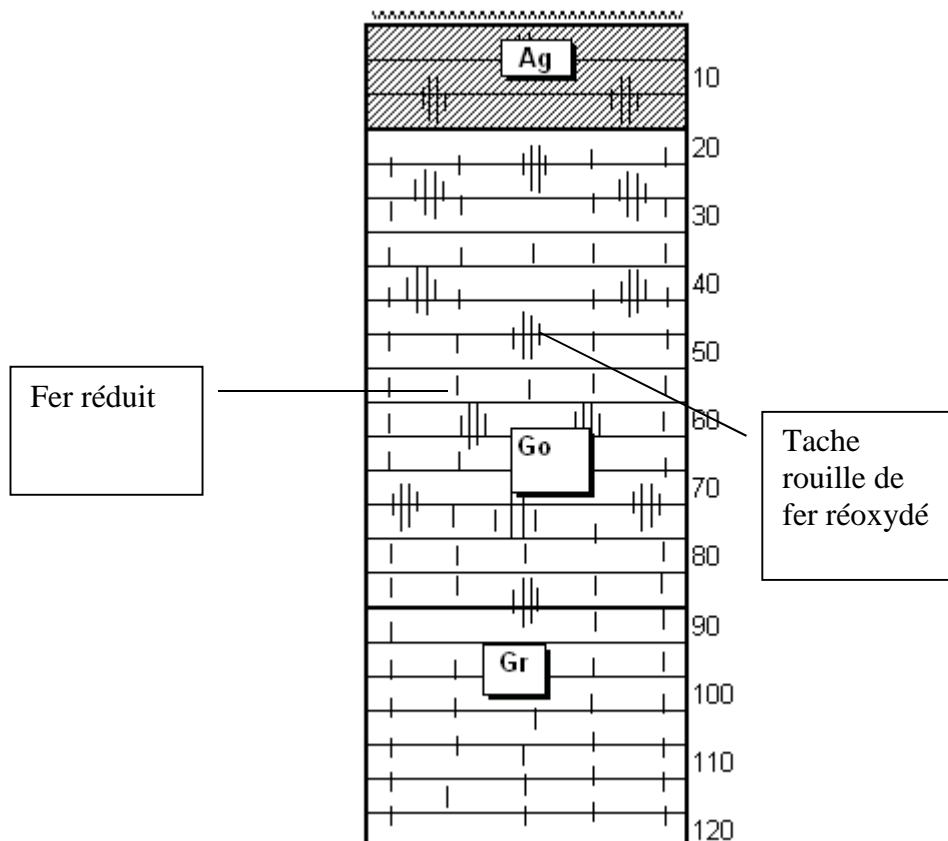
Position topographique :

On les observe en position de fond de vallées, de vallon, de plaine littorale, de dépression, sur alluvions fluviales ou fluvio-marines, ou encore sur alluvions-colluvions récentes.

Solum-diagnostique :

La présence de l'horizon G est liée à l'existence d'une nappe profonde (phréatique) souvent en relation avec le système hydrographique de surface (cours d'eau, étangs, lacs) et localement avec la mer.

Le solum-diagnostique d'un REDUCTISOL TYPIQUE est : A ou An / (S) / Go / Gr



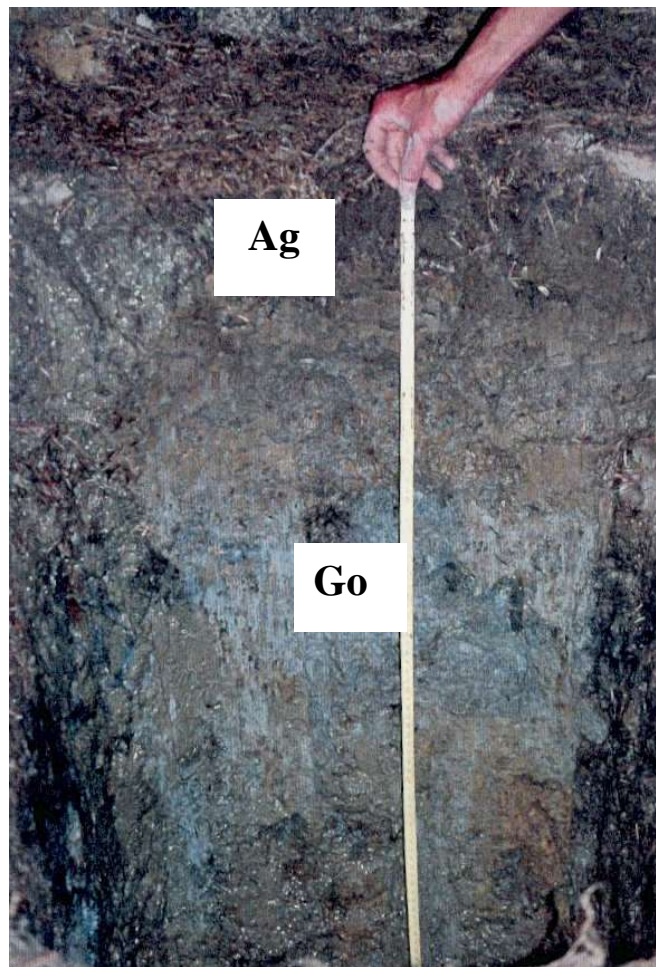


Figure 1.23 : REDUCTISOL TYPIQUE - Forêt communale de TRELON (59) - 2000

Pédogenèse :

Les conditions réductrices qui reignent dans ces sols provoquent la réduction du fer. Ces conditions réductrices sont plus fortes dans l'horizon Gr que dans l'horizon Go. Ceci étant expliqué par le fait que l'eau de la nappe est plus pauvre en oxygène que celle des pluies qui influencent l'horizon Go.

Par contre l'eau de la nappe est moins acide que l'eau de pluie car transportant de nombreux minéraux dissous, notamment des cations basiques (Ca notamment). Dans ces conditions le PH est plus élevé dans l'horizon Gr que dans l'horizon Go. Sachant que la solubilité du fer ferreux Fe^{2+} diminue lorsque le PH augmente, **on comprendra que ce dernier est plus mobile dans l'horizon Go et qu'il a tendance à s'immobiliser plus facilement (sous forme de carbonate de fer $FeCO_3$ peu soluble) dans l'horizon Gr.**

C'est l'accumulation de fer ferreux sous forme de carbonate de fer $FeCO_3$ qui donne la couleur gris-bleu uniforme de l'horizon Gr.

Comment remonte le fer au dessus de la nappe profonde des REDUCTISOLS TYPIQUES? :

Lorsque l'humus est un hydromull, aéré et biologiquement très actif (dans la zone de surface, laissée hors d'atteinte de la nappe), la forte production de CO_2 émanant de cet horizon mobilise une partie du fer. En effet, l'eau de pluie entraîne le CO_2 vers le bas du profil lorsque la nappe est à son niveau le plus bas : le CO_2 entraîné solubilise le fer sous forme de bicarbonate de fer $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$. Ce dernier subit ensuite une remontée capillaire. Il précipite dans l'horizon Go sous forme d'hydroxydes ferriques $\text{Fe}(\text{OH})_3$ de couleur rouille au contact de l'oxygène lorsque le sol devient moins humide. L'oxygène est aussi apporté par les pluies.

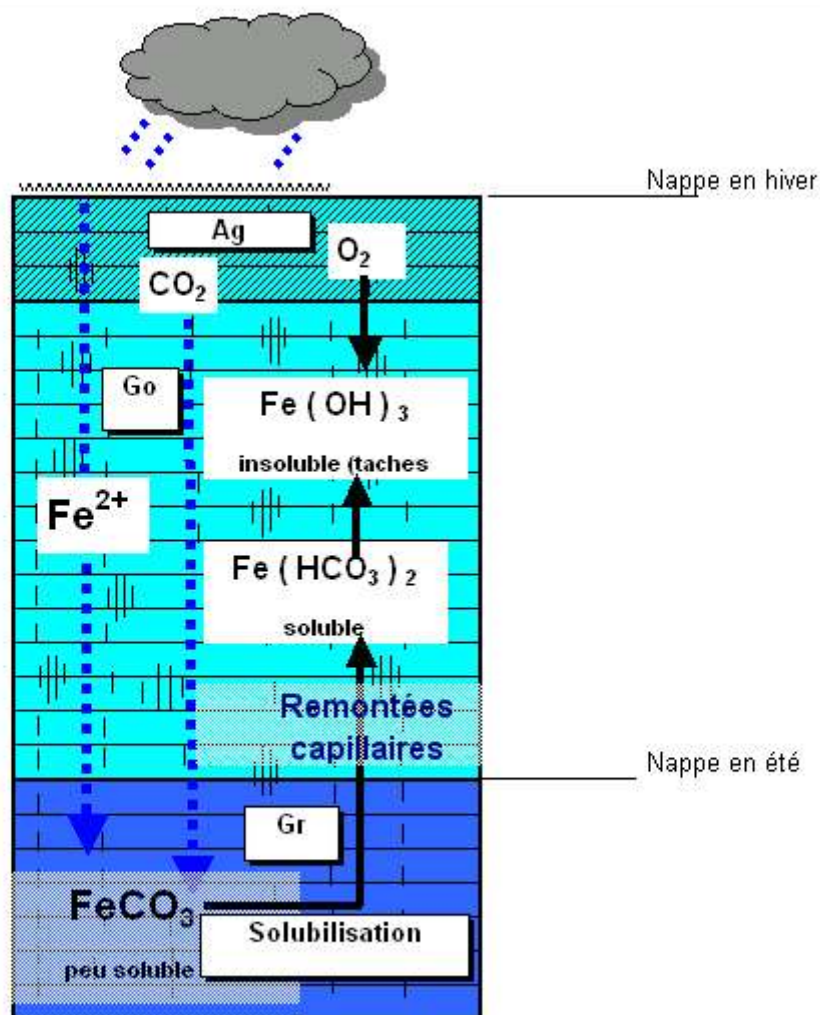


Figure 1.24 : REDUCTISOL TYPIQUE : processus d'oxydo-réduction et de mobilisation du fer

Potentialités forestières :

La mise en valeur forestière est très dépendante de la profondeur de la nappe permanente : obstacle absolu pour pratiquement toutes les espèces de production si elle reste à proximité de la surface (mise en valeur impossible sans assainissement), elle est au contraire très favorable à l'alimentation hydrique estivale des arbres (essences supportant l'engorgement temporaire de surface) dès qu'elle descend à 40 cm de profondeur et plus (frênes, peupliers). Dans ce cas, le drainage artificiel peut être défavorable.

La végétation naturelle est une association spécialisée hygrophile : aulnes glutineux, grands carex (*Carex pendula*), joncs, etc.

L'épicéa de Sitka a été utilisé (à tort) dans les années 60 à 80 afin de valoriser ces sols en terme de production forestière.

B. REDOXISOLS (les « véritables » pseudogleys de la CPCS)

Par opposition à ce que l'on pourrait appeler des « REDOXISOLS secondaires » (tels les LUVISOLS-REDOXISOLS) qui couvrent de très grandes superficies sur matériaux divers (limons éoliens, altérites), les REDOXISOLS « primaires » sont peu fréquents. On ne les observe que sur les dépôts alluviaux et / ou colluviaux, présentant une discontinuité texturale propre à générer la formation d'une nappe perchée. Celle-ci, outre la pluie, peut être alimentée par des apports latéraux provenant des versants situés en amont.

Solum-diagnostique :

Les REDOXISOLS présentent un horizon g débutant à moins de 50 cm de profondeur.
Une information complémentaire doit être apportée quant à la nature du plancher imperméable qui peut être un matériau meuble (horizon C) ou une roche dure.

Le solum est du type : Ag / g / C ou R



Figure 1.25 : REDOXISOL – Forêt de Rambouillet (78) - 2003

Le fer est mobilisé à l'état ferreux pendant les périodes où la nappe existe. Ensuite, après avoir migré sur de courtes distances, il précipite après réoxydation lors de la disparition de la nappe en formant des taches rouille ou des concrétions. A noter que des concrétions ferromanganiques Fe-Mn de couleur noire peuvent également se former également par précipitation.

Potentialités forestières :

Au plan forestier, les horizons rédoxiques g ou -g ne représentent que rarement un obstacle absolu à l'enracinement des arbres. Les potentialités forestières des REDOXISOLS peuvent donc rester excellentes (dépendant plus de leur réserve en eau et de leur niveau trophique que de l'hydromorphie), sauf lorsque la durée de l'engorgement devient très longue (jusqu'en juin) et le niveau de saturation proche de la surface. Dans ces derniers cas, se poseront des problèmes de choix d'essences résistantes à l'excès d'eau, de stabilité des arbres et de renouvellement des peuplements. Billonnage et assainissement ne sont utiles que dans ces cas précis.

Des végétaux tels que molinie (qualifiée souvent à tort d'hygrophile), la bourdaine,... sont résistants à l'asphyxie. Parmi les arbres, les chênes pédonculés (sols à réserve en eau suffisante en été) ou sessiles, les trembles, sont les mieux adaptés.

C. Autres REFERENCES

Il s'agit de sols ayant en plus des caractères hydromorphes, des caractères importants relatifs à d'autres processus de pédogenèse (lessivage , podzolisation,...).

Nous n'en présenterons ici qu'un exemple (figure 1.26) : il s'agit d'un LUVISOL-REDOXISOL.

Lorsque les signes d'hydromorphie apparaissent à moins de 50 cm de profondeur dans les sols les plus acides et les plus évolués (LUVISOLS - REDOXISOLS,...), des problèmes peuvent apparaître :

- les racines absorbantes, peu profondes, peuvent buter sur l'horizon BTg ;
- ces racines peuvent être soumises à une asphyxie partielle quand la nappe existe, mais peuvent manquer d'eau en période estivale ;
- l'anaérobiose freine l'absorption des ions par les racines au printemps, et le cycle de l'azote est perturbé ;
- des problèmes de stabilité des arbres peuvent survenir.

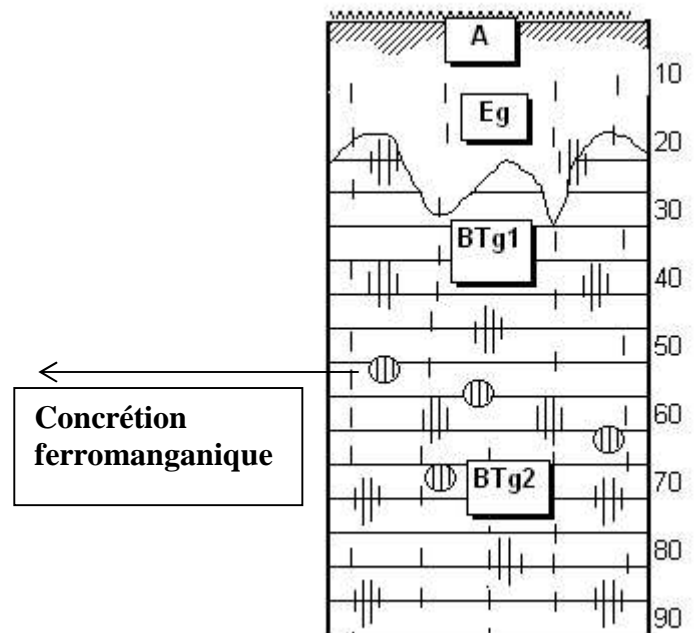


Figure 1.26 : LUVISOL-REDOXISOL Forêt des Minières (B) – 2002

1.4.3.3. HISTOSOLS

Les HISTOSOLS sont définis par la présence quasi exclusive des horizons de référence histiques Hf, Hm, Hs, Ha ou LH, accompagnés ou non de minces niveaux de matériaux limniques et/ou terriques.

Seuls autres horizons et couches possibles en profondeur : horizons G, couches M ou D ou R.

Définition : est appelé prédominant l'horizon qui est le plus épais (éventuellement épaisseurs cumulées) entre 40 et 120 cm de profondeur, ou entre 0 et 50 cm si des couches M, D ou R apparaissent à moins de 50 cm de profondeur.

En cas de contact lithique, les HISTOSOLS doivent être plus épais que 10 cm, sinon le solum doit être rattaché aux lithosols épihistiques

A. HISTOSOLS FIBRIQUES

Le solum présente un ou des horizons Hf prédominants de plus de 60 cm d'épaisseur.

Le solum le plus simple ne comporte pas d'horizon Hm de plus de 25 cm, ni d'horizon Hs de plus de 12 cm au-dessous de 40 cm de profondeur et jusqu'à 120 cm (histosols fibriques hapliques).

Il n'y a pas de production de H₂S sous forme de gaz entre 0 et 50 cm. Solums saturés en eau la plus grande partie de l'année. La nappe peut fluctuer, mais ne doit pas descendre au-dessous de 60 cm sur la courte période de végétation.

B. HISTOSOLS MESIQUES

Le solum présente un ou des horizons Hm prédominants de plus de 40 cm d'épaisseur.

Le solum le plus simple ne comporte pas d'horizon Hf de plus de 25 cm, ni d'horizon Hs de plus de 12 cm au-dessous de 40 cm de profondeur (HISTOSOLS MESIQUES hapliques).

Solums totalement saturés en eau jusqu'à la surface plus de 30 jours dans l'année. Les matières organiques sont en partie décomposées. Il n'y a pas d'odeur de H₂S. La nappe est fluctuante et l'origine botanique des débris végétaux n'est pas toujours reconnaissable. Les HISTOSOLS MESIQUES sont fréquents dans les tourbières des plaines alluviales et les marais côtiers ou en bordure des hauts-marais. La partie supérieure du solum reste humide toute l'année. Les origines végétales sont variées : bois, herbacées et mousses.

C. HISTOSOLS SAPRIQUES

Le solum présente un ou des horizons Hs prédominants de plus de 40 cm d'épaisseur.

Le solum le plus simple ne comporte pas d'horizon Hf, ni d'horizon Hm de plus de 25 cm au-dessous de 40 cm de profondeur (HISTOSOLS SAPRIQUES hapliques).

Solums totalement saturés en eau jusqu'à la surface plus de 30 jours par an, fréquemment en situation de vallée. Il peut y avoir des dégagements de H₂S gazeux à moins de 100 cm de 208 la surface dans des horizons plus fibriques et très acides (pH de 3 à 4) ; ils sont alors désignés comme HISTOSOLS SAPRIQUES à H₂S. L'odeur de H₂S est importante à noter, car elle est en liaison avec les conditions anaérobies qui engendrent la formation de méthane, lequel est inodore.

D. HISTOSOLS COMPOSITES

Le solum ne comporte pas d'horizon saprique, fibrique ou mésique vraiment prédominant (entre 40 et 120 cm), ni répondant aux critères d'épaisseur exposés ci-dessus.

E. HISTOSOLS LEPTIQUES

Des horizons H de moins de 50 cm d'épaisseur au total (mais de plus de 10 cm) reposent sur un substrat tendre ou dur (couches M, D ou R)

Remarque : si des horizons H de moins de 50 cm d'épaisseur sont observés au-dessus d'horizons G, le solum doit être rattaché à une référence de REDUCTISOL

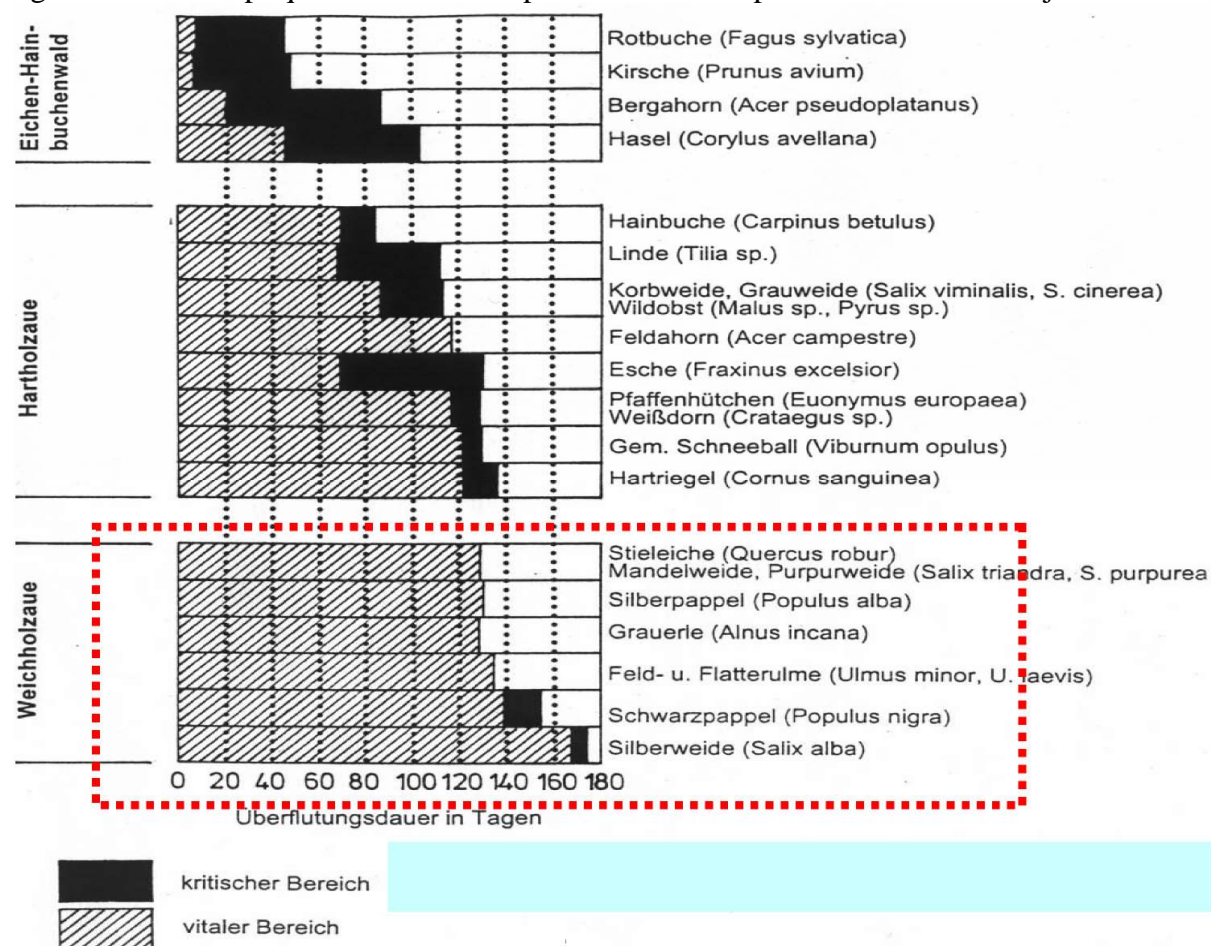
1.4.3.4. Les THALASSOSOLS

Ce sont des solums développés dans les formations d'apports marins ou fluvio-marins, situés à des altitudes voisines de celles de la mer, peu différenciés.

On les rencontrent par exemple le long de la Manche (Baie du Mont Saint-Michel), de l'Océan Atlantique (Marais Poitevin, rives de la Gironde, Iles de Ré et de Noirmoutier) et de la Méditerranée (étangs du Languedoc et du Roussillon).

1.5 . Influence de la durée d'immersion sur les arbres

Le tableau ci-dessous représente le nombre de jours d'inondation (agissant sur la disponibilité de l'oxygène pour les racines des arbres) pouvant être supporté par certaines espèces ligneuses. Ceci expliquera bien sûr la répartition de ces espèces au sein du lit majeur.



1.6 . Racines des arbres et connections avec la nappe

Pour survivre lorsque la nappe d'eau est redescendue (étiage du cours d'eau), il est primordial pour les arbres d'avoir un enracinement suffisamment profond pour rester en contact avec la nappe (ou bénéficier des remontées capillaires), ou de tolérer un certain degré de stress hydrique. Ce sont ces caractéristiques qui vont aussi expliquer la répartition des espèces ligneuses dans le lit majeur des cours d'eau.

Prenons un exemple :

La répartition spatiale des structures racinaires du frêne (*Fraxinus excelsior*) et du peuplier noir (*Populus nigra*) a été étudiée en milieu alluvial pour déterminer dans quelle mesure le toit du galet représente ou non un obstacle physique à la prospection des racines. En effet, pour un arbre, l'impossibilité à s'enraciner dans un substrat grossier présente deux contraintes susceptibles d'affecter sa croissance :

- lorsque le toit de galets est proche de la surface, le volume disponible pour l'alimentation en eau et en nutriment est plus restreint
- lorsque la nappe s'enfonce (étiage, incision, pompage) et que son niveau passe en dessous du toit du galet, l'alimentation en eau est interrompue et les remontées capillaires deviennent très faibles.

Les résultats obtenus sur 15 frênes et 15 peupliers dans la forêt alluviale de la basse vallée de l'Ain montrent deux stratégies d'enracinement différentes (figure 1.27). En effet, pour le frêne, la profondeur maximale de prospection des racines n'est jamais supérieure à l'épaisseur de sédiments fins ; le substrat grossier n'est donc pas prospecté par cette essence. Au contraire, pour le peuplier noir, le toit du galet ne représente pas une limite à l'enracinement, ce qui est peu surprenant dans la mesure où il colonise les substrats grossiers et s'y développe. Ces résultats mettent en évidence que la croissance du frêne est potentiellement plus sensible que celle du peuplier à l'épaisseur de sédiments fins et à un enfoncement de la nappe sous le toit de galets

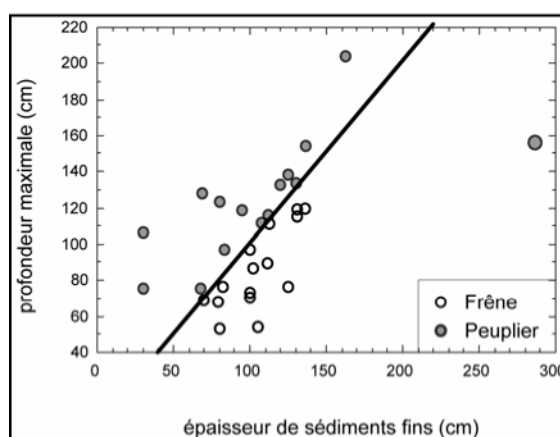


Figure 1.27 : profondeur maximale de l'enracinement du frêne commun et du peuplier noir en fonction de la profondeur du toit de galets (DUFOUR S., PIEGAY H.;2004).

1.7 . Influences anthropiques sur la croissance des arbres en milieu alluvial

Le schéma ci-dessous illustre les interactions complexes des facteurs contrôlant la croissance des arbres en milieu alluvial

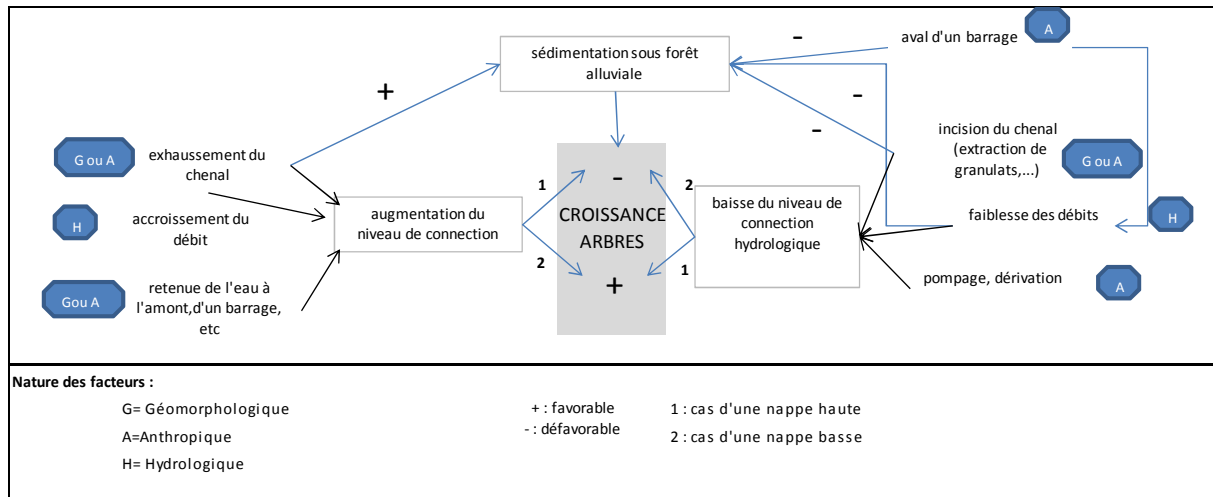


Figure 1.28 : *facteurs de contrôle de la croissance ligneuse en milieu alluvial (DUFOUR S;2005).*

Chapitre 2 : Forêt riveraines, forêts alluviales, ripisylves et milieux associés : intérêts, rôles et cause de la régression des forêts alluviales

2.1. Forêts riveraines alluviales : causes historiques de leur régression et menaces sur leur existence et fonctionnement

Les forêts alluviales sont les formations forestières qui ont le plus régressé en France et plusieurs menaces pèsent sur ces forêts devenues souvent relictuelles

Les principales causes de cette régression sont :

- Exploitation des terres alluviales pour l'agriculture ou la pâture : défrichements de la préhistoire au 18^{ème} siècles, urbanisation, etc
- Les grands travaux hydrauliques : canalisations, rectifications,....des 19^{ème} et 20^{ème} siècles
- Populiculture : peu de défrichements récents ! (souvent anciennes pâtures ou terre agricole)
- Enrésinements artificiels des fonds de vallées/vallons

Les principales menaces sur l'existence ou le fonctionnement de ces forêts sont notamment :

- Espèces invasives : renouée du Japon, érable negundo, robinier....
- Modifications des apports de sédiments, abaissement des niveaux de nappe lors des pompages ou des travaux hydrauliques, exploitation des gravières,...
- Phytopathologies : graphioses de l'orme, maladies fongiques sur la vigne sauvage, dépérissement de l'aulne glutineux,...

L'aulne glutineux est atteint par une maladie cryptogamique causée par un Phytophthora qui provoque son dépérissement rapide en le coupant de son alimentation hydrique. Ce dépérissement, signalé pour la première fois en 1994, se propage rapidement et atteint de nombreux individus, notamment en Eure-et-Loir. La menace qui pèse sur cet arbre clé pour la bonne tenue des berges pourrait être lourde de conséquences.

La maladie se manifeste par un houppier plus clair, des feuilles petites, jaunâtres et moins nombreuses, des tâches noires sur le tronc entre la base et les trois premiers mètres de l'arbre et, en fin de dépérissement, par des branches mortes. Une grande vigilance est nécessaire partout où les aulnes sont abondants. Actuellement, aucune méthode de lutte efficace ne peut être conseillée. Il faut diagnostiquer les sujets atteints puis adapter la gestion de la ripisylve : éliminer les sujets morts et dangereux, les brûler sur place, utiliser des outils non contaminés, diversifier les espèces en place, replanter préférentiellement des plants issus de graines et non de boutures.

2.2. Rôles des forêts et boisements riverains

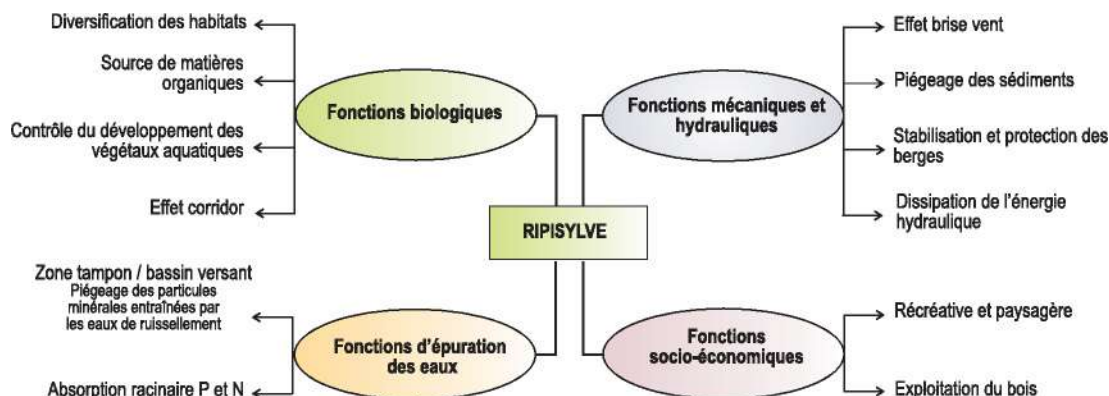


Figure2.1 : Fonction de la ripisylve (Guide technique Agence de l'eau Seine-Normandie)

2.2.1 Fonctions mécaniques et hydrauliques

A. Stabilisation et protection des berges

La végétation permet la protection physique des berges et des sols grâce à la fixation par des réseaux racinaires particulièrement développés et efficaces chez certaines espèces. En effet, la ripisylve est composée d'essences telles que les saules (blanc, cassant, pourpre, des vanniers...), l'aulne glutineux, le frêne, et plus ponctuellement le peuplier noir. Ces essences possèdent toutes des systèmes racinaires très développés et denses que ne possèdent pas les peupliers cultivés ou les résineux, par exemple.

Les graminées et les herbacées ont un enracinement qui peut être assez dense pour le maintien du haut de berge mais pas assez profond pour tenir une berge un peu haute. La coexistence des strates herbacée, arbustive et arborescente est donc un élément essentiel pour la stabilité des berges.

L'implantation de résineux (épicéa commun,...) en bordure des cours d'eau, généralement caractérisés par des racines moins profondes, a pour effet de rendre les berges plus sensibles à l'érosion par affouillement. Le couvert dense de ces résineux empêchant le développement d'une végétation arbustive ou herbacée explique également cet effet.

B. Piégeage de sédiments et protection contre les crues

Lors des inondations, la ripisylve et la forêt alluviale favorisent les dépôts de sédiments dans le lit majeur des cours d'eau, ce qui assure un certain enrichissement des sols concernés.

En augmentant les forces de rugosité du lit, la végétation des berges (arbustives notamment : rôle important des saules arbustifs) diminue les vitesses moyennes et la force d'érosion du courant et ralentit la propagation des crues. Les branches basses des arbustes augmentent la rugosité des berges, atténuant ainsi les phénomènes d'érosion. En effet, en cas de crue, la souplesse des arbustes constituant la ripisylve limite leur arrachage. Ceux-ci, couchés sur le sol par le courant, protègent efficacement les berges.

2.2.2. Fonctions économiques, récréatives et paysagères

A. Rôle économique

Les ripisylves et forêts alluviales sont productrices de bois de chauffage et de bois d'œuvre.

B. Potentialités paysagères et récréatives

La ripisylve est un élément essentiel contribuant à l'attractivité et à la qualité du paysage fluvial. La qualité du paysage riverain participe aussi à la qualité du cadre de vie dans les zones urbaines et périurbaines. Les corridors végétaux présentent des potentialités récréatives intéressantes pour le tourisme (baignades, canoë/kayak, randonnées, vtt, aire de pique-nique, pêche, chasse...).

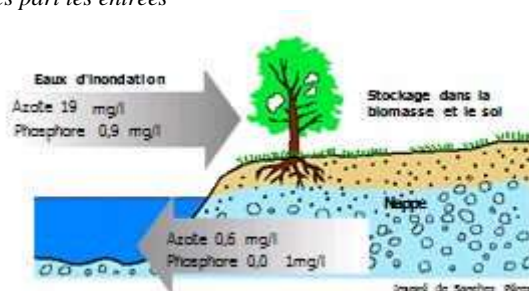
2.2.3. Fonctions écologiques

A. Amélioration de la qualité des eaux

En ce qui concerne les pollutions azotées, principalement deux processus réduisent les teneurs en nitrate : la consommation directe par la végétation et la dénitrification liée à l'activité bactérienne. La part des deux processus dépend de la période de l'année : consommation maximum en période de végétation et dénitrification en période de hautes eaux

Couvert végétal	Eléments	Largeur de la zone d'influence (m)	Réduction de la charge (%)
Ripisylve	Azote	25	68
Ripisylve	Azote	19 / 50	93 / 99
Ripisylve	Azote	16 / 47	93 / 98
Végétation riveraine	Azote	19	50
Ripisylve/marais	Azote	16	99
Aulnaies	Azote	10	70
Ripisylve	Azote	50 à 60 et 90	
Végétation riveraine	Azote	99	
Peupliers/prairie	Azote	5 - 170	100 / 84
Ripisylve	Azote	60	95
Forêt alluviale	Azote / phosphore	5 à 100	100
Ripisylve/forêt alluviale/forêt humide	Azote	50 à 380	10 à 95
Ripisylve	Azote	80	
Ripisylve/forêt alluviale/forêt humide	Azote / phosphore	2 à 100	37 à 73 et 62 à 76

Tableau I: pouvoir épurateur des zones alluviales, données rassemblées par Ruffinoni et al. (2003) à partir de 14 publications scientifiques portant sur l'eau de nappe. La réduction de charge correspond au rapport entre d'une part les sorties moins les entrées et d'autre part les entrées



B. Diversification des habitats aquatiques et rôle de corridor biologique

Par son couvert végétal, son système racinaire (caches) et la production de débris ligneux (source de nourriture, création de micro-habitats...), la ripisylve est un facteur de diversification de l'habitat aquatique (favorable aux poissons, insectes, ...). Les ripisylves constituent un habitat permanent ou occasionnel pour une faune diversifiée. Elles abritent notamment un riche cortège d'insectes et d'oiseaux. Ces derniers sont représentés par des espèces forestières (Pic épeichette, Mésange boréale), d'autres liées aux milieux aquatiques (Martin-pêcheur) ou encore aux lisières (Chouette chevêche).

Par effet corridor, le déplacement de certaines espèces est favorisé par la ripisylve. La faune y trouve quantité d'abris et de nourriture au sein des nombreux habitats (atterrissements, annexes hydrauliques, bras mort, arbres morts...).

C. Contrôle de la végétation aquatique

L'ombrage apporté par les arbres de la ripisylve réduit la quantité de lumière incidente et limite le réchauffement de l'eau en période estivale, réchauffement qui peut être important sur une mouille ou un bief lentique ensoleillé, et défavorable aux salmonidés. En réduisant la photosynthèse, l'ombrage contribue à freiner très nettement le développement des herbiers aquatiques (jusqu'à 75 % pour un éclaircissement réduit de 50 %), facilement exubérants dans les sections ensoleillées à faciès lent.

Les feuilles, et les débris ligneux provenant de la végétation des berges représentent la principale source d'enrichissement du cours d'eau en matière organique dont se nourrissent les larves d'insectes etc. En excès, ces débris végétaux peuvent contribuer à l'asphyxie et à l'envasement des fonds. Il n'est donc pas souhaitable que le milieu soit trop fermé. Ce n'est généralement pas le cas en Seine-Aval, où les rivières souffrent plutôt d'un défaut de ripisylve.

Chapitre 3 : Identification des habitats et principaux habitats en forêts alluviales en France

3.1. Eléments de Phytosociologie

3.1.1. Définitions

La **phytosociologie forestière** est la partie de la phytosociologie générale qui s'occupe de la **reconnaissance**, du **classement**, de **l'étude écologique**, de **l'évolution** et de la **distribution** des groupements végétaux forestiers et des groupements secondaires dérivant de ceux-ci.

Cette définition fait apparaître **l'aspect statique** (reconnaissance et classement des groupements végétaux) et **dynamique** (évolution d'un groupement vers un autre) de la phytosociologie.

Dans ce cours, nous nous attacherons à développer la méthode d'étude de la végétation selon la conception de BRAUN-BLANQUET. Appelée aussi méthode zuricho-montpelliéraine ou encore méthode sigmatiste (S.I.G.M.A. = station internationale de géobotanique méditerranéenne et alpine, fondée par J. Braun-Blanquet à Montpellier), cette méthode a les faveurs des phytosociologues des régions tempérées d'Europe et est la plus largement utilisée.

Formalisée en 1928 avec la troisième édition du « Vocabulaire de Sociologie Végétale » de Braun-Blanquet, la phytosociologie sigmatiste est, depuis près de soixante-dix ans, la méthode de choix pour étudier la végétation d'un milieu, en particulier forestier.

Avant de développer les méthodes d'analyses de la végétation utilisées dans le cadre d'études phytosociologiques selon l'Ecole Sigmatiste, il est important de bien distinguer les notions de **formation** et d'**association végétale** :

Formation végétale : groupement végétal de physionomie relativement homogène due à la dominance d'un ou plusieurs types biologiques (types biologiques de RAUNKIAER).

Exemple : savane; steppe,...

Association végétale : une association végétale est un groupement végétal de composition floristique déterminée. Elle possède une aire géographique délimitée et traduit des conditions écologiques relativement précises (définies par l'amplitude écologique, pour différents facteurs, de toutes les espèces constituant son ensemble spécifique normal) et s'inscrit dans une dynamique définie de groupements végétaux.

La notion d'association végétale est le concept et l'unité de base de la phytosociologie sigmatiste. Cette dernière repose sur le principe selon lequel « toute surface de végétation peut être considérée comme la juxtaposition de différents individus d'associations (un individu d'association pouvant être matérialisé par un relevé floristique), pouvant servir de base à la définition de différentes associations végétales, et séparées par des discontinuités plus ou moins floues ».

3.1.2. Classement et identifications des associations végétales

Le nom d'une association (par exemple : *Stellario nemorum-Alnetum glutinosae*), l'Aulnaie-Frênaie à stellaire des bois) est formé par :

- une **espèce constante**, dominante : cette espèce est toujours présente dans l'association végétale considérée mais peut être présente également dans d'autres associations.
- une **espèce fidèle** : plante présente seulement dans l'association végétale mais pas toujours là.
- un suffixe : « **-etum** ».

Le *Stellario nemorum –Alnetum glutinosae* est donc une association végétale dont le nom est formé par :

- une espèce constante : *Alnus glutinosae* ;
- une espèce fidèle : *Stellaria nemorum*.

Comme en systématique botanique, on peut regrouper les associations dans des unités supérieures : d'abord en alliances, puis en ordres et enfin en classes. Pour former les noms des unités supérieures, on utilise des suffixes :

UNITES	SUFFIXE	EXEMPLE
Sous Alliance	-ENION	<i>Alnenion glutinosae-incanae</i>
Alliance	-ION	<i>Alnion glutinosae</i>
Sous-ordre	-ENALIA	
Ordre	-ETALIA	<i>Aletalia glutinosae</i>
Sous-Classe	-ENEA	
Classe	-ETEA	<i>ALNETEA GLUTINOSAE</i>

Alnus glutinosae = aulne glutineux (étage collinéen et montagnard inférieur)

Alnus incana = aulne blanc (montagnard)

Pour être complet, le nom d'une classe ou autre unité de rang inférieur doit comporter le ou les noms des auteurs.

Exemple : **Alnion glutinosae** Malcuit 1929

Les associations sont également divisées en rangs inférieurs :

Sous association : variante de l'association à déterminisme écologique (niveau trophique ou hydrique par exemple) ou dynamique.

Nomenclature : on utilise le suffixe **-ETOSUM**.

Exemple : L'*Endymio-Fagetum* peut se diviser en trois sous-associations en fonction du niveau trophique :

- *Endymio-Fagetum holcetosum* (hêtraie à jacinthe et houlque) sur substrat acide ;
- *Endymio-Fagetum typicum* (hêtraie à jacinthe typique) sur substrat mésotrophe ;
- *Endymio-Fagetum aretosum* (hêtraie à jacinthe et gouet) sur substrat basiline.

3.1.3. Principales classes d'associations forestières en France

Les classes d'associations forestières peuvent être classées en plusieurs groupes selon le facteur prépondérant qui détermine le type de végétation présent dans un milieu.

Ce facteur peut être : **le climat, les conditions édaphiques ou l'action de l'Homme.**

Si c'est le **climat** qui est le facteur fondamental, on aura une **distribution zonale** de la végétation (zones correspondant à des climats différents) : dans les latitudes élevées au nord, on aura des associations végétales relevant de paysages de toundra ou de taïga ; dans les latitudes moyennes à climat tempéré, on aura des associations végétales où les feuillus à feuilles caduques dominent,...

Par contre, si ce sont les **conditions édaphiques** qui sont le facteur déterminant, la végétation aura donc une distribution dite **azonale** : par exemple, on peut citer le cas des aulnaies marécageuses que l'on retrouve sous diverses zones climatiques.

Les principales classes d'associations forestières de France sont reprises dans le tableau ci-dessous.

Classes forestières à DISTRIBUTION ZONALE (Climat)	Classes forestières à DISTRIBUTION AZONALE (Conditions édaphiques)	Végétation herbacées ou arbustives de substitution, souvent anthropiques
VACCINIO-PICEETEA Forêts résineuses circumboréales et forêts résineuses de hautes montagnes d'Europe	ALNETEA GLUTINOSAE Aulnaies d'aulnes glutineux (bouleaux et saules) des sols engorgés, marécageux ou tourbeux. Salicetalia auritae (saulaies pionnières ou permanentes des sols engorgés) Alnetalia glutinosae (Aulnaies, parfois à bouleaux pubescents)	FESTUCO-BROMETEA Associations des prairies et pelouses thermophiles, sur sols calcaires. EPILOBIETEA AUGUSTIFOLII Végétation de coupes forestières.
QUERCO ROBORIS-FAGETEA SLVATICAE Forêts feuillues tempérées caducifoliées et certaines forêts mixtes, à l'exclusion des saulaies et aulnaies marécageuses. Forêts riveraines européennes : Populeetalia albae Forêts riveraines de l'Europe tempérée : Alnion incanae (=Alno-Padion)	SALICETEA PURPURAE Associations arbustives ou arborescentes de saules (saulaies ou saussaies) ou de peupliers fréquemment inondées (végétation riveraine à bois tendre) Salicetalia purpurea (Saulaies pionnières de rivières de montagnes) Salicetalia albae (Saulaies blanches, Peupleraies noires)	CRATAEGO MONOGYNAE- PRUNETEA SPINOSAE Végétation arbustive (bordures de forêts)
QUERCETEA ILICIS Forêts de feuillus sempervirents sclérophylles dominées par le chêne vert.		CALLUNO VULGARIS –ULICETEA MINOR Végétation de Landes humides

3.1.4. METHODOLOGIE : réalisation de relevés

A. Données récoltées :

Sur chaque point de relevé, on récoltera des données floristiques et des données écologiques.

a) Données floristiques :

Ces données sont récoltées sur une surface d'environ 400 m² ou sur un rayon d'environ 10 - 15 m. La végétation est relevée de manière exhaustive strate par strate :

- Strate arborée (A) : plus de 7m de hauteur
- Strate arbustive (a) : moins de 7 m de hauteur
- Strate herbacée (h)
- Strate muscinale et fongique

Une première observation permet d'établir la liste des espèces présentes. Ensuite, la quantification des espèces est évaluée selon l'échelle d'abondance-dominance de BRAUN-BLANQUET:

- + : espèce rare et sporadique.
- 1 : espèce dont le recouvrement total est inférieur à 5%.
- 2 : espèce dont le recouvrement total est de 5 à 25%.
- 3 : espèce dont le recouvrement total est de 25 à 50%.
- 4 : espèce dont le recouvrement total est de 50 à 75%.
- 5 : espèce dont le recouvrement total est 75 à 100%.

b) Données écologiques :

Les variables écologiques récoltées concernent généralement les paramètres suivants : Positions topographiques, relevé pédologique (textures, hydromorphie,...), etc

B. Identification de l'association végétale à laquelle appartient le relevé

Les relevés floristiques sont comparés à des tableaux phytosociologiques de référence (exemple ci dessous).

On se base sur les espèces caractéristiques de classes, d'ordres ou d'associations.

Des clés de déterminations existent. Nous y reviendrons plus loin.

Tab. 62. Weiden-, Pappel-, Ulmen- und Eichen-Auenwälder der Tieflagen in der Tschechei u. Slowakei.
Nach Tabellen von MRÁZ und ŠIKA (1965), verändert. Feuchtezahl (F) nach ELLENBERG (1992)

Gesellschaft Nr.:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	F	Gesellschaft Nr.:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	F
Baumschicht																							
<i>Salix alba</i>	4	4	3	1	1	3					8=	<i>Alliaria petiolata</i>	4	3	3	5	5	5	5	3	4		5
<i>Populus nigra + americana</i>	3	5	4	4	4	3	3	3	1	1	8=	w <i>Angelica sylvestris</i>	3	4	3	2	2	1	2	1	2		8
<i>Alnus glutinosa</i>	3	4	5	4	3	5	3	4	2	1	9=	E <i>Agropyron caninum</i>	2	2	3	2	2	3	3	5			6
E <i>Ulmus minor</i>	3	3		5	4	5	5	5	3	3	×~	w <i>Taraxacum officinale</i>	2	1	2		1	2	3				5
E <i>Fraxinus excelsior</i> (kult.)				2	2	5	4	4	4	5	×	<i>Rubus caesius</i>	5	5	5	5	5	4	5	2	3	2	×
Q <i>Acer campestre</i>				2	1	3	5	5	4	5	5	<i>Symphytum officinale</i>	5	3	5	4	1	2	2	1	5	2	7
Q <i>Quercus robur</i>				2	3	4	4	3	5	5	×	<i>Glechoma hederacea</i>	3	4	5	5	4	5	5	5	4		6
E <i>Tilia cordata</i>				2	1	3	3	5	5	5	5	<i>Galium aparine</i>	4	3	4	5	5	5	5	4	5	3	×
E <i>Carpinus betulus</i>						2	1	2	2	4	×	w <i>Lysimachia nummularia</i>	3	3	5	1	2	2	2	3	2		6~
												<i>Deschampsia cespitosa</i>	3	3	5	3	2	5	4	3	4	5	7~
Strauchschicht:												w <i>Filipendula ulmaria</i>	3	3	5	4	3	4	2	3	3	5	8
<i>Humulus lupulus</i> (Liane)	3	1	2	2	3						8=	E <i>Geum urbanum</i>	1	1	5	4	4	5	5	4	3	1	5
<i>Sambucus nigra</i>	1	1		5	4	3	3	2			×	E <i>Festuca gigantea</i>	2	1	3	5	3	4	5	4	3	2	7
E <i>Prunus padus</i> (z.T. Baum)	3	2	3	5	5	5	5	4	2		8=	Q <i>Ranunculus ficaria</i>	1	1	2	2	2	4	2	3			2
E <i>Euonymus europaea</i>	2	2	3	2	2	3	2	1	5														
Q <i>Cornus sanguinea</i>				3	3		2	4	1	2	5	<i>Silene dioica</i>	1	3	3	3	3	3	2	2	1		6
Q <i>Crataegus spec.</i>						1	4	3	1	×		<i>Veronica hederifolia</i>	1	3	1	2	4	1	4	2	1		5
												Q <i>Moehringia trinervia</i>	2	4		1	3	1	3	2			5
Krautschicht:												w <i>Heracleum sphondylium</i>			2	3	2	1	2	3	1		5
<i>Bidens tripartita</i>	3										9=	Q <i>Milium effusum</i>			2	2	1	2		2	3		5
P <i>Lycopus europaeus</i>	3										9=	<i>Aegopodium podagraria</i>			2	4	5	5	5	5	6		
w <i>Galium uliginosum</i>	3										8~	<i>Dactylis glomerata</i>			2	4	3	4	5	5	4		5
P <i>Alisma plantago-aquatica</i>	3										10	<i>Veronica chamaedrys</i>			4	1	3	4	3	5	5		5
<i>Polygonum amphibium</i>	3										11	E <i>Scrophularia nodosa</i>			2	1	1	2	1	5	4		6
P <i>Glyceria maxima</i>	4	2									10~	E <i>Campanula trachelium</i>			2	1	1	2	2	5	4		6
<i>Polygonum hydropiper</i>	4	4									8=	E <i>Circaea lutetiana</i>			2	1	3	2	2	1			6
<i>Solanum dulcamara</i>	3	3									8~	<i>Lamium maculatum</i>			2	2	1	4	4	3	2		6
P <i>Carex gracilis</i>	4	2	2								9=	w <i>Anthriscus sylvestris</i>				4	4	3	3	4			5
P <i>C. riparia</i>	4	2	2								9=												
<i>Caltha palustris</i>	3	1	2								9=	E <i>Omphalodes scorpioides</i>				1	5	3	5				6
P <i>Mentha aquatica</i>	3	2	2								9=	Q <i>Adoxa moschatellina</i>			2		2	4					6
P <i>Scutellaria galericulata</i>	3	1	2								9=	E <i>Allium scorodoprasum</i>				1	3	1	2	3			7
w <i>Myosotis palustris</i>	4	2	4								8~	E <i>Paris quadrifolia</i>				1	3	2	2	2			6
w <i>Stachys palustris</i>	4	3	2								7~	E <i>Corydalis cava</i>			1	1	4	2	4	1	1		6
P <i>Iris pseudacorus</i>	5	5	3	1		1					9=	E <i>Stachys sylvatica</i>				1	3	3	3	3	1		7
w <i>Lythrum salicaria</i>	4	3	5	1							8~	Q <i>Anemone nemorosa</i>					3	1	3	4	2		5
w <i>Lysimachia vulgaris</i>	5	4	5	1	1		1				8~	E <i>A. ranunculoides</i>					3	1	3	4	2		6
<i>Ranunculus repens</i>	5	5	4	1		1		2			7~	Q <i>Brachypodium sylvaticum</i>					2	2	4	5	5		5
												Q <i>Poa nemoralis</i>					2	1	1	5	5		5
E <i>Stellaria nemorum</i>	2	2	4								7	E <i>Gagea lutea</i>					3	1	4	1	1		6~
<i>Rumex obtusifolius</i>	4	3	2	4							6	E <i>Viola reichenbachiana</i>					1	3	3	4	4		5
<i>Galeopsis tetrahit</i>	4	1	2	2	2						×	<i>Ajuga reptans</i>					2	4	3	4	3		6
E <i>Impatiens noli-tangere</i>	3	3	3	3	3	1					7	E <i>Stellaria holostea</i>			1	1			4	2	2		5
P <i>Poa palustris</i>	5	3	3	3	3	2					8?	E <i>Pulmonaria officinalis</i>							3	1	1		5
w <i>Phalaris arundinacea</i>	5	5	4	5	3	2		2			8~	<i>Carex brizoides</i>						1					6~
E <i>Alopecurus pratensis</i>	2	1	2	3							6	E <i>Lathyrus vernus</i>							1	3	3		5
E <i>Impatiens parviflora</i>	3	3	3	4	5	3	1	3			×	<i>Hypericum hirsutum</i>							1	3	2		5
<i>Urtica dioica</i>	5	5	5	5	5	5	5	4	1		6	Q <i>Melampyrum nemorosum</i>									2	2	4~
w <i>Poa trivialis</i>	2	3	3	4	3	5	1	3			7	<i>Ornithogalum umbellatum</i>					1				3		5
E <i>Rumex sanguineus</i>	2	1	3	2	3	2	3				7	w <i>Lathyrus pratensis</i>									3		6

P = Röhricht- und Seggenried-Pflanzen (*Phragmitetea*) und untergeordnete Einheiten

Q = Laubwaldpflanzen (*Quercus-Fagetea*)

E = Edellaubwald-Pflanzen (*Fagetea*) und untergeordnete Einheiten

w = in Wiesen verbreitete Arten

Feuchtespanne F4–11

= oft überschwemmt

~ wechselfeucht

× indifferent

(s. auch Abschnitt FIII2a)

3.2. Typologie et identification des habitats

3.2.1. Notion d'habitat

Pour le forestier, un **habitat** est formé par l'ensemble indissociable suivant :

- une faune, avec des espèces ayant tout ou partie de leurs niches écologiques sur l'espace considéré)
- une flore de composition bien spécifique (correspondant généralement à une association ou une sous-association végétale)
- les facteurs stationnels (sol et matériau parental, conditions climatiques,...)

N individus d'habitats très proches par les caractères de leur végétation et de leurs conditions stationnelles, permettent la définition d'un **type d'habitat**.

Exemple de types d'habitat :

- Chênaies pédonculées neutrophiles à Primevère élevée
- Saulaies arborescentes à Saule blanc
- Peupleraies à Peuplier noir
- Aulnaies blanches
- Aulnaies-frênaies à Stellaire des bois des rivières sur alluvions siliceux
- Aulnaies-frênaies à Laîche espacée des petits ruisseaux
- Frênaies-ormaies atlantiques à Aegopode des rivières à cours lent
- Chênaies-ormaies rhénanes
- Peupleraies blanches-frênaies rhénanes
- Etc...

Même si un **habitat** ne se résume pas à la seule végétation, cette dernière par son caractère indicateur (intègre les conditions de milieu et de fonctionnement du système) et sa structure permettra d'identifier le **type d'habitat** auquel l'individu d'habitat étudié s'apparente.

Dans les exemple cités ci-dessus, on peut se rendre compte que l'identification d'un type d'habitat repose sur deux approches complémentaires :

- **Une approche physionomique**, faisant appel à l'aspect global de la végétation et aux espèces dominantes (exemple : Aulnaies-Frênaies, Prairies, Roselières...) . Cette approche fait donc référence à la notion de formation végétale.
- **Une approche phytosociologique** utilisant les espèces végétales pour caractériser des unités plus fines ou (sous)associations végétales (exemple : Aulnaie-Frênaie à Stellaire des bois ; *Stellario nemorum –Alnetum glutinosae*). D'où, l'importance donnée au système de classification phytosociologique vu précédemment.

L'exemple ci-dessous illustre bien ces propos. Il s'agit de l'aulnaie-frênaie à stellaire des bois, type d'habitat reconnaissable à sa physionomie mais aussi à sa composition floristique (approche phytosociologique).



D'un point de vue phytosociologique, on peut situer l'Aulnaie frênaie de rivières à eaux rapides à Stellaire des Bois dans le système suivant :

Classe : *Alnetea glutinosae* Br-Bl...1946

Ordre : *Alnetalia glutinosae* Tüxen 1937

Alliance : *Alnion glutinosae* Malcuit 1929

Sous-alliance : *Alnenion glutinosae - incanae*

Caractéristiques stationnelles : *Habitat des rivières à eaux vives des étages montagnard et collinéen (400 à 1200m) sur substrat siliceux. Matériaux alluviaux : souvent riches en sables et graviers. Régime hydrique : subit les rues principalement hivernales, une nappe circule en surface ou à faible profondeur (bonne oxygénation). Peuplements en galeries étroites ou sur les îlots alluvionnaires.*

Nom scientifique : *Stellario nemorum - Alnetum glutinosae Kästner 1938*

Le fond floristique est composé de :

- **Strate arborescente:** *Alnus glutinosae*, *Fraxinus excelsior*, *Acer pseudoplatanus*, *Ulmus glabra* (orme de montagne)
- **Strate arbustive:** *Salix purpurea*, *Salix fragilis*, *Prunus padus* (cerisier à grappes), *Corylus avellana* (noisetier), *Ribes* sp., *Viburnum opulus*
- **strate herbacée:** *Stellaria nemorum* (Stellaire des bois), *Impatiens noli-tangere* (Impatiente), *Chaerophyllum temulentum* (cerfeuil penché), *Rumex sanguineus* (Oseille), *Stachys sylvatica* (Epiaire des bois),

3.2.2. Critères de dénominations des habitats

Comme vu ci-dessus, la dénomination des types d'habitat repose sur deux types d'approches. Ce sont ces deux approches qui ont permis, en s'emboîtant, d'élaborer une classification des habitats.

Les **critères physiologiques** permettent une première approche de la complexité du tapis végétal en se fondant sur l'aspect global de la végétation. Des communautés végétales appelées **formations végétales** sont donc définies sur les critères suivants :

- La forme biologique et la nature des espèces dominantes (arbres, arbustes, herbes, pelouse,...),
- Le type de continuité du tapis végétal (formations ouvertes, formation fermées),
- Les données écologiques (types de milieux : mésophile ou xérocline, thermophile,...),
- Les données concernant la distribution géographique (exemple : Peupleraies blanches-frênaies rhénanes, Aulnaies-frênaies caussenardes et des Pyrénées orientales ...)

On distinguera alors par exemple dans la classification adoptée en France (Classification européenne CORINE BIOTOPE) les grands ensembles suivants :

- 1. Les habitats littoraux et halophiles ;
- 2. Les milieux aquatiques non marins ;
- 3. Les landes, fruticées, pelouses et prairies ;
- 4. Les forêts ;
- 5. Les tourbières et marais ;
- 6. Les rochers continentaux, éboulis et sables.

Ces grands ensembles se subdivisent ensuite.

Exemple :

4. Forêts :

44. Forêts riveraines, forêts et fourrés très humides

Végétation arborescente et arbustive des plaines inondables, des marais, des marécages et des tourbières.

44.1 Formations riveraines de saules

Salicetea purpureae; Populetalia albae

Formations arbustives ou arborescentes à *Salix* spp., le long des cours d'eau et soumises à des inondations périodiques.

44.11 Saussaies pré-alpines

Salicetea purpureae : Salicion elaeagni

Fourrés de Saules des rivières rapides, à crues estivales et à lit caillouteux, des vallées alpines et péri-alpines avec *Salix eleagnos*, *S. purpurea subsp gracilis*, *S. daphnoides*, *S. nigricans*, *Myricaria germanica* et *Hippophae rhamnoides*

44.111 Saussaies à Myricaria

Salici-Myricarietum

Formations basses prostrées à *Myricaria germanica* et *Salix* spp. des bancs de sables vaseux de sites alluvionnaires.

44.112 Saussaies à Argousier

Salicetum eleagno-daphnoidis

Formations à *Salix* spp. et *Hippophae rhamnoides* sur levées de galets.

44.3 FORET DE FRENES ET D'AULNES DES FLEUVES MEDIO-EUROPEENS

Alno-Padion p. (Fraxino-Alnion glutinosae)

Forêts riveraines de *Fraxinus excelsior* et *Alnus glutinosa*, quelquefois accompagnés par *Alnus incana*, des plaines et collines de l'Europe moyenne, sur des sols périodiquement inondés lors des crues annuelles, mais cependant bien drainés et aérés durant les basses eaux ; elles diffèrent des forêts marécageuses d'Aulnes de 44.9 par la forte représentation dans les étages dominés d'espèces forestières qui ne sont pas capables de croître sur des sols engorgés en permanence

44.32 Bois de Frênes et d'Aulne des rivières à débit rapide

Stellario-Alnetum glutinosae

Galleries d'Aulnes ou d'Aulnes et de Frênes des berges des rivières à débit rapide et des ruisseaux larges, remplaçant les galleries péri-alpines d'*Alnus incana* dans les collines du nord et de l'ouest de l'Europe ; elles sont généralement co-dominées par *Alnus glutinosa*, *Fraxinus excelsior* et *Acer pseudoplatanus*, accompagnés d'*Acer platanoides*, *Ulmus glabra*, *U. laevis*. *Prunus padus* est fréquent en sous-strate, les arbustes comprenant *Ribes rubrum*, *R. uva-crispa*, *Corylus avellana* ; la strate herbacée renferme *Stellaria nemorum*, *Impatiens noli-tangere*, *Aconitum vulparia*, *Allium ursinum*, *Geum rivale*, *Athyrium filix-femina*, *Dryopteris carthusiana*, *Ranunculus platanifolius*, *Urtica dioica*, *Ranunculus ficaria*, *Primula eliator*, *Lamium galeobdolon*, ou *Filipendula ulmaria*, *Luzula sylvatica*. Cette galerie peut être incluse dans d'autres forêts ou réduite à un étroit cordon d'Aulnes le long des rivières traversant un paysage de pâturages.

Ces subdivisions font appel à partir d'un certain niveau à des critères phytosociologiques est les communautés végétales définies dans la classification des habitats correspondent à des unités syntaxonomiques (sous associations ou associations végétales, (sous) alliances, (sous) ordre ou (sous)classes) .

3.2.3. Typologie des habitats et outils de référence pour l'identification et la gestion

3.2.3.1. TYPOLOGIES D'HABITATS EUROPENNES

a) Corine Biotopes

Corine Biotopes est un document élaboré dans le cadre du programme européen « CORINE » : système de cartographie et d'information, outil pour la description de sites d'importance pour la conservation de la nature en Europe. La première typologie européenne "CORINE BIOTOPES" a été publiée officiellement en 1991 (Deville et al, 1991) – à partir d'un travail de base mené en 1984 à l'initiative du Conseil de l'Europe - par la Direction générale de la Commission européenne. L'objectif était de produire un standard européen de description hiérarchisée des milieux naturels (ou "habitats" au sens de la directive communautaire "HABITATS-FAUNE-FLORE"). Très tôt, la "typologie CORINE BIOTOPES" est apparue comme un outil de communication essentiel entre tous les acteurs œuvrant pour la connaissance, la gestion et la conservation du patrimoine naturel et de la biodiversité, tant sur le plan européen que national, régional ou local.



Version originale
Types d'habitats français

Travail réalisé par Miriam BISSARDON et Lucas GUIBAL, sous la direction de Jean-claude RAMEAU



Il s'agit donc d'un outil de référence concernant la typologie européenne des habitats. Ce document consiste en une classification des types d'habitats existants au niveau de l'Union européenne. La définition de chaque type d'habitat y est également donnée. Une version française concernant les seuls habitats présents en France a été publiée en 1997 par l'ENGREF sous la direction de J-C RAMEAU (Bissardon et Guibal, 1997).

La typologie Corine biotope est téléchargeable à l'adresse suivante :
<http://in2000.kaliop.net/biotope/ibase.asp> ou <http://inpn.mnhn.fr/isb/index.jsp>

b) EUNIS

Suite à la refonte et à la mise à jour de la typologie CORINE (Devillers et al, 1991 et Devillers-Terschuren, 1996) des habitats présents sur le territoire européen, une nouvelle typologie appelée **EUNIS** est parue récemment. Cette typologie a été coordonnée en Angleterre par le Centre for Ecology and Hydrology (<http://www.ceh.ac.uk/>).

EUNIS est l'acronyme de l'**European Nature Information System** commanditée par l'Agence Européenne de l'Environnement (<http://eunis.eea.europa.eu/habitats.jsp>) à Paris. EUNIS contient des informations sur des espèces, des types de formations végétales et des sites. Dans sa version 2008 cette classification comporte 5282 codes répartis en 11 grands types de milieux (habitats marins ; lande, fourré et toundra...).

3.2.3.2. TYPOLOGIES D'HABITATS FRANCAISES

a) Les référentiels d'habitats et d'espèces pour la France

Les référentiels Habitats et Espèces sont téléchargeables sous la forme de fichiers Excel <http://inpn.mnhn.fr/isb/programmes/fr/refHabPVF1.jsp>

b) Prodrome des végétations de France

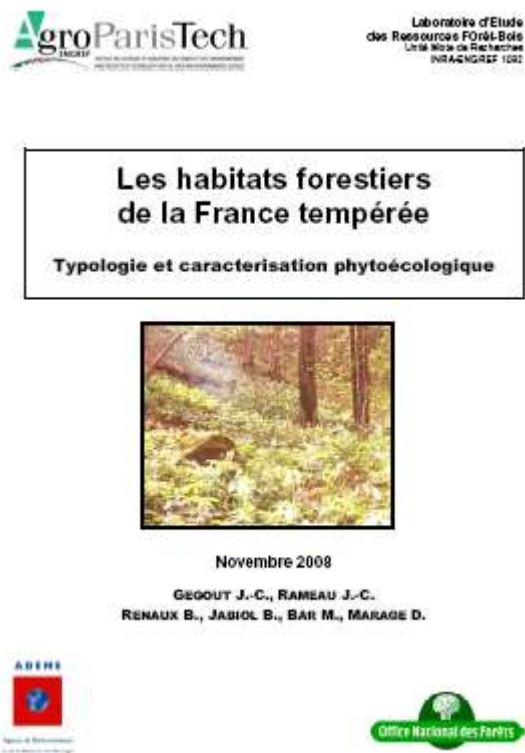
La classification phytosociologique range les groupements végétaux dans un système hiérarchique à plusieurs niveaux (de la classe à l'association) qualifié de synsystème phytosociologique. Le prodrome des végétations de France (Bardat et al., 2004) présente, pour la France métropolitaine, un synsystème des unités supérieures de végétation (de la classe à la sous-alliance). Une démarche de déclinaison du prodrome au niveau association a été lancée. Les classes traitées sont ensuite publiées dans le Journal de botanique de la Société botanique de France.

- **Références :**

Bardat J., Bioret F., Botineau M., Boulet V., Delpech R., Géhu J.-M., Haury J., Lacoste A., Rameau J.-C., Royer J.-M., Roux G. & Touffet J., 2004. *Prodrome des végétations de France*. Coll. Patrimoines naturels, 61. Muséum national d'histoire naturelle, Paris, 171 p.

Bioret F. & Royer J.-M., 2009. Présentation du projet de déclinaison du Prodrome des végétations de France. *J. Bot. Soc. Bot. France*, 48 : 47-48.

c) Fiches des habitats forestiers de la France tempérée



Le manque d'informations concernant les habitats non décrits dans la directive, associé au besoin d'étayer les descriptions des experts par des données floristiques et écologiques quantitatives, sont à l'origine de la réalisation de ce nouveau document sur les habitats forestiers français. Il propose une caractérisation précise et quantitative des conditions floristiques, climatiques et édaphiques des habitats forestiers de la France tempérée, hors zone méditerranéenne, qu'ils soient inclus ou non dans la directive Habitats. La typologie des habitats décrits est basée sur le niveau de l'association de la classification phytosociologique. Elle est identique, pour les habitats de la directive, à celle retenue dans les Cahiers d'habitats et le document "Gestion forestière et diversité biologique". Elle est complétée, pour les habitats non décrits dans la directive, de façon à fournir une présentation homogène de tous les habitats forestiers identifiés en France tempérée. L'ensemble des fiches de description des habitats est disponible à l'adresse suivante :

<https://www2.nancy.inra.fr/unites/lerfob/>

d) GUIDES D'IDENTIFICATION DES HABITATS

Ces guides, disponibles à l'I.D.F. , ont été établis entre 1996 et 2000 dans le cadre du programme européen LIFE « Sensibilisation et formation à l'intégration de la biodiversité dans la gestion des habitats forestiers ».

Ce sont des guides pratiques de reconnaissance et de gestion durable, des espèces et des habitats forestiers ou associés à la forêt, d'intérêt communautaire (visés par la directive européenne Habitats n°92/43/CEE) .

Il existe trois volumes :

- Wallonie-Luxembourg
- France domaine atlantique



- France domaine continental



Ils se présentent tous trois sous forme de fiches pratiques, comprenant une partie descriptives et scientifique et une partie opérationnelle consignant les principes et pratiques de gestion reconnus efficace sur le terrain.

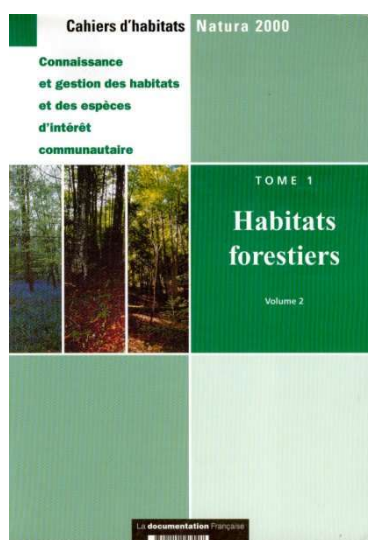
Ces documents sont principalement établis pour les gestionnaires forestiers.

e) LES CAHIERS D'HABITATS

Ces cahiers ont pour objectif de faire l'état des connaissances scientifiques et techniques, sur chaque habitat et espèce d'intérêt communautaire pour lesquels la France est concernée et d'en faire une synthèse sous forme de fiches, selon une double approche :

- Scientifique (identification, synthèse écologique)
- Technique (cadre de gestion)

Cette fois, le public visé est l'ensemble des personnes, organismes et associations amenées à élaborer les documents d'objectifs pour les sites Natura 2000.



Il existe 7 tomes sont publiés :

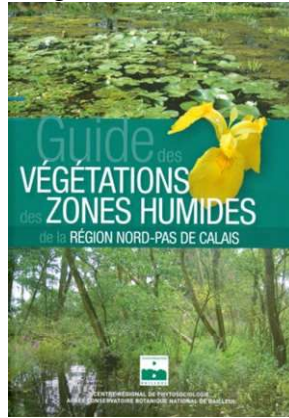
- Tome 1 - Habitats forestiers
- Tome 2 - Habitats côtiers
- Tome 3 - Habitats humides
- Tome 4 - Habitats agropastoraux
- Tome 5 - Habitats rocheux
- Tome 6 - Espèces végétales
- Tome 7 - Espèces animales

Il sont téléchargeables gratuitement sur le site du Museum National d'Histoire Naturelle :

<http://inpn.mnhn.fr/isb/download/fr/docNatura2000Cahhab.jsp>

d) Typologies régionales

Signalons également qu'il existe des **synthèses d'habitats à l'échelle régionale**
(exemple : Guide des végétations des Zones humides de la Région Nord-Pas –De – Calais, Centre régional de phytosociologie de Bailleul)



Typologies régionales : [CBN ALPIN](#) / [CBN Bretagne](#) / [Diren Alsace](#) / [Diren Bretagne](#) / [Diren Rhone-Alpe](#)
http://www.cbnbrest.fr/site/Refer_typo/habit1.php

3.3. Les principaux habitats en forêts riveraines en France : synthèse

Avertissement : Cette synthèse n'est que la reproduction (légerement modifiée) du texte issu des cahiers techniques édités par les acteurs d'espaces naturels de Rhone-Alpes et réalisée par B. PO NT (2007).

Une présentation des habitats riverains plus complète est présentée dans l'animation Power Point attachée à ce cours et un organigramme phytosociologique sera également distribué.

3.3.1. Les grands cours d'eau (rivières et fleuves assez larges) :

Une forêt alluviale peut se caractériser par la conjonction de trois conditions:

- être installée spontanément sur des alluvions fluviales ou lacustres modernes;
- être en relation avec la nappe phréatique sous-jacente;
- être soumise à l'influence des crues du cours d'eau (inondation, érosion).

Les alluvions sont à l'origine de la richesse minérale du sol qui permet une alimentation minérale sans limite de la végétation. L'accessibilité de la nappe phréatique garantit une alimentation en eau indépendante de la pluviométrie, au moins pour les arbres et autres végétaux capables de l'atteindre. De ce fait, les boisements alluviaux sont capables d'une vitesse de croissance particulièrement forte et les arbres y atteignent souvent des dimensions exceptionnelles.

Enfin, la perturbation régulière par les crues joue un rôle déterminant:

- d'une part, elle sélectionne des espèces adaptées à la contrainte d'inondation. Dans le contexte bioclimatique rhônalpin par exemple, à l'étage collinéen, les boisements installés sur des sols riches bien alimentés en eau sont soit des charmaies, soit des hêtraies. Le hêtre et le charme sont des essences très ombrageantes qui laissent peu de place à d'autres espèces d'arbres dans les peuplements où ils participent. Ces deux arbres ne peuvent s'installer en zone inondable car ils ne supportent pas l'inondation, faute d'un système de respiration racinaire adapté. Ils laissent de ce fait la place à des espèces supportant cette contrainte (c'est le cas également dans le contexte normand).
- D'autre part, en perturbant régulièrement le milieu par des phénomènes d'érosion/dépôt, elle ralentit ou empêche son évolution vers des stades matures, permettant à des stades pionniers de se maintenir en proportion beaucoup plus forte que dans la plupart des autres boisements.

Ces particularités fonctionnelles conditionnent la structure des forêts alluviales: ce sont des forêts organisées en mosaïques complexes; en effet, trois types de mosaïques se superposent: celle due à l'hétérogénéité des conditions d'humidité héritées de la dynamique fluviale, celle due à des stades de maturation différents, eux aussi hérités du régime de perturbation lié aux crues et enfin la mosaïque de renouvellement interne pour les boisements suffisamment âgés.

LES DIFFÉRENTS TYPES DE FORÊTS ALLUVIALES

Les forêts alluviales s'organisent d'abord selon le stade successional (âge de la succession, régime de perturbation). Ainsi on distingue les forêts pionnières de bois tendre âgées de quelques décennies au plus et les forêts de bois dur, plus anciennes et soumises à un régime de perturbation moins intense. Entre ces deux extrêmes, on peut définir un stade intermédiaire de transition.

Un autre facteur d'organisation important provient des conditions stationnelles : la situation topographique va déterminer le rythme d'inondation et la profondeur de la nappe phréatique (degré d'hydromorphie) ; la granulométrie et la nature des alluvions (grossières/fines, minérales ou organiques) vont conditionner le degré de relation avec la nappe phréatique (possibilité de pénétration des racines, remontées capillaires), l'importance et le régime du cours d'eau vont déterminer l'amplitude et la saisonnalité du battement de la nappe phréatique et des crues inondantes.

3.3.1.1 Les forêts pionnières de bois tendres

Les alluvions récemment déposées par la dynamique fluviale (banc de sable, de graviers ou de galets) sont rapidement colonisées par la végétation: la première année, cette végétation des grèves récentes est dominée par des espèces annuelles (bidents, chénopodes, "petites" renouées, etc) parmi lesquelles on observe déjà les semis de salicacées. Si une crue ne vient pas remettre en cause la colonisation végétale, une végétation herbacée vivace (*Phalaris* principalement) mêlée de semis de salicacées atteignant maintenant 1 à 2 m se développe les années suivantes. Quelques années plus tard, la croissance des salicacées réduit la place des grandes herbacées et conduit au stade des fourrés arbustifs. Le sol s'est alors exhaussé de quelques décimètres par piégeage d'alluvions fines (sable, limon) lors des crues (effet "peigne" de la végétation).

Une à deux décennies plus tard, ces fourrés sont alors devenus des formations arborescentes où la plupart des arbres ont le même âge et la même taille. La dynamique fluviale, en érodant régulièrement certaines berges et déposant ailleurs les alluvions, renouvelle perpétuellement ce processus conduisant à une mosaïque d'unités d'âges variés.

Les formations arbustives :

Saulaies à *Salix eleagnos*, des rivières à forte pente et forte charge grossière (Ain, Drôme, Rhone et Rhin en amont, etc ...).

Saulaies à *Salix purpurea*, *S. viminalis*, *S. triandra* des grands cours d'eau, les 2 dernières espèces occupant plutôt les dépôts sableux, la première les dépôts grossiers.

Les deux premiers types se raccrochent phytosociologiquement à la classe des SALICETEA PURPURAE

Saulaies à *Salix cinerea* des bras morts colmatés par des limons avec un engorgement long dû à la proximité de la nappe phréatique. Les sols sont nettement gleyfiés (formation marécageuse relevant de la classe des ALNETEA GLUTINOSAE).

Chacun de ces types de saulaies comporte des semis, des arbres qui constitueront le stade suivant : la formation arborescente.

Les peuplements de bois tendre fonctionnels sont constitués de multiples petites unités homogènes en âge en leur sein, mais hétérogènes entre elles. Ces peuplements ont en commun une structure simple, un faible nombre d'espèces ligneuses (<5), de longues durées d'inondation et un régime de perturbation élevé.

Les formations arborescentes :

On peut distinguer **3 types de forêts de bois tendre** en fonction de la nature des alluvions et du comportement de la nappe phréatique:

- sur les alluvions fines (sable, limon) avec une nappe battante (plusieurs mètres d'amplitude), le peuplement est dominé par le saule blanc (**Saulaies à Saules blanc**) ;
- sur les alluvions grossières (graviers, galets) avec une nappe battante, le peuplement est dominé par le peuplier noir (**Peupleraies noires**) ;

Les deux premiers types se raccrochent phytosociologiquement à la classe des SALICETEA PURPURAE

- sur les alluvions fines (ou les dépôts organiques des bras mort) à nappe très peu battante (moins d'un mètre d'amplitude) et peu profonde (moins de 0,5 m à l'étiage), le peuplement est dominé par l'aulne glutineux. Les sols sont nettement gleyfiés (**Aulnaies marécageuses – ALNETEA GLUTINOSAE**).

3.3.1.2. Les forêts post pionnières de transition

La poursuite de la maturation du boisement conduit, vers une cinquantaine d'années, au dépérissement et au remplacement progressif des espèces pionnières par des espèces capables de s'installer sous le couvert. Il s'agit le plus souvent des espèces de la forêt alluviale de bois dur mais dans quelques cas un stade intermédiaire existe.

L'aulnaie blanche (appartenant la sous-alliance *Alnenion glutinosae-incanae* du sous ordre des *ALNO-ULMENALIA* = *forêts riveraines d'Europe tempérée*) en relation avec une nappe battante à hautes eaux de printemps-été **caractérise les cours d'eau à régime nivo-glaciaire** (Arve, Isère, Haut Rhône, Rhin supérieur, ...). Elle forme des peuplements monospécifiques sur les bourrelets de berge sableux. Le sous-bois arbustif est quasi absent et la strate herbacée est dominée par la prêle d'hiver. *En plaine, elle succède à la saulaie blanche, alors qu'à l'étage montagnard elle constitue un stade pionnier des cours d'eau torrentiels.*

La peupleraie blanche (appartenant l'alliance *Populion albae* du sous ordre des *POPULENALIA ALBAE*= *forêts riveraines méridionales*) sur alluvions limono-sableux en relation avec une nappe phréatique battante à étiage estival, **caractérise elle les cours d'eau méridionaux**. En Rhône-Alpes, elle se trouve principalement sur le Rhône à l'aval de Lyon et ponctuellement dans les basses vallées des affluents (Drôme, Isère, ..). Le peuplement est dominé par le peuplier blanc, souvent associé au peuplier noir et/ou au saule blanc. L'absence du frêne, tant en strate arborée qu'en strate arbustive est remarquable. Le sous-bois comporte une strate arbustive composée de sureau, orme, ... et une strate herbacée dominée par des grandes herbes nitrophiles (ortie, ...). Depuis quelques décennies, ce groupement subit de plein fouet le développement de l'érable negundo qui forme aujourd'hui souvent une strate intermédiaire très dense, voire domine en strate arborée.

Enfin, **une peupleraie noire "sèche"** (appartenant l'alliance *Salicion nigrae* de la classe des *SALICETEA PURPURAE*) caractérise les hauts paliers à nappe profonde (plusieurs mètres) des plaines alluviales des cours d'eau à forte dynamique ayant connu une incision marquée du lit (Ain, Drôme, etc. ..). La strate arborée est le plus souvent peu dense (<50% de recouvrement), les arbres y sont chétifs (hauteur totale d'une quinzaine de mètres), le peuplier noir est associé à quelques chênes pubescents, frênes ou tilleuls à grandes feuilles. La strate arbustive est très dense (recouvrement >75%) et composée d'aubépine, troène, fusain, ... Dans le cas d'un usage passé de type "parcours" ces groupements sont en mosaïque avec des pelouses sèches.

Ces 3 groupements peuvent apparaître par dynamique secondaire de recolonisation d'anciennes parcelles labourées ou prairiales. Leur composition est alors moins typique.

3.3.1.3 Les forêts de Bois durs

A ce stade, le boisement se caractérise par l'apparition et la dominance de nouvelles espèces: les frênes (élevés ou à feuilles étroites), chênes (pédunculés ou pubescents) et ormes (champêtres, lisses et localement de montagne). Ces frênaies-chênaies-ormaies comprennent d'autres essences disséminées telles que les érables (champêtre, plane et sycomore), le tilleul à grandes feuilles, le noyer, ... Certaines des espèces pionnières suffisamment longévives se maintiennent dans le peuplement (peuplier noir et blanc, aulne blanc et glutineux). Des espèces arbustives nombreuses viennent encore l'enrichir: aubépine, cornouiller sanguin, cerisier à grappe, noisetier, ... La strate herbacée comporte des espèces typiques des sols riches, bien alimentés en eau (riche floraison printanière) et des nitrophiles.

C'est le type de boisement alluvial le plus complexe. Au-delà de la richesse de la flore ligneuse (plus de 15 espèces, jusqu'à une quarantaine), il se caractérise, en situation naturelle, par une structure de futaie irrégulière (=arbres de toutes dimensions) et de forêt dense (=occupation par la végétation de tout l'espace entre le sol et la canopée, sans strate individualisée). L'exploitation forestière a souvent transformé ces peuplements soit en taillis sous futaie - la structure reste alors irrégulière, soit en taillis et dans ce cas la structure et la composition dendrologique sont simplifiées.

Ce complexe des frênaies-ormaies-chênaies alluviales connaît des variations biogéographiques : plus ou moins grande importance du chêne pédunculé, dominance du frêne commun ou du frêne à feuilles étroites, type d'essences associées.

Forêts de bois durs des grands fleuves :

Parmi les forêts mixtes de *Quercus robur*, *Ulmus laevis*, *Ulmus minor*, *Fraxinus excelsior* ou *Fraxinus angustifolia* (bois durs) riveraines des grands fleuves en climat tempéré (sous-alliance de l'ULMENION MINORIS, alliance ALNION INCANAE de l'ordre des ALNO-ULMENALIA), on peut citer :

- **les Chênaies-ormaies à Frêne oxyphyll** (*Ulmus minor-Fraxinetum angustifoliae*) : Bords de grands fleuves et de leur grands affluents, à régime pluvial océanique (crues au printemps ou à la fin de l'hiver) : Rhone, Saône, Allier, Loire avant sa confluence avec l'Allier, Adour, certains gaves, Garonne. Matériaux limoneux, limonosableux (souvent non calcaire) ; sols alluviaux peu évolués ; gradient dans la distribution des Frênes selon la latitude (beaucoup de Frêne oxyphyll au sud devenant plus rare au nord).
- **Les chênaies-ormaies à Frêne commun** (*Ulmus minor-Fraxinetum excelsioris* = *Querco-Ulmetum minoris*) : Ces formations alluviales se rencontrent aux étages collinéen et submontagnard (entre 100 et 700m), le long des grands fleuves du nord de la France. Elles prospèrent au-dessus des saulaies qui sont elles directement en contact du fleuve. Elles sont surtout localisées dans la plaine rhénane et sur les îles du Rhône en amont de Lyon, mais aussi sur la Loire en aval de sa confluence avec l'Allier. Souvent dégradées du fait de la régularisation des fleuves. **Présence de lambeaux résiduels le long de la Seine** et de certains de ces grands affluents à confirmer.

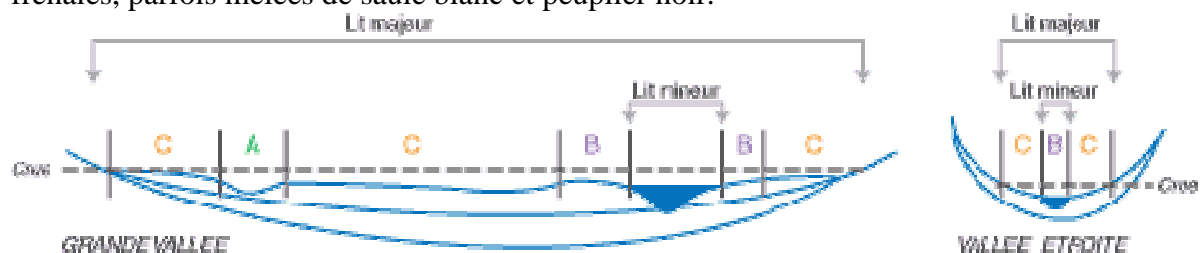
- **Les Peupleraies blanches -Frênaies rhénanes** (*Fraxino excelsioris - Populetum albae*) Il s'agit d'un stade post-pionnier succédant aux saulaies blanches et saulaies-peupleraies noires. Présentes sur alluvions rhénanes constituées de limons souvent carbonatés (sols alluviaux peu évolués). Cet habitat peut succéder également aux peupleraies noires sèches sur les levées alluvionnaires hautes et /ou à substrats plus grossiers.

Les faciès de dégradations :

Nombre de boisements alluviaux ont été transformés par la sylviculture. L'exploitation en taillis conduit ainsi après quelques rotations à la dominance du robinier sur les sols sableux peu ou non connectés avec la nappe phréatique (code corine 44.42). Mais l'altération la plus forte résulte de la plantation de peupliers hybrides. Si la conduite reste extensive, un sous-bois diversifié composé des diverses essences des boisements alluviaux se maintient. Mais avec l'entretien régulier (broyage, voire labours) conseillé en populiculture intensive, on ne peut plus parler de forêt alluviale: il s'agit d'un champ d'arbres ne comptant plus de diversité génétique (plantation monoclonale) et au sous-bois composé d'une végétation herbacée nitrophile, vivace ou annuelle, selon le mode d'entretien choisi.

3.3.2. Les petits cours d'eau (petites rivières, ruisseaux et ruisselets)

Les petits cours d'eau se caractérisent par une moindre ampleur de leur plaine alluviale et des flux qui y transitent. La faible amplitude des battements de la nappe phréatique (moins de 1 m le plus souvent) favorise l'aulne glutineux comme pionnier et la faible largeur du chenal (inférieur à la hauteur des arbres riverains) conduisent à une situation assez ombragée des dépôts d'alluvions récentes, défavorable aux pionniers héliophiles que sont le saule et le peuplier noir. De ce fait ils jouent un rôle secondaire dans les peuplements, laissant l'aulne dominer. La faible largeur de la ripisylve ne permet généralement pas une structuration nette entre forêt de bois tendre et de bois dur et les peuplements sont de ce fait des aulnaies-frênaies, parfois mêlées de saule blanc et peuplier noir.



A : Les saulaies ou les aulnaies marécageuses poussent sur les sols engorgés tout au long de l'année.

B : Les saulaies et saulaies-peupleraies occupent les berges, ou levées alluvionnaires, bénéficiant ainsi d'apports réguliers de limons de crues, très riches en azote.

C : Les aulnaies-frênaies, les aulnaies-frênaies-omaies et les chénaies pédonculées occupent les zones mieux drainées, plus en retrait par rapport aux saulaies ou les zones directement en bordure des vallées étroites.

Parmi les forêts riveraines des petits cours d'eau de l'Europe tempérée (sous alliance *Alnion glutinosae-incanae* de l'association *Alnion incanae*), on peut citer :

Les associations des rivières à eaux courantes à substrat siliceux

Exemple: *Stellario nemori-Alnetum glutinosae* (Aulnaie à Stellaire des bois)

Les associations des ruisseaux

Exemple: *Carici remotae-Alnetum glutinosae* (aulnaies à Laîche espacée)

Les associations des rivières larges à cours lent

Exemple : *Aegopodio podagrariae-Fraxinetum* (Ormaie-Frênaie à Aegopode), *Prunopadi-Fraxinetum* (Ormaie -Frênaie à Cerisier à grappes)

Les associations des sols engorgés (sols gleyfiés)

Exemple: *Filipendulo ulmariae-Alnetum glutinosae* (aulnaies à hautes herbes)

3.3.3. Les milieux associés

Une plaine alluviale se caractérise par une mosaïque de milieux. On vient de voir l'hétérogénéité des boisements mais d'autres milieux s'y imbriquent. En premier lieu les annexes hydrauliques fluviales, espaces aquatiques correspondant à d'anciens chenaux abandonnés du fait de la mobilité latérale du cours d'eau. Même s'ils occupent souvent une proportion réduite de la plaine alluviale, ils comportent de nombreux enjeux patrimoniaux et fonctionnels.

Les grèves qui accueillent les stades initiaux des boisements, constituent également des habitats originaux abritant des espèces tant animales que végétales très particulières car adaptées aux contraintes très fortes imposées par la dynamique fluviale et de longues périodes de submersion.

Enfin les prairies humides et pelouses sèches alluviales forment le dernier élément de cette mosaïque. Il s'agit le plus souvent de groupements originaux du fait de la nature alluviale du sol et des inondations régulières. Le caractère marginal des lits d'inondation pour les exploitations agricoles a souvent maintenu ces prairies à l'écart de l'intensification agricole, renforçant encore leur valeur patrimoniale. Témoins des pratiques agro-pastorales, leur importance dans la plaine dépend de la vitalité de cette filière: le plus souvent il s'agit de vestiges d'une activité aujourd'hui révolue mais certaines vallées alluviales conservent une tradition d'élevage qui permet à ces systèmes ouverts de reléguer la forêt au second rang (val de Saône, Loire).

Le gestionnaire de boisements alluviaux devra porter une attention particulière à ces milieux associés: une gestion conservatoire nécessite à l'évidence un diagnostic approfondi et leur prise en compte, mais une sylviculture raisonnée peut aussi les prendre en compte: éviter d'entreposer des grumes dans les prairies relictuelles, d'abandonner des branches dans les annexes hydrauliques, de circuler abusivement sur les grèves, ...

Chapitre 4 : Méthodes de diagnostic stationnel en vue du choix des essences de boisement/choix des espèces pour la fixation des berges

4.1. Méthodes de diagnostic stationnel en vue du choix des essences de boisement

- 4.1.1 Méthodes analytiques
 - Méthodes basées sur la flore (groupes écologiques)
 - Méthodes basées sur les critères stationnels
 - 4.1.2 Méthodes typologiques
 - 4.1.3. Méthodes mixtes
 - 4.1.4. Conclusion
- VOIR DIAPORAMA**

4.2. Choix des espèces pour la fixation des berges

Des arbustes conduits en cépée constituent une protection efficace contre l'érosion des berges et des talus à forte pente. Le recépage redynamise en effet le système racinaire, augmentant ainsi l'ancrage dans la berge. On retiendra des essences aux bonnes capacités de rejet : aulne, saules, charme, noisetier... Un recépage sera effectué tous les 3 à 7 ans, de préférence entre février et mars de façon à maintenir un couvert le plus tard possible en hiver.

Les branches basses des arbustes augmentent la rugosité des berges, atténuant ainsi les phénomènes d'érosion. Elles offrent également des zones de refuges pour les poissons, hors de portée des prédateurs (hérons, cormorans), ou des zones d'alimentation pour l'avifaune (martins-pêcheurs).

Largeur du lit	Type de plantation
inférieure à 3 mètres	Herbacées hautes entrecoupées d'arbustes en bosquets.
de 3 à 5 mètres	Strate arbustive clairsemée d'essences arborescentes traitées en cépées (aulnes, saules), têtards (saules) ou haut jet (frênes, merisiers). Délai d'efficacité de 5 à 7 ans.
supérieure à 7 mètres	Essences de haut jet (saules, frênes, aulnes) à planter de préférence sur des berges plates ou faiblement pentues. Délai d'efficacité de 8 à 10 ans.

A. Espèces arborées et arbustives :

Le choix des espèces se fera en fonction des caractéristiques d'enracinement, de l'adaptation aux conditions du milieu (PH, humidité,...). Pour des raisons écologiques et paysagères, on utilisera préférentiellement les espèces indigènes faisant partie du cortège de l'habitat observé ou potentiel.

Ainsi par exemple, lorsqu'elle est naturellement développée, la ripisylve de nos petits fleuves côtiers et rivières appartient aux habitats d'aulnaie-frênaie. La strate arborescente est dominée par le frêne commun (*Fraxinus excelsior*), présent dès la rive avec l'aulne glutineux (*Alnus glutinosa*) et le saule marsault (*Salix caprea*), accompagnés plus en retrait par l'érable champêtre (*Acer campestre*), le charme (*Carpinus betulus*), le chêne rouvre (*Quercus robur*), le hêtre (*Fagus sylvatica*), le tilleul à petites feuilles (*Tilia cordata*) et le tilleul à larges feuilles (*Tilia platyphyllos*), l'orme champêtre (*Ulmus minor*) et l'orme de montagne (*Ulmus glabra*), l'érable faux platane (*Acer pseudoplatanus*), le bouleau pubescent (*Betula pubescens*), le peuplier tremble (*Populus tremula*), le merisier (*Prunus avium*)... La strate arbustive comprend le noisetier (*Corylus avellana*), l'aubépine à un style (*Crataegus monogyna*) ou l'aubépine à deux styles (*Crataegus laevigata*), le fusain d'Europe (*Euonymus europea*), le troène (*Ligustrum vulgare*), le houx (*Ilex aquifolium*), la viorne obier (*Viburnum opulus*), le sureau (*Sambucus nigra*), le prunellier (*Prunus spinosa*), l'égantier (*Rosa canina*)... Le lierre (*Hedera helix*) et la clématite des haies (*Clematis vitalba*) envahissent les troncs et les houppliers

Exemple : Sur 85 % du linéaire de l'Andelle où la ripisylve est présente, elle a une largeur inférieure à 2 m, ce qui correspond à un unique rang d'arbres ou d'arbustes.

Fréquence d'apparition des principales essences caractéristiques sur le linéaire des berges de l'Andelle :

Aulne glutineux : 60 %

Frêne élevé : 13 %

Saule blanc : 7 %

Aubépine : 5 %

Saule marsault et saules buissonnants divers : 4 %

Noisetier : 2 %

Charme : 2 %

Sureau noir 1.5 %

Érable champêtre et sycomore : 1.5 %

Prunellier 1 %

Bouleaux 1 %

Ne sont pas comptabilisés les peupliers de haut jet (3 %) ni les essences d'ornement (5 %). Environ 15 % du linéaire de l'Andelle est dépourvu de ripisylve, ce taux variant de 10 à 30 % selon les tronçons

Principaux saules utilisables en génie végétal (Normandie)			
Espèce	Fréquence	Préférendum écologique	Port
Salix alba s. blanc	commun	héliophile ; pH basique ; alluvions bien aérées riches en azote ; mésohygrophile ; plutôt en sommet de berge.	arborescent
Salix fragilis s. fragile	peu commun	héliophile ; pH neutre à basique ; alluvions riches en azote ; mésohygrophile ; plutôt en sommet de berge.	arborescent
Salix caprea s. marsault	commun	héliophile ; forte amplitude de pH ; alluvions saturées en azote au moins temporairement ; mésophile ; très souvent hybridé avec <i>S. cinerea</i> .	arborescent
Salix viminalis s.	introduit peu commun	héliophile ; pH neutre ; alluvions riches en azote ; mésohygrophile.	arbustif
Salix cinerea s. cendré	introduit assez rare	héliophile ; forte amplitude de pH ; alluvions limoneuses ou argileuses (tuf calcaire, tourbe, vases) ; hygrophile.	arbustif
Salix triandra s. à trois	assez rare	héliophile ; pH neutre ; alluvions (argiles, limons, sables) ; mésohygrophile.	arbustif
Salix purpurea s. pourpre	assez commun	héliophile ; forte amplitude de pH ; alluvions ; hygrophile.	arbustif
Salix atrocinerea s. noir	assez commun	héliophile ; forte amplitude de pH ; alluvions limoneuses ou argileuses (tuf calcaire, tourbe, vases) ; hygrophile.	buissonnant
Salix aurita s. à oreillettes	assez rare	héliophile ; terrains marécageux acides et tourbeux.	buissonnant

Quelques arbres et arbustes aptes à reconstituer une ripisylve			
espèce	nom vernaculaire	type	position sur la berge préférences,
<i>Acer campestre</i>	érable champêtre	A	H
<i>Acer pseudoplatanus</i>	sycomore	A, C	H
<i>Alnus cordata</i> *	aulne de Corse	A, C < 20 m	M
<i>Alnus glutinosa</i>	aulne glutineux, a.	A, C < 25 m	P
<i>Alnus incana</i> *	aulne blanc	a, A, C < 10 m	P
<i>Betula pubescens</i>	bouleau pubescent	A	adapté aux milieux tourbeux, acides, oligotrophes
<i>Betula pendula</i>	bouleau verruqueux, b.	A	racines traçantes, ne rejette pas
<i>Carpinus betulus</i>	charme	A, C < 20 m	M, croissance lente, rejette
<i>Cornus sanguinea</i>	cornouiller sanguin	a	M
<i>Corylus avellana</i>	noisetier, coudrier	a, C < 10 m	talus et H, drageonne, rejette
<i>Crataegus laevigata</i>	épine blanche	a	M, sol pas trop humide
<i>Crataegus monogyna</i>	aubépine à un style	a	sol pas trop humide, en haie
<i>Euonymus europea</i>	fusain d'Europe,	a < 7 m	H
<i>Fraxinus excelsior</i>	frêne élevé	A, C, T	P et H, fort enracinement en plateau
<i>Juglans regia</i>	noyer commun	A < 25 m	H, sols riches en eau mais bien drainés
<i>Prunus avium</i>	merisier	A	H
<i>Prunus padus</i>	merisier à grappes	A	racines traçantes, drageonne, se bouture
<i>Prunus spinosa</i>	prunellier, épine noire	a < 4 m	H, drageonne, envahissant, craint les sols trop humides
<i>Quercus robur</i>	chêne pédonculé	A, C < 35 m	H
<i>Ribes rubrum</i>	groseillier à grappes	a	M, drageonne, se marcotte, se bouture
<i>Rosa canina</i>	églantier	a	H
<i>Salix alba</i>	saule blanc	A, C, T < 25 m	P, toute la berge, croissance rapide
<i>Salix caprea</i>	saule marsault	A < 12 m	talus
<i>Salix sp.</i>	saules buissonnants	a	P
<i>Sambucus nigra</i>	sureau noir	a	P, toute la berge, se bouture
<i>Sorbus aucuparia</i>	sorbier des oiseleurs	A, C	M, préférence sol sec
<i>Tilia cordata</i>	tilleul à petites feuilles	A < 25 m	M, aime les sols frais
<i>Tilia intermedia</i>	tilleul commun	A < 35 m	H, drageonne fortement
<i>Ulmus laevis</i>	orme lisse	A, C	H et talus, rejette
<i>Ulmus minor</i>	orme champêtre	A, C	H et talus, rejette
<i>Viburnum opulus</i>	viorne obier, boule de neige	a < 3 m	M, aime les sols frais

*Non indigène pour nos régions

A = arbre ; a = arbuste ; C = rejette de souche, traitement possible en cépée ; T = peut être conduit en têtard P = plantation possible en pied de berge ; M en position moyenne ; H à réserver au sommet de berge.

SOURCE : Agence de l'eau Seine-Normandie, 2006 – Protection et gestion des rivières du secteur Seine-Aval – 142p

B. Espèces herbacées :

Quelques hélophytes utilisables en fixation de pied de berge				
Espèce	Nom vernaculaire	Hauteur (cm)	Calage % au niveau d'eau (en cm)	Système racinaire
<i>Acorus calamus</i>	Acore odorant	60-120	0 à -20	rhizome épais et traçant
<i>Butomus umbellatus</i>	Jonc fl euri	80-100	0 à -20	rhizome épais
<i>Calamagrostis epigeios</i>	Roseau des bois	80-100	0 à -10	dense et traçant
<i>Caltha palustris</i>	Populage des marais	20-60	0 à -10	racines épaisses, en réseau
<i>Carex acutiformis</i> *	Laîche des marais	50-100	0 à -10	puissant, forme des touradons
<i>Carex elata</i>	Laîche élevée	50-100	0	fasciculé, forme de grosses touffes
<i>Carex hirta</i>	Laîche hérissée	15-100	0	traçant et stolonifère
<i>Carex paniculata</i> *	Laîche paniculée	50-100	0	en touradons
<i>Carex pseudocyperus</i>	Laîche faux souchet	50-100	0 à -20	traçant et stolonifère
<i>Carex pendula</i>	Laîche à épis pendants	50-150	0 à -10	puissant et stolonifère
<i>Carex riparia</i> *	Laîche des rives	50-120	0 à -10	en forts touradons
<i>Cyperus longus</i>	Souchet long	60-100	0 à -20	souche épaisse rameuse
<i>Eleocharis palustris</i>	Scirpe des marais	10-30	-10 à -20	dense, puissant et traçant
<i>Eupatorium cannabinum</i>	Eupatoire chanvrine	100-150	0	dense et traçant
<i>Festuca arundinacea</i>	Fétuque faux roseau	150-200	0	dense et traçant
<i>Glyceria maxima</i> *	Grande glycérie	80-150	0 à -20	traçant, stolonifère
<i>Iris pseudacorus</i>	Iris faux acore	80-150	0 à -20	fort rhizome traçant
<i>Juncus effusus</i>	Jonc épars	40-80	0 à -10	rhizome court, racines fasciculées
<i>Juncus conglomeratus</i>	Jonc aggloméré	80-120	0 à -10	rhizome court, racines fasciculées
<i>Juncus inflexus</i>	Jonc glauque	40-80	0 à -10	rhizome court, racines fasciculées
<i>Lythrum salicaria</i>	Salicaire	60-100	0 à -10	dense et traçant
<i>Petasites hybridus</i>	Pétasite offi cinale	60-100	0 à -20	dense et traçant
<i>Phalaris arundinacea</i> *	Baldingère	60-80	0 à -20	rhizome profond, puissant et traçant
<i>Phragmites australis</i> *	Roseau commun	100-400	0 à -20	rhizome profond, puissant et traçant
<i>Rumex hydrolapathum</i>	Patience d'eau	40-120	0 à -10	pivot épais, puissant
<i>Scirpus lacustris</i> *	Scirpe des lacs	40-80	0 à -20	rhizome traçant
<i>Typha angustifolia</i> *	Masette à feuilles étroites	100-250	0 à -40	gros rhizome - stolonifère
<i>Typha latifolia</i> *	Masette à feuilles larges	100-200	0 à -40	gros rhizome - stolonifère

* Il peut être nécessaire de contrôler le développement de certaines de ces espèces qui se multiplient facilement.

La plupart des espèces indigènes sont disponibles chez les pépiniéristes spécialisés. Le coût moyen varie entre 1 et 2 € l'unité pour un plant en godet 9x9. Les prix sont dégressifs pour de grandes quantités.

SOURCE : Agence de l'eau Seine-Normandie, 2006 – Protection et gestion des rivières du secteur Seine-Aval – 142p

LES ASPECTS DENDROLOGIQUES DÉTAILLÉS, LES TECHNIQUES DE PLANTATION ET D'ENTRETIEN SERONT DÉTAILLÉS DANS LES COURS DE A. OGIER ET PH PARMENTIER

Chapitre 5 : Dynamique, fonctionnement et conservation des habitats

5.1. Notions de dynamiques des groupements végétaux des milieux alluviaux

5.1.1. Synthèse sur les facteurs naturels structurants les forêts riveraines alluviales :

Ces forêts occupent le lit majeur des cours d'eau (recouvert d'alluvions récentes et soumis à des crues régulières). Ces complexes d'écosystèmes forestiers (auxquels sont associés des groupements arbustifs (saulaies) ou herbacés (mégaphorbiaies,...) varient en fonction de facteurs physiques multiples s'exerçant à l'intérieur du lit majeur des cours d'eau :

- La durée de l'inondation, l'intensité de l'engorgement
- La vitesse d'écoulement des crues, la période de la crue et son intensité
- La granulométrie des alluvions

Ces facteurs dépendent de l'emplacement géographique du site et donc du régime du cours d'eau :

- Régime océanique (crues en hiver et au printemps)
- Régime nival (crues à la fin du printemps et début de l'été)
- Régime méditerranéen (crues après orage ; longue période d'étiage souvent en été)

Comme on l'a vu dans le chapitre 3, deux grands types de formations forestières sont distinguées dans les grands systèmes alluviaux :

Les formations à bois tendre (arbustives ou arborescentes) : saulaies, peupleraies noires,... (SALICETEA PURPURAE)

Elles prospèrent sur les levées alluvionnaires et reposent sur des sols minéraux souvent gleyfiés. La nappe peut varier plus ou moins fortement.

Les sols des berges et des levées alluvionnaires atteints à chaque crue restent juvéniles (FLUVIOSOLS), ne pouvant subir d'évolution du fait de l'entraînement constant de la matière organique. Les dépôts fins organiques et les débris y sont décomposés et nitrifiés chaque année à l'époque des basses eaux, durant l'été.

Ces groupements pionniers peuvent, si la fréquence des crues dévastatrices le permet, évoluer vers des groupements forestiers à bois durs.

On distinguera des formations propres aux montagnes (saulaies subalpines et montagnardes) et des formations collinéennes. Des formations à influences climatiques méridionales en région méditerranéenne seront également différenciées.

Ces formations peuvent manquer aux petits cours d'eau.

Les formations à bois durs : aulnaies frênaies, ormaies-frênaies,...(QUERCO-FAGETEA, POPULETALIA ALBAE)

Elles sont installées en retrait par rapport aux forêts à bois tendre ou directement en bordure des cours d'eau (ripisylve étroite, rivières à cours d'eau lents)

Le premier facteur écologique qui permet de les différencier en types d'habitat est le climat :

- Avec les ripisylves de l'Europe tempérée (ALNO-ULMENALIA)
- Et d'autre part les ripisylves de la région méditerranéenne (POPULENALIA ALBAE)

Vient ensuite l'importance du cours d'eau qui permet la différenciation de divers types d'habitat :

- Forêts alluviales des grands cours d'eau
- Forêts des petits cours d'eau

Ensuite, la vitesse du courant :

- Rivières montagnardes à eaux vives
- Rivières à cours lent

Et enfin le fonctionnement de la nappe :

- Soit haute en période de crue et beaucoup plus basse à l'étiage (fort battement)
- Soit restant haute (faible battement) une bonne partie de l'année (transition avec les forêts à caractère marécageux : saulaies et aulnaies marécageuses)

A côté de ces deux grands types de formations établies sur alluvions, inondées directement par les crues du cours d'eau, se situent des groupements forestiers humides, inondés périodiquement ou épisodiquement par la remontée de la nappe souterraine : ces formations forestières sont à ranger parmi les forêts des vallées alluviales. Il en est de même des groupements forestiers installés au niveau de sources ou de suintements ou encore en bordure d'étangs ou de lacs. Parmi ces groupements forestiers humides, on trouve les saulaies et aulnaies marécageuses (ALNETEA GLUTINOSAE)

5.1.2. Stratégies adaptatives des essences forestières présentes dans les ripisylves

Les espèces forestières des forêts riveraines alluviales présentent deux types de comportement :

Les espèces pionnières : *Populus*, *Alnus*, *Salix*

Héliophiles, frugales, très grande production de graines, dispersion par anémochorie ;
Croissance rapide, taille généralement réduite à moyenne, bois tendre, faible longévité
Elles colonisent les espaces ouverts, perturbés, les matériaux jeunes

Les espèces post-pionnière : *Fraxinus*, *Acer*, *Ulmus*, *Quercus robur*, *Prunus padus*

Héliophiles à demi-ombre

Grandes construction, longévité élevée

Bois dur, croissance plus lente

Espèces opportunistes, pouvant être pionnières en l'absence des espèces pionnières

Les espèces dryades (hêtre par exemple) sont absentes : climax stationnel ou édaphique.

5.1.3. Eléments de dynamique des types de forêts riveraines

Dans le cas d'une ripisylve, il s'agit soit d'une **succession primaire**, sur un substrat alluvial brut ou rajeuni, soit d'une **succession secondaire**, à partir d'un milieu forestier déjà constitué mais dont les conditions de milieu ont été modifiées par l'homme. Le passage du stade pionnier au stade mature peut prendre de quelques dizaines d'années à quelques siècles et se décompose schématiquement en 4 stades composant une **succession progressive** :

- (1) les groupements pionniers herbacés (ex : *Phalaris arundinacea*),
- (2) les groupements pionniers arbustifs dominés par les essences héliophiles, (ex : *Salix viminalis*, *S. purpurea*, *S. elaeagnos*),

- (3) les groupements dominés par des essences pionnières longévives (ex : *Alnus glutinosa*, *A. incana*, *Populus nigra*, *P. tremula*, *P. alba*, *Salix alba*), avec un recrutement intense d'essences post- pionnières (ex : *Fraxinus excelsior*, *F. angustifolia*, *Ulmus minor*, *U. laevis*, *Prunus padus*),
- (4) les groupements les plus avancés dans le temps sont dominés par des essences post pionnières arborées (ex : *Quercus robur*, *Fraxinus excelsior*, *F. angustifolia*, *Ulmus minor*, *Acer pseudoplatanus*) ; en effet, les contraintes de l'hydrologie et du sol entraînent un blocage édaphique (engorgement en eau du sol) qui empêche l'installation d'essences dryades (hêtre par exemple qui est l'essence climacique sur les sols bruns bien drainés en Haute Normandie). Les unités qui enregistrent une dérive écologique, en raison d'une faible connexion hydrologique, peuvent également accueillir des essences collinéennes comme le charme (*Carpinus betulus*).

Globalement, les stades matures possèdent des sols plus riches en nutriments, une granulométrie plus fine, plus d'essences (surtout ligneuses), une biomasse plus forte et une durée de vie élevée. Ces processus de succession dépendent fortement des vitesses de sédimentation des dépôts alluviaux et de l'évolution de la profondeur relative de la nappe. Ils peuvent être ralentis par les perturbations liées aux crues. Si celles-ci sont suffisamment fortes pour détruire le peuplement en place et remobiliser le substrat, il est possible de revenir au stade initial de la succession, il s'agit d'une succession régressive.

A. Aulnaies et saulaies marécageuses :

Ces groupements, relevant de la classe des ALNETEA GLUTINOSAE, occupent les dépressions marécageuses, aussi bien au niveau des grandes vallées que des petits cours d'eau ou des suintements couvrant les sols gorgés d'eau, plus ou moins tourbeux ou marécageux qui restent inondés une grande partie de l'année. Le sol est un gley (nappe permanente superficielle ou peu profonde), l'humus est de type anmoor ou hydromoder. Si la nappe ne descend pas quelques temps au cours de l'année, l'aulne glutineux ne peut s'installer franchement (à l'exception de quelques buttes); sur ces sols les plus engorgés, la végétation se limite à une saulaie (avec *Salix cinerea*, *S. atrocinerea* ou *S. aurita*). Ces groupements arbustifs se retrouvent aussi dans les milieux moins humides où débute une recolonisation forestière (prairies humides ou tourbeuses, bordures d'étang en voie de comblement) ; il s'agit alors de groupements pionniers ; ils correspondent aussi parfois à des stades de dégradation des aulnaies.

Le développement spacial de ces groupements végétaux est souvent limité : ponctuel ou linéaire.

Les aulnaies sont des climax édaphiques où la faible évolution s'explique par le blocage opéré par l'excès d'eau. Les saulaies correspondent soit à des climax édaphiques à blocage encore plus sévère, soit à des stades dynamiques (progressive ou régressive) en liaison avec les aulnaies arborescentes.

Ces groupements peuvent constituer des phases évolutives de cariçaies, prairies humides ou roselières (ou parfois des mégaphorbiaies).

Exemples d'associations :

Salicetum cinereae (Saulaie à Saule cendré) : groupement eutrophe à mésotrophe des bas marais, bords d'étangs, dépressions marécageuses. Evolution possible vers une aulnaie marécageuse mésooligotrophe ou climax édaphique. Peut provenir d'une prairie humide abandonnée ou d'une mégaphorbiaie ou d'une phragmitaie.

Salicetum aurita (Saulaie à saule à oreillettes) : groupement mésooligotrophe (tourbières hautes, dépressions et bords d'étangs), plutôt médioeuropéen. Evolution possible vers une aulnaie marécageuse mésooligotrophe ou climax édaphique. Peut provenir de la colonisation d'une prairie humide à molinie.

Cirsio oleracei-Alnetum (Aulnaie eutrophe ou basicline à Cirse des maraîcher) : groupement se développant sur tourbes et vases alcalines, alluvions humifères neutroalcalines gorgées d'eau. Peut provenir de l'évolution d'une Saulaie à Saule cendré. Par accentuation du drainage, évolution possible vers une aulnaie-frênaie.

Sphagno-Alnetum (Aulnaie à sphaignes et *Carex laevigata*) = *Carici laevigatae Alnetum*
Aulnaie marécageuse atlantique à subatlantique. Milieux acides à peu acides. Peut provenir de l'évolution d'une Saulaie. Par accentuation du drainage, évolution possible vers une aulnaie-frênaie

B. Eléments de dynamique des Forêts à bois tendre (SALICETEA PURPURAE) :

a) Saulaies arbustives : ces groupements sont stables dans les zones les plus inondées ou soumises à des perturbations fréquentes (crues). Ils sont transitoires et donc pionniers si la dynamique fluviale le permet : ils évoluent alors vers les saulaies-peupleraies arborescentes ou vers des groupements à bois durs

b) Saulaies arborescentes, Saulaies-Peupleraies, Peupleraies (*Populus nigra*) arborescentes :

Ces groupements sont stables :

- Dans les zones basses régulièrement inondées et à nappe élevée (Saulaies, Saulaies-peupleraies)
- Sur substrats très filtrant (grèves alluviales) à fort drainage en dehors des périodes d'inondations
- Là où le potentiel de semences des forêts à bois durs n'existe plus ;
- Dans les zones très sèches de levées soumises à des crues exceptionnelles perturbatrices (peupleraies noires)

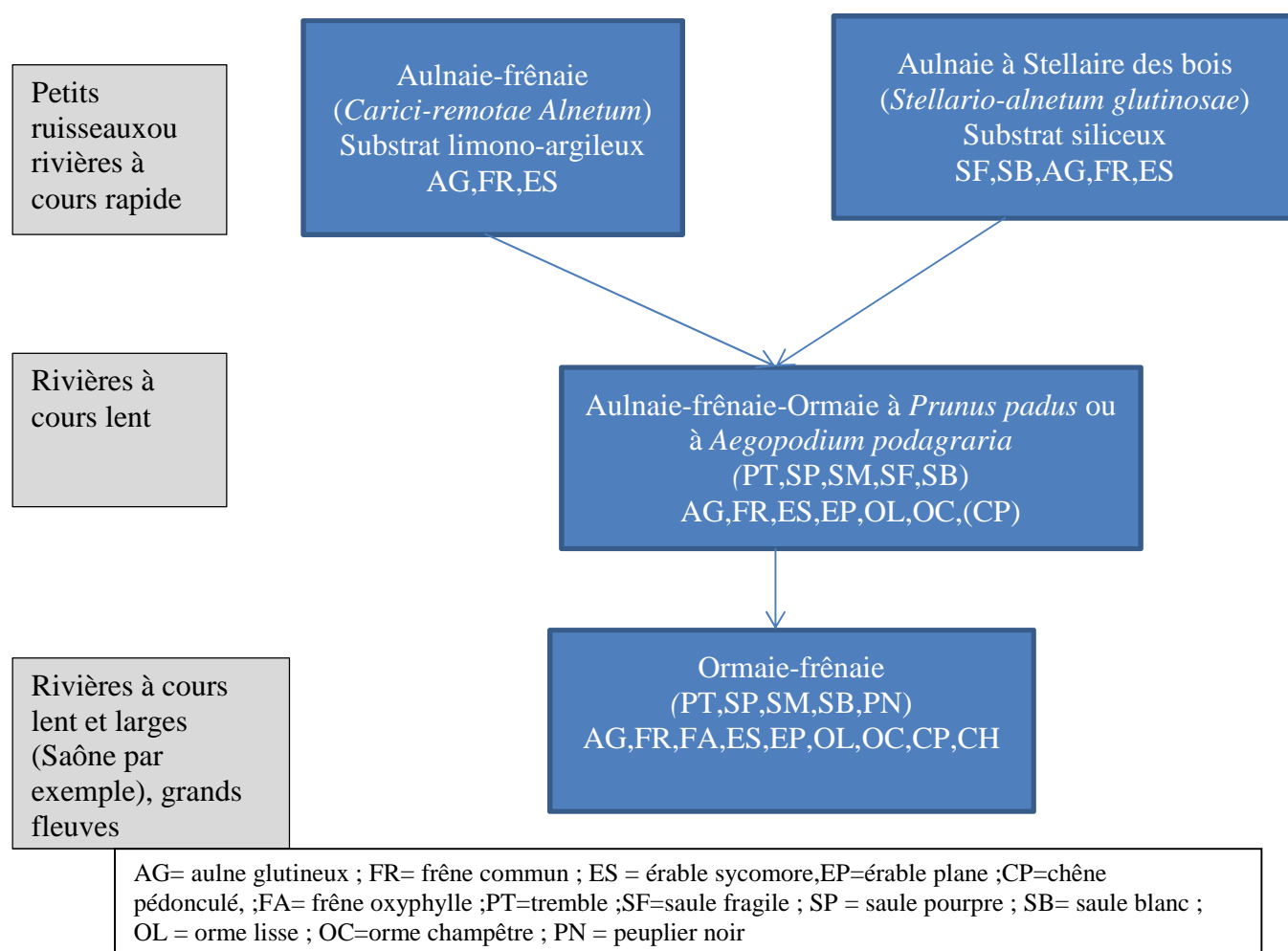
Ou pionniers, évoluant peu à peu vers des forêts à bois durs :

- Après stabilisation du cours d'eau et disparition de la dynamique du fleuve
- Après perturbations généralisées et installation initiale dans l'espace de la forêt potentielle à bois durs.

C. Eléments de dynamique des Forêts à bois durs - Forêts riveraines de l'Europe tempérée (Sous ordre ALNO-ULMENALIA, alliance Alnion incanae = Alno-Padion)

L'examen de quelques modèles de sylvigénèses propres aux ripisylves de l'Est de la France (Plateau Lorrain, Vosges, Ardennes) permet de mettre en évidence les logiques évolutives caractérisant les groupements forestiers situés à différents niveaux du profil longitudinal d'un cours d'eau avec, de l'amont à l'aval :

- Une complexification de la sylvigénèse
- Une diversification des cortèges dendrologiques



Les ripisylves installées dans les montagnes et collines siliceuses (Vosges, Ardennes, Morvan) ou le long des ruisselets collinéens (sur alluvions limono-argileuses) offrent un éventail réduit d'essences :

- Aulne en pionnier, ne donnant des peuplements fournis que sur des terrasses inférieures ;
- Frêne et érable sycomore possédant un pouvoir de concurrence plus élevé sur les terrasses les moins inondées, où ils font régresser fortement l'aulne glutineux.

Les saules pionniers (Saule fragile, Saule blanc) sont rares, à l'exception des zones où la ripisylve ne constitue plus que la seule formation boisée de la vallée : en lisière de milieu prairial par exemple.

Après élargissement du lit majeur et ralentissement de l'écoulement de l'eau, la ripisylve se complique et s'enrichit : il y a juxtaposition possible d'un manteau à *Salix* bas (arbustif) et d'une ceinture à *Salix* élevés (arborescent) précédant l'aulnaie-frênaie-ormeaie où la maturation sylvigénétique se traduit par la faible importance prise pour l'aulne glutineux (présent dans les phases pionnière et transitoire de la dynamique forestière), par la diversification des espèces nomades (érables et ormes) et l'apparition de *Quercus robur*. Ce dernier reste dispersé.

Ces caractères s'amplifient encore au niveau du lit majeur de la Saône : les ceintures à *Salix* sont sporadiques, elles s'enrichissent de *Populus nigra*. La maturation dendrologique est plus poussée : *Quercus robur* est constant, accompagné de *Carpinus betulus* ; mais les crues annuelles exercent toujours une limitation à la régénération du Chêne qui n'est pas capable de vraiment structurer la canopée.

Remarque : Sur substrat graveleux et pierreux, en présence de rivière à eaux vives (Loire par exemple), les crues se manifestent très rapidement et de façon violente, mais elles sont suivies de périodes d'étiages à débit faible. Ces conditions sont tolérées par les saulaies arbustives et saulaies/peupleraies (peuplier noir) arborescentes mais la sylvigénèse reste bloquée à cette phase, ainsi que la pédogénèse.

D. Eléments de dynamique des Mégaphorbiaies :

Les mégaphorbiaies représentent des végétations primitives prairiales plus ou moins hygrophiles. Elles forment des peuplements rassemblant de grandes herbes luxuriantes (surtout dicotylédones à feuilles larges, à inflorescences vives et pollinisation entomophile)

Les mégaphorbiaies riveraines se distinguent des roselières par un atterrissement très prononcé : le sol est profond, enrichi annuellement par les débris organiques des pousses de l'année. Les inondations souvent fréquentes apportent également des limons et de la matière organique. Le sol et la végétation portée révèlent des conditions mésotrophes à eutrophes.

Floristiquement, on peut retrouver dans les mégaphorbiaies, des espèces transgressives appartenant aux roselières : *Phragmites australis*, *Phalaris arundinacea*.

Ces mégaphorbiaies dérivent de la destruction des forêts du complexe riverain alluvial. Elles apparaissent comme étant à la charnière des forêts alluviales et des formations prairiales (pâturées ou fauchées).

Relations entre mégaphorbiaies et prairies humides gérées :

En effet, après abandon des prairies humides et arrêt de la pression du bétail, des mégaphorbiaies se reconstituent.

Dans le cas de mégaphorbiaies non issues de prairies, on ne rencontre que peu d'espèces prairiales banales.

Dans une dynamique naturelle, on peut considérer que les mégaphorbiaies représentent des « prairies humides préforestières » en liaison dynamique avec les forêts alluviales ; dans le cycle naturel des forêts alluviales riveraines, elles occupent les surfaces perturbées par la dynamique fluviale.

Après une exploitation fourragère modérée (fauche), quelques espèces prairiales pénètrent plus facilement. Une exploitation plus intensive conduit à des prairies mésoeutrophes. La mégaphorbiaie apparaît donc comme la forme initiale des prairies humides gérées.

Les prairies hygrophiles dérivées ne peuvent se maintenir que sous l'effet d'exploitations répétées. Si, par abandon des prairies, ces actions cessent, la mégaphorbiaie se redéveloppe de nouveau, soit à partir d'individus présents dans la prairie elle-même, soit à partir des mégaphorbiaies primitives demeurées à l'abri des actions anthropiques. Peu à peu, la formation initiale va se restructurer. Les espèces prairiales vont se maintenir un moment, mais un grand nombre vont disparaître par suite de la concurrence étouffante des grandes herbes ayant retrouvé leur vitalité normale.

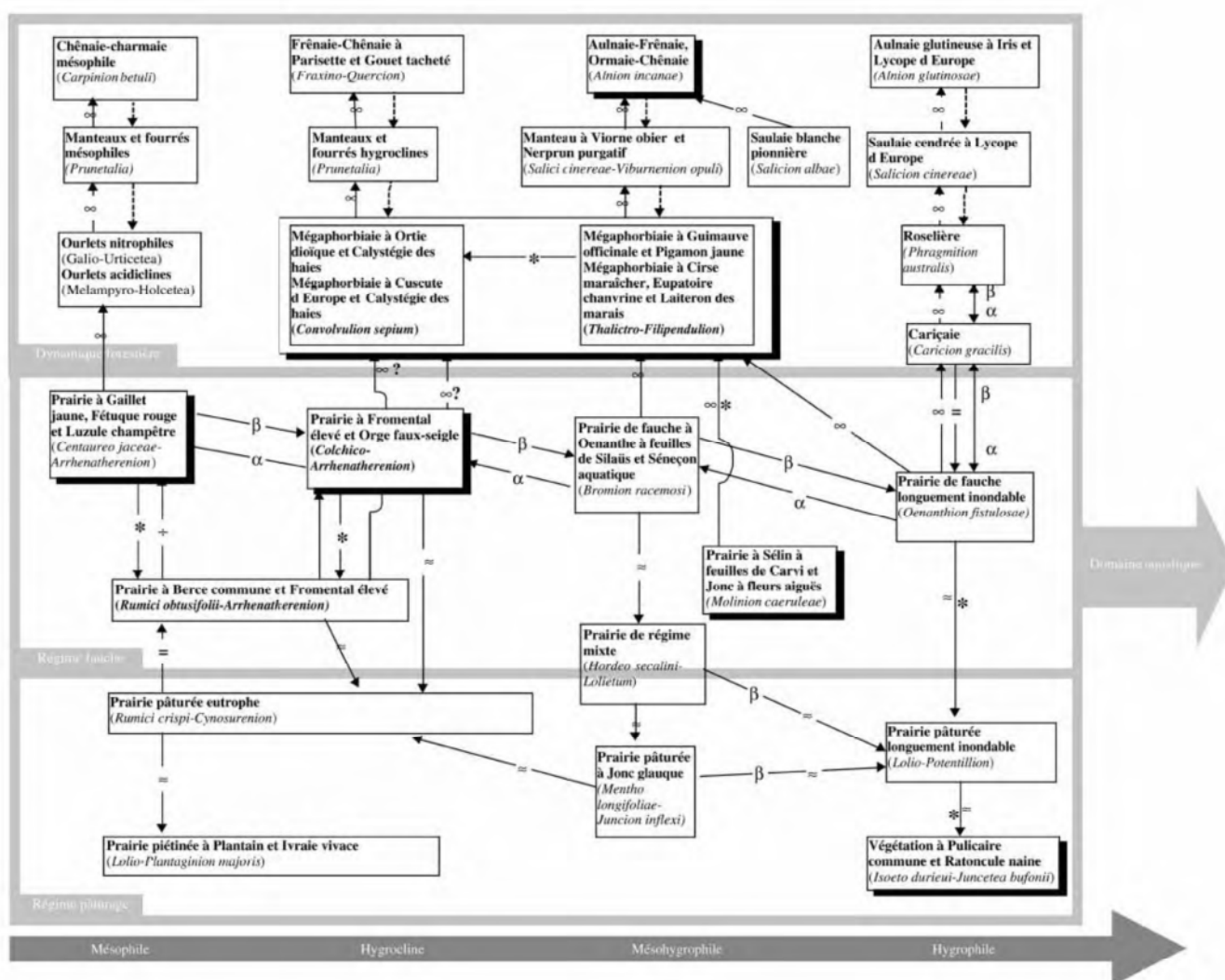
Relations entre mégaphorbiaies et forêts riveraines :

Comme nous l'avons écrit ci-dessus, les mégaphorbiaies peuvent être issues d'une destruction de la forêt alluviale riveraine. Une dynamique progressive (recolonisation par les espèces ligneuses arbustives et (puis) arborées) peut alors s'installer pour aboutir à la reconstitution d'une forêt.

En milieu hygrocline, une mégaphorbiaie peut évoluer vers une chênaie-frênaie (*Fraxino-Quercion*). Tandis qu'en milieu plus humide (mésohygrophile), l'évolution se fera vers une aulnaie-frênaie ou une ormaie-frênaie (*Alnion incanae*)

E. Etablissement d'un schéma relationnel entre les habitats (liens dynamiques) :

Afin de bien comprendre et visualiser les liens dynamiques entre les habitats présents dans un bassin versant, on peut représenter ceux-ci de la manière suivante : voir exemple ci-dessous (Liens dynamiques entre les habitats de la moyenne vallée de l'Oise).



Liens dynamiques entre les habitats de la moyenne vallée de l'Oise

5.2. Gestion des espèces invasives

Les invasions par des espèces étrangères aux biocénoses indigènes, introduites volontairement ou accidentellement, deviennent un problème environnemental important. En effet, certaines de ces espèces dites invasives ont un pouvoir de développement explosif et concurrencent fortement la flore indigènes dont des espèces patrimoniales (voir 5.4). Quelques espèces qui se rencontrent sur les berges doivent être connues et leur présence surveillée. Le caractère invasif d'une espèce est souvent accentué par le mauvais état de fonctionnement de l'écosystème. Pour une description plus précise des espèces signalées ci-dessous, on se reportera aux ouvrages spécialisés.

La renouée du Japon, *Fallopia* (ou *Reynoutria*) *japonica*, *Fallopia x bohemica* ainsi que la renouée de Sachaline, *Fallopia sachalinensis*, sont des polygonacées introduites au XIXème s. comme plantes ornementales et mellifères, facilement identifiables à leurs feuilles cordées. Elles ont des rhizomes souterrains très développés, de biomasse comparable à la biomasse aérienne, qui produisent des tiges annuelles de plusieurs mètres. Elles se multiplient par graines ou boutures et colonisent les milieux meubles. Elles sont bien présentes sur le secteur Seine-Aval avec quelques foyers sur la plupart des cours d'eau. Ces renouées sont, de loin, les



espèces invasives qui posent le plus de problème de gestion sur le secteur, leur tendance à former des buissons monospécifiques touffus contrariant l'implantation d'une ripisylve diversifiée.

Lorsque la plante est bien installée, ses rhizomes peuvent atteindre 10 m de longueur et explorer le sol sur une profondeur de 3 mètres, rendant l'arrachage d'autant plus illusoire que tout fragment de rhizome peut régénérer un individu complet. La fauche répétée épuise les réserves de la plante mais doit être associée à d'autres mesures, comme le reboisement. Après une fauche et un ratissage minutieux, on plante des arbres et arbustes au sein du massif de renouées (plantation dense de 2 à 3 plants au m²). Un paillage par un feutre géotextile biodégradable de la surface plantée est recommandé. Pendant trois ans on fauchera les renouées à raison de deux à trois fois par saison végétative, afin d'assurer la reprise des ligneux. A terme, la plantation prendra le dessus et assurera naturellement sa régénération au détriment de l'espèce invasive. L'utilisation de phytocides est fortement déconseillée : peu sélectifs, ils laissent le sol nu et favorisent la réinstallation, sans concurrence, de plantes invasives ; de plus, ils sont facilement lessivés vers la rivière et ont des impacts préjudiciables sur le milieu aquatique. Pour éviter la dissémination de la renouée, la terre provenant de terrains infestés par cette espèce ne doit pas être déplacée. La prévention passe par la reconstitution de berges boisées, peu favorables à l'expansion des renouées.

Autres espèces invasives en voie d'expansion au bord des cours d'eau de Haute Normandie :

Espèces herbacées :



La balsamine géante (*Impatiens glandulifera*) et la balsamine à petites fleurs (*Impatiens parviflora*) sont signalées depuis peu en Haute-Normandie. Ce sont des thérophytes héliophiles qui affectionnent les bords des cours d'eau. Elles se propagent par graines et par boutures. *Impatiens capensis* est également une envahissante potentielle. Des asters américains (*Aster lanceolatus*, *Aster novi-belgii*, *Aster salignus*) sont en voie d'expansion le long des berges des cours d'eau, dans les mégaphorbiaies et les prairies humides abandonnées. Le bident à fruits noirs (*Bidens frondosa*, astéracées), thérophyte nord-américaine pionnière, colonise les sédiments exondés. La berce du Caucase (*Heracleum mantegazzianum*, apiacées), dont le contact provoque des dermatoses, est signalée sur des berges humides, riches en azote. Les solidages originaires d'Amérique du Nord (*Solidago canadensis* et *S. gigantea*) sont des espèces rudérales non spécifiques des milieux rivulaires, bien implantées sur le secteur, de même que l'ambrosie à feuilles d'armoise (*Ambrosia artemisiifolia*).

Espèces ligneuses :

Sur les hauts de berge remaniés et en terrain sec, on note une tendance à l'envahissement par le buddleia de David ou arbre aux papillons (*Buddleja davidii*, buddléacées), espèce héliophile anémochore qui colonise les friches, et forme rapidement des peuplements monospécifiques.

Le robinier faux-acacia (*Robinia pseudoacacia*, fabacées), espèce arborescente originaire des États-Unis, colonise également des terrains secs et bien aérés. Ces deux espèces au système racinaire superficiel, sensibles à l'hygrométrie du sol, sont mal adaptées à la tenue des berges et risquent d'être emportées lors des crues.

Le faux vernis du Japon (*Ailanthus altissima*, simaroubacées) est recensé en situation sèche sur sols pauvres où il constitue rapidement des peuplements purs par émission de substances allélopathiques.

L'érable negundo (*Acer negundo*, acéracées), en provenance du sud, se naturalise le long des cours d'eau, dans les forêts alluviales. Il n'est pas encore signalé sur le secteur Seine-Aval.

5.3. Gestion du Bois mort et arbres à cavité

Aujourd'hui, les écologues (Vallauri (coord.), 2003 ; DAJOZ R., 2007) et de nombreux forestiers reconnaissent que le bois mort, par la diversité des microhabitats qu'il offre, est une composante essentielle pour la conservation de la diversité et du fonctionnement de l'écosystème forestier. Il forme un compartiment clé de l'écosystème forestier naturel car :

- son recyclage correspond à une phase de dégradation dans la dynamique forestière, dont la diversité animale, végétale et fongique est d'égale importance à celle de la phase de croissance ;
- c'est un compartiment fonctionnel garant du stockage d'une énorme masse énergétique et du recyclage ininterrompu des nutriments dans l'écosystème (bouclage des cycles géochimiques du sol), et par conséquent du maintien de la productivité de l'écosystème ;
- c'est un initiateur de segments originaux de la chaîne alimentaire, nécessaire à de nombreuses espèces forestières (dont les décomposeurs), influant ainsi de façon directe sur la survie de groupes spécialisés de champignons et d'invertébrés saproxylophages ("mangeurs" de bois, détritivores) ;
- c'est une source de micro-habitats originaux et variés qu'une large biodiversité utilise pour se nourrir, se reproduire, se protéger ou hiberner. Ces micro-habitats sont indispensables à la survie d'espèces variées de rongeurs, de bryophytes, de chauves-souris, d'oiseaux et d'insectes. C'est une biodiversité associée riche de milliers d'espèces en forêt tempérée, recouvrant notamment des espèces patrimoniales devenues rares comme le Lucane cerf-volant, la Rosalie des Alpes, le Pique-prune, le Gobemouche à collier, le Pic tridactyle, les Noctules... pour ne parler que de quelques espèces particulièrement emblématiques.

Voir chapitre 1 pour le bois mort dans le cours d'eau

5.4. Valeur patrimoniale des habitats et espèces

Certaines plantes sont communes alors que d'autres sont peu fréquentes, cantonnées à certains milieux ou à certaines zones géographiques. Le terme de plante patrimoniale regroupe des espèces le plus souvent rares, parfois vulnérables, voire en voie de disparition. Les espèces patrimoniales peuvent avoir un statut de protection (protection nationale ou protection régionale), ou être simplement incluses dans des listes (liste rouge des espèces menacées, liste des espèces déterminantes...). Il peut également s'agir parfois d'espèces qui ne sont pas protégées ou incluses dans des listes, mais qui se trouvent dans des conditions écologiques particulières ou qui présentent localement des populations remarquables. Ces plantes sont qualifiées de patrimoniales car elles ont un poids fort dans notre patrimoine écologique et contribuent fortement à la biodiversité de certains milieux. Plusieurs raisons peuvent concourir à la définition du caractère patrimonial d'une plante :

- certaines plantes sont rares car elles sont inféodées à des milieux particuliers, intrinsèquement rares ou en voie de raréfaction (des zones humides, voire marécageuses, par exemple) ;
- des espèces qui sont en limite de leur aire de répartition peuvent avoir un statut patrimonial ;
- les espèces en voie de raréfaction, voire de disparition, sont le plus souvent classées parmi les espèces patrimoniales.

Les activités humaines expliquent dans de nombreux cas l'érosion de la biodiversité

et la raréfaction de certaines espèces. Par exemple, le drainage des zones humides, l'urbanisme, les aménagements (routes, voies ferrées...), la pollution, l'intensification de certaines pratiques sylvicoles ou populicoles, l'utilisation importante de désherbants ou la cueillette peuvent être très défavorables à bon nombre de plantes.

L'enrichissement des eaux en nitrates banalise certains milieux humides dont la flore rare n'est concurrentielle que sur des sols pauvres en éléments chimiques.

Des changements de nature de culture expliquent aussi la raréfaction de certaines espèces. Par exemple, dans les vallées, la disparition des prairies humides de fauche au profit des pâtures, des terres labourées ou des peupleraies a des conséquences importantes pour de nombreuses plantes (ail anguleux et violette élevée, par exemple).

Le développement de plantes introduites invasives qui colonisent entièrement leurs milieux d'installation se fait au détriment des espèces locales parmi lesquelles se trouvent parfois des plantes rares. Le changement climatique pourrait également modifier suffisamment les paramètres régissant nos écosystèmes pour provoquer des pertes de biodiversité. Parfois des espèces liées à un climat plus chaud, pourront aussi se déplacer vers le nord.

5.5. Etat de conservation des habitats (Natura 2000)

Trois critères majeurs sont utilisés :

- l'intégrité de la structure de l'habitat,
- l'intégrité du cortège d'espèces caractéristiques
- l'intensité des atteintes et des perturbations.

Critères d'évaluation de l'état de conservation des unités d'habitats :

	NIVEAU			
Intégrité de la structure de l'habitat	Excellent état	Bon état	Etat moyen à limité	
Intégrité du cortège d'espèces liées à l'habitat	Inventaire des espèces typique de l'habitat quasi complet	Espèces typiques de l'habitat bien représentées	Inventaire des espèces typiques de l'habitat partiel	
Intensité des atteintes et des perturbations significatives	Peu importantes	Moyennes	Fortes	Destruction irréversible, pas de restauration possible

Les deux premiers critères nécessitent une évaluation détaillée de chaque unité d'habitat, soit pour vérifier la présence de certains traits caractéristiques de la structure décrits dans la fiche descriptive de l'habitat (voir cahiers d'habitats,...), soit pour s'assurer de la présence des espèces indicatrices. Le troisième critère est évalué à travers l'évaluation des menaces et des perturbations (traces de passages d'engins, artificialisation des berges, surfréquentation du public,...).

Ces évaluations se font par l'implantation de **placettes d'évaluation**.

On essaye également de récolter lors de cette évaluation un certain nombre d'informations qui sont utiles pour définir les états de conservation des oiseaux de l'Annexe I de la Directive "Oiseaux" et des habitats d'espèces de l'Annexe II de la Directive "Faune-Flore-Habitat".

Exemple : quantité de bois mort au sol, diamètres et essences du bois mort debout, arbres à cavités,....

En principe, on réalise toujours au moins une placette d'évaluation dans chaque unité d'habitat Natura2000.

BIBLIOGRAPHIE

A. Bibliographie conseillée

Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, 1998 – Guide technique n°2 : détermination de l'espace de liberté des cours d'eau – 39p.

Agence de l'eau Seine-Normandie, 2006 – Protection et gestion des rivières du secteur Seine-Aval – 142p

Agence de l'eau Seine-Normandie, 2008 – Manuel de restauration hydromorphologique des cours d'eau– 64p <http://www.eau-seine-normandie.fr>

Agence de l'eau Seine-Normandie, 2010 –Guide juridique et pratique sur la gestion des milieux aquatiques et humide– 239p <http://www.eau-seine-normandie.fr>

BARDAT J. et al , 2004. – Prodrôme des Végétations de France – Paris, MNHN, Publications Scientifique du Muséum, 171p.

CALANDRE Ph, JACONO D. ,2006 - Les zones humides et la ressource en eau. Guide technique n°89. - Agence de l'eau Seine –Normandie

CATTEAU (E.) et al , 2009- Guide des végétations des zones humides de la Région Nord-Pas de Calais. – Centre régional de Phytosociologie de Bailleul, 630p.

Conservatoire des Sites Alsaciens & Office National des Forêts (coord.), 2004.- Référentiel des habitats reconnus d'intérêt communautaire de la bande rhénane : Description, états de conservation & mesures de gestion. Programme LIFE Nature de conservation et restauration des habitats de la bande rhénane. 158 p.

Conservatoire Régional des Rives de la Loire et de ses Affluents, 2003. - DOCUMENT D'OBJECTIFS DU SITE NATURA 2000 DE LA VALLEE DE LA LOIRE DES PONTS DE CE A MONTMOREAU. –Tome 2, 161p.

CRPF ,2009 – Guide pour la restauration des ripisylves – CRPF Nord Picardie, 27p.
<http://www.crpfnordpic.fr/ecosystemes-forestiers>

CRPF Champagne-Ardenne, 2011 - Les milieux alluviaux : Guide pour l'identification des stations et le choix des essences - 176p.

DUFOUR (S.) & PIEGAY (H.) , 2004. Guide de gestion des forêts riveraines de cours d'eau. ONF, Agence RMC, CNRS, Université Lyon 3, 132 p.

GEGOUT (J.-C.) et al., 2008. – Les habitats forestiers de la France tempérée : typologie et caractérisation phytoécologique. AgroParisTech-ENGREF, Nancy

PIEGAY (H.), PAUTOU (G.), RUFFINONI (C.), 2003 – Les forêts riveraines des cours d'eau : écologie, fonctions et gestion – Institut pour le développement forestier, 464p.

PONT (B.), 2007 – Les forêts alluviales des grands cours d'eau – Les Cahiers techniques – Rhone-Alpes, 22p.

RAMEAU (J.-C.) et al., 1996 – Typologie phytosociologique des habitats forestiers et associés. Tome 2 : Complexes riverains - 437 p.

RAMEAU (J.-C.), GAUBERVILLE (C.), DRAPIER (N.), 2000. – Gestion forestière et diversité biologique : Identification des habitats et espèces d'intérêt communautaire. Volume France Domaine atlantique.- I.D.F., Paris.

RAMEAU (J.-C.) et al., 2001 – Cahiers d'habitats Natura 2000 : « Habitats forestiers ». *La documentation Française*. - 410 p.

RAMEAU (J.-C.) et al., 2001 – Cahiers d'habitats Natura 2000 : « Habitats humides ». *La documentation Française*. - 457 p.

SCHNITZLER-LENOBLE A. , 2007 – Forêts alluviales d'Europe – Editions Tec et Doc, Lavoisier. 384p.

VALLAURI (D.) et al. (2005)- Bois mort et à cavités - Ed. Lavoisier , Tec &Doc - 405p.

B. Bibliographie complémentaire

BRINSON (M.), 1993 - A Hydrogeomorphic Classification for Wetlands- Wetlands Research Program Technical Report WRP-DE-4 – 103p.

CLAESSENS (H.) – L’aulne glutineux : ses stations et sa sylviculture. – Forêt Wallonne- 197p.

DAJOZ (R.), 2007 – Les insectes et la forêt (Rôle et diversité des insectes dans le milieu forestier) – Ed. Lavoisier , Tec &Doc, 2eme édition- 648p.

DEGOUTTE (G.),2004 – Cours d’hydraulique. -ENGREF

ELLENBERG (H.), 2001 – Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. – Scripta geobotanica 18. – 262 p.

LEGANIER R. et al. , 2010 – Les géographies de l’eau : Processus, dynamique et gestion de l’Hydrosystème.Ed. L’Harmattan, 298p.

NOIRFALISE (A.), 1984. -Forêts et stations forestières en Belgique. - *Gembloux (B.), Les presses agronomiques de Gembloux.* - pp. 87-93.

RAMEAU (J.-C.), MANSION (D.), DUME (G.), 1989 - Flore Forestière Française, Tome1 : Plaines et collines. - *I.D.F.*,Paris. - 1785 p.

RAMEAU (J.-C.), MANSION (D.), DUME (G.), 1995 - Flore Forestière Française, Tome2 :Montagnes. - *I.D.F.*,Paris.

RAMEAU (J.-C.), MANSION (D.), DUME (G.), 2008 - Flore Forestière Française, Tome3 : Méditerranée. - *I.D.F.*,Paris. - 2425 p.

SCHUMM S.A. (1977). The fluvial system. John Wiley & Sons, New-York, 338 p

TABBACHI (E.) (1992). Variabilité des peuplements riverains de l'Adour. Influence de la dynamique fluviale à différentes échelles d'espace et de temps. Thèse doctorat, Université Paul Sabatier Toulouse, 227 p.