



MedWet

Conservation des zones humides méditerranéennes

Ripisylves méditerranéennes

H. et O. Décamps



MedWet



L'initiative MedWet

Le bassin méditerranéen est riche en zones humides présentant de grandes valeurs écologiques, sociales et économiques. Cependant, ces importantes ressources naturelles ont été considérablement dégradées ou détruites, essentiellement au cours du XX^e siècle. MedWet est une action de collaboration concertée à long terme lancée en 1991 à Grado, Italie, pour arrêter ces pertes et inverser la tendance ainsi que pour assurer une utilisation rationnelle des zones humides dans toute la Méditerranée.

L'initiative MedWet est menée par le Comité des Zones Humides Méditerranéennes (MedCom), sous l'égide de la Convention de Ramsar sur les Zones Humides, qui réunit 25 gouvernements de la région, la Commission européenne, les Conventions de Berne et de Barcelone, ainsi que des ONG internationales. Elle recherche des partenaires et des fonds pour la mise en œuvre de la Stratégie pour la conservation des zones humides méditerranéennes, qui inclut des actions de conservation dans les zones humides d'importance majeure dans la région (en particulier sur les sites Ramsar) ainsi que la promotion des politiques nationales sur les zones humides, afin de prendre en considération la valeur des zones humides dans le processus de planification. MedWet offre également un forum destiné à l'échange régional d'expériences dans le domaine technique et publie une série d'outils de gestion des zones humides avec le soutien financier de l'Union européenne.

Le concept de MedWet et son importance pour promouvoir l'utilisation rationnelle des zones humides méditerranéennes ont été unanimement reconnus par les Parties Contractantes de la Convention de Ramsar sur les Zones Humides.

La série des publications MedWet

Les zones humides sont des écosystèmes complexes qui ont de plus en plus besoin d'être gérés de façon à conserver toutes leurs valeurs et leurs fonctions. L'objectif de la série de publications MedWet est de mieux faire comprendre les zones humides méditerranéennes et les politiques qui les concernent, et de rendre disponible à leurs gestionnaires une information scientifique et technique pertinente et actualisée.



Henri et Odile Décamps

Ripisylves méditerranéennes

Conservation des zones humides méditerranéennes - numéro 12

Tour du Valat, Arles (France), 140 p.

Titres de la collection :

1. Caractéristiques générales des zones humides méditerranéennes
2. Fonctions et valeurs des zones humides méditerranéennes
3. L'aquaculture en milieux lagunaire et marin côtier
4. Gestion des sites de nidification pour oiseaux d'eau coloniaux
5. L'enjeu de l'eau
6. La végétation aquatique émergente, écologie et gestion
7. Conservation des poissons d'eau douce
8. Végétation des marais temporaires, écologie et gestion
9. Les salins, entre terre et mer
10. L'hydrologie des zones humides
11. Amphibiens et reptiles, écologie et gestion
12. Ripisylves méditerranéennes

Conservation des zones humides méditerranéennes

MedWet



Ripisylves méditerranéennes

Henri et Odile Décamps

Numéro 12

Collection éditée par A. J. Crivelli et J. Jalbert



Préface

Depuis une dizaine d'années, les cours d'eau au régime torrentiel des abords de la mer Méditerranée ont connu de nombreuses crues dévastatrices. Le bilan est lourd dans de nombreux pays. Souvenons-nous, seulement pour la France, de l'Ouvèze à Vaison-la-Romaine et de l'Aude dans la région de Carcassonne, sans oublier l'Italie, l'Espagne et, plus récemment encore, l'Algérie.

Ces phénomènes ne sont évidemment pas nouveaux, mais, survenant après une longue période d'abandon des cours d'eau, et à une époque qui ne tolère plus l'imprévu, ils ont déclenché dans plusieurs pays une large prise de conscience de la part de la puissance publique. De nombreuses études ont permis de bien comprendre le fonctionnement de ces cours d'eau qui sont d'autant plus dangereux que leurs crues sont rares et violentes.

Aujourd'hui, les spécialistes sont parvenus à des conclusions pratiques importantes : les actions de prévention des risques doivent absolument respecter le fonctionnement naturel des cours d'eau. Il apparaît ainsi que l'"écoulement" des sédiments grossiers ou fins ne doit pas être entravé (transport solide) et que la végétation naturelle des berges (ripisylve) joue un rôle considérable, en temps normal, mais aussi en période de crue. Le présent ouvrage saura facilement en convaincre ses lecteurs.

Les connaissances actuelles incitent donc à préserver les milieux naturels qui accompagnent les rivières, et tout particulièrement les ripisylves. Or, dans la plupart des cas, en France comme dans nombre de pays méditerranéens, ces formations végétales riches et dynamiques appartiennent à la propriété privée. Elles sont donc placées sous la sauvegarde des riverains qui n'ont pas forcément les connaissances suffisantes pour avoir une claire conscience de leur responsabilité. Il est donc important de bien les informer de la nécessité de conserver des ripisylves en bon état et fonctionnelles. Il est important également de promouvoir leur nécessaire réhabilitation, voire reconstitution, lorsqu'elles ont disparu, ce qui est malheureusement trop fréquent.

C'est dans ce but que le Conseil général de Vaucluse, avec le concours du Conservatoire botanique méditerranéen de Porquerolles, a mené à bien diverses recherches sur la multiplication des végétaux de ripisylves. En bordure de l'Ouvèze, au lieu-dit Beauregard, il a installé un domaine expérimental présentant un arboretum des végétaux de la ripisylve locale. Le Conseil général souhaite que les expériences qui y seront conduites dans

les années à venir puissent être utiles à tous ceux désireux de réhabiliter ou de reconstituer des ripisylves : propriétaires privés riverains de rivières méditerranéennes, pouvoirs publics en charge de la protection des populations contre les risques d'inondation ou en charge de la prévention des milieux naturels.

Les végétaux utilisés dans ces expériences sont obtenus à partir de graines ou de boutures provenant de végétaux d'origine strictement locale, avec une grande diversité génétique à l'intérieur de chaque espèce. Il s'agit d'obtenir à terme des ripisylves complètement naturelles, aptes à reconstituer des milieux de grande valeur.

C'est alors que pourront être apportées des contributions intéressantes à la défense de la "nature ordinaire", c'est-à-dire non protégée, ainsi qu'à la défense des populations contre les risques de l'inondation.

Je voudrais saluer la qualité et la grande rigueur scientifique du travail d'Henri et Odile Décamps, ainsi que les compétences reconnues de la Fondation de la Tour du Valat et du Conservatoire botanique méditerranéen de Porquerolles qui ont permis de produire cet indispensable ouvrage. Je leur adresse félicitations et sincères remerciements.

J'espère que leur travail contribuera à l'amélioration de la gestion des cours d'eau méditerranéens, en France et dans tous les pays qui se partagent les rives de la Méditerranée.

Claude Haut,
Président du Conseil général de Vaucluse,
Sénateur de Vaucluse

NB : Monsieur Haut était maire de Vaison-la-Romaine lors de la crue dévastatrice de 1992.



Table des matières

Introduction	9
Le contexte méditerranéen	13
Une approche bioclimatique	15
Variabilité hydrologique	18
L'érosion des sols	20
La maîtrise des crues	22
Partition "hydrogéocologique"	25
Des boisements d'intérêt patrimonial	31
Panorama des groupements végétaux riverains	32
Les successions végétales riveraines	37
Le Vaucluse : une diversité reconnue	44
Le Tech : les stigmates d'une crue	47
Des boisements aux fonctions multiples	53
Dynamique des écoulements	56
Stabilité des berges	60
Qualité de l'eau	64
Fonctionnement des écosystèmes d'eau courante	72
Dynamique de la biodiversité	76

Des boisements insérés dans les paysages	85
Des alternances de dépôt et d'érosion	86
Le poids de l'histoire	88
La recherche d'une identité régionale	90
L'effet corridor	94
L'effet mosaïque	97
Des boisements à restaurer et à entretenir	99
Interconnexions	101
Capacité à prévoir	103
Une perception renouvelée	108
L'adhésion des populations riveraines	112
Comment pratiquer l'essartage ?	114
Que faire du bois mort ?	115
Indicateurs d'intégrité écologique	117
Conclusion	121
Annexe	124
Glossaire	130
Bibliographie	133
Index	140



Introduction

Les ripisylves sont des éléments remarquables des paysages méditerranéens. Forêts naturelles (*sylves*) des rives (*ripa*), elles concernent des linéaires importants le long des réseaux hydrographiques et s'étalent plus ou moins largement de part et d'autre des cours d'eau : tantôt en simples boisements de berges au voisinage des lits mineurs, tantôt en véritables forêts alluviales complexes et diversifiées. Leur existence dépend de la présence d'une nappe phréatique peu profonde et d'inondations périodiques.

L'originalité des ripisylves tient à leur dynamique essentiellement rythmée par les régimes hydrologiques des cours d'eau. Les crues remanient plus ou moins fréquemment les berges des rivières, créant



des mosaïques changeantes de communautés végétales imbriquées. Chacune de ces communautés représente un des stades qui, des pionniers aux matures, composent les successions végétales riveraines.

Le modèle très schématique de la figure ci-contre décrit la manière dont s'exprime cette dynamique. Les communautés pionnières, formations dominées par des herbacées plus ou moins hautes selon la richesse du sol, se développent sur les alluvions récentes déposées par les crues. Elles se dégagent peu à peu, par sédimentation, des conditions de vie aquatique pour laisser la place à des communautés boisées, passant des saulaies et des aulnaies aux peupleraies, puis aux chênaies-frênaies et enfin aux chênaies mixtes, ces dernières non soumises aux inondations. Cette séquence peut durer une trentaine d'années au fur et à mesure que la sédimentation élève le substrat par rapport au niveau des cours d'eau. A tout moment, mais d'autant moins fréquemment qu'on s'élève dans la séquence, de nouvelles crues peuvent, par érosion, ramener un stade donné – communauté pionnière ou plus tardive – au point de départ.

On soulignera deux propriétés remarquables de cette séquence. Premièrement, ce "rajeunissement" périodique dépend essentiellement des régimes hydrologiques en place. Des crues fréquentes maintiennent une séquence donnée aux stades pionniers herbacés ou boisés ; des crues rares permettent à la séquence de parvenir à son terme – celui des boisements les plus tardifs. Deuxièmement, les différents stades de la séquence coexistent, formant des mosaïques aux éléments juxtaposés et changeants. Cette hétérogénéité des systèmes riverains explique en grande partie leur biodiversité.

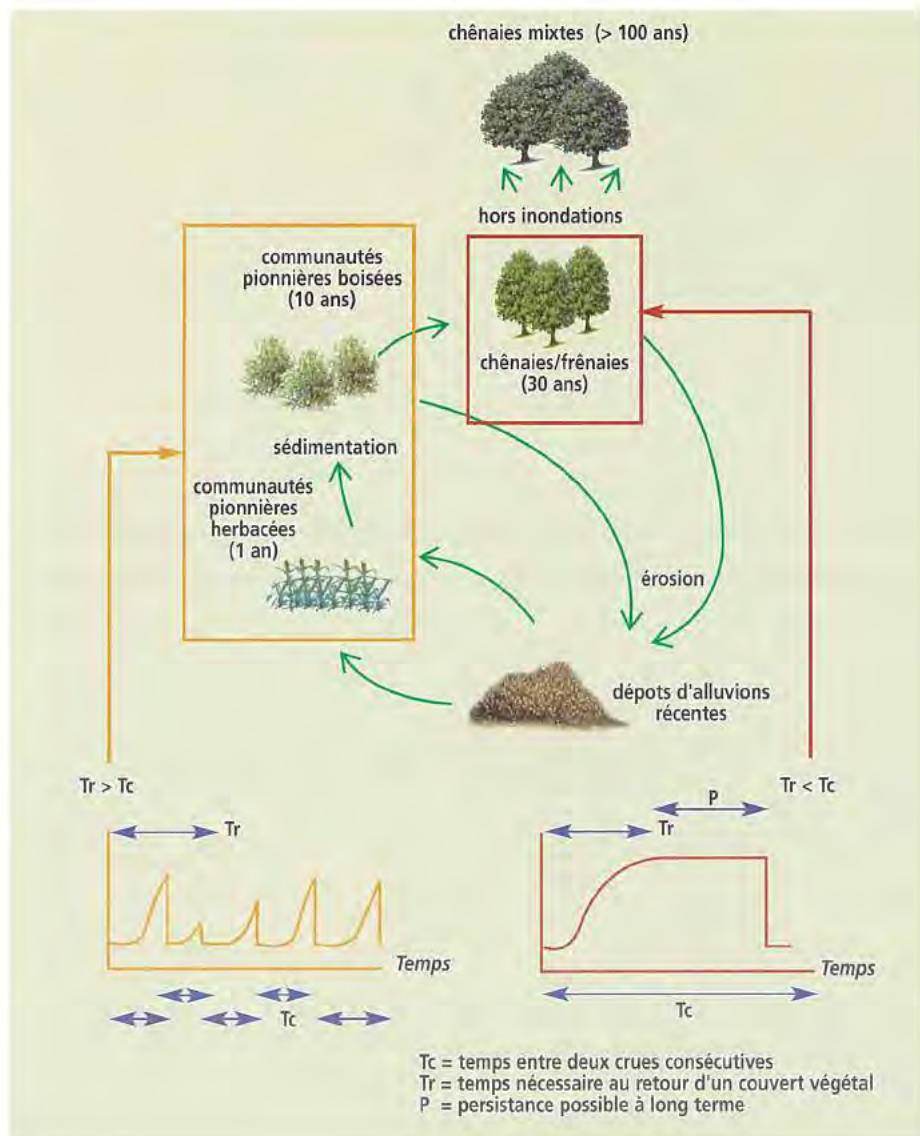
Bien sûr, le développement des activités humaines a depuis longtemps considérablement réduit les espaces dans lesquels s'exprime la dynamique des ripisylves. Néanmoins, certains de ces espaces ont été conservés, parfois restaurés. Les ripisylves méditerranéennes méritent d'autant plus d'attention que, du point de vue de la biodiversité, elles représentent des foyers dans une région – la Méditerranée –, elle-même considérée comme un des 25 foyers de biodiversité* recensés à l'échelle de la planète¹.

Dans cet ouvrage, les ripisylves méditerranéennes sont d'abord replacées dans leur contexte bioclimatique régional. Elles sont ensuite considérées du point de vue de leur intérêt patrimonial, de leurs fonctions écologiques, de leur insertion dans le paysage, enfin de leur restauration et de leur entretien. La conclusion reprend la question de l'originalité des ripisylves méditerranéennes dans une perspective de gestion des eaux, des terres et des paysages.

1 - Myers et al. (2000)

Introduction

Cet ouvrage a largement bénéficié des avis et des recommandations de Nadia Barsoum, François Boillot, Alain Crivelli, Maurice Desagher, Jean-Pierre Roux et Robert J. Naiman. En outre, Maya Abboud, Maurice Desagher, Serife Gunduz, Jala Makhzoumi, Jean-Pierre Roux, Kostas Vitoris et Reuven Ortal ont rédigé certains des encadrés. Qu'ils soient tous vivement remerciés.



Successions végétales riveraines en fonction des régimes de perturbation hydrologique le long des cours d'eau. Les communautés pionnières herbacées et boisées, fréquemment perturbées par des crues, font preuve d'une plus grande instabilité que les communautés boisées plus tardives, moins fréquemment perturbées (d'après Décamps et Tabacchi 1994).



Le contexte méditerranéen

Au premier abord, la définition paraît simple : les ripisylves méditerranéennes longent les cours d'eau qui se jettent directement ou indirectement dans la mer Méditerranée. Cependant, ces cours d'eau naissent pour la plupart dans les chaînes montagneuses qui ceignent le bassin. Certains prennent même leurs sources en dehors de l'aire méditerranéenne. C'est le cas des trois plus grands : l'Ebre, issu des Pyrénées, le Pô et le Rhône, issus des Alpes (voir tableau p. 15), sans compter le Nil, plus africain que méditerranéen. Il faut donc, en premier lieu, délimiter l'aire méditerranéenne.



**Caractéristiques
des trois plus grands bassins
fluviaux méditerranéens,
à l'exception du Nil
(d'après Revenga *et al.* 1998).**

	Ebre	Pô	Rhône
Aire du bassin	82 593 km ²	76 987 km ²	100 531 km ²
Densité de population	38/km ²	215/km ²	97/km ²
Grandes cités (1)	5	12	12
Sites Ramsar	4	9	4
Forêts	10 %	14 %	11 %
Cultures	57 %	48 %	61 %
Zones développées	16 %	22 %	21 %
Arbustes	14 %	8 %	3 %
Prairies	2 %	3 %	2 %
Aires érodées	8 %	5 %	5 %
Grands barrages (2)	1	8	10

(1) > 100 000 habitants en zone urbaine. ; (2) > 15 m de haut ou > 1 km³

La forêt galerie le long de la rivière Louros dans le sud-ouest de la Grèce



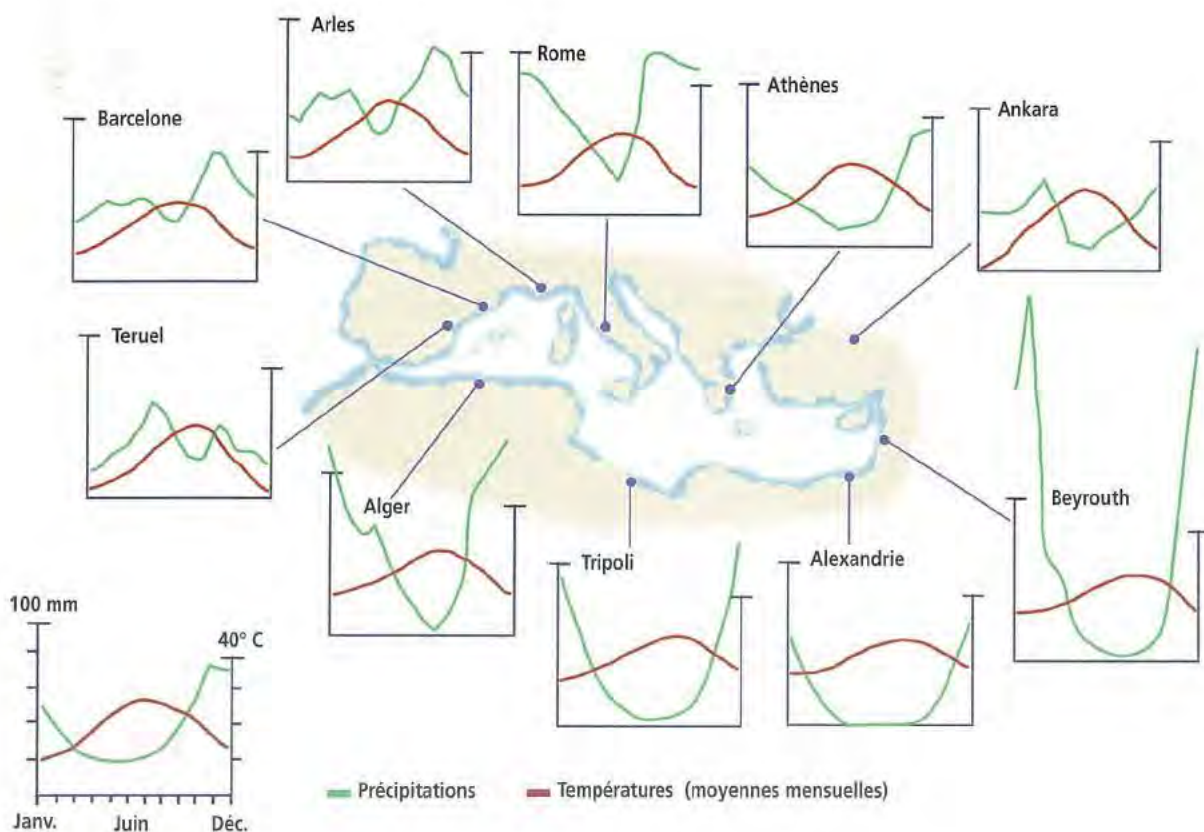
Jean Roche

Une approche bioclimatique

Plusieurs méthodes ont été proposées pour délimiter l'aire méditerranéenne. La mieux adaptée à notre sujet fait appel à une approche bioclimatique, c'est-à-dire à une combinaison des conditions de climat et de végétation.

Concernant le climat, les diagrammes pluviothermiques illustrent clairement les conditions de température et de précipitation de la région méditerranéenne (voir figure p. 15). Un creux estival marque la distribution des pluies, avec des mois secs qui, par convention, correspondent à des précipitations inférieures à deux fois la température ($P_{mm} < 2T$). La végétation méditerranéenne comprend donc des espèces thermophiles*, qui dépendent d'hivers doux et sont adaptées à la sécheresse estivale. Cette adaptation se manifeste par la réduction de la vitesse d'évaporation : feuilles réduites ou absentes, cuticule* épaissie, pilosité prononcée. Les feuilles de certaines espèces vivaces tombent au début de l'été pour réapparaître en septembre. Les espèces annuelles passent l'été à l'état de graines.

Quelques diagrammes ombrothermiques dans le bassin méditerranéen (d'après Grenon et Batisse 1988, modifié).





Concernant la végétation, différentes zones ceignent le pourtour méditerranéen en fonction de l'altitude et de la latitude. Elles peuvent être caractérisées par quelques espèces indicatrices d'arbres et d'arbustes².

- La zone inframéditerranéenne prend place aux altitudes et aux latitudes les plus basses, dans les régions les plus chaudes, par exemple au sud-ouest du Maroc, où se développe un acacia endémique, *Acacia gummifera*.
- Le thermoméditerranéen s'étend au voisinage des côtes. Caractérisé par l'olivier sauvage *Olea europea* var. *sylvestris*, le caroubier *Ceratonia siliqua* et le palmier nain *Chamaerops humilis*, on l'observe dans la région de Nice et, d'une manière générale, au sud d'une ligne allant de Barcelone à Smyrne (Izmir).
- Le mésoméditerranéen domine au nord de la ligne Barcelone – Izmir. En théorie, l'association du chêne vert – l'yeuse – *Quercus ilex* y domine, cette espèce pouvant être remplacée par d'autres chênes *Quercus rotundifolia*, *Q. calliprinus* par exemple, en Espagne et en Grèce. En réalité, cette végétation est très dégradée par les incendies et l'exploitation humaine. La futaie y est exceptionnelle et le taillis domine, souvent remplacé par le maquis* ou la garrigue*. Dans le bassin occidental, le chêne vert est remplacé par le chêne-liège *Quercus suber* sur sol siliceux ; dans les parties chaudes l'action humaine a favorisé l'installation du pin d'Alep *Pinus halepensis* et, en terrain plus profond, du pin pignon ou parasol *Pinus pinea*. L'olivier *Olea europaea* var. *europaea*, le figuier *Ficus carica* et la vigne *Vitis vinifera* y sont cultivés.



Le chêne-liège

2 - Ozenda (1994) ; Blondel & Aronson (1999)

Le contexte méditerranéen

- Le subméditerranéen (ou supraméditerranéen) est caractérisé par des chênes à feuilles caduques, dont la principale espèce est le chêne pubescent *Quercus pubescens*, auquel sont associés des érables *Acer* spp., des frênes *Fraxinus* spp. et, parfois, le pin sylvestre *Pinus sylvestris*. L'olivier a disparu des cultures, la vigne est toujours présente sur les pentes bien exposées.
- L'oroméditerranéen, correspondant à l'étage montagnard, est caractérisé par différentes essences : le pin sylvestre et le genévrier thurifère *Juniperus thurifera* en Espagne centrale, les hêtraies en Calabre et en Sicile, le sapin de Céphalonie *Abies cephalonica* en Grèce, des cédraies en Afrique du Nord. Le pin Laricio *Pinus laricio* se développe sur les versants exposés au sud.
- L'altiméditerranéen inférieur, correspondant à l'étage subalpin, surmonte l'oroméditerranéen, avec, entre autres formations, ses landes spécifiques à xérophytes épineux.
- L'altiméditerranéen supérieur, correspondant à l'étage alpin, étend ses formations herbacées rappelant les pelouses alpines dans les parties élevées de la Sierra Nevada en Espagne et du Grand Atlas marocain.
- Aux altitudes les plus élevées, un cryoméditerranéen pourra développer des espaces pratiquement dépourvus de végétation, excepté quelques espèces qui, telles les saxifrages, poussent entre les rochers.

Les ripisylves méditerranéennes coupent plus ou moins perpendiculairement ces zones de végétation. Comme elles, elles se développent sous un climat caractérisé par des étés secs et des hivers doux mais, longeant les cours d'eau, elles échappent en partie aux conditions d'aridité ambiantes. Par ailleurs, des ripisylves semblables se développent sous les mêmes conditions climatiques en d'autres régions du monde : en Californie, au Chili, en Australie, en Afrique du Sud. D'où la possibilité d'utiliser des résultats obtenus dans ces régions pour comprendre le comportement des ripisylves méditerranéennes.

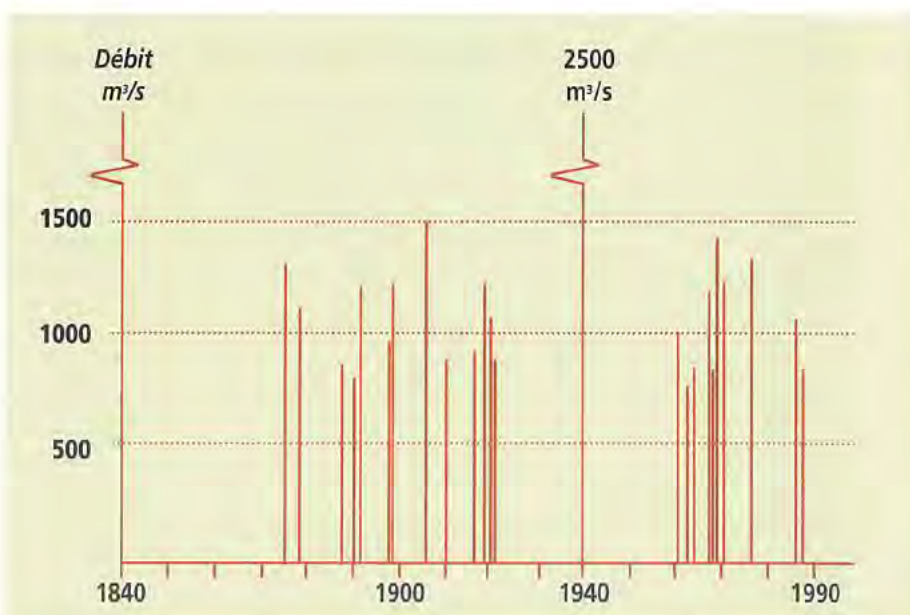


Variabilité hydrologique

Une forte variabilité hydrologique caractérise les fleuves du pourtour méditerranéen. Le Tech en donne un exemple typique.

Ce petit fleuve côtier naît à 2 400 m d'altitude dans le massif pyrénéen du Canigou et, après un cours de 83 km, atteint la mer au sud de la ville de Perpignan. Des amplitudes annuelles importantes caractérisent ses débits mensuels extrêmes : 15,4 m³/s en mai et 1,6 m³/s en septembre, soit un rapport de 9,6 dans la plaine du Roussillon, peu avant l'embouchure. Ses débits minima peuvent s'abaisser considérablement pour atteindre, toujours dans la plaine du Roussillon, 0,10 m³/s, soit un débit spécifique de 0,13 l/s/km² sur des périodes de cinq jours consécutifs en août.

C'est pourtant la chronique des crues qui rend le mieux compte de la variabilité du régime du Tech. Cette chronique est dominée par une crue d'une violence exceptionnelle, survenue en octobre 1940 (voir figure p. 18). Après la série de grandes crues de la fin du XIX^e et du début du XX^e siècle, cette crue de 1940 survint alors que régnait une période sèche depuis 1922. Elle fut marquée par des hauteurs d'eau de plus de 12 et 13 m, par des vitesses moyennes de 8 m/s et des débits de 2 500 m³/s au niveau du village de Céret, vers 150 m d'altitude (pour un bassin versant de 487 km²). Les ravinelements, éboulements et érosions ont remblayé certains secteurs du cours moyen sur 5 à 15 m de hauteur, en un point jusqu'à 21 m.



Le Tech : chronique des crues supérieures à 700 m³/s relevées au Pont du Diable à Céret entre 1840 et 1990 (d'après Lalanne-Berdouticq 1990, modifié).

Le contexte méditerranéen

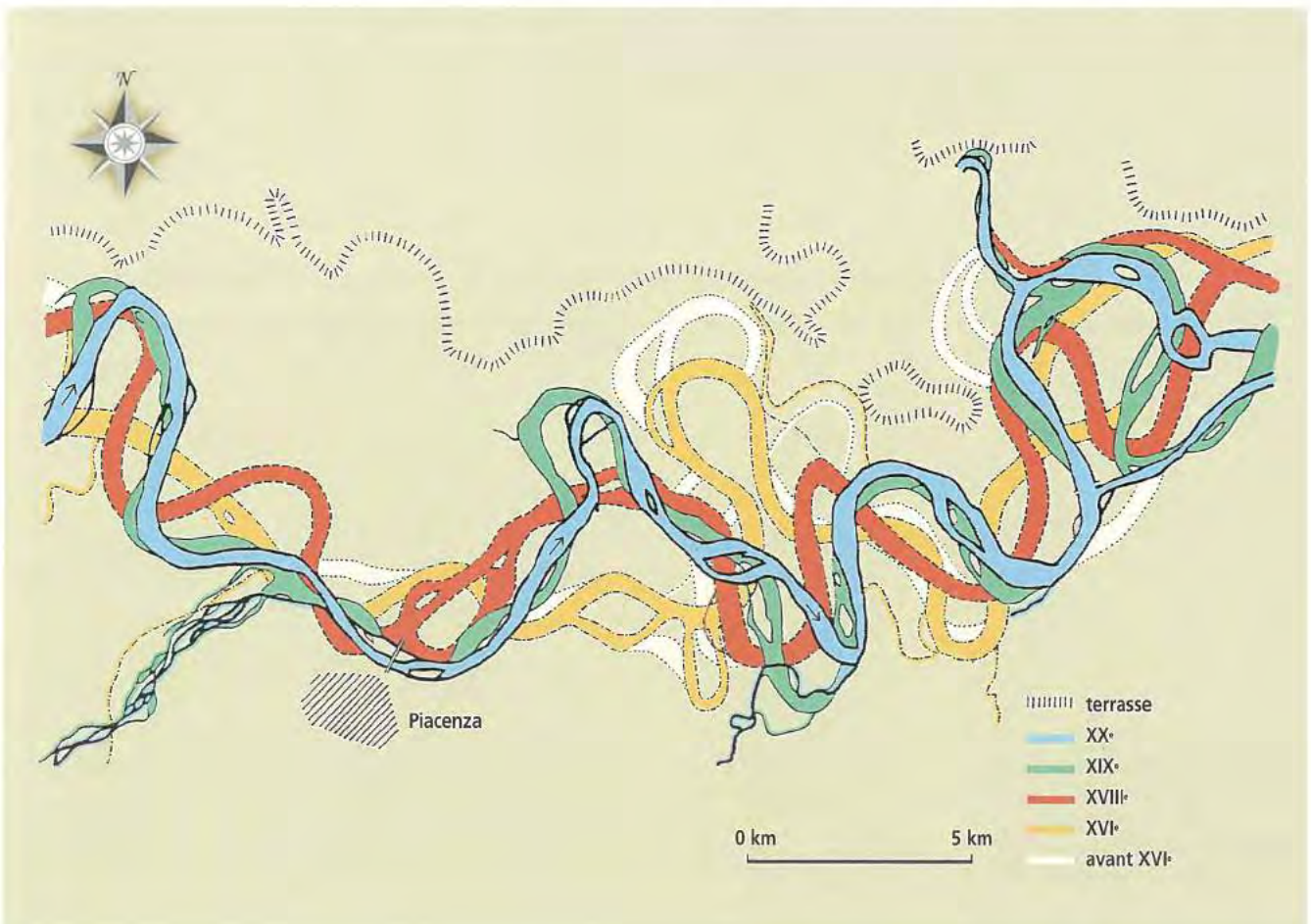


Edwards/Still Pictu/Bios

Le Pô

Evolution du lit du Pô dans la région de Piacenza du XVI^e au XX^e siècle (d'après Braga et Gervasoni 1983, modifié).

A cette variabilité hydrologique répond une variabilité du lit des rivières comme le montre l'exemple du Pô dont l'évolution a été très précisément reconstituée, avec des déplacements de boucles vers l'aval, des recouplements de méandres, des diminutions des rayons de courbure, des migrations de l'embouchure des affluents (fig. ci-dessous).



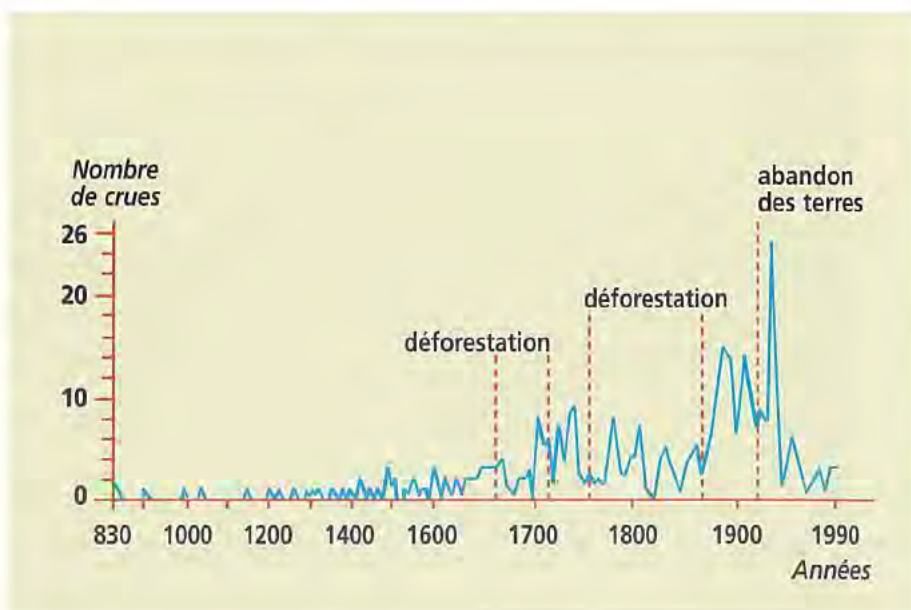
L'érosion des sols

Il faut d'abord le souligner, l'érosion est un processus naturel, épisodique, variable dans l'espace et dans le temps. Il s'accroît en certaines périodes, comme le montrent les datations des alluvionnements de terrasses et de deltas, probablement sous l'influence de pluies diluviennes associées à des variations climatiques, comme au XIII^e et au XIX^e siècle³.

Cependant, au cours de la deuxième moitié du XX^e siècle, le processus d'érosion a pris une ampleur nouvelle, suite aux déplacements des terres au bulldozer dans un but de remembrement des cultures, de multiplication des routes, de terrassements divers. Cette augmentation de l'érosion affecte l'ensemble des régions méditerranéennes. Les pluies surviennent sur des sols souvent secs, provoquant des ravinements, des glissements de terrains, des coulées de boues. Ces phénomènes sont d'autant plus marqués qu'ils affectent des sols pauvres en matière organique, transformés par les déboisements, les pratiques agricoles, les incendies, le surpâturage.

Le ravinement constitue un processus majeur de dégradation des sols méditerranéens. Il est en grande partie responsable de la sédimentation des réservoirs et de leur comblement. Au ravinement s'ajoutent d'autres causes d'érosion : les labours, le piétinement des troupeaux, les terrassements, etc. En certaines régions, la déforestation coïncide

Evolution de la fréquence des crues de la rivière Segura au sud-est de l'Espagne (d'après Molina Sempere et al. 1994, in Poesen et Hooke 1997).



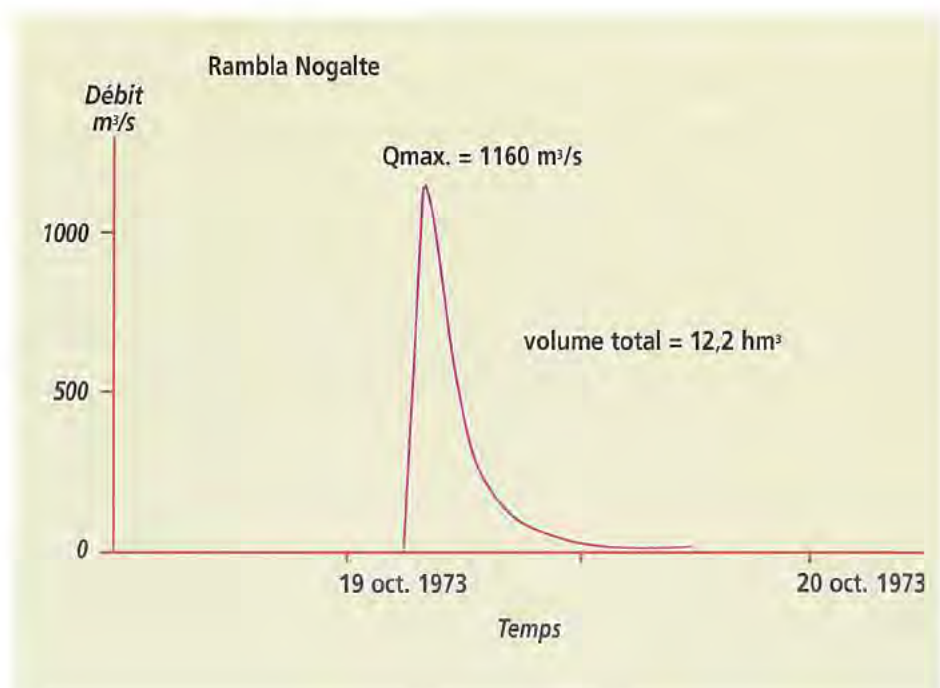
3 - Grove & Rackham (2001)

Le contexte méditerranéen

avec l'augmentation de la fréquence des crues, par exemple dans le bassin du Segura en Espagne (voir figure p. 20).

Les crues méditerranéennes sont soudaines et brèves (voir figure ci-dessous). Elles véhiculent en quelques heures d'énormes charges sédimentaires : les concentrations peuvent être 10 à 100 fois plus élevées que dans les régions humides⁴. Des afflux de boues ont ainsi marqué toutes les crues catastrophiques de ces dernières années : en Catalogne en 1940, à Florence en 1966, au sud-est de l'Espagne en 1973, à Almeria en 1980, à Vaison-la-Romaine en 1992, à Biescas en 1996, à Alger en 2001. Sous l'effet de ces crues, les lits forment des tresses, les berges deviennent méconnaissables, des îles disparaissent tandis que d'autres se créent par accumulation de graviers, en particulier dans les parties moyennes des bassins versants.

D'une manière générale, les plus fortes érosions de berges correspondent aux crues les plus fortes, mais les effets varient selon la façon dont les événements hydrologiques se succèdent dans le temps. Une crue de forte intensité peut ainsi simplement déstabiliser une berge sans l'éroder, tandis que des crues postérieures, de moindre intensité, activeront le processus érosif. La présence d'un couvert végétal riverain peut pour sa part favoriser le dépôt de sédiments.



Evolution du débit au cours d'une crue méditerranéenne : exemple de Rambla Nogalte, au sud-est de l'Espagne (d'après Navarro Hervás 1991, in Poesen et Hooke 1997).

⁴ - Laronne & Reid (1993)

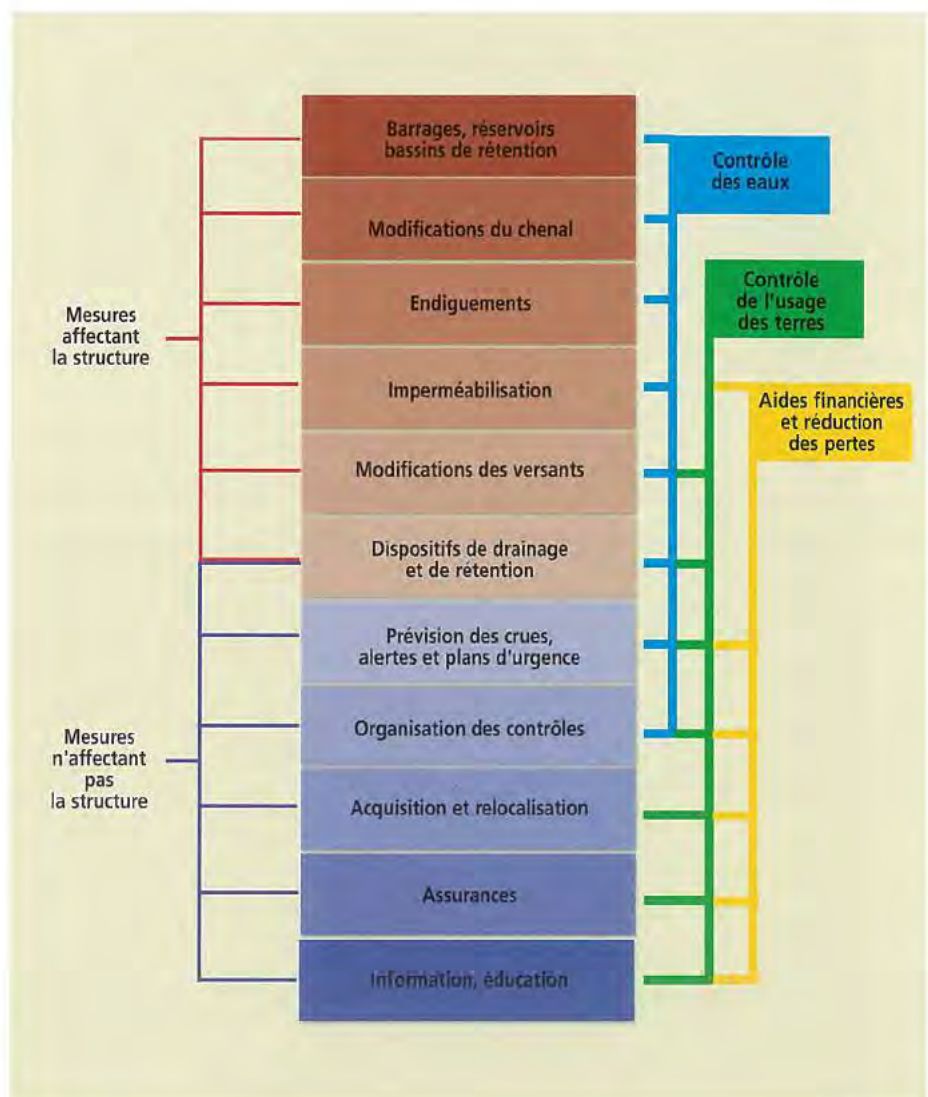


La maîtrise des crues

A tout moment, mais surtout en automne et au printemps, des pluies soudaines peuvent s'abattre sur les régions méditerranéennes, gonfler des rivières parfois asséchées, arrachant les sédiments des fonds et des berges, bouleversant les structures en place jusqu'à la mer.

La maîtrise des crues a de tous temps préoccupé les esprits, suscitant deux types de mesures⁵. Les unes affectent la structure des rivières, les autres non (voir figure ci-dessous).

Les mesures affectant les structures des rivières (édification de barrages-réservoirs, de bassins de rétention, de levées, etc.) posent



Mesures destinées à maîtriser les crues, affectant ou non la structure des rivières (d'après Poesen et Hooke 1997).

Le contexte méditerranéen

Une crue du Golo Ponte Leccia
en Corse



J.J. Alcalay/Bios

des problèmes particuliers en région méditerranéenne. La rétention des sédiments accélère en effet le comblement des réservoirs de manière parfois spectaculaire. Elle peut aussi accroître le pouvoir érosif des crues, priver l'aval de sédiments et soumettre les estuaires aux influences marines. Dans le bassin de l'Ebre, l'apport de sédiments à la mer atteint seulement 1 % de ce qu'il était avant la construction des barrages⁶.

D'autres mesures n'affectent pas la structure des rivières (elles recourent à la prévision, à l'évaluation des impacts, à la perception par le public, à la communication, à l'information). Ces mesures ont de nos jours la faveur des aménageurs car elles paraissent plus respectueuses de l'environnement et susceptibles de durer sur le long terme. Elles utilisent l'aptitude des rivières à s'ajuster aux événements hydrologiques qui les ont créées. Ce que les aménageurs traduisent par l'expression "travailler avec la nature", à la place de "travailler contre la nature". Toutefois, en région méditerranéenne, une autre dimension doit être prise en compte : les aménageurs doivent aussi apprendre à "travailler avec la culture", de manière à s'adapter au caractère à la fois naturel et culturel de paysages inventés par des siècles d'histoire.

Il est clair que les deux types de mesures ne s'excluent pas. En certaines situations à risque, seuls des barrages permettront de protéger les gens et leurs biens. L'essentiel est de prendre aussi en considération des solutions alternatives, ce qui suppose une

⁶ - Guillen & Palanques (1992)



connaissance approfondie des données de base : celle des séries de précipitations, des dynamiques de sol, des effets des couverts végétaux, des perceptions des paysages riverains par le public. Car, en région méditerranéenne, les crues n'ont cessé d'affecter des rivières de plus en plus canalisées, des territoires de plus en plus arides, irrigués et urbanisés. S'impose alors une approche intégrée et holistique de la maîtrise des crues. Cette approche doit, dans la mesure du possible, dégager des solutions qui n'affectent pas la structure des rivières et s'appuyer sur des données historiques complètes pour évaluer les risques et atténuer les effets. Elle doit encore prendre en compte la forte variabilité spatio-temporelle des impacts avec, par exemple, sur un même cours d'eau, des charges sédimentaires dont l'excès en amont entraîne un comblement accéléré des réservoirs, alors que l'insuffisance en aval provoque des reprises de l'érosion. Maîtriser les crues, c'est d'abord connaître l'éventail des possibilités, les événements extrêmes, les probabilités d'occurrence.

L'Ebre à Sastago, Espagne



Partition “hydrogéoécologique”

Il existe donc une identité hydrologique méditerranéenne. Nous l'avons vu, cette identité tient d'abord à des conditions climatiques particulières, intermédiaires entre celles des conditions plus tempérées du nord et plus arides du sud.

L'hydrologie méditerranéenne est marquée par la sécheresse et la chaleur de l'été, par de fortes pluies d'automne et secondairement de printemps, concentrées sur quelques jours, irrégulières et susceptibles de déclencher des crues catastrophiques. Mais l'identité hydrologique méditerranéenne tient aussi à l'étendue faible ou moyenne de bassins fluviaux élémentaires nombreux (tableau ci-dessous) : ceux de moins de 10 000 km² composent près de 60 % de l'ensemble du bassin méditerranéen⁷. Ce morcellement est d'ailleurs accentué par la présence d'îles nombreuses.

Le morcellement hydrographique concerne également les eaux souterraines, tant karstiques qu'alluviales (voir figure p. 26). Les aquifères* karstiques des massifs calcaires donnent naissance à de nombreuses sources aux débits souvent élevés. Les aquifères alluviaux se nourrissent à la fois des aquifères karstiques qu'ils bordent et des eaux des rivières elles-mêmes. Ces deux types d'aquifères peuvent déverser leurs eaux directement dans la mer par des sources littorales ou sous-marines. Quant aux fleuves, leurs charges sédimentaires les amènent à former des deltas dont les milieux aquatiques et amphibies

Bassins fluviaux méditerranéens d'une superficie supérieure à 10 000 km², à l'exception du Nil (d'après Margat 1992, modifié).

Fleuve	Bassin versant (km ²)	Longueur (km)	Pays
Rhône	98 845	812	France, Suisse
Ebre	86 000	930	Espagne
Pô	70 090	676	Italie
Moulouya	53 700	450	Maroc, Algérie
Merik-Evros/Ergrenne	52 450	490	Bulgarie, Grèce, Turquie
Cheliff	45 000	700	Algérie
Büyüçk Menderes	24 976	450	Turquie
Axios Vardar	24 662	388	Macédoine, Grèce
Asi-Orontes	23 933	570	Syrie, Liban, Turquie
Medjerda	23 700	484	Tunisie, Algérie
Ceyhan	21 982	509	Turquie
Seyhan	20 450	500	Turquie
Gediz	18 000	270	Turquie
Jucar	17 876	506	Espagne
Tibre	17 169	405	Italie
Strymon-Strouma	16 533	430	Bulgarie, Grèce, Macédoine
Segura	14 925	240	Espagne
Neretva	12 750	275	Bosnie-Herzégovine, Croatie
Drin	12 368	151	Albanie, Serbie et Monténégro
Adige	12 200	415	Italie



La Sorgue en aval
de la Fontaine de Vaucluse

Bruno Pambour/Bios

Eaux souterraines dans le bassin méditerranéen

1 : principaux aquifères alluviaux ;
2 : aquifères carbonatés karstiques
(d'après Margat 1992, modifié).



Le contexte méditerranéen

entremêlés se modifient en permanence au gré des changements des régimes d'apports fluviatiles.

En dépit de cette identité hydrologique, de forts contrastes opposent notamment le nord et le sud du bassin méditerranéen. Ces contrastes affectent nettement la répartition des écoulements (voir figure ci-dessous). On notera qu'ils sont plus marqués à l'est du bassin, que le désert s'étend jusqu'à la mer le sud-est, et que les apports d'eau diminuent du littoral vers l'intérieur au Maghreb, au Levant et en Anatolie, tandis qu'ils augmentent au contraire en Espagne, en France, en Italie et dans les Balkans. Il en résulte des différences très importantes entre les volumes d'eau reçus par les différents pays.

Ces différences ajoutées aux disparités démographiques et économiques se répercutent sur la gestion des eaux du bassin. Elles ont pu conduire à une partition "hydrogéoécologique" du bassin méditerranéen (voir figure p. 28).

- Au nord, les besoins sont modérés par rapport aux quantités présentes et, si des crises locales sont toujours possibles, des pénuries d'eau ne sont guère à prévoir avant 2025. La priorité est plutôt, outre

Répartition de l'écoulement potentiel moyen annuel dans le bassin méditerranéen (d'après Margat 1992, modifié).





Partition "hydroécologique" du bassin méditerranéen opposant le Nord où les pressions quantitatives sur les eaux continentales sont faibles à modérées et le Sud où elles sont fortes : le pointillé sépare les pays du Nord et ceux du Sud. (d'après Margat 1992, modifié).

les questions de sécurité, à la protection et à la restauration de la qualité des eaux. On distinguera toutefois les pays comme la France, l'Italie, l'ex-Yougoslavie, la Grèce aux besoins en eau stables, des pays comme l'Albanie, la Turquie, le Liban, la Syrie, aux besoins en augmentation.

- Au sud, les besoins sont forts par rapport aux quantités présentes. Ils peuvent encore être satisfaits jusqu'en 2025 à condition d'intensifier les aménagements en Espagne, à Chypre et dans les pays du Maghreb, mais ne peuvent être satisfaits dès à présent par des ressources conventionnelles en Egypte, en Israël, en Lybie, à Malte, en Tunisie. La priorité est ici aux économies d'eau, aux importations, au recours à des ressources non conventionnelles. La question de la préservation de la qualité des eaux s'efface devant celle de la quantité.

Eaux souterraines : un cheminement à deux vitesses

Les eaux souterraines jouent un rôle essentiel dans l'alimentation des rivières et de leur végétation riveraine en région méditerranéenne. Le cheminement de ces eaux dans le milieu souterrain est longtemps resté mystérieux, donnant naissance aux légendes les plus variées. Nous savons aujourd'hui que les eaux souterraines cheminent à des vitesses très différentes selon qu'elles circulent dans des massifs calcaires ou des bassins sédimentaires.

Les massifs montagneux calcaires présentent des fissures agrandies par le processus de karstification. L'eau des précipitations atmosphériques infiltrée depuis la surface y circule rapidement avant d'être restituée aux émergences. La Fontaine-de-Vaucluse en offre un exemple célèbre. Elle constitue l'émergence d'un vaste réseau souterrain karstifié, alimenté par les précipitations réparties sur un impluvium* de 1 100 km² qui correspond au massif du mont Ventoux, à la montagne de Lure, au plateau d'Albion et aux monts de Vaucluse. La fontaine débite en moyenne 700 millions de m³ par an⁸. Des expériences de coloration ont donné une idée de l'étendue des transferts d'eau depuis différents points du massif et de la vitesse de ces transferts : la plus grande

distance parcourue par une coloration a été de 46 km (pour un délai d'apparition à la fontaine de 25 jours) ; le plus court délai d'apparition a été de 6 jours pour un parcours de 30 km.

Inversement, l'eau circule très lentement dans les réservoirs des bassins sédimentaires : elle s'y répartit à la manière dont elle imbibe une éponge. Les matériaux qui constituent ces bassins sont en effet faiblement ou très faiblement perméables. L'alimentation s'effectue essentiellement par les bordures, là où les horizons perméables affleurent largement. L'infiltration est alors favorisée par un redressement de ces horizons et les précipitations les plus récentes poussent les plus anciennes vers le centre des bassins. La nappe aquifère s'organise à partir de ces précipitations : l'âge de l'eau infiltrée depuis les bordures augmente jusqu'au centre d'un même bassin. Les datations au carbone 14 témoignent d'un cheminement extrêmement lent, au point que l'eau prélevée en certains forages profonds peut correspondre à des pluies tombées à l'époque des hommes préhistoriques.



Des boisements d'intérêt patrimonial

Depuis quelques années, les ripisylves suscitent l'attention du monde scientifique et d'un public de plus en plus vaste. Elles constituent des milieux dignes d'investissement au sens large, y compris financier. On parle à leur sujet d'intérêt patrimonial, notion qui permet à la fois⁹ de "qualifier" les espèces, de les "hiérarchiser" pour définir des priorités de conservation, de "communiquer" entre les acteurs du monde de la nature, dans le cadre d'une gestion raisonnée de l'environnement.

L'intérêt patrimonial des ripisylves sert souvent d'argument pour prendre en compte ces boisements dans l'aménagement des rivières et de leurs plaines inondables. Il renvoie d'abord à une nécessité d'inventaire.



Panorama des groupements végétaux riverains

Les ripisylves occupent une position bien particulière dans la végétation méditerranéenne. Inféodées aux tracés des réseaux hydrographiques, elles incisent les différentes zones de végétation depuis les reliefs jusqu'à la mer, tout en conservant leur originalité. Leurs groupements végétaux sont multiples et variés, parmi les mieux connus au monde, grâce aux travaux de phytosociologie menés sur une grande partie du pourtour méditerranéen.

Le sud de la Méditerranée

Les données dont nous disposons pour l'Algérie¹⁰ révèlent l'existence de ripisylves résiduelles, modifiées par les coupes, les incendies, le pâturage, l'urbanisation. Divers types de groupements riverains inégalement représentés s'y interpénètrent en fonction des conditions d'écoulement, de sol et d'aridité.

1. Les saulaies à saules pourpre *Salix purpurea*, en limite d'aire méridionale, y sont rares. Les berges des oueds n'offrent que des conditions d'installation limitées à des saulaies arbustives qui, lorsqu'elles subsistent, rappellent celles du nord-ouest de l'Espagne.
2. Les saulaies à aulnes glutineux *Alnus glutinosa*, appauvries en espèces septentrionales, recouvrent des zones marécageuses inondées



Oued au Maroc

10 - Bensettiti & Lacoste (1999)

Des boisements d'intérêt patrimonial

plusieurs mois de l'année dans l'est de l'Algérie et en Tunisie. Elles comprennent des espèces caractéristiques des aulnaies à fougères : l'osmonde royale *Osmunda regalis*, la fougère femelle *Athyrium filix-femina*, la circeé des sorcières *Circaea lutetiana*, l'iris faux açore *Iris pseudacorus*. La campanule endémique nord-africaine *Campanula alata* est la principale espèce différentielle de ces aulnaies.

3. Les peupleraies blanches du Maghreb se démarquent nettement de leurs homologues du nord de la Méditerranée : les espèces d'aulnaies et de hêtraies y disparaissent au profit d'espèces de chênaies méditerranéennes. La clématite *Clematis cirrhosa* y trouve son développement optimal.

Ces peupleraies forment des boisements typiques de plaine au nord de l'Algérie. Elles comprennent des peupliers blancs *Populus alba* et noirs *P. nigra*, des frênes à feuilles étroites *Fraxinus angustifolia*, des ormes *Ulmus minor*, plus rarement des aulnes glutineux et des saules blancs *Salix alba*. Les lianes y sont richement représentées avec les clématites *Clematis cirrhosa* et *C. flammula*, le lierre *Hedera helix*, la salsepareille *Smilax aspera*, l'aristoloche *Aristolochia sempervirens*, le rosier *Rosa sempervirens*. On y relève encore, en strates arbustives et arborées, l'alaterne *Rhamnus alaternus*, l'aubépine *Crataegus monogyna*, la ronce *Rubus ulmifolius*, la canne de Provence *Arundo donax*, l'olivier *Olea europaea*, le prunier *Prunus domestica*, le figuier *Ficus carica*, ainsi que, en strate herbacée, autour de l'arum d'Italie *Arum italicum* très fréquent, l'asperge *Asparagus acutifolius*, le géranium *Geranium robertianum*, le brachypode *Brachypodium sylvaticum*, l'ail *Allium triquetrum*, le milium *Piptatherum miliaceum*, le capuchon de moine *Arisarum vulgare*, l'oseille *Rumex conglomeratus*, la prêle *Equisetum ramosissimum*.

En altitude, par exemple le long des oueds de l'Atlas tellien, la peupleraie blanche s'efface devant une saulaie-frênaie caractérisée par le saule *Salix pedicellata*, le chêne vert *Quercus ilex*, l'alliaire *Alliaria petiolata*, le merisier *Prunus avium*, le houx *Ilex aquifolium*, le lamier *Lamium flexuosum*.

4. Les tamaricaies à laurier rose *Nerium oleander* se répandent le long des oueds, remplaçant les peupleraies blanches dès que les conditions d'aridité s'accroissent. Elles semblent jouer un rôle pionnier semblable à celui des saulaies septentrionales. Ces formations sont caractérisées par les tamaris *Tamarix gallica* et *T. africana*, auxquels s'ajoutent le laurier rose, la canne de Provence, le milium, le diss *Ampelodesmos mauritanicus*, la scammonée de Montpellier *Cynanchum acutum*, l'inule visqueuse *Dittrichia viscosa*.

Le nord de la Méditerranée

De l'Espagne aux Balkans, les peupleraies blanches de la rive nord de la Méditerranée diffèrent de celles de la rive sud, notamment par une forte proportion d'espèces euro-sibériennes telles que la ronce *Rubus caesius*, le peuplier noir, le gaillet *Galium mollugo*, les saules *Salix alba*, *S. triandra*, *S. atrocinerea*, *S. fragilis* et surtout la saponaire *Saponaria officinalis*.

Les peupleraies blanches des plaines du Languedoc offrent un des exemples les mieux connus de ce type de formation¹¹ caractérisé par le peuplier *Populus alba*, l'orme *Ulmus campestris*, le frêne *Fraxinus angustifolia*, l'iris *Iris foetidissima*, la violette *Viola odorata*, la cucubale *Cucubalus baccifer* et la consoude *Symphytum tuberosum*. Les peupleraies décrites de Provence et des Alpes du Sud se révèlent assez semblables¹² ; celles d'Espagne se diversifient en associations telles que, par exemple, les peupleraies à *Rubus ulmifolius* de l'Ebre, à *Salix atrocinerea* de l'Estrémadure, à *Nerium oleander* d'Andalousie¹³. Dans leur ensemble, les peupleraies blanches méditerranéennes se développent dans l'espace compris entre le bord de mer et les piémonts, occupant des sols alluviaux profonds, plutôt basiques.

D'autres essences peuvent dominer la strate haute en fonction des régimes d'inondation, des types de sol, des conditions climatiques. On passe alors à d'autres types de ripisylves, elles aussi répandues de l'Espagne aux Balkans :

- Aulnaies à *Alnus glutinosa*, souvent accompagné du frêne à feuilles étroites, du bouleau verruqueux *Betula pendula* et, en sous-bois, de l'osmonde royale ;
- Aulnaies-frênaies à *Alnus glutinosa* et *Fraxinus angustifolia* spp. *oxycarpa*, notamment dans les Cévennes ;
- Frênaies-ormes à *Fraxinus angustifolia* et à orme *Ulmus minor* lorsque les périodes d'inondation se raccourcissent.

Les relevés effectués tant en Espagne qu'en France et en Italie témoignent d'une forte intrication des peupleraies et des saulaies. Ces dernières constituent des fourrés sur des berges caillouteuses, pauvres en matière organique. Elles sont dominées par *Salix purpurea*, *S. triandra*, *S. viminalis*, *S. elaeagnos*, espèces à croissance rapide, à multiplication végétative par rejets importants et, par conséquent, susceptibles d'occuper l'espace rapidement après les crues.

Dans le sud de l'Espagne, les saulaies sont remplacées par des tamaricaies à laurier rose, dans des conditions d'aridité et de salinité

11 - Tchou (1948-1949)
12 - Loisel (1976)

13 - Rivas Martínez (1964)

Les forêts riveraines de Grèce : un besoin urgent de protection

Les forêts riveraines occupaient jadis de vastes zones le long de presque tous les cours d'eau de Grèce. Elles ont été ramenées à d'étroites bandes par l'agriculture et la sylviculture. Seules les aires les moins accessibles et quelques rares sites aux abords de grandes rivières et de certains lacs ont conservé leurs boisements d'origine. Ainsi réduites et altérées par la chenalisation des rivières, par le surpâturage et par les coupes, ces forêts gardent toutefois un rôle écologique surprenant compte tenu de leur taille, tant par leur fonction de zone tampon que par celle d'habitat sauvage riche et diversifié¹⁴.

Au nord de la Grèce, des bandes boisées respectables se maintiennent en place le long de fleuves tels que le Strymon et le Nestos. Les boisements du Strymon présentent une structure complexe et hétérogène, avec de nombreux stades transitoires depuis les peuplements à *Salix alba* des zones les plus basses jusqu'à ceux à *Populus alba* des zones les plus élevées et éloignées de l'eau. Ces stades comprennent *Salix alba*, *Alnus glutinosa* et *Populus nigra* comme espèces les plus communes. Leurs sous-bois s'enrichissent en espèces au fur et à mesure qu'on s'élève, et abondent en lianes, dont *Humulus lupulus*, *Periploca graeca* – espèce méridionale caractéristique – et *Vitis vinifera* spp. *sylvestris*. A Kerkiní, le développement de la forêt riveraine a été fortement perturbé suite au relèvement des eaux.

La forêt riveraine du Nestos a également été réduite par le surpâturage, le déboisement, l'agriculture et la populiculture. *Salix alba*,

Populus alba, *Populus nigra*, *Fraxinus angustifolia* spp. *oxycarpa*, *Alnus glutinosa*, *Quercus pendunculiflora* et *Ulmus minor* y sont les arbres les plus communs, accompagnés de nombreuses lianes. Dans les parties les plus basses, un drainage intense, joint à de longues périodes de sécheresse, a abaissé le niveau des nappes phréatiques, provoquant l'intrusion d'eaux saumâtres. L'ancienne Grande Forêt (Kodja Orman), ramenée à une trentaine d'hectares de boisement alluvial unique, reste sous la menace d'exploitations illégales.

Au sud de la Grèce, les forêts riveraines et les vallées prennent un caractère méditerranéen plus marqué, symbolisé, comme sur le fleuve Pinios, par l'abondance de *Platanus orientalis*, au côté d'espèces telles que *Salix alba*, *S. fragilis*, *Populus alba* et *P. nigra* encore dominantes. Ces associations s'étendent sur l'ensemble du fleuve, y compris son delta, *Alnus glutinosa* et *Fraxinus angustifolia* occupant les sites les plus humides, associés à une mosaïque d'herbacées.

Ces écosystèmes peuvent attirer de nombreuses activités de loisir et, facteur de développement touristique, devenir une ressource pour l'économie locale. Ceci réclame cependant des mesures de protection qui ne sauraient réussir sans respecter les régimes hydrologiques des cours d'eau.

par Kostas Vitoris,
Université de Thessalonique, Grèce



semblables à celles du Maghreb. Les cours d'eau sont alors bordés de fourrés à tamaris, laurier rose, canne de Provence et milium.

Plus à l'est, les peupleraies blanches s'enrichissent en éléments orientaux et arides au sud de l'Italie ou en éléments qui rappellent les chênaies-ormaies de l'Europe moyenne en Albanie. Au sud de l'Italie, y compris en Sicile, la strate arborée peut ainsi comprendre le platane oriental *Platanus orientalis* à côté du peuplier blanc, du frêne et du saule blanc, tandis que se développent des fourrés à laurier rose et à tamaris¹⁵. En Albanie, les espèces de la peupleraie blanche peuvent être rejointes par l'orme *Ulmus procera*, le chêne *Quercus robur*, l'aulne glutineux, le saule blanc et le platane oriental¹⁶. Pour leur part, les frênaies à *Fraxinus angustifolia* accueillent l'orme *Ulmus minor*, l'arbre de Judée *Cercis siliquastrum*, les chênes *Quercus robur* et *Q. coccifera*. Quant aux saulaies, elles comprennent, à côté de *Salix alba*, des espèces comme *Alnus glutinosa*, *Nerium oleander*, *Tamarix africana*.

Bien représentées en Grèce, notamment dans la forêt d'Hodja Oman en Macédoine, les peupleraies blanches comprennent aussi beaucoup d'espèces d'Europe moyenne et orientale, le platane oriental prenant le pas sur le peuplier blanc quand on passe d'ouest en est. On note encore la présence de frênaies à *Fraxinus angustifolia* spp. *oxycarpa* sur le littoral des mers Ioniennes et Egée, et d'aulnaies à *Alnus glutinosa* sur le littoral de Thessalie, de Macédoine et de Thrace. Le laurier rose et les tamaris se développent, de même que le gattilier *Vitex agnus-castus*, partout où les conditions d'aridité se précisent, notamment dans le Péloponnèse.

L'est de la Méditerranée

Plusieurs groupements remarquables ont été décrits de Turquie¹⁷. La rivière Delaman au sud-ouest de l'Anatolie est par exemple bordée de ripisylves à liquidambar *Liquidambar orientalis*, aulne *Alnus orientalis*, platane *Platanus orientalis*, orme *Ulmus* sp., smilax *Smilax excelsa*, asclépiade *Periploca graeca*, vigne *Vitis vinifera*. La rivière Ergene, près de la frontière avec la Grèce, est accompagnée de peupleraies à *Populus alba*, *Ulmus minor* et *Salix alba*, la rivière Sakarya au nord de l'Anatolie, de frênaies à *Fraxinus angustifolia* spp. *oxycarpa*, *Ulmus carpinifolia*, *Carpinus betulus*, *Alnus glutinosa*, *Acer campestre*.

Cependant, de nombreuses ripisylves de Turquie sont dominées par le platane *Platanus orientalis*, auquel sont associées des espèces tantôt d'Europe centrale comme *Ulmus minor*, *Salix alba* et *Sambucus nigra*, tantôt des espèces méditerranéennes comme *Nerium oleander*. Les fourrés à tamaris sont également nombreux le long des cours d'eau d'Anatolie¹⁸.

15 - Gentile (1968)

16 - Karpatî & Karpatî (1961)

17 - Yaltirik (1973), Akman et al. (1979),

Yon & Tendron (1981)

18 - Zohary (1973)

Des boisements d'intérêt patrimonial

Les successions végétales riveraines

Les successions végétales riveraines sont relativement bien connues au nord de la Méditerranée¹⁹. Selon la dynamique illustrée par la figure p. 11, des groupements herbacés pionniers s'installent sur les berges dénudées par une crue ; ils ouvrent la voie à des groupements arbustifs et arborés pionniers, suivis de groupements arborés postpionniers.

Groupements herbacés pionniers

Les alluvions récentes grossières des lits majeurs hébergent un groupement composé du pavot *Glaucium flavum*, de la scrofulaire des chiens *Scrofularia canina*, du chénopode *Chenopodium botrys*, du plantain *Plantago indica*, de l'onagre *Oenothera biennis*, de l'épilobe *Epilobium dodonaei*, de la fausse roquette *Erucastrum nasturtiifolium*.

En revanche, les sols limoneux ou argileux partiellement asséchés en été voient se développer un groupement nitrophile, avec les bidents *Bidens tripartita* et *B. frondosa*, les renouées *Polygonum lapathifolium*, *P. mite* et *P. minus*, la potentille *Potentilla supina*, ou encore un groupement à petites cypéracées comme les souchets *Cyperus fuscus* et *C. flavescens*.

Enfin, de grandes herbacées vivaces s'installent lorsque les plages alluviales se transforment en zones d'atterrissement. On observe alors des groupements à ombellifères et des roselières, avec le roseau *Phragmites australis* ou la baldingère *Phalaris arundinacea*.

Groupements arbustifs et arborés pionniers

Il s'agit de saulaies arbustives, de saulaies et peupleraies arborescentes, de peupleraies noires.

- Les saulaies arbustives comprennent des groupements à saules divers d'une part, à *Salix purpurea* et *Saponaria officinalis* d'autre part.

Les saulaies à saules divers occupent des alluvions sableuses, graveleuses ou limono-argileuses, ainsi que des sols alluviaux non évolués, régulièrement perturbés, dans les parties moyennes et basses des cours d'eau. Les saules y sont très diversifiés, avec *Salix elaeagnos*, *S. fragilis* et les saules osiers *S. purpurea*, *S. triandra*, *S. viminalis*. Le groupement est caractérisé par la présence de l'ortie *Urtica dioica*, de la rondelote *Glechoma hederacea* et du chanvre bâtard *Galeopsis tetrahit*. Les espèces *Salix alba* et *Populus nigra* y sont rares.

¹⁹ - Roux (1998)



Les saulaies à saule pourpre et saponaire officinale occupent des sables et graviers humides en bordure immédiate d'eaux vives, ainsi que des sols alluviaux non évolués, régulièrement perturbés par de fortes crues. Les saules *Salix purpurea* et *S. elaeagnos* y sont caractéristiques, ainsi que la saponaire *Saponaria officinalis*, la clandestine *Lathraea clandestina*, la cucubale *Cucubalus baccifer*. Les espèces *Salix alba*, *Populus nigra* et *P. alba* y sont rares.

- Les saulaies et peupleraies arborescentes peuvent constituer plusieurs types de groupements : saulaie arborée à saule blanc, saulaie arborée à saule fragile, saulaie-peupleraie à baldingère *Phalaris arundinacea*, saulaie blanche à aulne blanc.

La saulaie arborée à saule blanc se développe sur des substrats très variés, soumis à de fortes crues, dans l'étage collinéen. *Salix alba* et *Populus nigra* y sont caractéristiques, ainsi que *Salix fragilis*, *S. purpurea* et *S. viminalis*.

La saulaie arborée à saule fragile se développe sur alluvions siliceuses pauvres en éléments minéraux dans des conditions semblables à celles de la saulaie précédente. Elle est caractérisée par *Salix fragilis* et *S. alba*.

La saulaie-peupleraie à *Phalaris arundinacea* se développe sur des alluvions calcaires. On note parmi les caractéristiques : *Populus nigra*, *P. alba*, *Salix alba*, *S. purpurea*, *S. elaeagnos*, *Alnus incana*, ainsi que la baldingère *Phalaris arundinacea* et la saponaire *Saponaria officinalis*.

La saulaie blanche à *Alnus incana* se développe sur alluvions à dominante calcaire, formant une transition vers la forêt de bois dur. Les caractéristiques y sont *Salix alba*, *Alnus incana*, *A. glutinosa*, ainsi que *Carex pendula*, *C. acutiformis*, *Iris pseudacorus*, *Lysimachia vulgaris*.

- Les peupleraies noires sur niveaux élevés à galets comprennent des groupements à noisetier quand le contact est maintenu avec la nappe, des groupements à brachypode en situation plus sèche.

La peupleraie noire à noisetier, mésophile, comprend, outre *Populus nigra* et le noisetier *Corylus avellana*, des espèces telles que *Populus alba*, le fusain *Evonymus europaeus*, *Arum italicum*, *Brachypodium sylvaticum*, *Viola reichenbachiana*, le lierre *Hedera helix*.

La peupleraie noire à brachypode de Phénicie, sèche, comprend *Populus nigra* et des herbacées telles que *Brachypodium phoenicoides*, *Rosmarinus officinalis*, le bragalou *Aphyllanthes monspeliensis*, la vipérine *Echium vulgare*...

Des boisements d'intérêt patrimonial

Groupements arborés postpionniers

Il s'agit de la peupleraie blanche, des aulnaies et des chênaies.

- La peupleraie blanche constitue le groupement postpionnier typique des régions méditerranéennes et supra-méditerranéennes. Elle se développe sur des substrats plus ou moins limoneux et sableux qui recouvrent les cailloutis et les graviers des rivières d'une certaine largeur. Ses espèces caractéristiques sont *Populus alba*, *P. nigra*, *Ulmus minor*, *Fraxinus angustifolia* spp. *oxycarpa*, *Acer negundo*, ainsi que l'iris *Iris foetidissima*, la violette *Viola odorata*, la cucubale *Cucubalus baccifer*, la consoude *Symphytum tuberosum*, le carex *Carex pendula*, l'euphorbe *Euphorbia amygdaloides*.

- Les aulnaies peuvent prendre divers aspects en fonction des conditions de sol et de climat. L'aulnaie à frêne à feuilles étroites *Fraxinus angustifolia* se développe sur des berges sablo-limoneuses et caillouteuses soumises à des crues temporaires en climat méditerranéen humide. Définie le long de cours d'eau cévenols, elle est caractérisée par *Alnus glutinosa*, *Fraxinus angustifolia* spp. *oxycarpa*, *Salix alba*, *S. elaeagnos*, *Populus alba*, *P. nigra*, ainsi que par *Carex pendula*, *Angelica sylvestris*, *Circaea lutetiana*, *Scrophularia nodosa*... Une aulnaie à *Alnus glutinosa* et à tilleul *Tilia cordata* la remplace dans les vallées froides et encaissées des massifs des Maures et de l'Estérel, sur substrats de graviers et de limons issus de roches siliceuses, tandis qu'une aulnaie à *Alnus glutinosa* et à charme-houblon ou bois de fer *Ostrya carpinifolia* se développe sur des substrats majoritairement sableux, toujours humides, par exemple dans certains fonds de vallées affluentes du Var.

- La chênaie pubescente à orme et la chênaie pédonculée à orme recouvrent les substrats les plus fins épargnés par les fortes crues dans les grands systèmes fluviaux. Les chênes *Quercus pubescens* et *Q. robur* y sont accompagnés par *Ulmus minor*, *Fraxinus angustifolia* spp. *oxycarpa*, *Alnus incana* et, plus rarement, *Populus alba*. La strate herbacée y est très fournie.

Peupliers : les noirs et les blancs

Les peupliers noirs *Populus nigra* et blancs *P. alba* caractérisent nombre de ripisylves méditerranéennes. Les deux espèces sont dioïques* : leur reproduction sexuée passe par une pollinisation croisée. Les peupliers blancs fleurissent en général de fin février à début mars, les peupliers noirs, de fin mars à début avril. Les graines parviennent à maturité en six à huit semaines. Elles sont petites, légères, abondamment enveloppées de longs poils blancs ressemblant à du coton, facilement disséminées par le vent et par l'eau. Mais leur viabilité ne dure que quatre à huit semaines. Ces graines envahissent les berges où elles peuvent germer en 24 heures et former des plantules

en deux à trois jours. Un système racinaire superficiel facilite leur multiplication végétative, par rejet de souche et bouturage.

Le peuplier noir, originaire des régions méditerranéennes, s'étend jusqu'à la Chine et aux rives des mers du Nord et de la Baltique. Arbre pionnier, il accompagne les saules dans la colonisation des zones riveraines récemment mises à nu par les crues. Il atteint 30 m de haut et plus, pour une durée de vie de 150 à 200 ans. Dans les cultures, il est souvent remplacé par des peupliers noirs américains, avec lesquels il s'hybride. Les populations sauvages de peuplier noir interagissent d'ailleurs avec ces hybrides,



Feuilles de peupliers blanc (en haut)
et noir (en bas)
(d'après Quartier et Bauer-Bovet 1973,
modifié).

Des boisements d'intérêt patrimonial

échangeant des gènes et des parasites. L'espèce est une source importante de revenus en divers pays méditerranéens : *Populus nigra* fait partie des parents de 63 % des cultivars de peupliers inscrits au catalogue mondial et représente 45 % des plantations de peupliers destinés à produire du bois en Turquie²⁰. Le peuplier d'Italie, cultivar de *Populus nigra*, caractérise de nombreux paysages de vallées.

Le peuplier blanc viendrait également des rivages méditerranéens. Son aire naturelle s'étend du sud de l'Europe et de l'Afrique du Nord jusqu'en Asie, de la Turquie à l'Inde. *Populus alba* peut vivre 200 à 300 ans et mesurer jusqu'à 40 m de haut pour 1 m de diamètre, d'où son intérêt paysager. Il se développe en mélange avec des saules, des aulnes et d'autres peupliers. Les peupleraies blanches constituent un groupement caractéristique de la région méditerranéenne.

La strate arborescente y est dominée par les peupliers blancs et noirs, accompagnés de la bryone dioïque et de la cucubale couchée, d'érables champêtres, de frênes à feuilles étroites, de chênes pubescents et pédonculés, de tilleuls à petites feuilles. La strate arbustive comprend le fusain d'Europe et l'androsème. La strate herbacée, très fournie, abrite entre autres espèces : l'arum d'Italie, l'iris fétide, les laïches blanche et pendante, le brachypode des bois, la lathrée clandestine, l'euphorbe des bois, le grémil pourpre-bleu, le gaillet vrai, la lamsane commune, la primevère élevée, la saponaire officinale, l'épiaire des bois, la petite pervenche²¹.

Certains auteurs déconseillent l'usage des peupliers surtout noirs, dans les programmes d'aménagement des berges : ces arbres au port élevé, trop superficiellement enracinés, sont facilement déchaussés par le vent et déstabilisent les berges.

Orage le long du Rhône



Emmanuel Viale/Bios

20 - Frison et al. (1995)

21 - Rameau et al. (1989)

Quelques essences remarquables des ripisylves méditerranéennes

Le platane d'Orient, *Platanus orientalis*, développe des populations naturelles le long des cours d'eau du nord-est méditerranéen, depuis la Sicile jusqu'à l'Irak, y compris dans des conditions de forte aridité, comme le long du fleuve Barada à Damas (Syrie)²². L'espèce a été répandue hors de son habitat naturel comme arbre d'ornement et d'alignement. Elle peut faire l'objet de plantations irriguées pour produire du bois de rapport.

Le platane d'Orient peut atteindre 30 à 40 m de hauteur et vivre 500 à 2000 ans. Il se régénère facilement par semis. Il s'agit d'un arbre monoïque*, aux fleurs groupées en chatons unisexués, globuleux et pendants. Ses akènes*, aux bases entourées de poils, sont répandus par le vent ; ils peuvent l'être



Platane d'Orient

aussi par les fourmis. Au Proche-Orient, on le rencontre depuis le niveau de la mer jusqu'à 1 500 m d'altitude, sous un régime de pluies typiquement méditerranéen, avec des étés très secs et des pluviosités moyennes annuelles qui varient de moins de 200 mm, comme à Damas, à plus de 1 200 mm, comme à Chaukarane en Syrie et comme à Bikfaya au Liban²³.

Dans les ripisylves de Turquie, de Chypre, de Syrie et du Liban, le platane d'Orient est presque toujours associé à l'aulne d'Orient *Alnus orientalis*, ces deux espèces étant accompagnées par *Salix alba* et *Rubus ulmifolius* spp. *anatolicus* dans l'étage méditerranéen²⁴.

Le liquidambar, *Liquidambar orientalis*, est originaire de Turquie, plus précisément du sud-ouest de l'Anatolie. Ses peuplements s'étendent du littoral jusque vers 900 m d'altitude. Répandus en plaine, ils longent les ruisseaux et les rivières, formant des futaies régulières généralement pures, inondées en hiver. *Liquidambar orientalis* peut atteindre 35 m de haut et 3 m de circonférence pour un système racinaire horizontal et peu profond. Il peut pousser de vigoureux rejets et drageons, tout en fructifiant abondamment presque chaque année. C'est un arbre monoïque dont les fruits en capsules libèrent des graines qui, disséminées en automne, germent en avril-mai. La croissance est rapide : en quatre années, les individus en plantations peuvent atteindre en moyenne 3 m de hauteur et 15 cm de circonférence²⁵.

Les liquidambars sont des arbres balsamiques qui, au printemps, dégagent une odeur

Des boisements d'intérêt patrimonial



GayoBios

Laurier rose

agréable par temps d'averse. Blessés, ils laissent s'écouler un baume, autrefois exporté comme fixateur en parfumerie. Ce baume est connu comme antiseptique dans le traitement de l'asthme et de la bronchite, ainsi que dans celui de mycoses et galles, maladies parasitaires de la peau. Le résidu obtenu après extraction est utilisé comme encens.

Le laurier rose, *Nerium oleander*, pousse sur l'ensemble du pourtour méditerranéen près des cours d'eau, y compris ceux qui s'assèchent régulièrement en été. Il se développe par exemple vigoureusement et abondamment le long des oueds d'Afrique du Nord. L'espèce supporte également bien les vents marins.

Arbuste touffu, au tronc divisé assez bas, le laurier rose peut atteindre, voire dépasser, 5 m de hauteur. On l'utilise en plantations d'ornement et d'alignement. Ses fleurs, aux tons roses bien connus, sont groupées en cymes terminales. Elles présentent de belles corolles rotacées, des bases en entonnoir et

ressemblent aux fleurs de pervenche, espèce de la même famille des Apocynacées. Les fruits, en longs follicules, contiennent des graines à aigrettes, facilement disséminées par le vent.

Toutes les parties des lauriers roses, particulièrement leur sève laiteuse, sont très toxiques, comme le relevait Pline au premier siècle de notre ère.

Les tamaris sont des arbustes au port souvent tourmenté, à rameaux grêles et allongés, au feuillage très léger. La floraison abondante, d'un rose plus ou moins vif, est d'autant plus remarquable qu'elle précède l'apparition des feuilles. Les fleurs, très petites, forment de longs épis terminaux, en panicules. Les fruits en capsules contiennent des graines nombreuses, terminées par des aigrettes, facilement disséminées par le vent. Les tamaris poussent bien en sol pauvre et poreux, ainsi que dans du sable encore salé. On les utilise pour fixer les dunes et pour couper le vent. Ils bourgeonnent facilement depuis la base des branches après la taille. Les deux espèces *Tamarix africana* et *T. gallica* souffrent du gel.

Tamarix africana est répandu d'ouest en est depuis le nord de l'Afrique jusqu'à l'Arabie, l'Iran et le nord de l'Inde. Son port très étalé ne dépasse pas 3 m en hauteur. Il fleurit dès le mois de mai.

Tamarix gallica, plus grand, peut atteindre 8 m de haut. Il croît près des côtes, y compris en Afrique du Nord, et jusqu'aux Canaries. Ses fleurs s'épanouissent de juin à août. Avec le saule drapé, le laurier rose et le gattilier commun, il constitue une communauté qui, sur les dépôts sableux des rivières, succède à la strate herbacée et précède l'aulnaie-peupleraie.



Le Vaucluse : une diversité reconnue

De par sa situation géographique, le département du Vaucluse présente des ripisylves d'une richesse de plus en plus appréciée, tant d'un point de vue floristique que faunistique, par exemple le long de certains secteurs du Calavon, de la Durance, du Rhône et des Sorgues²⁶.

Le Calavon

Sur une cinquantaine de kilomètres avant sa confluence avec la Durance, cette rivière abrite une peupleraie à saules divers. La strate arbustive y est variée et la strate herbacée composée d'espèces d'ombre telles que le brachypode des bois. La forêt s'installe par endroits, avec des chênes, des tilleuls, des érables et des frênes, conduisant à une chênaie mixte mésophile. Ces boisements abritent plus de 130 espèces d'oiseaux dont des nicheurs comme la bouscarle de Cetti *Cettia cetti*, la bergeronnette des ruisseaux *Motacilla cinerea*, le martin-pêcheur *Alcedo atthis*, la poule d'eau *Gallinula chloropus*, le grèbe castagneux *Podiceps ruficollis*, le canard colvert *Anas platyrhynchos*, le milan noir *Milvus migrans*. Ont en outre été recensées : 29 espèces de mammifères dont trois – le castor *Castor fiber* et les chauves souris *Rhinolophus hipposideros* et *Myotis daubentoni* – protégées dans le cadre de la directive habitats, 9 espèces d'amphibiens dont *Pelobates cultripes*, *Alytes obstetricans*, *Bufo calamita*, et *Hyla meridionalis*, également mentionnées par la directive habitats, une dizaine de reptiles dont la cistude *Emys orbicularis*, une quarantaine de mollusques, une trentaine d'odonates, environ 300 espèces de coléoptères dont le grand capricorne *Cerambyx cerdo* et 200 espèces de macro lépidoptères.

La Durance

Cette rivière présente divers milieux de grand intérêt écologique, en dépit de profonds bouleversements. Sept barrages y ont été construits depuis celui de Serre-Ponçon, mis en place en 1959, tout un réseau de canaux artificiels y a été installé à des fins agricoles et industrielles, les espaces naturels riverains y ont été réduits. On dénombre malgré tout une centaine d'espèces d'oiseaux le long de la Durance, alors que la richesse ornithologique de la Provence occidentale – Camargue comprise – atteint 174 espèces.

Les groupements pionniers herbacés occupent le lit moyen, avec des espèces annuelles et bisannuelles comme la salicaire *Lythrum salicaria*, la renouée *Polygonum persicaria*, le mélilot *Melilotus albus*, l'eupatoire *Eupatorium cannabinum*, la pulicaire *Pulicaria*

²⁶ - Roux (1998)

Des boisements d'intérêt patrimonial



Bouscarle de Cetti

ADN/Bios

dysenterica, la lysimaque *Lysimachia vulgaris*, l'onagre *Oenothera biennis*, la lampourde *Xanthium italicum*, la solidage *Solidago gigantea*, le buddleja *Buddleja davidii*... Une faune d'oiseaux spécialisés y trouve place dont le chevalier guignette *Actitis hypoleucos*, le petit gravelot *Charadrius dubius*, la sterne pierregarin *Sterna hirundo*, la mouette rieuse *Larus ridibundus*... Les groupements arbustifs, avec notamment l'argousier *Hippophae rhamnoides*, l'aubépine *Crataegus monogyna*, et la clématite *Clematis recta* hébergent de nombreux lapins de garenne.

Les groupements arborescents comprennent diverses espèces de saules, des peupliers et des aulnes, auxquels s'ajoutent des lianes et des herbacées dont l'angélique *Angelica sylvestris* et l'herbe aux perles *Lithospermum officinale*. Leurs futaies abritent de nombreux oiseaux : le loriot *Oriolus oriolus*, les hérons bihoreau et cendré *Nycticorax nycticorax* et *Ardea cinerea*, l'aigrette garzette *Egretta garzetta*, des rapaces et tout un ensemble d'autres espèces de sous-bois, de fourrés et de vieux troncs.

L'ensemble des insectes y est abondant. Il comprend trois espèces protégées dans le cadre de la directive habitats *Lucanus cervus*, *Euphydryas aurinia*, et *Oxygastra curtisii* et cinq dans le cadre d'un arrêté de niveau national : le grand capricorne *Cerambyx cerdo*, l'agrion de Mercure *Coenagrion mercuriale*, le sphinx de l'argousier *Hyles hippophaes*, le sphinx de l'épilobe *Proserpinus proserpina* et la magicienne dentelée *Saga pedo*.



Le Rhône

Le Rhône a propagé vers le sud une flore continentale médioeuropéenne, ainsi que des espèces naturalisées dont certaines sont devenues envahissantes : l'érable *Acer negundo*, le faux indigo *Amorpha fruticosa*, l'herbe à la ouate *Asclepias syriaca*, l'herbe des champs *Eragrostis pectinacea*, l'ambroisie *Ambrosia artemisiifolia*.

Malgré une forte artificialisation, des ripisylves se maintiennent encore le long du vieux Rhône aval, moins perturbé, en particulier sur des îles. Ces ripisylves figurent parmi les plus matures et les plus riches du Vaucluse, avec notamment des frênes et des chênes pédonculés, accompagnés de strates arbustive et herbacée très diversifiées. Certaines sont dominées par des peupliers noirs, des aubépines, des saules et des cornouillers sanguins, dans une mosaïque de milieux très variés hébergeant une soixantaine d'oiseaux nicheurs, des castors et diverses autres espèces animales. D'autres, vers l'aval, à peuplier blanc, sont plus typiquement méditerranéennes.

Les Sorgues

Typiques du Vaucluse, les Sorgues naissent des célèbres résurgences* de la Fontaine-de-Vaucluse, aux débits puissants, atteignant 10 m³/s en moyenne et variant de 6 à 120 m³/s. Leurs étiages sont soutenus, même en période estivale, et leurs crues jamais dévastatrices. Leurs eaux sont toujours fraîches – entre 10 et 15°C – et courantes. De belles ripisylves longent les Sorgues, avec des peupleraies blanches, des aulnaies, des ormaies-frênaies, des chênaies à *Quercus robur*. Elles sont accompagnées de prairies humides dont la flore rappelle celle des prairies des fleuves médioeuropéens, avec les orchis *Orchis laxiflora* et *O. palustris*, le dactylorhiza *Dactylorhiza incarnata*, le trèfle *Trifolium patens*, la sarrette *Serratula tinctoria*, l'herbe à éternuer *Achillea ptarmica*, le gaillet *Galium debile*... A cette végétation hygrophile*, inhabituelle en Provence, est associée une faune diversifiée, tant en ce qui concerne les oiseaux, que les mammifères, les reptiles, les batraciens et les insectes.

Des boisements d'intérêt patrimonial

Le Tech : les stigmates d'une crue

La crue catastrophique d'octobre 1940 détruisit la quasi totalité de la végétation des rives du Tech. La crue passée, cette végétation s'installa à nouveau le long de la rivière, inégalement dans le temps et dans l'espace.

Dans le temps, parce que, amorcée de 1942 à 1953, la colonisation des berges ne prit vraiment son ampleur sur les dépôts grossiers plus élevés que dans les années 1960 à 1974, période de forte dynamique fluviale (huit crues supérieures à 700 m³/s à Céret). Dans l'espace, parce que cette forte dynamique fluviale favorisa, en amont, la végétation des niveaux les plus élevés grâce à des apports de sédiments, mais détruisit régulièrement la végétation des niveaux les plus bas, la maintenant dans des stades pionniers depuis 1940. Quant à l'aval, la plaine du Roussillon, déboisée de longue date, a été le théâtre de plusieurs changements de cours du Tech depuis la crue de 1940 et, à chaque occasion, de reprises de la dynamique forestière.

Trois séquences se succèdent actuellement de l'amont à l'aval du Tech : l'aulnaie de montagne, l'aulnaie de basse altitude et la peupleraie blanche (voir figure p. 48). L'état de maturité de ces séquences dépend de la dynamique fluviale. En amont – vallée pyrénéenne, bassin de Céret et amont de la plaine du Roussillon – une dynamique fluviale active a maintenu la végétation à un stade pionnier, le stade postpionnier n'étant qu'amorcé ou très ponctuel. En aval, la plus grande stabilité de la plaine du Roussillon a permis le développement d'une ripisylve postpionnière. Plus en aval encore, près de l'embouchure, la mobilité du lit a de nouveau maintenu la végétation riveraine au stade pionnier.

Au total, la végétation riveraine de la vallée pyrénéenne se distingue nettement de celle des plaines de Céret et du Roussillon.

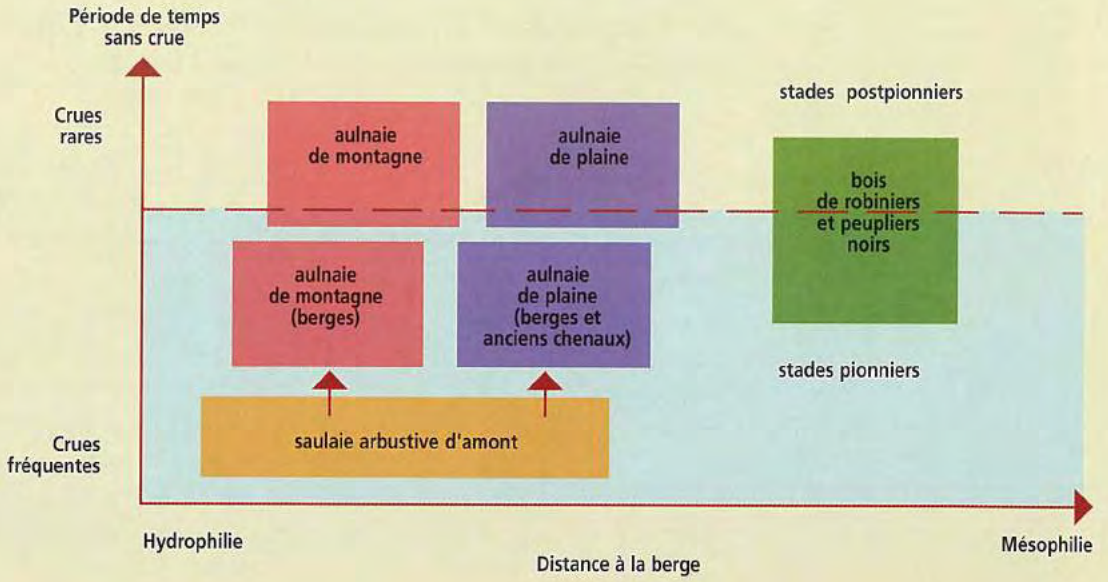
La vallée pyrénéenne

La saulaie arbustive forme le premier stade pionnier ligneux sur les grèves, avec *Salix purpurea*, *S. elaeagnos*, *Buddleja davidii*, *Alnus glutinosa* et parfois *Populus nigra*. La strate herbacée comprend des espèces hygrophiles, nitrophiles et héliophiles*, accompagnées d'espèces venant des forêts voisines supraméditerranéennes. A cette saulaie arbustive succède deux types d'aulnais en fonction de l'altitude.

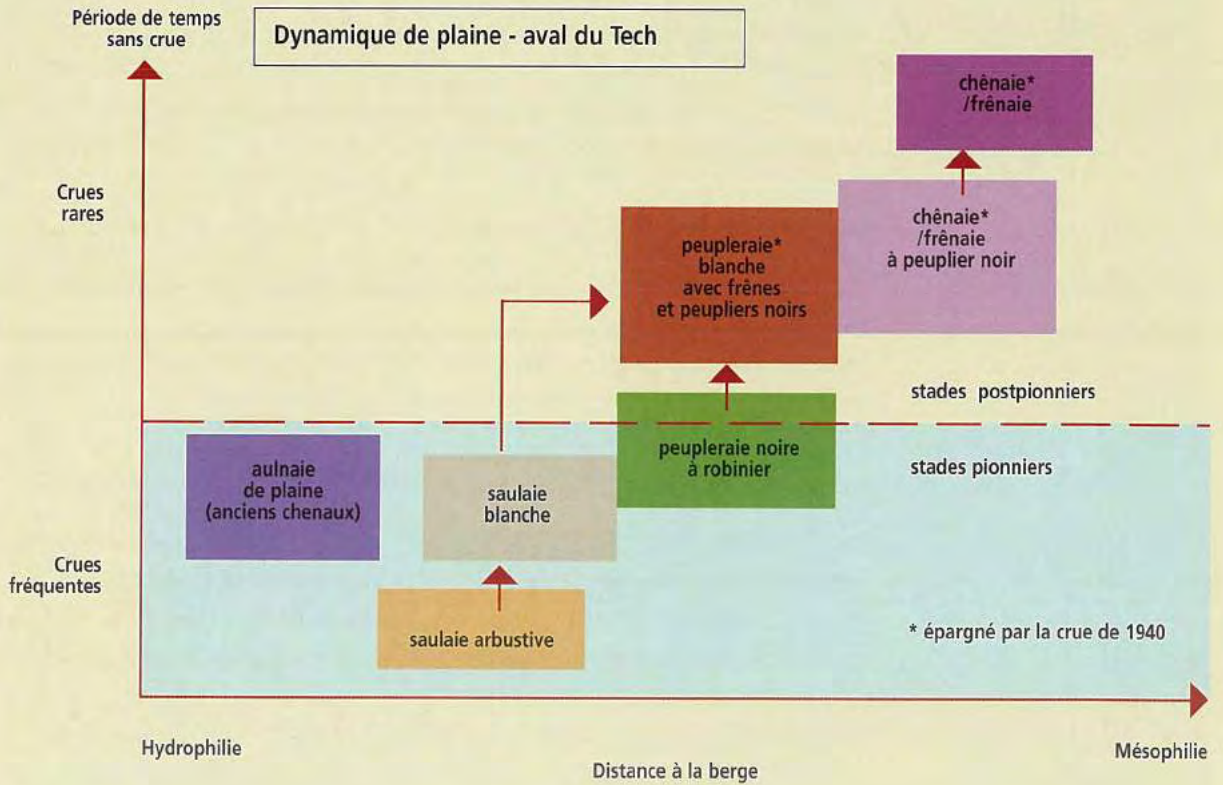
L'aulnaie de montagne à *Alnus glutinosa* est riche en espèces riveraines eurosibériennes telles que *Stellaria nemorum*, *Stachys*



Dynamique de montagne - amont du Tech



Dynamique de plaine - aval du Tech



Des boisements d'intérêt patrimonial



La vallée du Tech, France

Roché/Gasnault

sylvatica, *Cardamine impatiens*, *Angelica sylvestris*, accompagnées d'espèces de forêts mélangées collinéennes et montagnardes, ainsi que de mégaphorbiaies. Près du chenal, l'aune est la seule espèce arborescente avec quelques saules pionniers (*Salix purpurea*, *S. elaeagnos*, *S. caprea*). Plus loin du chenal, une évolution s'amorce vers un stade postpionnier où figurent le frêne *Fraxinus excelsior*, le tilleul *Tilia cordata*, l'orme *Ulmus glabra*, des lianes *Clematis vitalba* et *Hedera helix* et une strate arbustive à sureau *Sambucus nigra*.

L'aulnaie de plaine à *Alnus glutinosa* est voisine de l'aulnaie à *Fraxinus angustifolia* de la bordure des Cévennes méridionales. Elle est également riche en espèces riveraines eurosibériennes, parmi lesquelles *Carex pendula*, *Stachys sylvatica*, *Lamium flexuosum*, *Cardamine impatiens*. Les espèces des forêts mélangées collinéennes et montagnardes y diffèrent et sont accompagnées d'espèces des peupleraies blanches. Comme pour l'aulnaie de montagne, l'éloignement par rapport aux berges conduit à un début de stade postpionnier dans lequel on remarque la présence de l'érable *Acer campestre* et du châtaignier *Castanea sativa*.

Des bois de robinier et de peuplier noir se dressent en aval de la vallée sur les dépôts élevés. La présence de frênes et d'ormes y marque une évolution vers un stade postpionnier.

Les plaines de Céret et du Roussillon

La séquence du peuplier blanc s'étend sur l'ensemble de ces plaines à l'exception de quelques anciens chenaux occupés par l'aulnaie de basse altitude. Cette séquence commence par une saulaie arbustive

Séquences de végétation riveraine le long du Tech : en amont (vallée de montagne) et en aval (plaine du Roussillon).



d'aval ; elle se poursuit par une saulaie à *Salix alba*, stade pionnier arborescent, et par une peupleraie à *Populus nigra* mi pionnière, mi postpionnière, avant de se développer en une peupleraie à *Populus alba*. Cette séquence peut être détaillée comme suit.

- La saulaie arbustive comprend *Salix purpurea*, *S. elaeagnos*, *S. alba*, *Buddleja davidii*. Son implantation date de la crue de 1979.
- La saulaie arborescente correspond à la saulaie à *Salix alba*, où le saule blanc domine, parfois en compagnie du peuplier noir et de l'aulne glutineux. La strate arbustive y est peu développée, avec des saules, des buddleja, des reynoutria. Très héliophile, ce groupement ne se perpétue que grâce à des réinstallations périodiques après crues. Son implantation actuelle date des crues de 1971 et de 1977.
- La peupleraie à *Populus nigra*, intermédiaire entre les stades pionnier et postpionnier, fréquente des niveaux peu élevés. Le robinier *Robinia pseudo-acacia* peut y être abondant et la strate arbustive assez développée, avec des saules pionniers mais aussi des espèces associées aux forêts de chênes pubescents et verts. Les lianes y sont présentes mais non les peupliers blancs. La strate herbacée comprend quelques espèces des forêts riveraines eurosibériennes (*Lamium flexuosum*, *Alliaria petiolata*, *Carex pendula*), des espèces des peupleraies blanches (*Arum italicum*, *Euphorbia amygdaloides*, *Cucubalus baccifer*, *Bryonia dioica*, *Humulus lupulus*), des chênaies pubescentes (avec *Helleborus foetidus*) et des chênaies vertes (avec *Asparagus acutifolius*). L'implantation de la peupleraie noire date de la crue de 1940, mais sa structure forestière n'a été atteinte vraiment qu'en 1972-74.
- La peupleraie à *Populus alba*, relativement rare, est limitée à des sites non dévastés en 1940. La strate arborescente y est marquée par la dominance du peuplier blanc qui coexiste avec le peuplier noir, le frêne et le laurier. La strate arbustive est dépourvue de saules pionniers, supplantés par le peuplier blanc, le frêne et le laurier, tandis que les espèces des chênaies pubescentes et vertes sont moins bien représentées que dans la peupleraie à peuplier noir. Les lianes sont toujours bien représentées, de même que les espèces de la strate herbeuse.

Les deux peupleraies de la ripisylve du Tech (l'une avec et l'autre sans peuplier blanc) apparaissent comme deux variantes de la peupleraie blanche méditerranéenne typique²⁷. Cependant, le stade optimal observé par exemple en Bas-Languedoc est loin d'être atteint, et la stratification est moins complexe ; les peupliers n'atteignent pas de grandes tailles et certaines espèces manquent : *Iris foetidissima*, *Viola odorata*, *Lithospermum officinale*, *Symphytum tuberosum*. En somme, suite à la

27 - Tchou (1947-1948)

Des boisements d'intérêt patrimonial

crue de 1940, le peuplier blanc s'est réimplanté localement à partir de semenciers épargnés, mais il n'a pas pu se répandre dans le corridor fluvial. A l'inverse, le peuplier noir, espèce pionnière, s'est répandu et maintenu sur les dépôts grossiers peu élevés de ce même corridor.

- Les niveaux plus élevés et moins humides de la plaine du Roussillon, également épargnés par la crue de 1940, abritent une chênaie-frênaie à peuplier noir, avec des frênes *Fraxinus angustifolia*, robinier *Robinia pseudo-acacia*, micocoulier *Celtis australis*, chêne pubescent *Quercus pubescens*. Ces bois mixtes s'étirent aussi le long du Tech. On peut les considérer comme une variante dégradée de la peupleraie blanche. Ils comprennent des arbustes de la forêt mélangée eurosibérienne et de la forêt de chêne pubescent. La canne de Provence *Arundo donax* peut y être abondante. La strate herbacée, plutôt pauvre, comprend cependant des espèces de la peupleraie blanche et de la chênaie verte.
- Enfin, témoins dégradés de la ripisylve terminale, de petits bois à chêne pubescent et à frêne dominent le corridor fluvial depuis des bords des terrasses cultivées.

Effets à long terme

L'exemple du Tech illustre les effets à long terme des crues de type méditerranéen sur les ripisylves. La crue d'octobre 1940 (2 500 m³/s à Céret) a profondément marqué les ripisylves du Tech, n'épargnant que quelques fragments reliques dans la plaine du Roussillon. Par la suite, les crues ont varié dans leurs effets. Celles d'un débit inférieur à 700 m³/s à Céret ont favorisé la réinstallation des stades pionniers le long de l'axe fluvial ; celles d'un débit supérieur à 700 m³/s ont détruit les stades pionniers sur les dépôts instables du chenal actif et, inversement, favorisé l'évolution vers des stades postpionniers par alluvionnement des dépôts stabilisés plus élevés. La peupleraie blanche à *Populus alba* apparaît ici comme un de ces stades postpionniers devenu permanent le long d'un cours d'eau soumis à une succession de crues de type catastrophique.



Des boisements aux fonctions multiples

Les ripisylves bénéficient d'une grande popularité en matière d'aménagement des rivières. Cette popularité tient essentiellement à leur aptitude à épurer les eaux de ruissellement, autrement dit, à filtrer les apports diffus provenant notamment des terres agricoles. Parmi ces apports figurent en premier rang l'azote et le phosphore. On s'appuie souvent sur cette fonction de filtrage naturel des ripisylves pour justifier les mesures visant à les conserver, à les restaurer, voire à les recréer. L'intérêt de ce filtrage est indéniable. Cependant, une gestion durable des ripisylves ne saurait s'appuyer sur cette seule fonction. Elle doit au contraire faire appel à un ensemble de fonctions, à une "multifonctionnalité".



Les ripisylves assurent en effet des fonctions multiples et variées, en même temps que complémentaires.

- Vis-à-vis du milieu aquatique, elles stabilisent les berges, en protégeant les sols riverains contre l'érosion superficielle et en augmentant leur résistance contre les affouillements.

Elles contribuent à améliorer la clarté de l'eau dans les rivières par réduction des quantités de sédiments entraînés le long des pentes. Elles permettent ainsi d'éviter l'envasement des habitats aquatiques sensibles, dont par exemple les frayères à salmonidés.

Elles piègent les nutriments qui parviennent aux rivières par apports diffus avec le ruissellement superficiel ou souterrain. Ce piégeage, par absorption végétale ou par dénitrification microbologique, s'oppose à un enrichissement excessif des rivières en phosphore et en azote. Cet effet s'ajoute à l'ombrage qui atténue la pénétration de la lumière, limite l'élévation des températures estivales et, par suite, réduit les croissances d'algues et de macrophytes dans les cours d'eau.

Elles contribuent au maintien des stocks de poissons en place grâce à leurs effets sur les températures estivales, sur la diversité des habitats aquatiques, sur le développement de la faune nutritive, tant aquatique que terrestre.

- Vis-à-vis du milieu terrestre, les ripisylves forment des corridors qui facilitent les déplacements d'espèces sauvages le long des réseaux hydrographiques. Ces corridors naturels peuvent se révéler essentiels pour la survie de populations fragmentées fonctionnant en métapopulations.

Elles facilitent le contrôle de l'accès du bétail aux berges des cours d'eau car elles limitent les voies de passage et, par suite, le piétinement, l'érosion, le rejet direct de déjections dans l'eau, voire des chutes d'animaux qui s'aventurent sur des berges trop pentues.

Elles s'avèrent complémentaires des prairies et des cultures. D'une part, les ripisylves produisent du fourrage, du bois de chauffage et autres récoltes spécialisées. D'autre part, elles offrent des perchoirs à diverses espèces d'oiseaux susceptibles de limiter le développement des ravageurs dans les terres agricoles voisines.

Elles forment des paravents naturels, abritant les cultures de l'action directe du vent et les troupeaux des rigueurs de la chaleur comme du froid.

Des boisements aux fonctions multiples

- A une échelle régionale, les ripisylves contribuent à accroître la biodiversité régionale d'espèces tant aquatiques que terrestres, tant végétales qu'animales, y compris d'espèces d'intérêt patrimonial.

Elles représentent enfin un élément majeur des paysages riverains méditerranéens.

Ces différentes fonctions peuvent être ramenées aux cinq thèmes développés ci-après : la dynamique des écoulements, la stabilité des berges, la qualité de l'eau, le fonctionnement des écosystèmes d'eau courante, la dynamique de la biodiversité. A ces cinq thèmes s'ajoute celui des paysages riverains, objet du chapitre suivant.

Confluence
dans un paysage méditerranéen





Dynamique des écoulements

La structure et le fonctionnement des communautés végétales riveraines dépendent en premier lieu de la dynamique des écoulements. La plus grande instabilité marque en effet les milieux riverains. Les environnements terrestres et aquatiques y règnent en alternance, ce qui oblige les végétaux à s'adapter à des conditions de vie contrastées. Les ripisylves subissent donc les aléas hydrologiques – crues et étiages*. En retour, elles ne sont pas sans influencer ces aléas.

L'eau profonde

Un enracinement profond permet aux plantes riveraines de maintenir leur taux d'évapotranspiration* en période de sécheresse. Au nord est du Brésil, sur certains sols argileux, la forêt amazonienne peut absorber l'eau du sol jusqu'à plus de 8 m en saison sèche²⁸. En fait, les systèmes formés par les racines assurent en grande partie le transfert de l'eau des couches profondes aux plus superficielles. Ce transfert ascendant trouve d'ailleurs sa contrepartie dans une redistribution des eaux superficielles vers les horizons plus profonds, par des cheminements qui suivent les racines. Les herbacées explorent aussi des volumes de sols considérables grâce à leur chevelu de fines racines qui, comme pour la fétuque – *Festuca arundinacea* – parvient jusqu'à 2 m de profondeur.

L'eau des sols riverains provient à la fois des précipitations, des rivières, des nappes souterraines. Mais, en climat aride ou semi aride, ces origines fluctuent largement dans l'espace et dans le temps. Dans ces conditions, l'aptitude à utiliser l'eau d'origines multiples confère à certaines espèces une supériorité évidente sur leurs concurrentes. Les peupliers et les saules sont par exemple supplantés par les tamaris le long de certaines rivières du sud est des Etats-Unis : toutes ces essences utilisent l'eau du sol à des profondeurs moyennes de 3,5 m, mais les tamaris utilisent en plus l'humidité des sols non-saturés sus-jacents et sont donc capables de maintenir une transpiration élevée quand la nappe phréatique est au plus bas.

L'eau intermittente

L'opportunisme des espèces riveraines peut se révéler surprenant. Ainsi, certaines plantes pionnières des bords de la Mer Morte utilisent de l'eau douce lorsque surviennent des crues et non l'eau sursalée des sols de leur rhizosphère²⁹. L'été, en absence de crues, ces plantes

28 - Nepstad et al. (1994)

29 - Yakir & Yechieli (1995)

Des boisements aux fonctions multiples

arrêtent pratiquement toute absorption racinaire et toute évapotranspiration, dans l'attente de la première crue d'hiver. Cette faculté de n'absorber de l'eau douce ou faiblement saline que lorsque cette dernière est disponible conditionne l'installation des plantes pionnières le long des cours d'eau à écoulement intermittent. Elle leur permet de tirer avantage des périodes humides favorables tout en survivant aux saisons sèches.


L'eau courante

Les débits des cours d'eau influencent particulièrement la croissance des arbres riverains en climat aride ou semi aride. En Californie, par exemple, la multiplication des débits par 4 ou 5 d'un cours d'eau utilisé comme canal d'amenée a doublé la croissance des peupliers riverains *Populus trichocarpa*³⁰. De même, une augmentation de l'eau disponible a provoqué un accroissement significatif des populations de *Prosopis velutina*, autre espèce riveraine des cours d'eau de l'Arizona. Il conviendrait d'affiner notre connaissance de cette influence des débits sur la croissance des arbres riverains méditerranéens. Quel est l'effet des distances aux cours d'eau ou aux niveaux de la nappe sur le comportement hydrique des principales espèces d'arbres ? Comment ce comportement varie-t-il en fonction des variations saisonnières et annuelles des débits ? Selon les espèces considérées, les conditions de débit passées ou actuelles influencent en effet plus ou moins l'évapotranspiration, les taux de natalité et de mortalité, les productions de graines, l'établissement des plantules, la compétition intra ou interspécifique.

La végétation riveraine n'est pas seulement influencée par les conditions hydrologiques. Elle influence elle-même ces conditions, par exemple en faisant obstacle, en déviant ou, au contraire, en facilitant l'écoulement des eaux en fonction de la taille, de la densité, de la forme, de la flexibilité des espèces en place.

Localement, dès les premiers stades d'une succession végétale, les plantes pionnières affectent les conditions d'humidité des sols riverains en période de basses eaux. Elles préservent de l'assèchement les sédiments nouvellement déposés grâce à l'ombrage du couvert et à l'absorption par les racines, cette dernière pouvant d'ailleurs être considérablement augmentée par mycorrhization. En période de pluie, la végétation riveraine herbacée arrête plus de 50 % des sédiments entraînés depuis les pentes voisines, pour des écoulements d'épaisseur inférieure à 5 cm. Et ce phénomène est amplifié lorsque la mosaïque du couvert associe des végétations de hauteurs et de flexibilités distinctes.

³⁰ - Stromberg & Patten (1990)



Régionalement, le développement des boisements riverains peut affecter la dynamique des écoulements le long des réseaux hydrographiques. Ainsi, en de nombreuses rivières alpines, l'abandon des berges par l'agriculture traditionnelle a provoqué des développements parfois spectaculaires des boisements riverains. Sur l'Ouvèze, suite à cet abandon, la largeur moyenne de bois riverain est passée de 50 à 92 m en aval de Vaison-la-Romaine, entre 1947 et 1991, ce qui a réduit la largeur moyenne du chenal d'écoulement de 83 à 48 m³¹. D'où une diminution considérable de la capacité du chenal à évacuer les crues les plus importantes comme l'a démontré la crue catastrophique de 1992.

Un autre exemple spectaculaire est celui de l'invasion des berges du Colorado et de son affluent la Green River par des boisements de tamaris *Tamarix* spp³². De 1910 à 1970, les tamaris ont en effet remonté les cours de ces deux rivières à la vitesse de 20 km par an, favorisés en cela par l'existence chez cette espèce de graines nombreuses (environ 600 000 par adulte par an) et légères (donc facilement transportées par le vent), ainsi que par une forte aptitude à la multiplication végétative*. Des fourrés très denses se sont alors installés le long de la Green River, réduisant la bande active du cours d'eau de 13 à 55 %, consolidant les sédiments et les accumulant jusqu'à 3,5 m au-dessus du niveau d'étiage, avec deux conséquences majeures : 1) la rivière ne peut plus renouveler ses berges lors des crues, ce qui interdit tout retour des essences d'origine, 2) les fourrés de tamaris pompent les eaux de la nappe phréatique jusqu'à son épuisement.

L'eau évaporée

La végétation riveraine affecte aussi le cycle de l'eau des bords de rivière en stockant l'eau absorbée et en l'évaporant vers l'atmosphère, ainsi que le montrent les mesures réalisées le long de la Morava en République tchèque³³. Entre juin et septembre, la teneur en eau des impatientes *Impatiens parviflora* peut varier de 98 à 92 % du poids frais pour les tiges et de 94 à 90 % pour les feuilles, celle des orties *Urtica dioica*, de 88 à 85 % pour les tiges et de 86 à 80 % pour les feuilles. Pendant ce même temps, ces deux herbacées très communes le long des cours d'eau peuvent s'accroître de 16 à 38 cm de hauteur pour la première et de 40 à 80 cm pour la seconde. En comparaison, les teneurs observées chez les arbustes et les arbres sont généralement plus faibles, passant pour la même période de juin à septembre de 76 à 55 % pour des tiges et de 75 à 65 % pour des feuilles de charme, de 54 à 58 % pour des tiges et des feuilles de chênes et de 58 à 67 % pour des tiges et feuilles de frêne.

31 - Piégay & Bravard (1997)

32 - Graf (1978)

33 - Penka et al. (1991)

Des boisements aux fonctions multiples

D'une part, les taux d'absorption varient fortement d'une espèce à l'autre, les plus élevées étant ceux des peupliers et des saules. Des mesures réalisées en saison de croissance font état d'une consommation journalière d'eau atteignant en moyenne 174 kg par jour (max : 460 kg par jour) pour un chêne de 33 m de haut et, dans un même site, 73 kg par jour (max : 203 kg par jour) pour un frêne de 34 m de haut.

D'autre part, les taux d'évapotranspiration varient également en fonction des différentes couches végétales : une évaluation faite le long de la Morava indique que les herbacées contribuent à 3 % de l'évapotranspiration potentielle, les arbustes à 9 % et les arbres à 88 %. Quant aux variations saisonnières et journalières, elles dépendent des conditions d'environnement local, des espèces végétales et de la structure des communautés. Au total, les boisements riverains humidifient l'air environnant ; ils sont à l'origine d'un "effet oasis".



Brochet *Esox lucius*



Stabilité des berges

Deux formes d'érosion peuvent affecter les berges : l'affouillement, marqué par l'enlèvement des sédiments, quasiment particule par particule, et l'effondrement, plus soudain, plus spectaculaire aussi. Ces deux formes sont liées dans la mesure où l'affouillement prédispose à l'effondrement et, en ce sens, peut être considéré comme plus destructeur, même s'il est souvent moins apparent.

D'une manière générale, la présence d'un couvert végétal riverain réduit les risques d'affouillement et d'effondrement. Premièrement, l'enracinement des plantes renforce la cohésion des sols riverains menacés d'effondrement, d'autant plus que les racines fines sont nombreuses. Deuxièmement, les plantes contribuent au drainage des sols riverains, limitant les risques d'effondrement par saturation. Troisièmement, celles situées à la base des berges servent de contrefort aux sols situés au-dessus.

Une efficacité variable

L'efficacité du couvert végétal varie cependant d'un site à l'autre le long d'un cours d'eau. En amont, une végétation riveraine placée en pied de berge en améliore la stabilité de façon souvent significative. En aval, le long de rivières larges et profondes, les arbres du sommet des berges, profondément enracinés sont susceptibles de réduire l'érosion. D'une manière générale, le schéma retenu pour protéger les berges contre l'érosion s'inspire des conditions naturelles : herbacées, roseaux et arbustes flexibles au pied des berges soumis à de fréquentes inondations, arbustes et petits arbres avec leur sous bois d'herbacées à mi pente, grands arbres avec un sous bois constitué d'autres arbres, d'arbustes et d'herbacées en sommet de berge. Divers facteurs déterminent quelles espèces peuvent prospérer : humidité, lumière, gel, etc.

La présence d'un couvert végétal riverain ne suffit pas toujours à stabiliser une berge, par exemple quand il s'agit de la bordure externe d'un méandre dont la verticalité interdit tout développement végétal important. Plus une berge est haute, moins la végétation peut la protéger des risques d'effondrement, même si, en s'effondrant, une berge peut entraîner avec elle une végétation susceptible de la stabiliser à sa base. Quant à la végétation aquatique ou semi-aquatique, elle réduit la vitesse du courant et, par suite, les risques d'affouillement*, mais elle peut aussi, en proliférant, diriger le courant

Des boisements aux fonctions multiples

contre les berges et, alors, accroître les risques d'affouillement. C'est le cas de certaines roselières trop envahissantes.

On évoque parfois le risque d'effondrement sous l'effet de la surcharge imposée aux berges par les poids des grands arbres. En fait, ce risque n'existe que pour des berges presque verticales ; dans la majorité des cas, les grands arbres riverains renforcent au contraire la stabilité des berges grâce à leur enracinement en profondeur. Le risque vient plutôt d'arbres trop superficiellement enracinés, notamment des peupliers, facilement renversés par grand vent. Il vient aussi de l'ombrage qui élimine les herbacées des sous bois, dont le fin réseau de racines peut efficacement maintenir la cohésion de certains sols riverains. Ainsi, les berges de petits cours d'eau du Wisconsin, sur sols sableux et argileux, se sont-elles révélées plus stables enherbées que boisées³⁴. La stabilité des berges des cours d'eau dépend en fait de tout un ensemble de conditions locales : nature des sédiments en place, essences possibles, ampleur et fréquence des événements hydrologiques, taille des cours d'eau considérés.

Un contexte à élargir

Les ripisylves jouent une double rôle vis-à-vis de l'érosion des sols. Comme nous l'avons vu, elles augmentent la cohésion des berges qu'elles stabilisent grâce à leur enracinement, retardant les affouillements et les effondrements. Mais en outre, elles facilitent le dépôt des sédiments dans les zones riveraines et, par suite, remédient pour partie à l'érosion des sols : elles diminuent les quantités de sédiments amenées aux cours d'eau par ruissellement de surface.

Cependant, l'utilisation des ripisylves comme remède à l'érosion des sols doit être replacée dans un contexte élargi, tant à l'échelle des bassins versants qu'à celle du continuum amont aval des réseaux hydrographiques. L'utilisation des ripisylves pour réduire les méfaits de l'érosion des sols sur les rivières méditerranéennes est en effet indissociable de pratiques visant à prévenir l'érosion des systèmes agro-sylvo-pastoraux. Ces pratiques doivent s'efforcer de rétablir le couvert herbacé des sols et d'éviter le surpâturage. Les vergers actuels, labourés et désherbés chimiquement se révèlent en effet extrêmement vulnérables, alors que les dehesas et les vergers traditionnels résistaient à l'érosion hydrique.

La perte annuelle de sol dans les oliveraies intensives d'Andalousie dépasse par exemple 80 tonnes par hectare, avec des maxima de 200 t/ha/an³⁵. Plus généralement, l'ampleur des pertes de sols menace de combler l'ensemble des réservoirs des pays méditerranéens. En Espagne, la capacité de stockage de 22 réservoirs de l'Ebre, du Jucar et du Segura diminue chaque année de 12 millions de mètres cubes.

34 - Trimble (1997)

35 - Pointereau et al. (2000)



Erosion de berge

Jean Roche

En France, la capacité du réservoir de Serre-Ponçon sur la Durance diminue chaque année de 3 millions de mètres cubes, réduisant de moitié la durée de vie prévue lors de la construction de ce réservoir.

Il faut encore souligner que la stabilisation des bords de rivières par des ripisylves n'est que l'une des actions possibles face à l'érosion des berges. Cette érosion peut en effet ne pas être perçue uniquement de façon négative. Mieux vaut parfois laisser divaguer une rivière le long de certains secteurs : la diversité des habitats riverains s'en trouve confortée, de même que la dynamique de la végétation riveraine. Les effets des crues s'en trouvent eux mêmes atténués vers l'aval.

Ainsi, toute utilisation de ripisylve comme remède à l'érosion des sols doit-elle s'inscrire dans une perspective plus générale de gestion d'ensemble des bassins versants. Elle dépend en effet de la partie de berge considérée, du secteur de cours d'eau considéré, de la région considérée, sans oublier les aspirations des populations concernées.

Les ripisylves : remèdes à l'érosion des sols ?

La stabilisation des berges par l'implantation d'un couvert végétal demande donc une réflexion préalable très poussée. Au départ, on s'appliquera à préciser les causes possibles d'érosion sur le secteur de rivière concerné : ces causes déterminent la nature du couvert végétal, sa position, éventuellement la nécessité d'enrochements complémentaires. En même temps, la planification de l'opération impliquera un nombre suffisamment important de propriétaires riverains, étant entendu que toute action en un site se répercute vers

Des boisements aux fonctions multiples

l'aval. Quant aux implantations, elles se feront le plus possible au pied des berges, c'est-à-dire là où le couvert se révèle être le plus efficace. On se souviendra également que la végétation riveraine a peu d'impact le long des grandes rivières, dès lors que la largeur du chenal atteint plus de trente fois sa profondeur.

Concernant les espèces, l'expérience montre que reproduire la variété des couverts naturels locaux permet, avec un minimum d'efforts, un auto renouvellement de la végétation. Cependant, certaines situations délicates peuvent amener à planter des espèces étrangères de manière à préparer le terrain aux espèces locales. En toutes occasions, on privilégiera les sous bois denses, les espèces à enracinement profond et abondant, les grands arbres au sommet des berges pour aider au drainage des sols tout en renforçant leur cohésion.

Mais on retiendra aussi que :

- la simple implantation d'un couvert végétal renverse rarement une tendance à l'érosion de berges déjà fortement dégradées,
- ce couvert réduit la capacité du chenal à évacuer les forts débits lorsqu'il est fixé sur des îlots ou des barres rocheuses situés dans le lit de la rivière elle-même,
- les troncs d'arbres morts et autres grands débris boisés tombés dans l'eau peuvent provoquer des embâcles lorsqu'ils occupent plus de 10 % d'une section de rivière,
- l'érosion des berges ne saurait être perçue uniquement en termes de risques ; elle comprend en effet des aspects positifs dans la mesure où elle maintient actifs les lits majeurs, assure la dynamique des mosaïques riveraines, absorbe certaines crues et pondère leurs effets vers l'aval.



Qualité de l'eau

Divers apports parviennent aux rivières depuis les terres de leurs bassins versants. Des sédiments arrachés aux sols environnants amènent avec eux du phosphore adsorbé, des pesticides et des métaux lourds. Des composés azotés dissous les accompagnent ainsi que des litières et des micro-organismes. Ces contaminations parviennent aux cours d'eau par à coups, lors des afflux soudains qui caractérisent le climat méditerranéen.

Cette soudaineté est accentuée par le déboisement des terres agricoles, les activités forestières, le développement urbain, l'expansion des surfaces bétonnées. Les transformations du bassin versant provoquent ainsi des envasements de frayères, des comblement des vasques, des contaminations diverses et variées, d'autant plus difficiles à maîtriser qu'elles ont des origines diffuses.

Zones riveraines tampons

La végétation riveraine atténue les effets de cette pollution d'origine diffuse sur la qualité de l'eau des rivières. D'une part, elle ralentit le ruissellement de surface, provoquant des dépôts de sédiment avant qu'ils n'atteignent les cours d'eau : dans des conditions favorables, la végétation naturelle des bords des eaux peut piéger jusqu'à 98 % des sédiments qui ruissellent sur les pentes des bassins versants³⁶. D'autre part, cette même végétation absorbe les nutriments transportés et contribue à leur élimination par exemple par dénitrification. Grâce à leur enracinement en profondeur, les arbres, mais aussi les arbustes et les herbacées absorbent d'importantes quantités d'eau souterraine et, avec cette eau, les nutriments et autres produits dissous entraînés depuis les terres agricoles.

Ce pouvoir tampon des zones riveraines – essentiellement des ripisylves – suscite un réel engouement depuis quelques années. Ne dispose-t-on pas là d'un "service naturel" gratuit et efficace ? En partie oui, mais en partie seulement car l'efficacité des zones tampon riveraines dépend de leur emplacement, de leur composition spécifique, de leur utilisation, de leur dimension. Autant de questions qu'il faut résoudre, le plus souvent au cas par cas, en fonction des cours d'eau considérés, des régions dans lesquelles ils s'écoulent, des groupes sociaux impliqués.

Avec un préalable important : aucune zone tampon riveraine ne saurait dispenser de bonnes pratiques d'utilisation des terres environnantes. Mieux, l'efficacité même des zones tampons riveraines dépend de ces bonnes pratiques, sans lesquelles des apports diffus

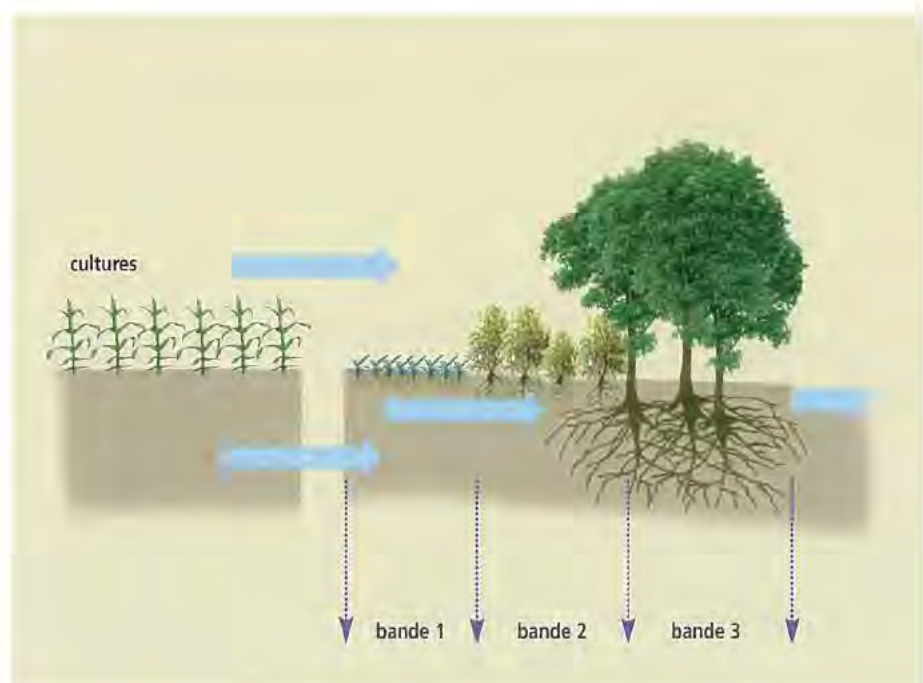
36 - Lourance et al. (1995)

Des boisements aux fonctions multiples

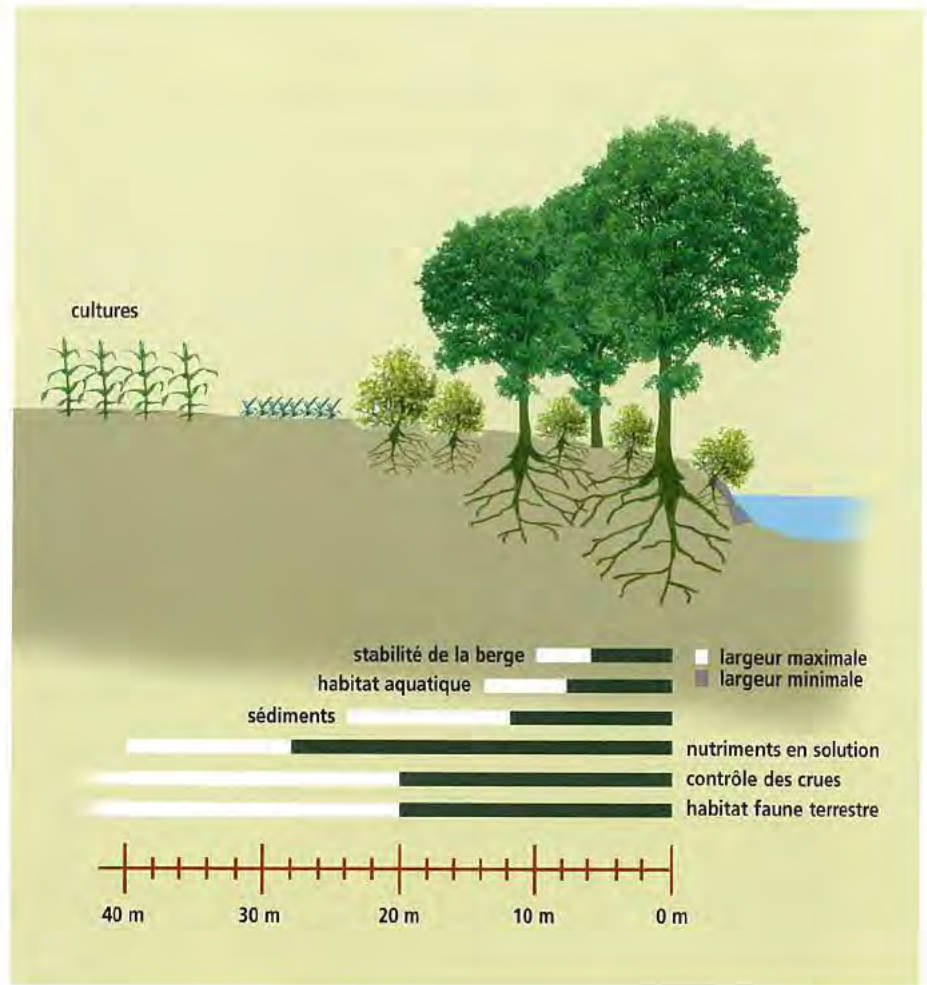
excessifs ont tôt fait d'annuler tout effet tampon. Il est en effet essentiel de porter au minimum les pertes de fertilisants depuis les cultures, en répandant ces fertilisants en dehors des périodes de ruissellement, en les appliquant directement sur le sol plutôt qu'à la volée, en cultivant selon les courbes de niveau.

Les zones tampons riveraines les plus efficaces correspondent à un modèle plurispécifique qui comprend trois bandes distinctes parallèles, disposées entre les cultures et les cours d'eau (voir figure ci-dessous) Une bande enherbée, adjacente aux cultures, étale le ruissellement de surface, évitant la concentration des écoulements dans des rigoles susceptibles de provoquer des reprises d'érosion ; cette bande peut aussi filtrer des sédiments, absorber des nutriments et les convertir en biomasse. Une bande d'arbres et d'arbustes mélangés permet ensuite aux eaux de s'infiltrer dans le sol, facilitant l'absorption des nutriments et des substances polluantes ; elle permet aussi un stockage des nutriments à plus long terme que dans la bande précédente et peut servir à des plantations de production. La troisième bande, composée de boisements naturels, est la plus proche du cours d'eau, une position qui l'amène à stabiliser les berges, à fournir de la matière organique au réseau trophique aquatique, à maintenir des températures fraîches par ombrage.

La largeur de ces zones tampons riveraines est éminemment variable. Elle dépend des volumes d'eau et de sédiments impliqués, ainsi que de la nature des terrains alentour : type de sol, intensité de l'utilisation des terres, présence de bétail, existence de fondrières. Telle largeur



Le modèle plurispécifique de système tampon riverain comprend trois bandes distinctes parallèles, disposées entre les cultures et les cours d'eau (d'après Lowrance *et al.* 1998, modifié).



Largeurs possibles de systèmes tampons riverains en fonction des utilisations envisagées (d'après Schulz et al. 2000, modifié).

satisfaisante pour un usage donné, dans une situation donnée se révèle inefficace ailleurs. Il n'existe pas de largeur idéale applicable à tous les usages. Simplement, selon les largeurs minimales disponibles, tel ou tel usage pourra être envisagé (voir figure ci-dessus), étant entendu que la protection de la qualité de l'eau n'exclut pas une exploitation des zones tampons riveraines, soit pour l'alimentation du bétail, soit pour la récolte du bois.

Azote, phosphore et pesticides

Le filtrage des eaux de ruissellement par les ripisylves fait appel à des processus distincts selon qu'il s'agit d'éliminer de l'azote, du phosphore ou des pesticides.

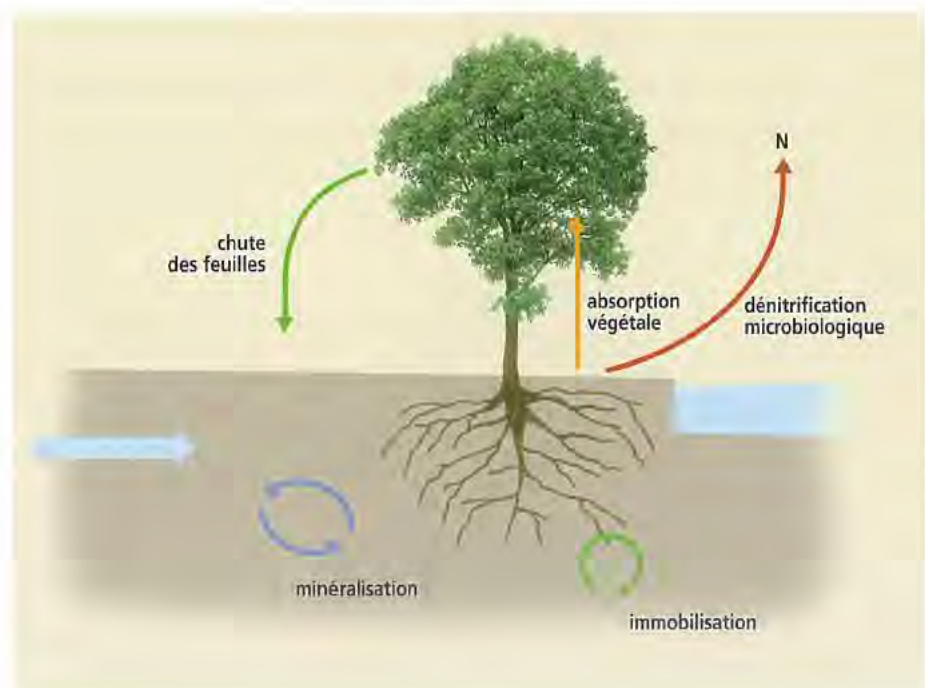
- En ce qui concerne l'azote, certaines bactéries des sols engorgés respirent l'oxygène des nitrates pour assimiler le carbone nécessaire à leur croissance et, ce faisant, laissent l'azote des nitrates s'échapper sous forme gazeuse dans l'atmosphère. Ce processus – la dénitrification microbiologique – joue un rôle essentiel dans

Des boisements aux fonctions multiples

l'enlèvement des nitrates en solution dans les eaux de ruissellement. Il correspond à une élimination définitive, contrairement au processus d'absorption végétale qui n'est au fond qu'un stockage temporaire de nutriments, ces derniers revenant au sol avec la chute des feuilles et l'accumulation de litière (voir figure ci-dessous).

Le long d'un cours d'eau, l'élimination des nitrates des eaux de ruissellement dépend à la fois du régime hydrologique et de la végétation en place. Du régime hydrologique parce que les crues saturant les sols riverains, créant des conditions propices à l'engorgement, tout en apportant des sédiments et, avec eux, le carbone organique nécessaire aux bactéries de la dénitrification. De la végétation en place, parce qu'elle aussi fournit du carbone organique, tant par décomposition des litières que par exsudats en provenance des racines.

Quoique bien connue dans son principe, la dénitrification n'est pas toujours facile à mettre en œuvre sur le terrain. Premièrement, l'eau ne doit pas stagner dans les zones riveraines, sinon d'autres processus interviennent qui ne permettent pas à la dénitrification d'aller jusqu'à son terme. Se dégage alors dans l'atmosphère non de l'azote mais des oxydes d'azote, reconnus accroître l'effet de serre. Deuxièmement, les ruissellements peuvent court-circuiter les boisements riverains, passant en profondeur, partiellement ou totalement. Troisièmement, les conditions locales d'hydrologie et de géomorphologie peuvent déterminer des micro-répartitions des stocks de carbone et d'azote qui immobilisent ces éléments, les isolent et entravent les minéralisations



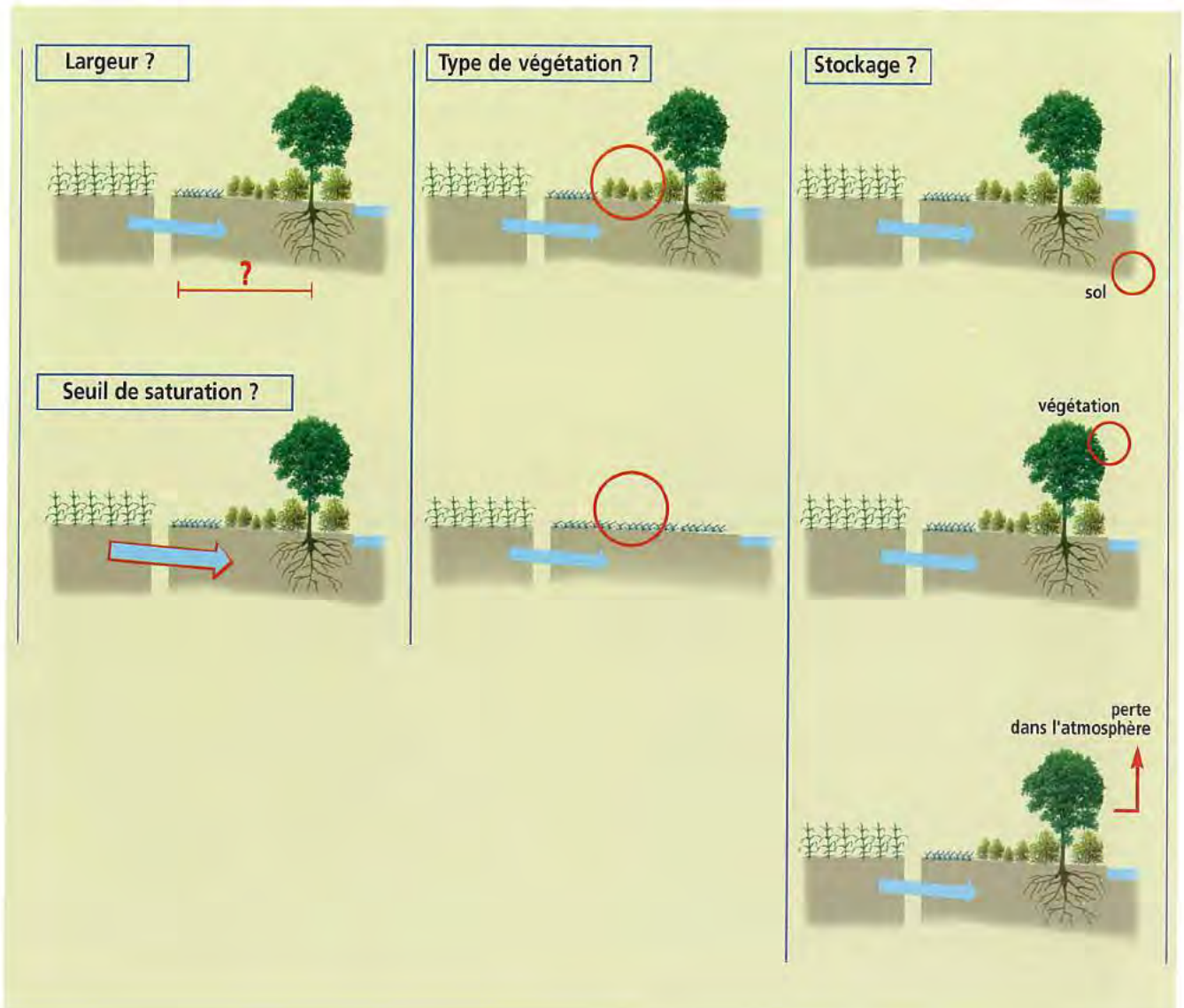
Par dénitrification microbologique, l'azote est éliminé vers l'atmosphère, tandis que par absorption végétale, les nutriments stockés temporairement dans les tissus végétaux reviennent au sol avec la chute des feuilles et la mort des arbres.



dans les espaces riverains. Par ailleurs, les essences forestières présentes peuvent modifier la structure et le fonctionnement des communautés microbiennes.

Il s'établit ainsi des équilibres toujours instables, sous l'effet combiné de conditions d'écoulement des eaux, de nature des sols, de couvert végétal, conditions elles-mêmes variables dans l'espace et dans le temps. Le contrôle de ces équilibres demande une connaissance très précise des secteurs concernés. De cette connaissance dépendent les décisions à prendre quant à la largeur optimale des zones tampons de filtrage, quant aux niveaux des seuils de saturation, quant aux espèces du couvert végétal, toutes questions auxquelles il ne peut être répondu que localement (voir figure ci-dessous).

L'efficacité des systèmes tampons riverains dépend de questions auxquelles il ne peut être répondu que localement (d'après Lowrance *et al.* 1998, modifié).



Des boisements aux fonctions multiples

- En ce qui concerne le phosphore, le ruissellement le transporte sous deux formes possibles – en solution et en particules. Divers mécanismes induisent ce transport : l'érosion de particules de sol auxquelles du phosphore est associé, la désorption de phosphore dissous depuis ces particules ou depuis les sols restés en place sur le bassin versant. Les deux formes de phosphore transportées passent en fait de l'une à l'autre en fonction de l'adsorption ou de la désorption des anions phosphates par les particules du sol, en fonction également de la concentration de phosphate en solution. Au-dessus d'une certaine concentration, variable selon les sols, le phosphore est adsorbé par les particules de sol ; au-dessous, il est solubilisé.

Les zones tampons riveraines retiennent le phosphore ainsi transporté en facilitant le dépôt des sédiments, l'adsorption du phosphore dissous et son assimilation par les végétaux riverains. L'infiltration dans le sol s'ajoute à ces mécanismes en favorisant une filtration des substances solides en suspension. Il est clair, cependant, que la sédimentation des particules de sol est le principal mécanisme responsable de l'enlèvement du phosphore dans les zones riveraines. Ce mécanisme dépend fortement de la réduction des vitesses de ruissellement à travers les sols riverains. Ces sols s'avèrent d'autant plus efficaces qu'ils sont acides, riches en oxydes et en argiles, pauvres en matières organiques et en phosphore adsorbé, fins mais suffisamment perméables.

- Quant aux pesticides, ils figurent aussi en solution et en particules dans le ruissellement. Une fois appliqués sur les terres agricoles, l'éventualité du transfert des pesticides dépend de leur mobilité et de leur vitesse de dégradation, de la structure des sols et de la période de temps séparant leur application et leur ruissellement. Des bandes enherbées semblent constituer des filtres efficaces vis-à-vis de pesticides tels que l'atrazine et le lindane, y compris lors de ruissellements intenses. Les mécanismes de rétention demeurent toutefois mal connus.

Les bilans dont nous disposons témoignent de l'intérêt des zones tampons riveraines comme lieux de filtrage, tant vis-à-vis de l'azote des nitrates dissous dans les eaux de ruissellement que du phosphore adsorbé par les sédiments (voir tableau p. 71).

Les zones tampons : du mythe à la réalité

Les ripisylves apparaissent donc comme des filtres naturels capables de retenir, voire d'éliminer une grande partie des pollutions diffuses qui parviennent aux cours d'eau. Cette aptitude au filtrage, pour séduisante qu'elle soit, ne saurait justifier des implantations continues le long des réseaux hydrographiques. Elle ne saurait non plus tenir lieu de substitut à de bonnes pratiques de gestion des bassins



versants. L'usage de zones tampons riveraines comme filtres naturels doit être incorporé dans des plans d'aménagement, ainsi que nous le verrons par la suite.

Il doit surtout être adapté à la réalité locale. D'abord, parce que les zones tampons ne filtrent pas les pollutions diffuses partout avec la même efficacité. Ainsi, dans les parties supérieures des bassins versants, les ruisseaux d'ordres 1 à 3 s'écoulent dans des aires de production de sédiments et de nutriments. Ces ruisseaux sont les premiers collecteurs des ruissellements provenant des terrains agricoles environnants. Plus en aval, les cours d'eau font plutôt figure de convoyeurs des matériaux reçus de l'amont. Aussi, la plus grande efficacité de filtrage revient-elle aux zones qui bordent les petits cours d'eau de l'amont des bassins versants.

Ensuite, la présence d'une ripisylve n'assure pas automatiquement un filtrage complet des pollutions diffuses. Ce filtrage peut être complet quand les eaux de nappe s'écoulent sur une faible épaisseur, près de la surface ; il l'est beaucoup moins quand l'écoulement s'étend en profondeur au-dessous de la rhizosphère, a fortiori quand cette dernière est totalement court-circuitée.

Par ailleurs, l'efficacité optimale n'apparaît pas d'emblée. Une période de 10 à 15 ans peut s'avérer nécessaire pour qu'une communauté végétale pérenne puisse s'établir dans une zone riveraine et former un sol convenable. Une bande simplement enherbée peut atteindre son efficacité optimale plus rapidement – en cinq ans environ.



Zone riveraine tampon
en région agricole

Des boisements aux fonctions multiples

zone tampon		réduction : 100 x (apport - export) / apport		
largeur (m)	couvert végétal	sédiment (%)	azote (%)	phosphore (%)
4,6 ⁽¹⁾	herbe	61,0	4,0	28,5
9,2 ⁽¹⁾	herbe	74,6	22,7	24,2
19,0 ⁽²⁾	bois	89,8	74,3	70,0
23,6 ⁽¹⁾	herbe + bois ⁽³⁾	96,0	75,3	78,5
28,2 ⁽¹⁾	herbe + bois ⁽⁴⁾	97,4	80,1	77,2

1. apports : 7 284 mg/l de sédiment, 14,11 mg/l d'azote, 11,3 mg/l de phosphore.
 2. apports : 6 480 mg/l de sédiment, 27,59 mg/l d'azote, 5,03 mg/l de phosphore.
 3. largeur comprenant 4,6 m d'herbe plus 19 m de bois.
 4. largeur comprenant 9,2 m d'herbe plus 19 m de bois.

Effets de différentes zones tampons riveraines sur la réduction des apports diffus par ruissellement de surface : évaluation à partir d'études conduites sur le bassin versant de la baie de Chesapeake aux USA (d'après Lowrance *et al.* 1995, modifié).

Quel que soit ce délai, un entretien des zones tampons riveraines est, en toutes occasions, indispensable. Pendant les premières années de mise en place, la compétition entre espèces herbacées doit être contrôlée de manière à éviter l'expansion d'une espèce donnée indésirable, au détriment des autres espèces de la communauté. Le fauchage ou le brûlage peut alors s'avérer nécessaire, de même que l'épandage d'herbicide autour des plantules d'arbres. A plus long terme, la capacité de rétention d'une zone tampon ne dure que si la biomasse en place est périodiquement enlevée, avec son stock de nutriments et si les rigoles d'écoulement sont supprimées au fur et à mesure de leur formation.

Il faut enfin souligner, en faveur de l'implantation de zones tampons riveraines, qu'elles ne soustraient qu'une partie relativement faible de terre à la production agricole. Une zone tampon de 10 m de large représente une aire de 0,5 ha sur un linéaire de 500 m, et une zone tampon de 30 m, 1,5 ha. Compte tenu des obstacles à un travail mécanisé près des cours d'eau, une bonne part de ces aires n'est que difficilement cultivable. Par ailleurs, des bénéfices autres que de protection peuvent être tirés d'une zone tampon, certains "marchands" comme ceux tirés de la production de bois et de fourrage, d'autres "non-marchands" comme ceux tirés de la chasse, des lieux de loisirs, du maintien d'habitats naturels, aquatiques et terrestres.



Fonctionnement des écosystèmes d'eau courante

Les ripisylves exercent une influence considérable sur la structure et sur le fonctionnement des écosystèmes d'eau courante³⁷. Cette influence a inspiré une part majeure du concept de continuum fluvial*, une des bases théoriques les plus connues et discutées de l'écologie des rivières.

Ce concept part d'une observation simple : toute rivière change de manière continue de sa source à son embouchure. Il en est ainsi des propriétés physiques – largeur, profondeur, pente, débit. Il en est ainsi également, c'est l'hypothèse de base formulée par les auteurs du concept, des processus biologiques sur lesquels repose le fonctionnement des écosystèmes d'eau courante.

Comme le suggère la figure p. 74, les ruisseaux de l'amont bénéficient d'apports nutritifs de la part des boisements riverains, par exemple sous forme de feuilles mortes, tandis que l'ombre du rivage limite la pénétration de la lumière, réduisant les possibilités de production végétale autochtone. Ces ruisseaux de l'amont sont qualifiés d'hétérotrophes pour signifier que la plus grande part de leurs ressources nutritives proviennent de milieux qui leur sont extérieurs. Les rivières moyennes, encore peu profondes mais plus larges, jouissent d'une bonne luminosité, ce qui rend possible un développement végétal aquatique : algues recouvrant les fonds durs – ou périphyton – et plantes aquatiques enracinées – ou macrophytes – parfois regroupées en herbiers. Cette végétation forme la plus grande part des ressources nutritives de ces rivières moyennes, qualifiées d'autotrophes. Quant aux grandes rivières de l'aval, la turbidité habituelle de leurs eaux atténue fortement l'éclairage en profondeur, ce qui se traduit par un retour à des conditions d'hétérotrophie. Les ripisylves peuvent s'y développer en forêts alluviales entre des bras multiples et sur des îles.

En fait, la végétation riveraine influence la structure et le fonctionnement des écosystèmes d'eau courante par l'ombrage d'une part et par l'apport de matière organique d'autre part. L'ombrage des ruisseaux et des rivières réduit en effet les températures maximales des eaux en été, ce qui leur conserve une bonne oxygénation et permet à la faune aquatique de survivre en période d'étiage. L'ombrage réduit également l'éclairage en tamisant le rayonnement solaire. Ce double effet de la végétation riveraine sur la température et sur la luminosité atténue les risques d'eutrophisation culturale*, au point que l'implantation d'arbres riverains a été préconisée pour lutter

³⁷ - Vannote et al. (1980)

Des boisements aux fonctions multiples

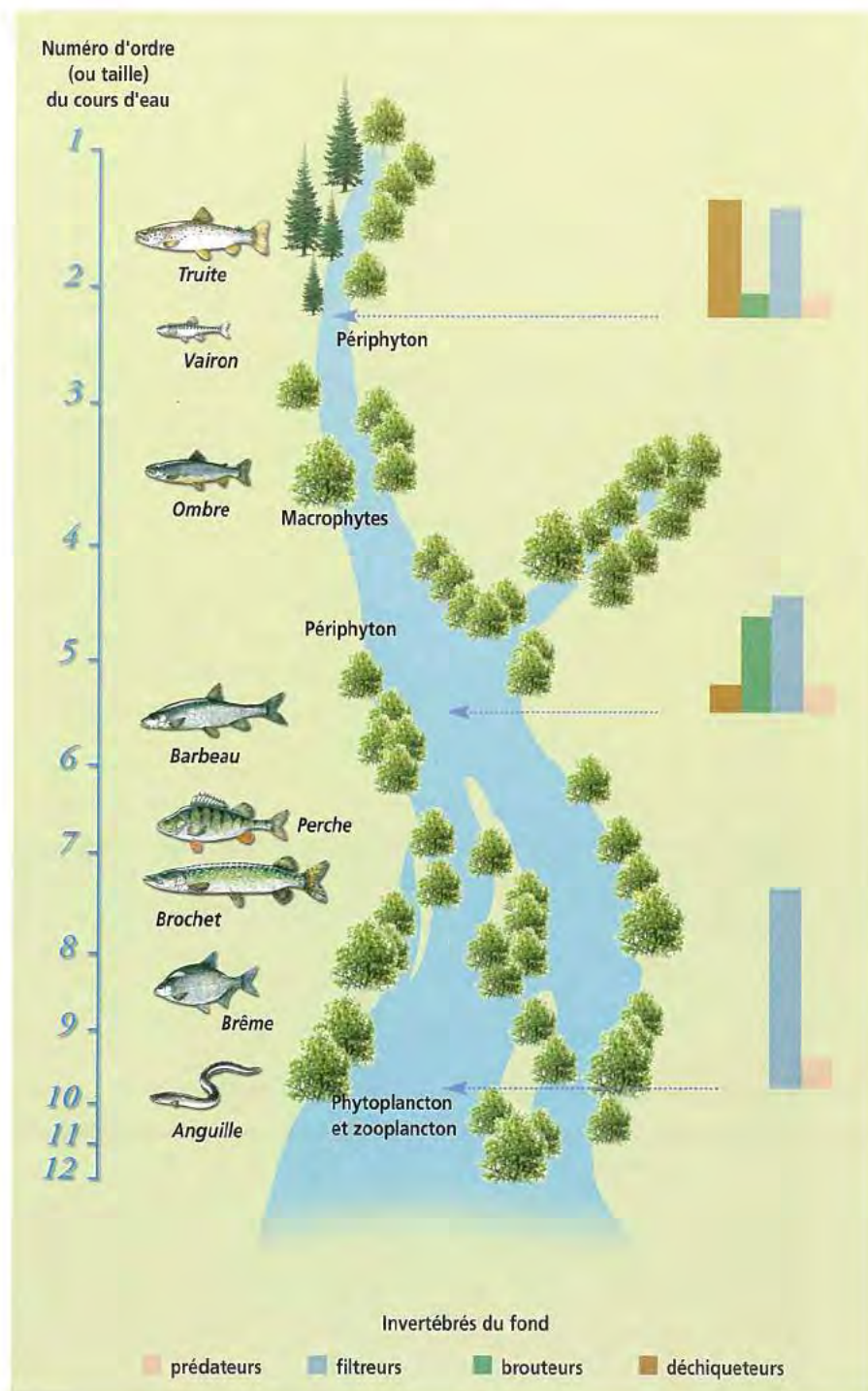
contre l'extension des herbiers dans de petites rivières de plaine. L'apport de matière organique aux cours d'eau par les végétaux riverains est tout aussi essentiel, que cet apport se présente en solution ou sous forme de particules. On observe en effet un glissement progressif dans la taille de ces particules : les grandes dominent en amont et les petites en aval, à l'image des feuilles mortes qui se fragmentent de plus en plus finement et se dissolvent dans l'eau au fur et à mesure qu'elles sont entraînées par le courant. Les communautés animales s'ajustent en permanence à ces modifications, de manière à utiliser au mieux l'énergie disponible le long des cours d'eau. Des groupes fonctionnels d'invertébrés se succèdent ainsi sur le fond : déchiqueteurs et filtreurs en amont, puis filtreurs et racleurs, enfin filtreurs seuls en aval. De même, les groupements de poissons évoluent de l'amont vers l'aval selon un schéma classique en Europe : truite-ombre-barbeau-brème.

Ainsi, les feuilles mortes forment-elles un apport essentiel de matière organique aux cours d'eau. En se décomposant, elles alimentent toute une faune d'invertébrés qui, sur le fond des rivières, constitue une source de nourriture pour les poissons. Une expérience conduite en Caroline du Nord est significative à cet égard³⁸. Ses auteurs ont privé

Pêcheur
sur une rivière méditerranéenne



Bruno Pambour/Bios



Les ripisylves et le concept de continuum fluvial (d'après Vannote *et al.* 1980, modifié).

un ruisseau forestier de ses apports de litière sur un secteur de 200 m de long pendant trois années consécutives. Le résultat a été net : sur les 29 espèces d'invertébrés formant 95 % de la production du secteur, 17 ont diminué significativement en abondance et/ou en biomasse avec la suppression des apports de litière. A noter que cette diminution n'a pas seulement affecté les détritivores, utilisateurs

Des boisements aux fonctions multiples



Calopteryx haemorrhoidalis

Tristan Lafranchis/Bios

directs des feuilles mortes ; elle a aussi porté sur les prédateurs, modifiant l'ensemble du réseau trophique.

Il faut ajouter aux feuilles mortes d'autres apports de matière organique à partir des ripisylves. Parmi ces apports, les invertébrés terrestres tombés dans l'eau depuis les rives peuvent représenter la majeure partie de l'alimentation des poissons, ce que tout pêcheur peut couramment observer, et d'ailleurs utiliser en se servant d'appâts tels que des sauterelles ou des imagos* d'insectes aquatiques.

Le bois mort constitue une autre forme importante d'apport. Des branches et des troncs d'arbres tombent en effet régulièrement dans le lit des cours d'eau. Certains restent en place, d'autres sont emportés par le courant. Ce bois mort, quel que soit son sort, remplit de multiples fonctions dans les écosystèmes d'eau courante. Il crée une grande variété d'habitats, depuis des vasques profondes, à écoulement lent, jusqu'à des cascades aériées et rapides. Ce faisant, le bois mort favorise la diversité de la vie végétale et animale dans les ruisseaux et les petites rivières. Les branchages ainsi immergés accumulent les feuilles mortes en des sites qui deviennent des hauts lieux de l'activité biologique. Le bois mort représente en outre un substrat sur lequel des algues peuvent se développer, attirant des insectes aquatiques, des mollusques, des vers. Toute une faune d'invertébrés sert ainsi d'intermédiaire entre des algues et des détritiques qu'elle consomme et des prédateurs, dont des poissons. Ces derniers utilisent en outre les accumulations de bois mort pour s'abriter, se protéger des prédateurs, s'y reproduire.



Dynamique de la biodiversité

Le long des cours d'eau, les zones riveraines abritent des communautés végétales et animales très diversifiées. Cette diversité tient à une organisation spatiale particulière, faite de mosaïques d'habitats continuellement changeantes, dans le temps en fonction de crues plus ou moins intenses et fréquentes, dans l'espace en fonction de topographies plus ou moins variées.

Les crues détruisent des habitats, en créent de nouveaux, modifient les rapports entre ces habitats. La topographie affecte la fréquence et la durée des inondations au sein de la plaine inondable. A l'échelle locale, l'hétérogénéité ainsi produite offre une grande variété de conditions de vie, au point que certains secteurs régulièrement perturbés par des crues apparaissent comme des foyers de biodiversité. A l'échelle d'un bassin versant, les corridors riverains s'étalant des altitudes les plus hautes aux plus basses, ces foyers s'étendent tout au long des réseaux hydrographiques, alimentant la biodiversité régionale.

Toute plante de la ripisylve se développe en un site donné si elle peut y germer et s'y établir, puis si les conditions en place lui permettent de durer, au moins jusqu'à ce qu'elle puisse se reproduire. Ainsi, la distribution des espèces dans l'espace riverain dépendra de facteurs à la fois physiques et biologiques. Aux facteurs physiques se rattachent les perturbations dues aux crues qui dominent dans les parties de



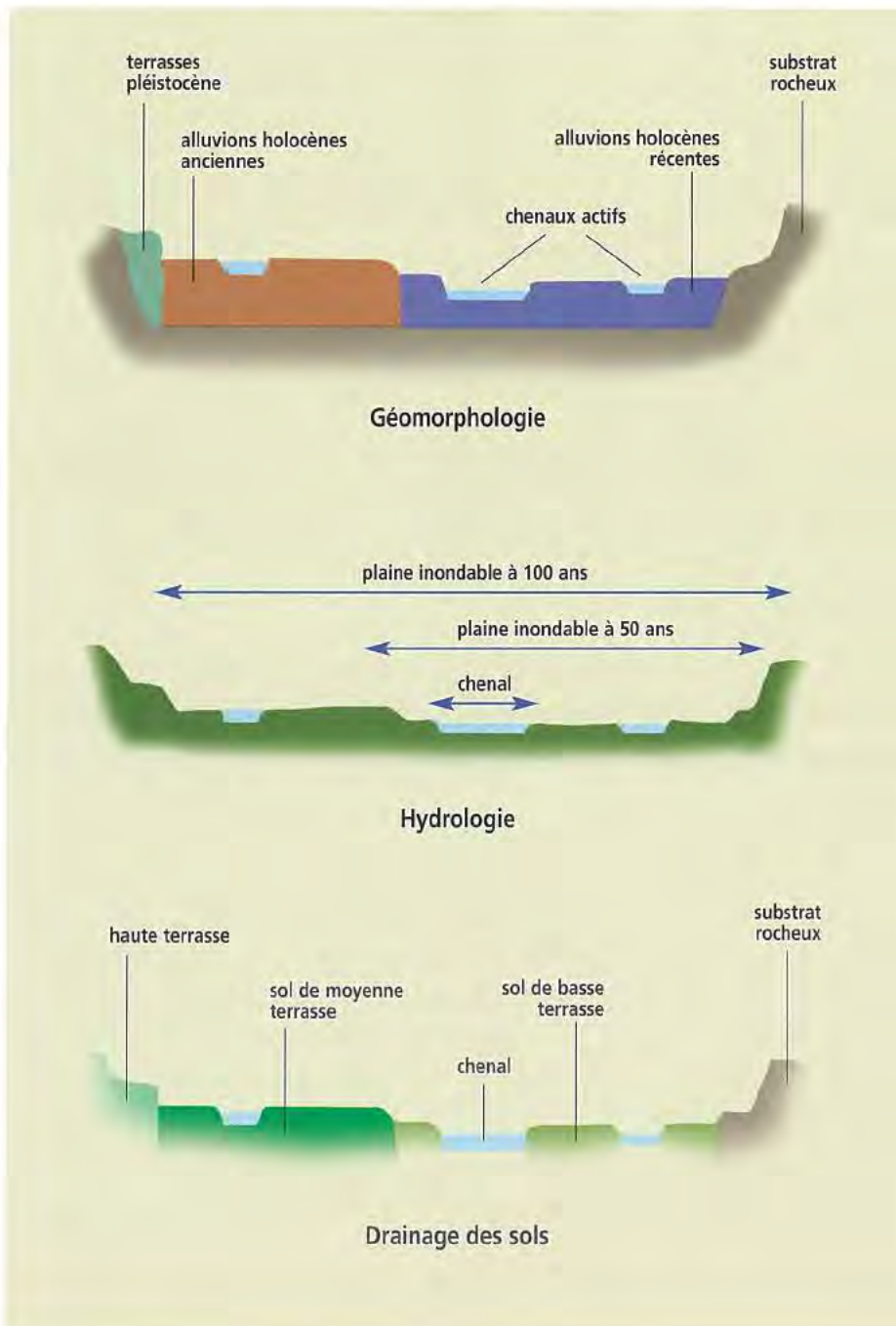
Dortoir de garde-bœufs
Ardeola ibis

Des boisements aux fonctions multiples

berge les plus basses, à proximité du cours des rivières. Aux facteurs biologiques se rattachent des interactions plus subtiles, parmi lesquelles la compétition, la symbiose, le broutage, qui dominent dans les parties de berge les plus élevées, relativement éloignées du cours des rivières.

Facteurs physiques

En climat tempéré humide, la plaine inondable peut être définie en termes hydrologiques (l'aire inondée une fois tous les ans, tous les



Identification des zones d'une plaine inondable (rivière Agua Fria en Arizona) à partir de données de géomorphologie, d'hydrologie et de pédologie (d'après Bendix et Hupp 2000 modifié).



Jean Roché

Oued en Kabylie, Algérie

trois ans, tous les dix ans...) ou en termes géomorphologiques (l'aire construite par la rivière sous des conditions environnementales semblables aux conditions actuelles). Ces définitions s'accordent dans la mesure où les crues à pleins bords, c'est-à-dire juste assez importantes pour atteindre la plaine inondable, participent à la création de cette plaine inondable. Les terrasses, quant à elles, correspondent à d'anciennes plaines inondables délaissées par un cours d'eau lorsque ce dernier creuse sa propre vallée.

Ces distinctions deviennent beaucoup moins nettes en climat aride ou semi aride. Les espaces alluviaux changent alors sous l'effet de crues violentes qui bouleversent des sédiments manquant souvent de cohésion. Dans ces conditions, les submersions ne s'étalent pas seulement dans des plaines inondables plus ou moins horizontales ; elles affectent des chenaux secondaires anastomosés, plus élevés que le chenal principal. Plusieurs interprétations d'une plaine inondable sont ainsi possibles en s'appuyant sur des données de géomorphologie, d'hydrologie, de pédologie (voir figure p. 77). Sur ces espaces alluviaux mouvementés, les crues affectent diversement la végétation riveraine. Elles la détruisent par la force du courant, l'impact des débris flottants, la saturation prolongée des racines, l'érosion du sol. La sévérité de ces effets varie d'un point à l'autre, renforçant l'hétérogénéité du couvert végétal riverain. Mais ces crues favorisent aussi la dispersion de propagules* et la colonisation de sites débarrassés de leur couvert végétal antérieur, enrichis de nouveaux apports d'alluvions ou, au contraire, dénudés jusqu'à la roche sous jacente.

Ainsi, les diverses parties de l'espace alluvial ne subissent pas les perturbations hydrologiques de la même façon. Près du chenal, les

Des boisements aux fonctions multiples

formes buissonnantes dominant, caractérisées par des tiges courtes, une résilience forte, des repousses rapides à partir de souches endommagés. Plus loin du chenal, dans la plaine inondable, les espèces présentes tolèrent mal les destructions dues aux crues, en tous cas moins bien que les espèces proches du chenal, mais elles survivent plus aisément à des périodes assez longues de submersion et d'humidité. Sur les terrasses, les espèces présentes ne tolèrent ni les dommages répétés des crues ni les périodes prolongées de submersion et d'humidité.

D'un point de vue dynamique, sur les berges et à leur proximité, le retour fréquent des perturbations maintient les communautés végétales riveraines à des stades pionniers par rajeunissements périodiques ; dans la plaine inondable, les processus de succession végétale peuvent se développer et les communautés atteindre des stades de maturité ; sur les terrasses les dynamiques diffèrent de celles de la végétation riveraine. Quand on compare les espèces présentes, les aires fréquemment inondées diffèrent nettement de celles qui le sont plus rarement quels que soient les cours d'eau. Souvent, des peupliers et des saules dominant dans les parties basses périodiquement bouleversées par des crues : ces deux genres colonisent rapidement de nouveaux espaces et résistent aux crues suivantes, les peupliers grâce à leur taille, les saules grâce à la flexibilité de leurs tiges. A l'opposé, diverses espèces de chênes colonisent les parties les plus hautes. Entre les deux s'installent, en fonction de la fréquence des perturbations : des érables, des frênes, des charmes, des platanes.

Sous climat aride, deux facteurs paraissent prépondérants : la puissance du cours d'eau, c'est-à-dire l'énergie développée par unité d'aire, et l'accès à l'humidité, c'est-à-dire la profondeur de la nappe phréatique. Ces deux facteurs ont conduit à une double ordination des plantes riveraines d'un cours d'eau californien³⁹. En augmentant la puissance du cours d'eau, on passe d'un colonisateur rapide des aires dénudées, tel que le séneçon en arbre *Baccharis salicifolia*, à une espèce de grande taille telle que le peuplier *Populus fremontii*, et à des espèces aux tiges flexibles : l'aulne *Alnus rhombifera* et diverses espèces de saules *Salix* spp. En augmentant la profondeur du toit de la nappe phréatique on passe, dans les secteurs faiblement puissants, de *Baccharis salicifolia* à *Salix* spp., *Artemisia tridentata*, *Eriogonum fasciculatum* et *Rosa californica*.

En fait, la puissance d'un cours d'eau dépend étroitement de sa pente. Cette dernière étant généralement plus forte en amont qu'en aval, la position des secteurs considérés le long du continuum amont – aval influence profondément l'impact des crues sur la végétation riveraine. D'autant plus que, la charge solide aidant, les fortes pentes conduisent à la formation de chenaux anastomosés, avec des fonds de vallée

³⁹ - Bendix (1999)



instables sur lesquels les effets des crues peuvent être localement dévastateurs.

Ainsi, les crues influencent la distribution de la végétation riveraine en fonction des distances qui, à l'horizontale, séparent cette végétation des cours d'eau et, à la verticale, la séparent de la nappe phréatique. Mais cette influence dépend en premier lieu de la position du secteur considéré le long du réseau hydrographique, des caractéristiques de ce réseau et d'évènements survenus dans un passé plus ou moins lointain comme l'a montré l'exemple du Tech. De cet ensemble de facteurs dépend l'identité des communautés en place. Et leur biodiversité.

Facteurs biologiques

Les végétaux survivent en milieu riverain en s'adaptant aux contraintes imposées par l'hydrologie et par la géomorphologie fluviale. Cette adaptation marque l'ensemble des processus vitaux, à commencer par la production de graines toujours très nombreuses pour les espèces pionnières qui compensent ainsi des espérances de vie extrêmement réduites. Mais l'adaptation aux contraintes se traduit aussi dans les processus de colonisation, dans la dynamique des communautés et, finalement, dans la distribution des espèces le long des réseaux hydrographiques

Sont adaptés aux crues les végétaux qui dispersent leurs propagules – fragments végétatifs, graines ou fruits – par les flots, le vent et les oiseaux, qui s'établissent rapidement sur des rives récemment remaniées et dégagées de leurs anciens couverts, qui germent tout aussi rapidement sur des alluvions récemment déposées et se maintiennent en place après germination, en dépit des nouvelles crues. Sont aussi adaptées aux crues les communautés végétales riveraines qui se succèdent au sein de mosaïques changeantes dans l'espace et dans le temps, depuis les groupements pionniers à saules et à peupliers jusqu'aux groupements matures à frênes, à chênes et à ormes.

La colonisation des sols riverains par les peupliers illustre comment une espèce riveraine parvient à surmonter les aléas hydrologiques qui affectent les bords des rivières. Une fois installées sur un sol riverain récemment dénudé par une crue, les plantules de peuplier ne s'établissent que si elles disposent de suffisamment d'eau et, en même temps, si elles sont à l'abri des nouvelles crues. Par suite, sur une rive donnée, les plantules de peuplier ne germent et ne survivent que dans une position assez basse pour bénéficier de remontées d'humidité, mais assez élevées pour éviter d'être emportées par les crues ou recouvertes de sédiments. En outre, les périodes de dispersion des

Des boisements aux fonctions multiples

graines doivent correspondre à la présence de substrats récemment remaniés par une crue pour que des germinations puissent se produire. L'établissement des plantules exige donc qu'une première crue suffisamment forte survienne durant la période de dispersion des graines pour dégager des sites de colonisation potentielle. Mais cet établissement ne dure que si, par la suite, les conditions climatiques favorisent le développement des plantules, c'est-à-dire si les hivers sont frais, les printemps et les automnes humides et frais pendant plusieurs saisons consécutives.

La salinité des sols peut également prendre une importance prépondérante dans la distribution des communautés riveraines en climat aride et semi-aride. L'exemple du petit bassin de l'Andarax, au sud-ouest de l'Espagne, est à cet égard représentatif de nombreux bassins du pourtour méditerranéen (voir tableau p. 82). L'Andarax draine environ 2 200 km² de terrains soumis à une intense évapotranspiration estivale. Cette évapotranspiration mobilise les sels accumulés dans les sols par ascension capillaire vers la surface. Le tableau p. 82 présente 11 sites riverains du bassin et leur couvert végétal. Selon l'augmentation des taux de salinité mesurés dans les eaux, on passe de communautés riveraines dominées par des saules tels que le saule noir *Salix atrocinerea* à des communautés dominées par des tamaris *Tamarix canariensis* et *T. africana*. Les communautés dominées par *Salix atrocinerea* (15 à 65 % du couvert) comprennent des espèces de terrains plus humides telles que *Rubus ulmifolius* et *Lonicera periclymenum* spp. *hispanica*, ainsi qu'*Alnus glutinosa*, dominant dans le premier site. Les communautés à tamaris apparaissent pour des conductivités supérieures à 0,6 mS/m (en hautes eaux) et à 0,9 mS/m (en basses eaux), ainsi que pour des teneurs en sodium supérieures à 24 mg/l (en hautes eaux) et à 38 mg/l (en basses eaux). Elles prennent trois aspects distincts selon l'augmentation de la salinité : 1) *Tamarix canariensis* dominant (43 à 84 % du couvert), avec la présence fréquente d'*Arundo donax*, espèce d'origine asiatique introduite pour stabiliser les berges ; 2) *Tamarix canariensis* toujours dominant (57 à 65 % du couvert), mais accompagné de *Tamarix africana* ; 3) *Tamarix africana* dominant (41 à 62 % du couvert) accompagné de *Tamarix canariensis*. De tels remplacements d'espèces en fonction du gradient de salinité ne sont pas sans effets sur la distribution de la biodiversité le long des cours d'eau méditerranéens.

Relation entre la conductivité*, la teneur des eaux en sodium, la richesse spécifique et les pourcentages de recouvrement des principales plantes riveraines dans le bassin de l'Andarax au sud-est de l'Espagne (d'après Salinas et al. 2000).

Sous-bassin	(a)	Andarax amont			Andarax aval				Nacim.		Tab. ram.	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Conductivité (mS/m)	(c)	0,1 – 0,5			0,6 – 0,9				0,9 – 1,1		# 3,6	
	(d)	0,2 – 0,7			0,9 – 2,0				1,0 – 1,2		# 5,2	
Sodium (mg/l)	(c)	6 – 11			24 – 47				# 55		# 1200	
	(d)	9 - 14			38 - 178				# 55		# 1900	
Richesse spécifique	(e)	7	4	12	6	4	2	3	4	5	7	5
<i>Alnus glutinosa</i>	(f)	///										
<i>Salix atrocinerea</i>		//	///	///	/							
<i>Rubus ulmifolius</i>		/	//	/	/							
<i>Lonicera periclymenum</i>			/									
<i>Coriara myrtifolia</i>				//								
<i>Scirpus holoschoenus</i>				/		/						
<i>Bupleurum fruticosum</i>				/								
<i>Daphne gnidium</i>				/								
<i>Tamarix canariensis</i>					///	///	////	////	///	///	/	//
<i>Arundo donax</i>					/	//	/	//		//	/	
<i>Atriplex halimus</i>								/			//	/
<i>Tamarix africana</i>									///	//	///	///
<i>Nicotiana glauca</i>										/	/	
<i>Cynanchum acutum</i>											/	
<i>Eleagnus angustifolia</i>									/			

(a) sous bassins : Andarax amont sur les pentes méridionales de la Sierra Nevada ; Andarax aval ; Nacimiento, principal affluent de l'Andarax ; Tabernas rambla, rigole asséchée susceptible de conduire des crues fortes et soudaines.

(b) stations numérotées par ordre de salinité croissante.

(c) pour débit maximal en mars.

(d) pour débit minimal en septembre.

(e) nombre d'espèces recensées aux différentes stations.

(f) pourcentages de recouvrement de quelques espèces selon les stations : //// supérieur à 75 % ; /// de 75 à 35 % ; // de 35 à 10 % ; / de 10 à 1 %.

Des boisements aux fonctions multiples

Les ripisylves, témoins de la nature ordinaire* et de l'intérêt du génie végétal*.

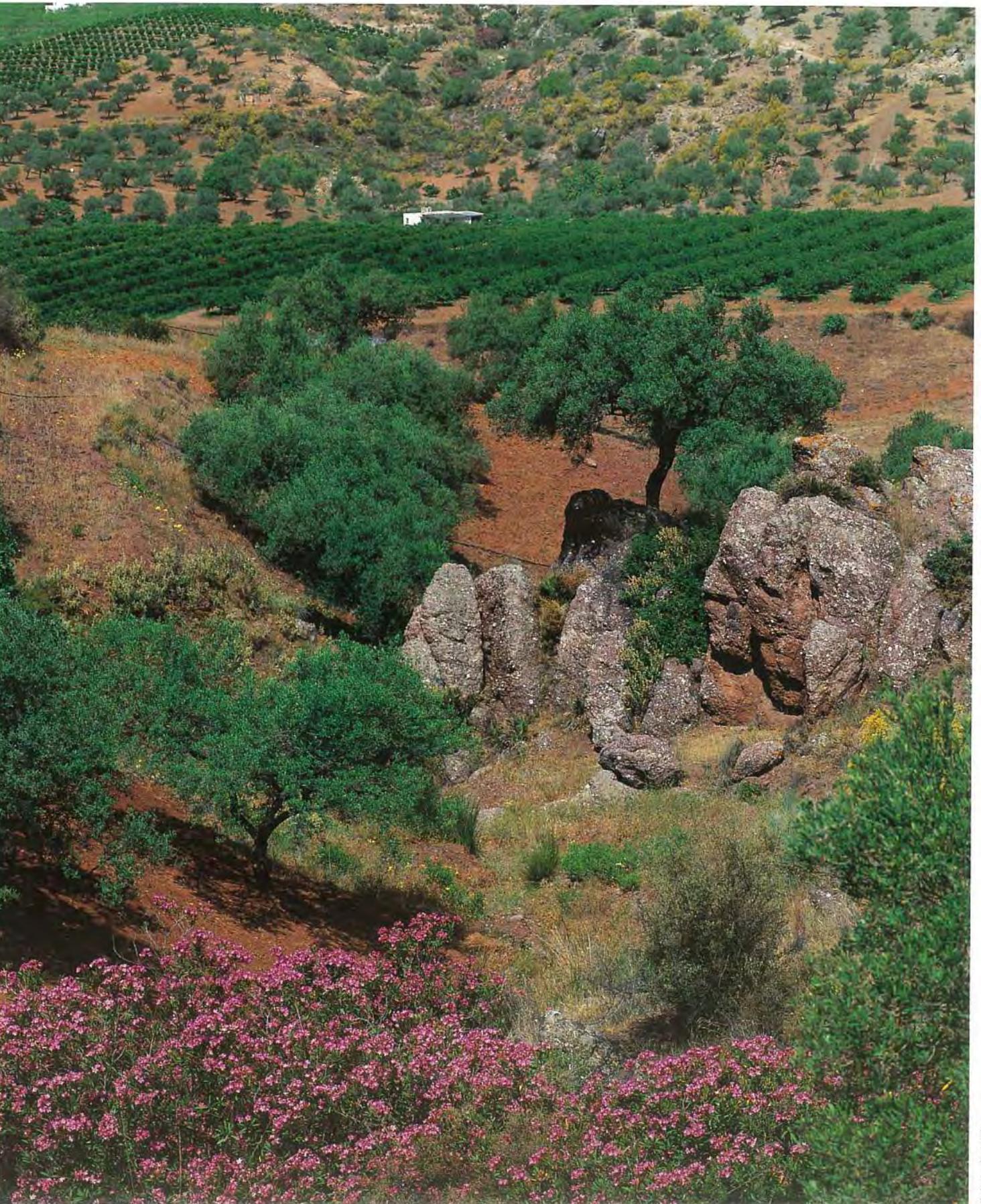
Les espaces de notre environnement quotidien sont souvent délaissés, contrairement aux espaces protégés des parcs et des réserves. Ils correspondent à une "nature ordinaire" que le Conservatoire botanique national méditerranéen de Porquerolles s'attache à valoriser, en collaboration avec le Conseil général du Vaucluse. Les ripisylves sont des témoins de cette nature ordinaire. Longtemps délaissées ou détruites, elle se sont rappelées au souvenir des populations du Vaucluse dans les années 1990 à la suite d'une série de crues exceptionnelles aux conséquences tragiques. Les images d'embâcles venant heurter les ponts et accentuer les ondes de crue ont profondément marqué les esprits. Elles ont suscité une réflexion générale sur le rôle du végétal, particulièrement des ripisylves, sur les régimes de débit des cours d'eau.

Or, les ripisylves se révèlent capables de diminuer les effets des ondes de crue, les rendant moins meurtrières. Et l'idée s'est fait jour de prendre en compte la végétation dans une gestion intégrée des bords de rivière. Il restait toutefois à parfaire la connaissance de cette végétation, de manière à l'utiliser à bon escient. Les expériences entreprises en ce sens ont abouti en 1999 à la mise en place d'un LIFE Environnement sur le site de Beauregard, en bordure de l'Ouvèze, petite rivière connue pour sa crue centennale de 1992⁴⁰. Ces expériences ont conduit à sélectionner un large éventail d'espèces indigènes d'origine locale, à les prélever in situ, à les multiplier et à les planter afin d'évaluer leurs facultés

d'adaptation à d'autres sites (reprise, vitesse de croissance, sensibilité vis-à-vis de la sécheresse et du parasitisme, emprise au sol, etc.). Application grandeur nature de ce génie végétal, les résultats obtenus ont orienté les travaux de restauration d'importants linéaires de ripisylve sur le tracé du train à grande vitesse (TGV) Méditerranée.

En fait, toute restauration de ripisylve par génie végétal nécessite une réflexion approfondie sur les objectifs et les moyens à mettre en œuvre. Il s'agit en effet de répondre à une problématique de gestion de crues sur des sites menacés, sans négliger d'autres objectifs, tant biologiques que paysagers. Aussi, la réussite en ce domaine dépend-elle : 1) de la conception du projet de restauration, 2) de la définition des techniques de plantation, y compris l'implantation et le choix des essences, 3) de la définition de la réalisation pratique et des modalités d'entretien. C'est dire l'importance de la cohérence des opérations en matière de génie végétal, et le peu de place laissé à l'improvisation. Ces opérations s'appuient en effet sur des techniques d'entretien des végétaux et des espaces restaurés, ainsi que sur une connaissance solide de la flore indigène et de sa multiplication. Les expériences menées sur les ripisylves méditerranéennes témoignent de l'intérêt d'une pratique du génie végétal combinée aux opérations de génie civil dans la conservation de la nature ordinaire.

par Jean-Pierre Roux et Maurice Desagher, Conservatoire botanique national méditerranéen de Porquerolles. et Conseil Général du Vaucluse.



Des boisements insérés dans les paysages

Plus que d'autres, les paysages méditerranéens apparaissent comme des constructions sociales, exprimant comment l'homme interagit avec son environnement. Cette interaction remonte aux débuts de l'humanité. Elle a constamment changé, parfois brutalement, sous l'effet d'une histoire riche et mouvementée, d'une remise en cause permanente des équilibres antérieurs, d'une exploitation de plus en plus lourde des ressources naturelles. Ces changements n'ont d'ailleurs jamais été synchrones sur le pourtour méditerranéen. Ainsi, de nos jours, aux défrichements et à l'expansion agricole des pays en développement s'opposent les déprises rurales et les embroussailllements des pays développés.

Les changements observés concernent tant les aspects physiques des paysages que leurs valeurs sociales et culturelles, et la protection de l'environnement s'efface souvent devant les nécessités du développement économique. D'où de formidables pressions sur les écosystèmes, avec des répercussions parfois irréversibles sur les paysages ruraux traditionnels. Or, ces derniers traduisaient des équilibres dynamiques durables entre la création et l'utilisation des ressources disponibles. Ils témoignaient d'une véritable co-évolution entre les hommes et leur environnement.

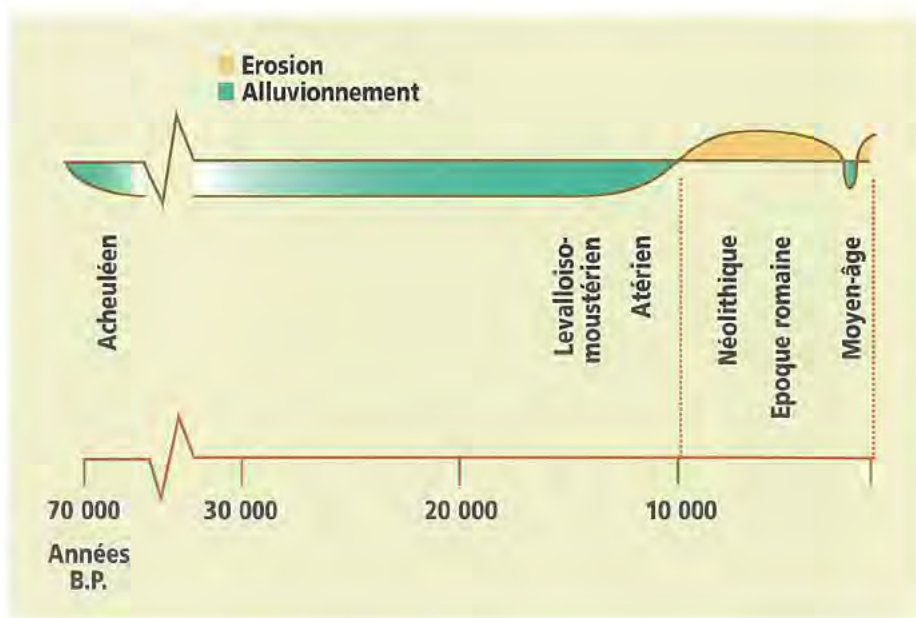
Des alternances de dépôt et d'érosion

Au cours des millénaires, les vallées méditerranéennes ont connu les alternances de dépôts et d'érosions (voir figure p. 86). D'épaisses couches d'alluvions ont été déposées lors de la dernière glaciation. Elles ont été profondément entaillées aux temps préhistoriques par des rivières qui, en se développant, ont augmenté les densités de drainage de leurs bassins versants.

Cette tendance s'est poursuivie au delà de l'époque romaine, pour s'inverser au Moyen Age, avec de nouvelles accumulations de sédiments, d'une dizaine de mètres d'épaisseur au maximum. Cette période a été suivie par une reprise de l'érosion, encore actuelle, caractérisée par de nouvelles incisions et par un aplatissement des profils longitudinaux.

Ces phases successives de dépôt et d'érosion semblent avoir marqué l'ensemble du pourtour méditerranéen, d'est en ouest et du nord au sud. Quelles qu'en soient les causes, probablement à la fois climatiques et humaines, ces évènements fixent un cadre commun, méditerranéen, aux ripisylves actuelles et à leur avenir. A long terme, la tendance au dépôt de sédiments a largement prédominé depuis le retrait des glaciers du Würm (voir figure ci-dessous). Cependant, la reprise de l'érosion consécutive aux sédimentations du Moyen Age a profondément transformé les vallées, parfois de manière irréversible.

Chronologie des phases d'érosion et de dépôt dans le bassin méditerranéen. Au cours de la période historique, beaucoup de cours d'eau méditerranéens qui jusqu'alors creusaient leur lit entrèrent dans un processus de dépôt ou d'alluvionnement avant la reprise de l'érosion actuelle (d'après Vita-Finzi 1969).



Des boisements insérés dans les paysages



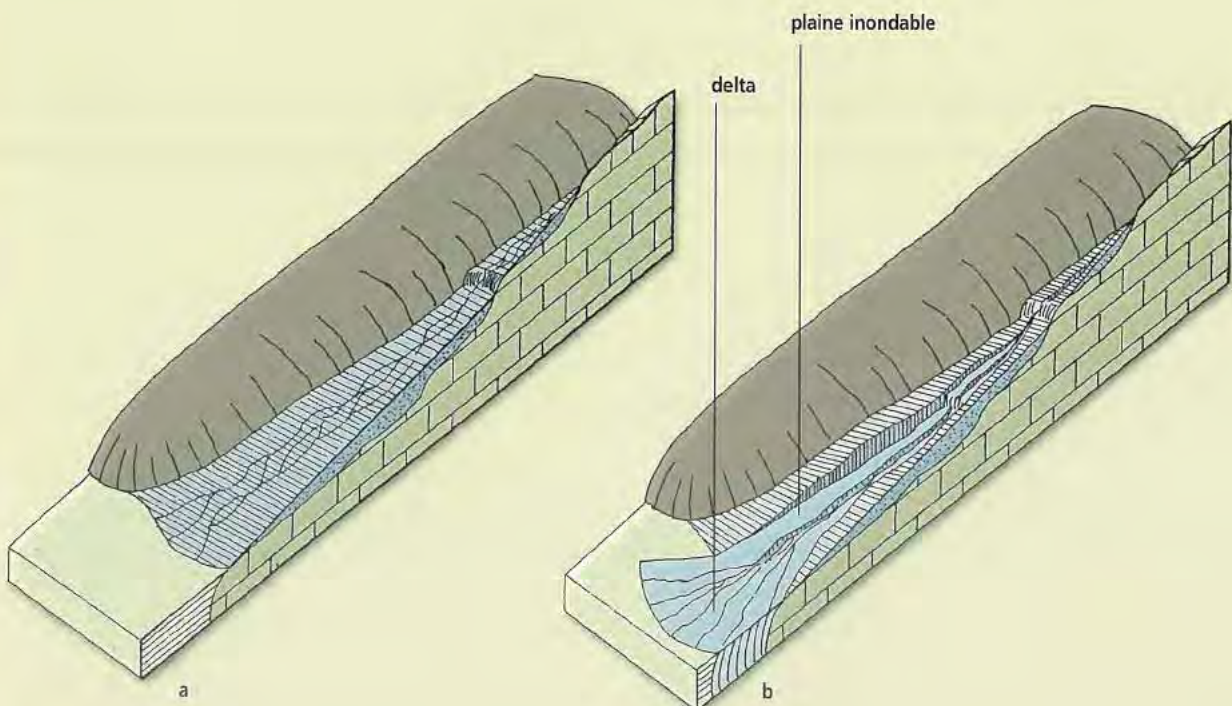
Frédéric Didillon/Bios

Erosion : terre et pins

Morphologie des vallées méditerranéennes montrant successivement :

- a) l'alluvionnement récent à la fin de la période d'aggradation,
 - b) la plaine inondable résultant du creusement de ces alluvions récentes, prolongée par un delta
- (d'après Vita-Finzi 1969).

Cette séquence d'évènements a en effet donné leurs formes aux vallées méditerranéennes. Les chenaux sont creusés dans un plancher alluvial qui correspond aux alluvionnements récents. La vraie plaine inondable ou lit majeur dans lequel se développent les ripisylves, s'étend au-dessous de ce plancher (voir figure ci-dessous). Ce dernier n'est atteint que rarement par les crues exceptionnelles, en général près des embouchures.





Le poids de l'histoire

L'influence humaine sur les paysages méditerranéens remonte à plus de 50 000 ans selon certains auteurs⁴¹.

Le passage d'un mode de vie nomade à un mode de vie sédentaire, environ 10 000 ans av. J.-C., marqua le début d'une transformation historique. La culture de céréales bouleversa les pratiques d'utilisation des terres, de même que l'élevage d'animaux domestiques et l'amélioration des techniques. En près de 2 000 ans, l'araire qui creusait simplement le sol fut remplacée par la charrue qui le retournait, enlevant les racines des plantes pérennes et favorisant l'avènement des plantes annuelles. Au fil des générations, les populations rurales, auto-suffisantes quant à leurs besoins en blé, en huile d'olive, en lait, en fromage, en viande, etc., s'installèrent dans une relation durable avec leur environnement. Vers 4 000-3 000 ans av. J.-C. certains paysages de Crête apparaissaient déjà comme des mosaïques de champs cultivés, de vergers et de boisements semi-naturels exploités.

En fait, la relation entre l'homme et la forêt méditerranéenne connut des hauts et des bas comme l'indique l'analyse des données historiques, des restes de pollens et de charbons de bois⁴². Les premiers déboisements significatifs, en 8 000 av. J.-C. environ, ne cessèrent d'augmenter au rythme de l'accroissement des populations humaines, de l'expansion des troupeaux et des cultures. Ils ralentirent après la chute de l'Empire Romain au V^e siècle, reprirent au Moyen Age avec un renouveau des activités humaines, entrecoupés de retours des couverts forestiers lors de périodes de forte mortalité, par exemple au XIV^e siècle marqué par la peste noire. Par la suite, la puissance navale de l'Espagne et du Portugal entre le XV^e et le XVI^e siècle s'appuya sur un déboisement en règle de la péninsule ibérique, particulièrement près des côtes et le long des principales rivières. Plus près de nous, le XIX^e et le XX^e siècle ont vu s'étendre les déboisements sur l'ensemble du pourtour méditerranéen, l'avènement du pétrole apportant un répit dans ces déboisements du moins au nord de la Méditerranée.

Cependant, à une échelle historique, certains déboisements paraissent définitifs : en Tunisie, aucune reprise de la forêt dans la région de Sousse, déboisée par les légions de Jules César pour reconstituer la flotte romaine ; en Israël, aucune reprise non plus dans la plaine, à l'origine boisée, située entre Tel-Aviv et Haïfa.

Enfin, l'eau a toujours été un souci majeur en Méditerranée. La survie des gens, du bétail et des cultures dépend en effet de la collecte et du

⁴¹ - Naveh & Dan (1973)

⁴² - Thirgood (1981), Blondel & Aronson (1999)

Des boisements insérés dans les paysages

La luxuriance du Jourdain

"... *Que feras-tu dans la luxuriance du Jourdain ?* " (Jérémie 12-5).

"*Voici que, tel un lion qui monte de la luxuriance du Jourdain...*" (Jérémie 50-44).

"... *Ecoutez le rugissement des lionceaux, car elle est dévastée, la luxuriance du Jourdain*" (Zaccharie 11-3)1.

Tandis que la haute vallée du Jourdain (des sources à la mer de Galilée) abrite une forêt riveraine typiquement méditerranéenne, avec le platane oriental *Platanus orientalis* et des saules (dont *Salix acomophylla*), la basse vallée révèle des rives couvertes par des peupliers de l'Euphrate *Populus euphratica* et des tamaris du Jourdain *Tamarix jordanensis*. La forêt riveraine à peuplier de l'Euphrate s'étend le long des méandres du fleuve depuis la mer de Galilée jusqu'à la mer Morte, comme l'indiquait déjà l'ancien testament. Cette basse vallée s'étend sur 105 km de longueur à vol d'oiseau, pour

5 à 25 km de large. Sa plaine inondable (Zor en Arabe, Geon HaYaeden en Hébreu) est ainsi en partie boisée sur 0,6 à 2,0 km de large par les peupliers de l'Euphrate.

Ces arbres mesurent jusqu'à 15 m de haut. Ils sont connus pour leur croissance rapide et leur aptitude à maintenir le sol en place, qualités qui conduisent à favoriser leur développement sur les rives du Jourdain et dans sa plaine inondable. Avec les tamaris et quelques autres espèces ils forment une forêt sauvage très dense – la jungle du Jourdain. Cette forêt riveraine hébergeait autrefois des lions. De nos jours, on peut encore y rencontrer des léopards, des loups *Canis lupus*, des chats des marais *Felis chaus*, des chats sauvages *Felis sylvestris*.

par Reuven Ortal,
Nature and National Parks Protection
Authority,
Jerusalem, Israel

stockage d'une eau rare et précieuse. D'où l'édification de barrages, de conduites, de citernes, dès le début de la sédentarisation des populations humaines. D'innombrables vestiges d'un savoir faire étonnant nous sont parvenus, dont les aqueducs du Pont du Gard nous offrent un exemple impressionnant. Divers pays méditerranéens recèlent ainsi des témoins d'une maîtrise des eaux portée à son apogée par les Romains. Cette maîtrise n'a certainement pas été sans effet sur les ripisylves.

Au total, il faut le souligner, des siècles d'utilisation des terres et de maîtrise des eaux ont créé des paysages uniques par leur variété et par leur diversité. Ces paysages ont construit l'identité des régions méditerranéennes.



La recherche d'une identité régionale

L'homme et les paysages méditerranéens ont donc co-évolué au cours de l'histoire. Cette histoire commune s'accommode mal d'une conception nord européenne ou nord américaine de la conservation de la nature. Elle oblige en effet à prêter attention aux conditions à la fois écologiques, culturelles et esthétiques qui caractérisent le pourtour méditerranéen. Ainsi certains paysages traditionnels dégagent-ils des identités régionales, elles-mêmes marquées par des interactions historiques entre des lieux, des évènements, des gens.

Comment rendre compte de ces interactions ? La méthode appliquée en Sardaigne⁴³ offre une réponse adaptée au contexte méditerranéen. Cette méthode concerne le bassin versant de Santa Lucia ; elle s'appuie sur un inventaire paysager construit en cinq étapes :

- une étude exploratoire conduit à classer les divers aspects du paysage, à les décrire, à les analyser d'un point de vue historique et législatif, à les évaluer,
- une exploration des archives environnementales permet de réaliser une première carte manuelle des traits paysagers,
- une étude de terrain vise à recenser et à étudier les données paysagères passées et actuelles, tout en tentant une première évaluation subjective de ces données,
- une informatisation est alors entreprise, qui conduit à une deuxième cartographie, numérisée, et à la mise en place d'une base de données pour l'édition d'un troisième ensemble de cartes,
- une analyse et une discussion des données informatiques.

L'ensemble de la procédure tente de dégager l'esprit du lieu – le *genius loci* – à partir d'une prise en compte des interactions entre l'homme et le milieu naturel. Deux aspects de l'étude exploratoire retiennent l'attention à cet égard : l'analyse historique et l'évaluation.

L'analyse historique du paysage vise à reconstituer les rapports passés entre les gens et leur environnement physique et naturel. Elle s'appuie sur des archives écrites, sur l'observation de cartes, de peintures, d'images anciennes, mais aussi sur des photographies aériennes et des images de télédétection ; elle procède par des investigations de terrain

43 - Makhozoumi & Pungetti (1999)

Des boisements insérés dans les paysages

L'Ibrahim, patrimoine naturel et culturel du Liban

L'Ibrahim, fleuve côtier situé à 30 km au nord de Beyrouth, occupe l'ancienne vallée d'Adonis. Il fait partie intégrante de l'histoire culturelle du Liban depuis les temps du paganisme quand les pèlerinages remontaient la rive nord de la rivière jusqu'à sa source à Afqa. Les siècles suivants ont laissé dans la vallée les vestiges de plusieurs temples romains, d'un aqueduc dont il ne reste qu'une arche et d'un pont de pierre ottoman datant de 1806.

Comme les autres fleuves côtiers du Liban, l'Ibrahim suit un cours est-ouest. Sur 28 km de longueur, il creuse une gorge profonde et étroite qui s'élargit à l'approche de la côte. *Ficus sycamorus*, *Nerium oleander* et *Salix* spp. bordent ses rives tandis qu'un maquis très dense recouvre ses pentes, avec une soixantaine de familles et plus de 200 espèces parmi lesquelles *Dittrichia viscosa*, *Rubus sanctus*, *Laurus nobilis*, *Piptatherum miliaceum*, *Conyza bonariensis*, *Oxalis pes-caprae* et *Parietaria judaica*.

Alimenté en permanence, avec un débit moyen annuel de 15,52 m³/s, l'Ibrahim subit



Diversité de l'utilisation des terres le long du fleuve Ibrahim : papeterie sur la crête, arche vestige d'un aqueduc romain et bananeraie.



Ripisylve bordant l'Ibrahim de saules en mélange avec des figuiers.

d'intenses pressions dans une région où l'eau est habituellement rare. Ces pressions tiennent à des activités industrielles, agricoles et de loisirs. Les activités industrielles se manifestent par trois usines hydroélectriques, des plans de construction de deux usines supplémentaires et une papeterie. Les activités agricoles concernent des plantations de bananiers, des cultures en serre et des cultures traditionnelles d'arbres fruitiers sur des terrasses empierrées le long des pentes. Le paysage semi-naturel restant est généralement utilisé pour des activités de loisir.

Ces usages intenses et variés ont transformé le paysage riverain, suscitant des initiatives locales et des actions gouvernementales pour protéger l'Ibrahim, patrimoine naturel et culturel de valeur. Cependant, cette protection suppose que se développent des stratégies efficaces d'aménagement durable et rentable. Ceci passe par la considération des activités passées et actuelles, par l'intégration des valeurs naturelles et culturelles et la prise en compte, dans un paysage riverain diversifié, de l'esthétique comme de l'utilisation des terres et des eaux.

Par Jala Makhzoumi et Maya Abboud, Université américaine de Beyrouth, Liban.



Populus euphrates et bouquetins
à En Avedat dans le Negev,
sud d'Israël



Ron Frumkin

et des interviews d'experts ou de personnes locales parmi les plus âgées. Il a ainsi été possible de retracer l'histoire du paysage de Santa Lucia depuis les premiers développements de l'agriculture jusqu'à nos jours, avec ses changements de rythme, ses ruptures, ses réactions aux influences du monde extérieur.

L'évaluation du paysage porte d'abord sur la qualification d'éléments de paysage tels que les arbres, les haies, les lignes à haute ou basse tension, les murs, les bâtiments. Elle s'attache ensuite à différentes catégories de perception : visuelle avec des considérations d'échelle, de fermeture, d'horizon ; esthétique avec une évaluation de la beauté du lieu faisant intervenir sa variété, son harmonie, sa texture, sa couleur ; psychologique avec des notions de sécurité, de tonicité, de plaisir, d'odeur.

Ainsi, le paysage agricole du bassin de Santa Lucia a-t-il subi d'importantes modifications. L'utilisation mais aussi l'agencement des terres a été transformé par les héritages ; l'extraction des sables et des graviers a banalisé le paysage et modifié la dynamique de la rivière ; les zones industrielles et urbaines se sont étendues. Par ailleurs, les feux, le surpâturage, et les coupes ont changé le couvert forestier. Le passage d'un mode de vie rural à urbain, de même que le passage du privé au public de la propriété forestière ont également modifié la relation des gens avec leur environnement. Cette dernière passe désormais d'une relation d'acteurs à une relation de spectateurs, le paysage étant de plus en plus perçu de l'extérieur et non de l'intérieur. D'où la nécessité d'une politique paysagère impliquant les divers groupes sociaux, et basée sur un effort accru d'information et d'éducation.

Des boisements insérés dans les paysages

Les paysages riverains du nord de l'île de Chypre

Les montagnes de Kyrenia et de Troodos, respectivement au nord et au sud de l'île de Chypre, conditionnent les propriétés des paysages riverains.

Deux types de rivières descendent de ces montagnes. Les rivières du premier type suivent un parcours nord-sud. Elles creusent des gorges profondes, couvertes d'un maquis dense et varié, souvent parsemé de bois asséchés. L'homme y dispute à la nature les emplacements abrités, favorables aux cultures, créant des paysages contrastés. Les oliviers, souvent entremêlés de citronniers et d'arbres fruitiers, impriment à ces ravines un caractère rural traditionnel. Laissées à l'abandon, ces mêmes ravines se recouvrent progressivement de plantes indigènes et reviennent à l'état de paysages semi naturels.


La rivière Lefke (Marathasa en Grec), à l'ouest de l'île, offre un exemple de ce premier type. Elle prend sa source dans le massif du Troodos et s'écoule vers le nord sur une vingtaine de kilomètres, jusqu'à la mer. Sa vallée s'élargit au niveau de la ville de Lefke, abritant des vergers d'oliviers et de citronniers, alimentés en eau par le réservoir de Marathasa, situé à 9 km de la côte.

A l'extérieur de la ville de Lefke, la vallée à nouveau rétrécie se recouvre d'espèces indigènes (*Amaranthus* spp., *Arundo donax*, *Asparagus acutifolius*, *Calycotome villosa*, *Capsella bursa-pastoris*, *Crataegus azarolus*, *Dittrichia viscosa*, *Genista sphacelata*, *Ipmea* spp., *Lamium* spp., *Malva sylvestris*, *Nerium oleander*, *Phagnolon rupestre*, *Polygonum equisetiforme*, *Rubus sanctus*, *Urtica* spp., *Vicia sativa*), d'espèces introduites dans l'île (*Acacia* spp. et *Eucalyptus* spp.) et d'espèces

cultivées (*Olea europea*, *Ceratonia siliqua*, *Opuntia ficus-indicus*, citronniers et dattiers).

Le bassin central de la Mésorée, sans accès à la mer, reçoit des rivières d'un deuxième type, orientées d'est en ouest. Généralement peu profondes, ces rivières voient leurs niveaux varier fortement selon les saisons : remplies à plein bords pendant la saison des pluies, elles s'assèchent en de nombreux secteurs en juillet et en août, favorisant le développement de couverts végétaux très différents. Les deux bras de la rivière Kanlidere (Pedieos en Grec), 12,5 km de long, correspondent à ce deuxième type. Le lit de la rivière a été incorporé au tissu urbain de Nicosie, la capitale dont il reçoit les eaux usées et les ordures domestiques. La Kanlidere abrite cependant une flore et une faune riche et variée : plus de 185 espèces végétales, appartenant à 62 familles y ont été recensées⁴⁴. La faune y est également diversifiée – poissons, reptiles, oiseaux, mammifères et insectes. Le long de la Kanlidere alternent : dans les secteurs les plus larges, un paysage structuré d'eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis*, *E. gomphocephala* et *E. tereticornis*) en mélange avec des acacias *Acacia cyanophylla* et, dans les secteurs les plus étroits, un paysage de formations végétales denses de roselières avec *Arundo donax*. Ces paysages prennent toute leur valeur dans le contexte des constructions environnantes et comme des alternatives durables aux plantations urbaines.

Par Jala Makhzoumi (Université américaine de Beyrouth, Liban) et Serife Gunduz (Université européenne de Lefke, Chypre)



L'effet corridor

Les ripisylves constituent, avec les cours d'eau qu'elles longent, des voies naturelles de pénétration dans les bassins versants. Cet "effet corridor" est mis à profit par de nombreuses espèces végétales et animales pour se répandre le long des réseaux hydrographiques.

C'est le cas des semences d'arbres transportées par le courant et déposées avec les litières dans des zones riveraines plus en aval. L'histoire de la vie de nombreux arbres de la ripisylve commence ainsi par un transport le long des rivières. Ainsi en est-il du frêne, dont l'histoire vaut la peine d'être contée⁴⁵.

Le frêne est une espèce anémochore, c'est-à-dire dont la dissémination s'effectue par le vent. En automne, le fruit ailé d'un frêne – une samare – se détache, tourbillonne et flotte à la surface des eaux. Les flots l'emportent et le déposent sur une rive, un à deux kilomètres en aval. En ce site, l'unique graine de la samare subit une dormance d'environ 18 mois. Après germination, une plantule aux feuilles encore simples consacre l'essentiel de ses efforts au développement de racines capables de l'ancrer solidement dans le sol. Cette première étape accomplie, la jeune plantule peut résister aux éventuelles nouvelles crues, et sa croissance s'accélère. Des feuilles composées apparaissent alors, ainsi que des fleurs. Ces fleurs sont stamino pistillées*, c'est-à-dire portent chacune des étamines (organe mâle) et un pistil (organe femelle). Mais, sur un même arbre, ces organes ne parviennent pas à maturité en même temps, décalage qui oblige à une fécondation croisée. En outre, l'appareil femelle tend à régresser chez les individus âgés et ces derniers sont souvent ceux qui fécondent les jeunes.

Chaque année, le jeune frêne s'ornera ainsi de fleurs en avril, puis de samares qui, après maturation estivale, se détacheront en automne. De vingt à cinquante ans, il passera de 5 à près de 15 m de haut et produira de plus en plus de fleurs et de samares. Pour la plupart, ces samares tomberont à son pied, germeront mais, souvent, mourront prématurément faute de lumière. D'autres, emportées par le vent et les flots, atteriront dans des sites propices à leur germination : ici, à quelques mètres, dans une ancienne trouée de la ripisylve, ailleurs, à quelques kilomètres, sur une rive ensoleillée.

Beaucoup plus tard, dans sa 80^e année, le vieux frêne succombera à une bourrasque plus forte que les autres. Il s'abattra dans la rivière tandis que, sur les berges, ses descendants produiront à leur tour de nouveaux bataillons de samares.

⁴⁵ - Ronce (1999)

Des boisements insérés dans les paysages

Ainsi les frênes se répandent-ils le long des rivières. En 65 ans, *Fraxinus ornus*, espèce ornementale aussi appelée frêne à fleurs, a progressé de 61 km vers l'aval de son lieu d'introduction sur l'Hérault, fleuve côtier des environs de Montpellier⁴⁶. Les crues jouent un rôle essentiel dans de telles expansions, en transportant les semences, mais aussi en remaniant les sols riverains et en créant des éclaircies propices au développement des plantules. Elles permettent à nombre d'espèces de la ripisylve de s'étendre le long des réseaux hydrographiques.

Cet effet corridor confère une particularité remarquable aux ripisylves : leur sensibilité aux invasions par des espèces d'origine étrangère. En région méditerranéenne, cette sensibilité paraît même singulariser les systèmes riverains par rapport aux autres écosystèmes environnants⁴⁷. Parmi les espèces d'origine étrangère qui envahissent les systèmes riverains méditerranéens figurent des arbres tels que le robinier faux acacia *Robinia pseudo-acacia* et l'érable américain *Acer negundo*, mais aussi d'autres espèces arbustives ou herbacées dont on s'efforce de contrôler les développements excessifs, après les avoir introduites volontairement ou non : l'ambrosie à feuilles d'armoise *Ambrosia artemifolia*, le faux-indigo *Amorpha fruticosa*, le buddleja de David *Buddleja davidii*, la balsamine géante *Impatiens glandulifera*, les jussies à grandes fleurs *Ludwigia grandiflora* et rampante *L. peploides*, la renouée du Japon *Reynoutria japonica*, les verges d'or *Solidago graminifolia*, *S. altissima*, *S. gigantea*⁴⁸. Les deux premières de ces espèces méritent qu'on s'y attarde.



Le faux-indigo en fleurs

A. J. Crivelli

46 - Thébaud & Debussche (1991)

47 - Blondel & Aronson (1999)

48 - Roux (1998)



L'ambroisie à feuilles d'armoise *Ambrosia artemifolia* est une composée anémogame. C'est une espèce pionnière, envahissante et allergisante qui, se propageant à partir de la vallée du Rhône, disparaît avec les derniers éléments médioeuropéens au sud d'Avignon. Elle peut toutefois apparaître massivement, de façon soudaine et sporadique, dans la bande active de certains cours d'eau, par exemple au niveau de sites perturbés par des travaux de génie civil. De la même façon, plusieurs espèces d'origine étrangère se propagent en région méditerranéenne par les corridors riverains, à la faveur de perturbations locales. La progression de ces espèces peut se trouver limitée, du moins pendant quelque temps, par des conditions climatiques défavorables, mais certaines, plus opportunistes, finissent par envahir des communautés en place, éliminant les espèces natives.

Tel paraît être le cas du faux-indigo *Amorpha fruticosa*, légumineuse se présentant sous forme d'arbustes de 1 à 6 m de hauteur, avec des tiges dressées et ramifiées. Ses fleurs bleu-pourpre, disposées en grappes, se développent d'avril en juin ; elles donnent des gousses contenant une à deux graines, la seconde le plus souvent atrophiée. L'espèce se répand facilement par ses graines imperméables et flottantes ; coupée, elle peut produire des repousses multiples.

Originaire d'Amérique du Nord, le faux-indigo aurait été introduit en France en 1724. Il est longtemps passé inaperçu jusqu'à de soudaines proliférations il y a environ une dizaine d'années⁴⁹. Des populations de faux-indigo éliminent en effet les autres espèces de la ripisylve, parfois sur plus de 500 m de longueur sur le Rhône, le Pô et plusieurs de leurs affluents. L'espèce était déjà considérée comme envahissante le long de plusieurs rivières américaines, notamment la Snake, la Columbia, la Platte et le Connecticut. Elle fait preuve d'une remarquable aptitude à proliférer le long des cours d'eau : sa germination est rapide, ses plantules peuvent se développer en milieu saturé en eau, sa multiplication végétative est possible, et ses racines s'adaptent aux variations de la nappe d'alimentation en eau.

Des boisements insérés dans les paysages

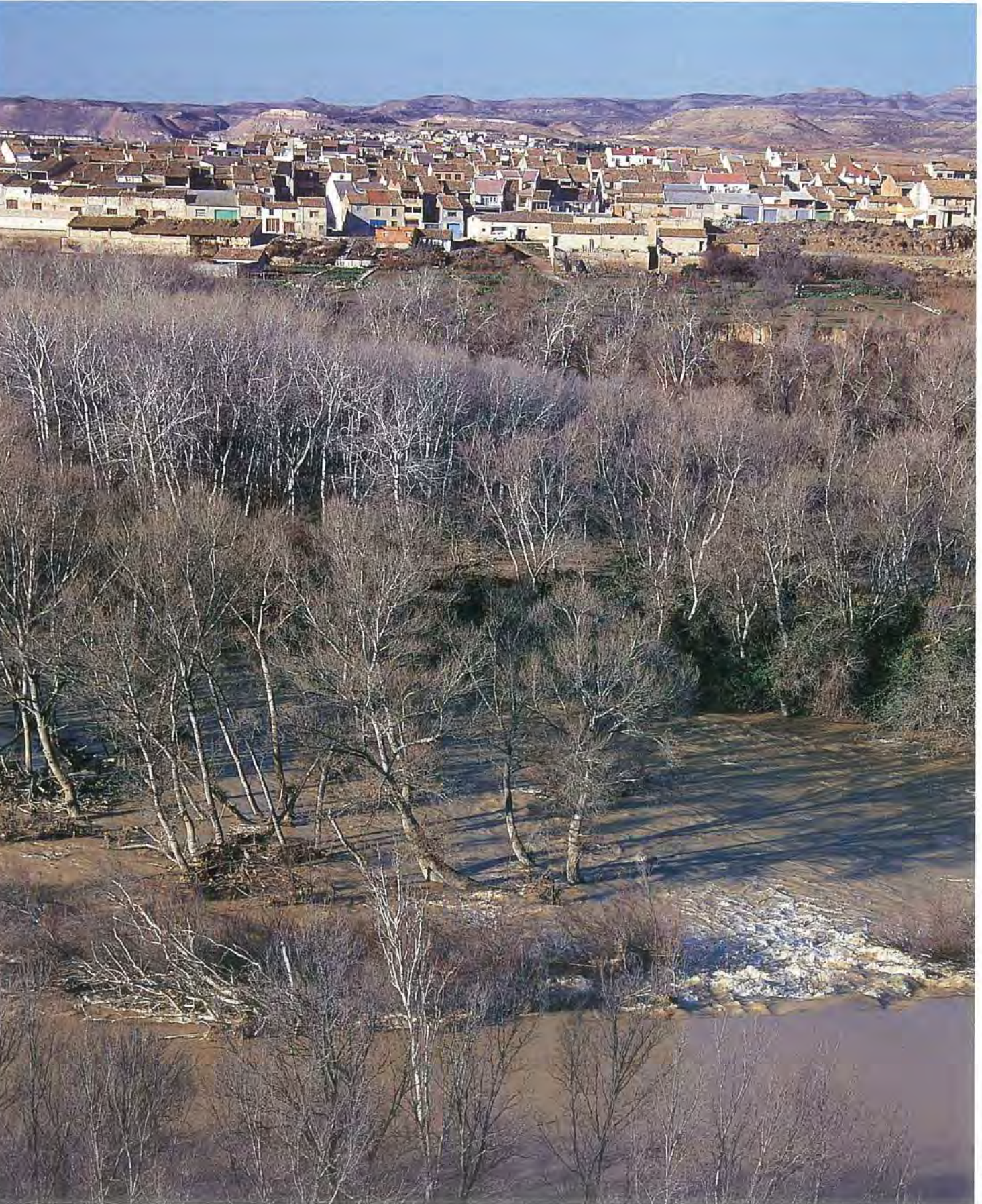
L'effet mosaïque

Le long des rivières, la richesse en espèces riveraines traduit souvent l'existence d'une hétérogénéité importante d'habitats. Cet "effet mosaïque" caractérise les deltas méditerranéens ; il caractérise aussi de nombreux secteurs de rivières.

Ainsi, à Kerkini, dans le nord de la Grèce, la plaine inondable de la rivière Strymon a été transformée en réservoir par un barrage édifié en 1932 et surélevé en 1982⁵⁰. Sous l'effet de cette surélévation, le niveau moyen de l'eau dans le réservoir a augmenté de 2,2 m, et la variation annuelle de ce niveau, de 1,3 m. En conséquence, la forêt riveraine a été réduite environ de moitié, passant de 671 ha en 1980 à 352 ha en 1990. Tout conduit à prévoir que cette forêt, dominée par du saule blanc, continuera à se réduire : mortalité des arbres en place, absence de régénération sous l'effet d'un nouveau régime hydrologique, pâturage. Or, la forêt riveraine de Kerkini contribue fortement à la richesse biologique du site. Des populations de canards comme le colvert *Anas crecca* ou la sarcelle d'hiver *Anas platyrhynchos* y ont fortement diminué. La population de barges à queue noire *Limosa limosa* y a disparu ; cette espèce dont le principal site d'hivernage en Grèce est Kerkini se nourrit des vers annélides qu'elle extrait des boues du rivage. En fait, la survie de tout un écosystème très diversifié d'invertébrés, d'oiseaux, d'amphibiens, de reptiles, dépend du maintien d'une mosaïque d'habitats aux interactions nombreuses et variées. Concernant la forêt de saules, on peut sans doute envisager des plantations et des tailles en hauteur pour éviter l'asphyxie des repousses lors des hautes eaux ; on peut aussi surélever des îles et des berges pour permettre des régénérations hors de l'eau. Ces mesures dépendent en fin de compte du respect par les autorités du statut de zone protégée de ce site inscrit sur la liste Ramsar. Elles dépendent aussi d'une prise de conscience de la valeur d'une mosaïque hétérogène et interactive d'habitats aquatiques, semi-aquatiques et terrestres.

Le maintien de telles mosaïques prend un relief particulier en région méditerranéenne. Les ripisylves y constituent en effet un élément remarquable du paysage pour deux raisons majeures. D'une part, elles représentent des espaces caducifoliés, pratiquement seuls au milieu d'une végétation à feuillage persistant ou marcescent, adaptée à l'aridité ambiante. D'autre part, leur flore se développe principalement en été, à une période de l'année où les autres espèces méditerranéennes ont achevé leur cycle biologique. Aux effets corridor et mosaïque, s'ajoute ainsi un effet oasis dans lequel on peut voir l'une des raisons majeures de diversité biologique en région méditerranéenne.


⁵⁰ - Crivelli, Grillas & Lacaze (1995),
Crivelli et al. (1995)



Des boisements à restaurer et à entretenir

Un peu partout s'impose un besoin de restauration des ripisylves dans le but de retrouver des fonctions et des usages partiellement ou totalement disparus. Ce besoin de restauration s'accompagne d'un besoin d'entretien : il s'agit en effet, une fois obtenue une situation satisfaisante, de la maintenir au fil des ans. Soulignons-le, ce maintien ne signifie aucunement perpétuer un état stable. Toute action d'entretien, comme d'ailleurs toute action de restauration, impose au contraire de se placer dans une perspective de changement. Mieux, il s'agit le plus souvent de recréer les conditions de ce changement.

Les aménagements hydroélectriques ont ainsi figé la dynamique fluviale de nombreuses rivières méditerranéennes. L'exploitation de la ressource en eau, aggravée par celle des granulats, a abaissé les lits actifs tout en les immobilisant par des dépôts de limons. Dans ces conditions, les boisements riverains se redéplient dans le lit même des rivières, faisant obstacle aux écoulements. L'essartage, souvent pratiqué de manière répétée et uniforme, ne résout pas le problème ; il ne fait qu'accentuer la déconnexion entre les lits actifs et les espaces alluviaux, sans pour autant diminuer les risques d'inondation. Bien des rivières qu'on croit "domptées" se révèlent ainsi, un jour ou l'autre, insuffisamment protégées dès que survient une nouvelle crue plus forte que les autres.



Dès lors, comment utiliser durablement les biens et les services fournis par les rivières et leurs abords ? Une telle utilisation suppose le respect des interconnexions entre les processus morphologiques, hydrologiques et biologiques : ces interactions structurent les écosystèmes aquatiques et riverains, et orientent leur dynamique. Une utilisation durable des biens et des services fournis par les rivières et leurs abords suppose aussi d'améliorer notre capacité à prévoir les évolutions des systèmes riverains, de promouvoir une perception renouvelée du rôle des zones humides et riveraines, de créer les conditions d'une adhésion des populations riveraines à la gestion des ripisylves. Deux questions fréquemment posées à propos des rivières méditerranéenne – celles de l'essartage et du bois mort – témoignent de l'intérêt de ces divers aspects de l'aménagement des ripisylves. En outre, s'impose de plus en plus à l'aménagement la nécessité d'une surveillance qui permette à partir d'indicateurs convenablement choisis d'évaluer en continu l'intégrité écologique des systèmes riverains.

Le Nil au Caire, Egypte

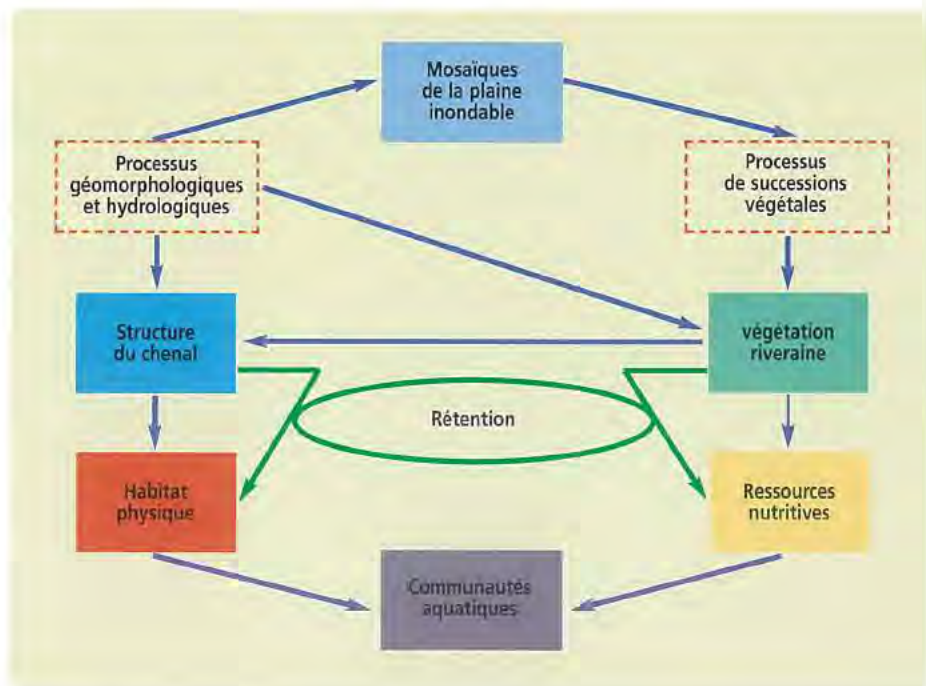


Interconnexions

Les zones riveraines correspondent à des interfaces entre les systèmes terrestres et aquatiques. Ces interfaces ne sont pas de simples juxtapositions de milieux distincts ; ce sont des milieux structurellement et fonctionnellement individualisés, évoluant en fonction de processus qui leur sont propres, les uns géomorphologiques et hydrologiques, les autres biologiques.

Au sein d'une plaine inondable, les processus géomorphologiques et hydrologiques créent des mosaïques dans lesquelles se développent les processus biologiques qui conduisent à des successions végétales (voir figure ci-dessous). Ces divers processus interagissent pour structurer le chenal d'écoulement et la végétation riveraine le long des rivières. De cette structuration dépendent la distribution des habitats et des ressources nutritives et, par suite, le développement des communautés aquatiques. Comme l'illustre la figure ci-dessous, la rétention de la matière organique joue un rôle central dans cette cascade de causes et d'effets.

Or, cette rétention dépend essentiellement de la dynamique des boisements riverains et du bois mort accumulé dans les cours d'eau. Et les modalités de cette dépendance varient selon les secteurs considérés quand on passe de l'amont vers l'aval. Ainsi la matière



Relations entre les processus géomorphologiques et hydrologiques, les successions végétales riveraines et les communautés aquatiques dans une plaine inondable. Les flèches indiquent les influences prédominantes des composantes de l'écosystème et des processus (d'après Gregory *et al.* 1991).



Jean Roché

L'oued Saoura, Kerzaz, Algérie

organique arrachée aux pentes de l'amont se propage-t-elle par vagues successives dans le chevelu des réseaux hydrographiques pour se déposer dans les parties calmes des rivières. En amont, les apports viennent de l'ensemble des versants environnants, par glissements de terrain et avalanches ; en aval, ils viennent surtout des ripisylves voisines, par chutes d'arbres âgés ou par effondrements de berge.

Capacité à prévoir

La restauration des ripisylves vise habituellement deux objectifs : ramener un certain niveau de biodiversité et développer des services tels que ceux qui consistent à réduire les risques d'érosion, à limiter les apports de nutriments, à soutenir la vie aquatique.

Ces objectifs ne sont pas toujours compatibles entre eux ; ils peuvent par ailleurs ne pas trouver leurs conditions optimales de développement dans un même secteur de rivière. D'autant plus que ces conditions s'insèrent dans des dynamiques qui relèvent aussi bien de l'hydrologie que de la pédologie, de la biologie, de l'économie, de la sociologie. Cette diversité des causes rend particulièrement délicate la prévision des effets et, par suite, des conséquences des opérations de restauration. Il faut le reconnaître, nous ignorons souvent comment telle ripisylve évoluera et nous ne sommes jamais assurés d'atteindre les objectifs visés au départ, tant les interactions entre les processus sont complexes, variables, et difficilement transposables d'un site à l'autre.

La question se pose donc de savoir comment améliorer notre capacité à prévoir. Cette dernière suppose non seulement une connaissance théorique du fonctionnement des écosystèmes riverains, mais aussi une connaissance concrète du terrain, quasiment au cas par cas. D'où la question : sur quels principes s'appuyer pour prévoir les conséquences à long terme de la restauration d'une ripisylve ?

Principe hydrologique de base

Nous l'avons souligné plusieurs fois, les perturbations hydrologiques règlent la structure et le fonctionnement des ripisylves. Or, la tendance historique a été d'atténuer les excès des régimes hydrologiques, de manière à stabiliser les niveaux des cours d'eau, tant pour protéger les riverains contre les crues que pour satisfaire leurs besoins d'alimentation en eau, d'irrigation, d'énergie. D'où des constructions de plus en plus sophistiquées de levées, de chenaux, de canaux, de barrages. Dans la plupart des cas, ces constructions ont précédé la mise en place de systèmes de mesure des débits, ce qui rend difficile, voire impossible, la définition de "régimes hydrologiques naturels" de référence.

Cependant, restaurer la biodiversité et les fonctions d'une ripisylve ne peut se faire sans un retour à certains aspects du régime naturel qui a donné naissance à cette biodiversité et à ces fonctions. Parmi ces



aspects figurent la fréquence et l'ampleur des hautes eaux, mais aussi leur durée, leur périodicité et leurs séquences, c'est-à-dire la façon dont les hautes et les basses eaux se sont succédées dans le temps. Or, les études ne permettent souvent de connaître qu'un ou deux de ces aspects et n'abordent que rarement les conséquences à long terme d'un événement hydrologique ou d'une série d'événements hydrologiques. Force est alors de recourir à une démarche expérimentale pour prévoir les effets du changement des régimes hydrologiques et, partant, pour guider les projets de restauration.

Autres principes

Pour important qu'il soit, le principe hydrologique de base n'est pas le seul à prendre en compte pour prévoir comment une zone riveraine réagira aux interventions destinées à la restaurer.

1. Le contexte paysager et la position le long du continuum fluvial déterminent les réactions des ripisylves à une opération de restauration.
2. La vitesse de ces réactions n'est pas la même selon les caractéristiques considérées, par exemple la productivité des systèmes riverains, leur biodiversité, la teneur de leurs sols en carbone et en azote.
3. L'utilisation des systèmes riverains comme filtres, c'est-à-dire, finalement, leur enrichissement en nutriments, tend à appauvrir la biodiversité en favorisant une espèce dominante au détriment des autres.
4. Certains régimes de perturbation – les variations de débit mais aussi le broutage ou le fauchage – peuvent accroître la biodiversité des zones riveraines.
5. Suite à une restauration, certaines espèces se révèlent capables de coloniser naturellement une zone riveraine, tandis que d'autres ne réapparaissent pas d'elles mêmes, en fonction de l'aptitude des propagules à la dispersion ou de la longévité des graines.
6. Quelle que soit l'échelle considérée, la trajectoire suivie par une ripisylve récemment restaurée ne saurait être prévue sur la seule connaissance théorique des successions végétales possibles. Les aspects historiques s'avèrent souvent déterminants.
7. Les différences génétiques entre les populations d'une même espèce peuvent considérablement affecter les résultats de sa réintroduction, notamment dans le cas d'une espèce rare ou menacée.

Des boisements à restaurer et à entretenir

Nécessité de sites expérimentaux

Les principes énoncés ci-dessus peuvent servir de guide aux opérations de restauration des systèmes riverains. Mais ils ne mettent pas les aménageurs à l'abri de toute surprise. Nous savons par exemple que le régime hydrologique est une condition essentielle de toute restauration, mais comment connaître avec précision les conséquences d'une altération de la période, de la fréquence, de l'amplitude et de la durée des hautes eaux ? Et comment identifier le seuil de détérioration au delà duquel telle ou telle ripisylve ne pourra plus être restaurée ?

Il est d'autant plus difficile de répondre à ces questions que les interactions entre le couvert végétal, les processus hydrologiques et les formes terrestres interagissent d'une manière très complexe. Ainsi plusieurs raisons, elles-mêmes liées entre elles, peuvent conduire telle ou telle espèce à dominer le couvert végétal riverain : tantôt, ce sera la date de la dernière crue, tantôt la topographie des lieux ou les conditions de drainage, avec ses conséquences sur l'humidité et les teneurs en nutriment des sols... Le couvert végétal lui-même influence en retour les écoulements qui ont présidé à son installation : en augmentant la rugosité d'un site, il diminue parfois considérablement les vitesses du courant ; en favorisant le dépôt de sédiments, il affecte la nature et la hauteur relative de son propre substrat et, par contre coup, se trouve lui-même modifié.

Une démarche expérimentale s'avère indispensable pour prendre en compte ces interactions et ces ajustements dans toute leur complexité, à différentes échelles d'espace et de temps. Mais cette démarche expérimentale doit intégrer des notions d'écologie, de biogéographie, d'hydrologie, de géomorphologie, sans compter les aspects relevant des sciences humaines. Elle ne peut être sérieusement développée que dans des sites expérimentaux permettant un ancrage sur les réalités régionales. Un premier pas vers la réalisation de ces sites expérimentaux est celle des conservatoires botaniques riverains.

Modèle d'évolution des berges d'une rivière après chenalisation

Un nombre considérable de rivières ont été rectifiées, déblayées, curées en un peu plus d'un siècle de navigation et de contrôle des crues. Cette chenalisation a affecté l'ensemble des processus géomorphologiques à l'œuvre dans les secteurs modifiés, comme dans ceux situés à l'amont de ces secteurs. Elle a entraîné des reprises d'érosion, des effondrements de berges, des élargissements des lits, des alluvionnements. Les arbres riverains ont subi le contre-coup de ces évolutions qu'ils ont pu d'ailleurs influencer en retour. Le modèle proposé par Hupp et Simons⁵¹ décrit le rétablissement des formes fluviales et des couverts végétaux ligneux riverains après chenalisation. Il s'appuie sur l'étude de plusieurs affluents du Mississippi dans l'ouest du Tennessee.

Ce modèle distingue six stades, représentés dans la figure ci-contre. La végétation riveraine se rétablit selon trois séries successives au cours de stades IV, V et VI. La première série comprend des espèces pionnières dont *Salix nigra*, *Betula nigra*, *Acer negundo*, *A. saccharinum* et *Populus deltoides*. Ces arbres s'établissent aux stades intermédiaires IV et V, simultanément au début de stabilisation et d'accrétion des berges. La deuxième série comprend des espèces de sites relativement stables : *Carpinus caroliniana*, *Fraxinus pennsylvanica*, *Liquidambar styraciflua*, *Ulmus americana*, ainsi que *Taxodium distichum* et *Nyssa aquatica* lorsque les dégradations du lit n'ont pas été trop sévères. Ces arbres s'installent au cours des stades V et VI de l'évolution des berges, après les maxima d'effondrement et de taux

d'alluvionnement. La troisième série d'espèces se met en place avec le rétablissement des berges et la reconstitution des méandres. Elle comprend essentiellement les chênes alluviaux *Quercus lyrata*, *Q. nigra*, *Q. falcata* var. *pagodaefolia*, *Q. phellos*.

L'exhaussement des lits, l'établissement d'une végétation ligneuse riveraine et l'alluvionnement des berges correspondent à des processus entremêlés largement responsables du rétablissement des chenaux fluviaux après chenalisation.

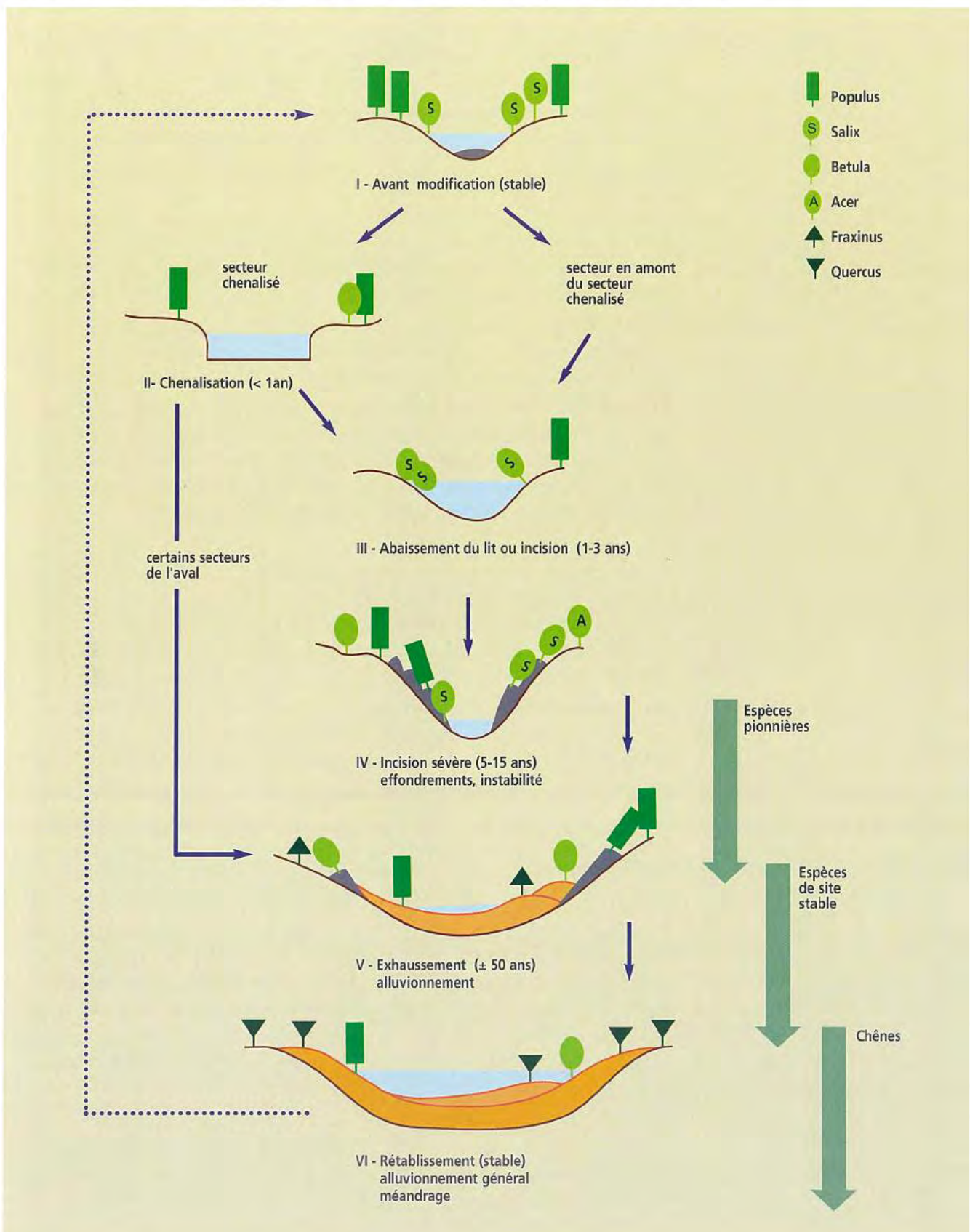
Ripisylve au lac Skadar, Montenegro



A. J. Crivelli

Des boisements à restaurer et à entretenir

Modèle de l'évolution des cours d'eau du Tennessee suite à leur chenalisation (d'après Hupp 1992, modifié).





Une perception renouvelée

Les zones humides attenantes aux rivières ont longtemps été perçues comme des milieux à transformer, à drainer, à assainir. Cette image héritée du Moyen Age n'a changé que vers le milieu du vingtième siècle, en particulier grâce à l'action des associations de protection de la nature.

Ces dernières, regroupées sous l'égide de l'Alliance mondiale pour la conservation de la nature (alors appelée Union internationale pour la conservation de la nature, UICN), lançaient un inventaire des grandes zones humides du monde dans le courant des années 1950. Elles mettaient en avant le rôle biologique des zones humides dans les équilibres naturels, et soulignaient leur intérêt pour l'accueil des populations d'oiseaux d'eau. Un accord était alors élaboré entre pays pour sauvegarder les plus représentatives de ces zones ; il a conduit au texte d'une convention relative aux zones humides d'importance internationale, dite convention de Ramsar, signée en 1971. Au total, 114 pays avaient adhéré à cette convention en 1999.

La convention de Ramsar reconnaît aux zones humides une fonction régulatrice du régime hydraulique des cours d'eau et un rôle d'habitat permettant le développement d'une flore et d'une faune caractéristique, notamment d'oiseaux d'eau. Selon cette convention, les zones humides constituent une ressource de grande valeur économique, culturelle et scientifique, dont il convient d'enrayer la dégradation et la disparition. D'autres textes internationaux sont venus compléter la convention de Ramsar, parmi lesquels la convention de Berne, en 1979 et, plus récemment la directive européenne habitats.

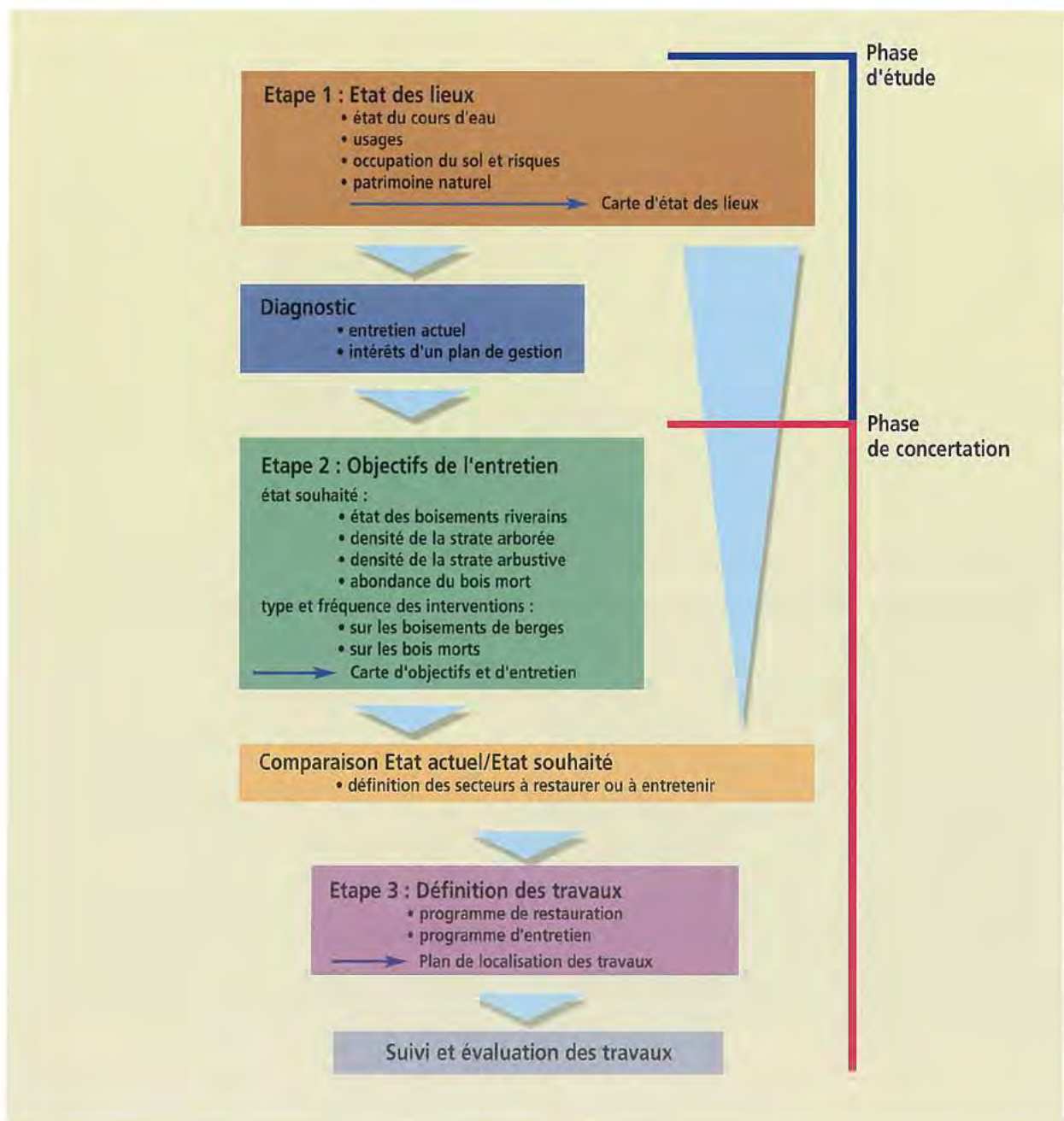
Désormais, les zones humides, y compris riveraines des cours d'eau, sont reconnues comme des milieux vivants dont l'intégrité doit être conservée ou restaurée. Encore faut-il tirer toutes les conséquences de cette reconnaissance, par exemple : 1) reconnaître le rôle de ces zones et leur statut d'infrastructures naturelles, ainsi que leur double valeur patrimoniale et fonctionnelle, 2) prendre en compte le coût social et économique de tout projet affectant les espaces naturels de ces zones, 3) créer un pôle de compétence scientifique et technique à propos de la gestion des zones humides, 4) échanger, sensibiliser, informer et former.

Depuis quelque temps, les scientifiques insistent sur les particularités des zones riveraines d'eau courante par rapport aux zones humides. Toutes ces zones sont sans doute intimement associées à l'eau. Toutes sont des foyers de biodiversité tout en n'occupant que des proportions

Des boisements à restaurer et à entretenir

modestes de territoire. Mais les différences sont grandes à plusieurs égards. Elles se manifestent par exemple dans la nature plus terrestre des zones riveraines, de même que dans leur disposition spatiale plus linéaire et plus connectée. Elles se manifestent surtout par l'influence des régimes de perturbation hydrologique sur la dynamique des zones riveraines dans l'espace et dans le temps. Ces différences obligent à reconnaître aux zones riveraines des cours d'eau une originalité qui les distingue des zones humides en général et affecte à la fois leur perception paysagère et les pratiques d'aménagement.

Elaboration d'un plan de gestion des ripisylves et du bois mort : une phase d'étude conduit à une carte d'état des lieux (étape 1), puis une phase de concertation conduit à une carte d'objectifs et d'entretien (étape 2) et à un plan de localisation des travaux (étape 3) (d'après Boyer *et al.* 1998).



Les ripisylves méditerranéennes dans le réseau "Natura 2000"

La Directive "Habitats" du 21 mai 1992 a créé un cadre commun pour la "conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvage"⁵². Cette Directive a entraîné la mise en place d'un réseau de zones spéciales de conservation, le réseau "Natura 2000", pour maintenir et restaurer les habitats naturels et les espèces sauvages d'intérêt communautaire. Il s'agit en fait de mettre en œuvre un développement durable conciliant la conservation des habitats naturels avec les exigences économiques et sociales. Il s'agit aussi de favoriser la prise de conscience d'une nécessaire sauvegarde des sites naturels les plus remarquables. Les zones humides font partie de ces habitats à protéger, et avec elles les ripisylves.

Mésange rémiz, *Remiz pendulinus*



Frédéric FeverBios

L'annexe 1 de la directive du 21 mai 1992 dresse une liste des "zones spéciales de conservation", en référence à une classification de l'ensemble des habitats communautaires, connue sous le nom de CORINE Biotopes. Cette liste des zones spéciales de conservation comprend nombre de ripisylves méditerranéennes⁵³ :

- Forêts-galeries à *Salix alba* et *Populus alba* (44.141 et 44.6 ; 92A0)⁵⁴

Salix alba, *Salix fragilis* et leurs espèces parentes dominent. La végétation s'étage avec *Populus* spp., *Ulmus* spp., *Salix* spp., *Alnus* spp., *Acer* spp., *Tamarix* spp., *Juglans regia*, et des lianes. Les peupliers dominent généralement en hauteur, mais peuvent être rares ou absents.

- Formations ripicoles de rivières méditerranéennes à débit intermittent à *Rhododendron ponticum*, *Salix* et autres (44.52 et 44.54 ; 92B0)

Il s'agit de galeries à aulnes thermo- et meso-méditerranéennes dans des vallées profondes, avec *Rhododendron ponticum* spp. *baeticum*, *Frangula alnus* spp. *baetica*, *Arisarum proboscideum* et une riche communauté de fougères. Les galeries riveraines à *Betula parvibracteata*, espèce localement endémique comprennent également *Myrica gale*, *Frangula alnus*, *Salix atrocinerea*, *Galium broterianum*, *Scilla ramburei*.

- Forêts à *Platanus orientalis* et *Liquidambar orientalis* (44.71 et 44.72 ; 92C0)

Ces forêts dominées par le platane d'Orient et le liquidambar d'Orient appartiennent à l'alliance *Platanion orientalis*.

Des boisements à restaurer et à entretenir



Edwards/Still | pictuBios

Ancienne ripisylve envahie par une plante grimpante introduite, *Sycios angulatus*, delta du Pô

Les forêts à platane d'Orient forment des galeries le long des cours d'eau, rivières temporaires et gorges de Grèce et du sud des Balkans. Elles constituent des communautés très riches, comprenant *Salix alba*, *S. elaeagnos*, *S. purpurea*, *Alnus glutinosa*, *Cercis siliquastrum*, *Celtis australis*, *Populus alba*, *P. nigra*, *Juglans regia*, *Fraxinus ornus*, etc., avec des mousses, des lichens et des fougères parfois abondants.

Ces forêts galeries sont particulièrement bien représentées le long de la mer Ionienne et dans le Pinde, plus localement en Macédoine, Thrace, massif de l'Olympe, Pelion, Peloponèse, ainsi qu'à Eubée, en Crète et en d'autres îles de la mer Egée. Elles tendent à n'occuper que les gorges en allant vers le sud.

Les forêts à platane d'Orient occupent encore des colluvions, cones de déjection et autres substrats peu stabilisés en Grèce et peuvent former des galeries de gorges en Sicile. Les

forêts à liquidambar forment des galeries limitées en Asie mineure et dans l'île de Rhodes.

- Galeries riveraines méridionales et fourrés de la zone thermoméditerranéenne (*Nerio-Tamariceteae*) et du sud-ouest de la Péninsule Ibérique (*Securinegion tinctoriae*) (44.81 à 44.84 ; 192D0)

Ces formations en galeries et fourrés de ligneux bas longent les cours d'eau permanents et temporaires de la zone thermoméditerranéenne et du sud-ouest de la Péninsule Ibérique, mais se développent aussi, plus au sud, dans les lieux les plus humides de la zone saharo-méditerranéenne. Elles comprennent *Nerium oleander*, *Vitex agnus-castus*, *Tamarix* spp., *Securinega tinctoria*, *Prunus lusitanica*, *Viburnum tinus*.

par Jean-Pierre Roux,
Conservatoire botanique national
méditerranéen de Porquerolles

L'adhésion des populations riveraines

Comment élaborer un plan de gestion des ripisylves et des bois morts ? Les réponses à cette question peuvent varier d'une rivière à l'autre, mais elles supposent toutes une étroite concertation.

La méthode schématisée par la figure p. 109 propose une phase préalable de réflexion sur les raisons du plan de gestion, les motivations des uns et des autres, les rôles des ripisylves considérées. Cette phase préalable terminée, un plan est élaboré qui vise à produire une carte d'état des lieux (première étape), suivie d'une carte d'objectifs et d'entretien (deuxième étape), puis d'un plan de localisation des travaux (troisième étape). La première étape s'appuie sur un parcours systématique des secteurs susceptibles d'être entretenus, sur une analyse des données existantes et sur une enquête locale auprès des communes et des administrations. La deuxième et la troisième étape supposent une étroite concertation avec les acteurs locaux et avec leurs partenaires techniques et financiers. L'objectif est de prendre en compte les usages souhaités aux abords du cours d'eau étudié pour définir un programme de restauration ou d'entretien.

Dans une telle démarche, les objectifs à atteindre sont souvent nombreux et variés. Il peut s'agir de favoriser l'écoulement des crues pour protéger un secteur donné ou, au contraire, de freiner cet écoulement pour préserver des secteurs situés plus en aval ; il peut



Plantation de tamaris
sur une berge

Des boisements à restaurer et à entretenir

s'agir aussi de limiter ou de réduire l'érosion des berges, la formation d'embâcles ou de barrages de bois mort, de conserver ou de transformer la vue d'un paysage, de rendre plus accessibles les berges et le lit ; il peut s'agir encore de limiter les apports diffus à un cours d'eau, de favoriser la vie piscicole, de préserver un biotope rare, la diversité des espaces alluviaux et des espèces qu'ils abritent. Bien entendu, tous ces objectifs ne sont pas compatibles sur un même secteur : favoriser la vie piscicole amène à conserver le bois mort, favoriser l'écoulement des crues au contraire à enlever ce même bois mort. Certains objectifs sont plus pertinents vers l'amont d'un réseau hydrographique, d'autres vers l'aval ; certains s'imposent près d'habitats vulnérables ; certains suggèrent ici d'entretenir, ailleurs de laisser faire la dynamique naturelle. Une sectorisation précise des objectifs se révèle donc indispensable.

De plus, les travaux de restauration doivent être distingués de ceux d'entretien. Les premiers visent à obtenir un état souhaité lorsque la situation en place diffère de cet état, les seconds à maintenir une situation qui correspond déjà à l'état souhaité. Cette distinction est importante : elle permet de recentrer l'intervention des collectivités publiques sur les secteurs clés de la restauration. Les propriétaires riverains quant à eux sont alors incités à ne pas se soustraire à leurs obligations d'entretien dans les secteurs non pris en charge par le travail de restauration. Ces obligations, souvent prévues par la loi, portent par exemple sur le maintien des largeurs et des profondeurs des cours d'eau, sur l'entretien des rives par élagage et recépage de la végétation arborée, sur l'enlèvement des embâcles et débris, flottants ou non, afin de maintenir l'écoulement naturel des eaux, sur la préservation de la faune et de la flore dans le respect du bon fonctionnement des écosystèmes aquatiques.

Dans ce domaine, l'information joue un rôle essentiel. Les questions posées sont en effet nombreuses et s'enchaînent les unes aux autres, les réponses sont rarement simples et les explications toujours à adapter à la variété des situations rencontrées, ainsi qu'en témoignent la pratique de l'essartage et la gestion du bois mort en rivière.



Comment pratiquer l'essartage ?

En de nombreuses rivières, une immobilisation progressive des lits fluviaux a induit un développement végétal que seul un arrachage régulier permet de maîtriser.

Ce recours à l'essartage est en effet devenu nécessaire pour assurer l'écoulement des crues. Mais, pratiqué de manière répétée et systématique, il contribue à banaliser les lits actifs, en supprimant les saulaies arbustives, en éliminant les îlots boisés, en favorisant l'expansion de certaines espèces – la canne de Provence par exemple. L'essartage contribue aussi à assécher les ripisylves en les exhaussant par rapport au lit, ce qui limite leur participation à la diversité des milieux riverains.

On est alors amené à promouvoir un zonage latéral des lits fluviaux, comprenant⁵⁵ :

- Un chenal essarté assurant l'existence d'une largeur minimale d'écoulement, éventuellement sur plusieurs bras,
- Une bande susceptible d'essartage, dans laquelle le chenal peut prendre place, former des bras multiples, voire se déplacer par glissement d'un essartage à l'autre,
- Des îles maintenues boisées au sein de la bande susceptible d'essartage, éventuellement reprises par les divagations des chenaux,
- Un espace de mobilité recherchée assurant une dynamique écologique et sédimentaire minimale, comprenant la bande susceptible d'essartage plus certaines terrasses dont on pourra favoriser l'érosion,
- Un espace de mobilité maximale dans lequel on pourra accepter des divagations sans pour autant engager des travaux de protection contre l'érosion.

Un tel zonage peut servir de cadre à l'essartage, à condition d'adapter cette pratique aux secteurs considérés, et de l'accompagner par une gestion des débits propice au transit des graviers sur l'ensemble du cours et à la mobilisation des limons déposés sur les berges.

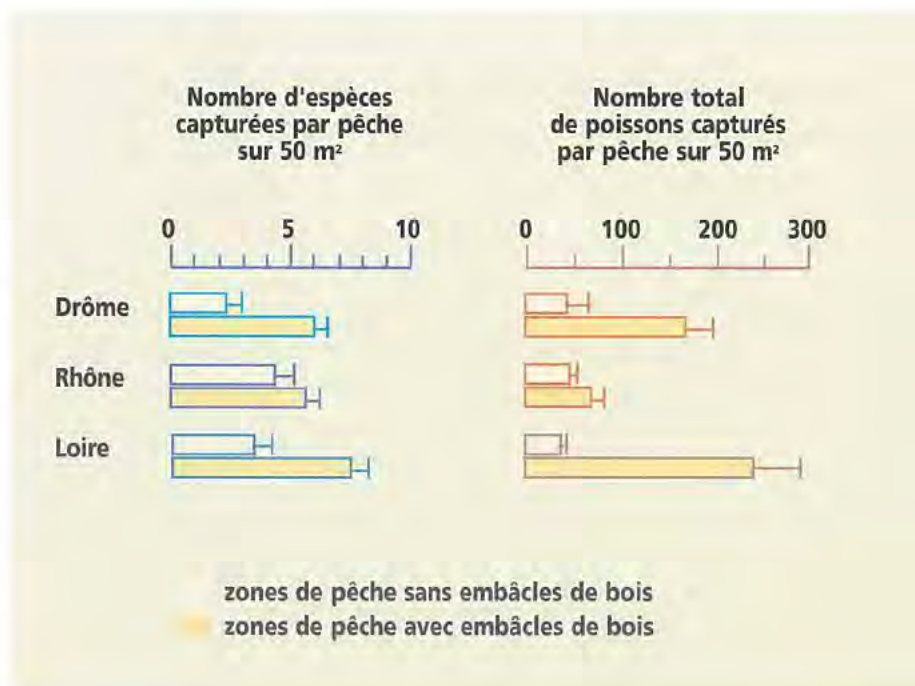
55 - Syndicat Mixte d'Aménagement de la Vallée de la Durance (1999)

Que faire du bois mort ?

On a longtemps systématiquement enlevé le bois mort des cours d'eau car il peut provoquer des phénomènes d'inondation et d'érosion. Ce risque ne doit être ni sous-estimé, ni surestimé.

Le risque d'inondation par obstruction du lit et surélévation du plan d'eau amont demande en effet des embâcles* importants, tant par la quantité de bois mort nécessaire que par la taille des fûts, ce qui limite les secteurs vulnérables aux petits cours d'eau. Cependant, l'aval des secteurs de production de bois mort est également menacé, par exemple au niveau des ponts lorsque du bois mort entraîné depuis l'amont s'accumule, obstruant le passage des eaux, surélevant le niveau, avec des ruptures possibles. Quant au risque d'érosion, il dépend beaucoup de la position des grands fûts par rapport aux berges. Selon leur orientation, ils peuvent en effet affouiller les berges et entraîner un élargissement des cours d'eau.

En contrepartie, les embâcles diversifient les écosystèmes d'eau courante. Ils procurent une nourriture abondante aux invertébrés et, en favorisant l'hétérogénéité des substrats aquatiques, créent des abris et des conditions de vie variées pour les poissons. D'ailleurs, la relation entre la présence de bois mort et la richesse des peuplements piscicoles n'est plus à démontrer (voir figure ci-dessous).



Influence du bois mort sur le peuplement piscicole de la zone à barbeaux en trois grands cours d'eau (moyenne \pm erreur standard). (d'après Thévenet, 1998 in Piégay 2000, modifié).



Une certaine souplesse doit donc caractériser la gestion du bois mort en rivière. Il ne peut être question ni d'enlèvement systématique ni d'abandon total, mais de pratiques d'entretien adaptées et réfléchies. Ainsi, l'identification d'objectifs secteur par secteur conduira à recommander ici l'enlèvement, ailleurs le maintien, dans un cas pour réduire un risque d'inondation ou d'érosion, dans l'autre pour promouvoir la biodiversité aquatique, préserver la ressource piscicole ou retenir les eaux afin d'atténuer les effets des inondations plus en aval. Dans ces conditions, la mise en place de structures artificielles de rétention du bois à l'amont de secteurs sensibles protégera utilement certains ouvrages, évitant par exemple que des troncs viennent frapper les piles d'un pont. Cette précaution s'impose avec la recrudescence des boisements sur les marges de certains cours d'eau suite à la déprise des activités agricoles et d'élevage.

Tout ceci suppose une meilleure connaissance de la dynamique du bois dans les réseaux hydrographiques. Une gestion du bois mort par secteurs peut conduire à préserver des embâcles, voire à les réintroduire pour maintenir la diversité de la faune et de la flore aquatique, pour améliorer les ressources piscicoles ou pour mieux gérer les inondations en aval. Cependant, pour mettre en place une telle gestion, il faut savoir d'où provient le bois mort, comment il se décompose, dans quelles conditions se forment des embâcles. Autant de questions méritant des réponses précises pour la mise en place de politiques de surveillance et d'intervention efficaces.

Il ne s'agit donc pas de remettre en question la nécessité d'enlever le bois mort des rivières quand apparaissent des risques d'inondation et d'érosion de berge, mais de complexifier nos pratiques de gestion. Ce que nous savons du bois mort en rivière conduit à recommander un équilibre entre les mesures de protection contre les risques d'inondation et d'érosion d'une part et le bon fonctionnement des écosystèmes aquatiques d'autre part. Certains pays sont déjà engagés dans cette voie. C'est le cas de l'Australie où on s'efforce : 1) de laisser en place les recouvrements qui n'excèdent pas 10 % de la surface du chenal, 2) d'amener les troncs d'arbres morts à faire des angles de moins de 40° avec les berges, 3) d'enlever le bois mort de l'axe central pour faciliter les écoulements, 4) d'élaguer les branches près de la surface si elles risquent de créer des embâcles, 5) d'enlever de préférence les troncs isolés, par souci d'efficacité, 6) d'introduire le bois mort dans les zones à faible vitesse le long des berges, 7) de fixer le bois mort contre l'extérieur des méandres pour améliorer leur stabilité, 8) de classer le bois mort des plus petits éléments aux plus grands dans le sens du courant pour effiler la forme de l'ensemble⁵⁶.

Indicateurs d'intégrité écologique

Tout aménagement de milieu naturel, qu'il s'agisse de conservation ou de restauration, doit être évalué. Cette évaluation est la plus essentielle et la plus délicate des questions posées aux aménageurs.

Quels indicateurs utiliser ? Quelle méthode adopter ? Comment satisfaire à la fois rigueur scientifique et possibilité d'utilisation ? Ces questions prennent encore plus d'acuité lorsqu'elles concernent des systèmes aussi dynamiques dans l'espace et dans le temps que les ripisylves, des systèmes aussi inféodés aux régimes de perturbations hydrologiques.

Une mesure s'impose depuis une vingtaine d'années, celle de l'intégrité écologique. On entend par là l'aptitude d'un milieu à soutenir et à maintenir des systèmes biologiques équilibrés, intégrés, adaptatifs, en même temps que disposant de toute la gamme des éléments et des processus prévisibles pour la région considérée⁵⁷. Une telle mesure renvoie bien sûr aux notions de site de référence et d'échelle pertinente dans l'espace et dans le temps. Elle amène en outre à identifier des indicateurs reflétant des données fort diverses, souvent disparates.

Cinq indicateurs d'intégrité écologique des systèmes riverains ont été récemment proposés⁵⁸. Ils prennent en compte les caractéristiques des systèmes riverains d'eaux courantes.



Aigrette garzette le long
du Strymon en Grèce

57 - Karr & Dudley (1981)

58 - Innis et al. (2000)



Le microclimat

La présence de mosaïques de microclimats aux conditions contrastées d'humidité relative, de température d'air et de sol, de radiations solaires témoignent de l'état de santé des ripisylves.

L'hétérogénéité

Les mosaïques ainsi formées abritent des espèces différant entre elles par leurs cycles de vie et par les stades de succession végétale auxquels elles sont parvenues. Cette hétérogénéité reflète à la fois les conditions de régime hydrologique et d'utilisation des terres.

La biodiversité

La diversité spécifique des communautés végétales et animales constitue une réponse intégrée aux modifications biophysiques en cours dans la ripisylve.

La proportion d'espèces terrestres

Une augmentation de l'abondance relative des espèces terrestres traduit l'insuffisance des fluctuations hydrologiques. C'est le cas par exemple de conifères qui s'installent sur des rives asséchées, remplaçant les espèces de la ripisylve.

Les particules en suspension dans l'eau

L'analyse de leur dynamique permet d'évaluer les conditions de développement des systèmes riverains qui bordent les cours d'eau.

De tels indices sont susceptibles d'améliorer les méthodes qui permettent d'évaluer l'intégrité écologique des ripisylves. Leur usage ne saurait toutefois être développé sans une discussion aussi large que possible entre les scientifiques, les aménageurs, les décideurs et le public.

Les saules et la végétalisation des berges

Végétaliser une berge consiste à la reverdir au moyen de végétaux herbacés ou ligneux, généralement pour la protéger contre l'érosion. En ce domaine, les saules ont souvent la faveur des techniciens à cause de leur diversité, de la rapidité de leur croissance, de leur aptitude au bouturage et au rejet, de la flexibilité de leurs branches. On les utilise pour protéger les pieds de berge, par des clayons ou entrelacs de branches fixées par des pieux, par des fagots ou fascines, par des enchevêtrements de branches, de ramilles et de troncs. On plante aussi des saules sous forme d'arbres au sommet des berges ou d'arbustes à mi-pente.

Deux règles s'imposent à qui veut réussir une végétalisation de berge : 1) utiliser des essences indigènes adaptées aux conditions locales de croissance, 2) diversifier les essences de manière à augmenter les chances de reprise de la végétation. Au départ, une bonne connaissance des espèces est donc indispensable. Le tableau ci-après précise quelques caractéristiques utilisées⁵⁹.

Des saules arborescents comme *Salix fragilis* et *S. alba* ne peuvent être plantés en pied de berge que s'ils sont maintenus à l'état arbustif par un entretien régulier. Par ailleurs, des espèces comme *Salix daphnoides* et *S. elaeagnos* peuvent former des arbres lorsque les conditions sont favorables. Remarquons également que *Salix fragilis* est trop élastique pour servir au clayonnage et que *Salix triandra*, aux branches trop courbes à la base, ne peut pas être utilisé pour constituer des pieux.

Enfin, les taillis de saules peuvent servir à épurer les eaux usées. Arrosés par des effluents de stations d'épuration, ils les débarrassent de leurs nitrates et de leurs phosphates avant que ces effluents rejoignent les eaux de surface et souterraines. Les arbres ainsi produits peuvent alimenter des chaufferies au bois. Ce procédé naturel a été testé ou même exploité en divers pays – Suède, Etats-Unis, Nouvelle-Zélande, Australie, France.

Caractéristiques de saules susceptibles d'être utilisés en végétalisation des berges

Espèces	Taille normale	buisson	arbuste	arbre
<i>Salix aurita</i>	1-3 m	x		
<i>Salix nigricans</i>	1.5-5 m	x		
<i>Salix purpurea</i>	1-6 m	x		
<i>Salix cinerea</i>	3-6 m	x	(x)	
<i>Salix atrocinerea</i>	3-6 m	x	(x)	
<i>Salix triandra</i>	2-7 m	(x)	x	
<i>Salix viminalis</i>	2-10 m		x	
<i>Salix daphnoides</i>	3-15 m		x	(x)
<i>Salix elaeagnos</i>	2-15 m	(x)	x	(x)
<i>Salix fragilis</i>	5-25 m			x
<i>Salix alba</i>	5-30 m			x



Conclusion

Les ripisylves se distinguent des zones humides à la fois d'un point de vue structurel et fonctionnel.

D'un point de vue structurel, elles dessinent des systèmes allongés, soulignant les réseaux hydrographiques avec lesquels elles forment des corridors au sein des bassins versants. En outre, elles se développent sur des surfaces tourmentées par les crues, marquées par des variations topographiques telles que des conditions d'humidité et de sécheresse se côtoient dans des espaces restreints et changeants.

D'un point de vue fonctionnel, les ripisylves subissent constamment les effets des aléas hydrologiques, intenses en climat méditerranéen. Régulièrement remaniées par des crues, inféodées à des processus d'érosion et de sédimentation, elles comptent parmi les écosystèmes les plus dynamiques de la planète.



Les ripisylves correspondent en fait à des interfaces entre les milieux aquatiques et terrestres⁶⁰. En conséquence, elles témoignent à la fois de l'état des eaux et des terres, et plus généralement des paysages. Mieux, elles participent à la gestion de ces états dans la mesure où gérer les ripisylves contribue à gérer les eaux, les terres et les paysages.

La gestion des ripisylves s'inscrit d'abord dans celle des eaux. En région méditerranéenne, la ressource en eau est très inégalement répartie et exploitée entre les pays du Nord et du Sud. Les premiers, surtout confrontés à des problèmes de qualité de la ressource, ont à concilier l'utilisation des milieux aquatiques avec la protection de ces milieux, souvent même avec leur restauration ; les seconds, surtout confrontés à des problèmes de quantité, ont à gérer la rareté sans pour autant négliger la préservation des milieux. Le contraste entre ces pays risque fort de s'accroître dans l'avenir, ainsi que deux tendances générales, l'une à utiliser surtout la ressource pour les besoins de l'irrigation, l'autre à satisfaire les besoins croissants du littoral au détriment de ceux de l'arrière-pays.

S'impose alors l'idée d'une "croissance zéro" de l'exploitation des eaux continentales, tant en ce qui concerne les prélèvements que les rejets dans le milieu aquatique⁶¹. Cette "croissance zéro", pratiquement inéluctable à plus ou moins long terme, n'interdit pas d'accroître les quantités d'eau utilisées, par exemple au prix d'une meilleure efficacité : usage répété des mêmes volumes d'eau, appel aux eaux saumâtres et marines. Mais elle oblige partout à des choix économiques et technologiques négociés, largement acceptés, variables selon les régions. Ces choix supposent que joue à plein la solidarité des pays du pourtour méditerranéen et que soit consenti un intense effort pour former, sensibiliser, informer. Les succès en ce domaine dépendent en partie de l'attention portée aux ripisylves.

La gestion des ripisylves s'inscrit également dans celle des terres, plus précisément de leur érosion. Il s'agit d'un processus extrêmement complexe, aux effets mal compris lorsqu'on s'en tient à des approches trop simplistes ne tenant compte ni des types d'érosion en cause, ni des substrats impliqués⁶². Les rivières ont leur part de responsabilité dans le développement de ce processus, essentiellement à cause de leur instabilité et des changements naturels ou artificiels de leur hydrologie. Les dommages les plus spectaculaires causés par les rivières tiennent à leur travail de sappe à la base de berges abruptes susceptibles de s'effondrer. Cette érosion, si elle ne concerne que de faibles surfaces de sol, peut affecter d'énormes volumes de sédiments.

La végétation des berges peut efficacement réduire l'érosion lorsqu'elle est due à des pluies d'intensité faible à moyenne. Ce rôle est plus

60 - Natman & Décamps (1997)

61 - Margat (1992)

62 - Grove & Rackham (2001)

douteux lorsque ces pluies ont la violence de celles qui s'abattent régulièrement sur les régions méditerranéennes. On peut alors s'interroger sur l'efficacité des plantations d'arbres pour prévenir les ravinements et les effondrements de berges ou pour cicatriser le rabetage des terres provoqué par le travail des bulldozers. Cependant, les berges des rivières ne sont jamais aussi instables que lorsqu'elles sont dépourvues de végétation. Car les ripisylves favorisent l'installation de mousses et de fougères ; elles apportent l'humus qui consolide les sols riverains ; elles empêchent ces mêmes sols de s'assécher et de se craqueler, limitant leur vulnérabilité lorsque les pluies reviennent. Bref, elles assurent une protection inégalable entre deux crues de type catastrophique. Un tel rôle est loin d'être négligeable au regard, par exemple des vitesses de comblement qui menacent la plupart des réservoirs sur les cours d'eau méditerranéens.

Enfin, les ripisylves sont des éléments essentiels des paysages méditerranéens. Une rivière, sa ripisylve, les villes et les villages alentour forment un tout indissociable. L'ensemble d'une population riveraine noue des liens parfois très forts – économiques certes mais, plus largement, sensibles – avec les boisements du bord des eaux⁶³. Nous l'avons vu, les ripisylves peuvent être d'excellents auxiliaires de gestion des eaux et des terres. Elles nous permettent de bénéficier de services naturels et d'aménager ces services à notre profit. Mais à la condition d'intégrer leur dimension paysagère, car les ripisylves correspondent aussi à des représentations, à des constructions de la part de ceux qui les pratiquent.

Intégrer la dimension paysagère des ripisylves s'impose d'autant plus que leur existence même dépend des soins dont elles font l'objet. Seul, un entretien adapté à la fois aux conditions naturelles et sociales est en effet capable d'assurer le renouvellement des ripisylves méditerranéennes sur le long terme. Car, comme tout paysage, les ripisylves ne durent qu'en se renouvelant, dans le respect de leur double identité, naturelle et culturelle.

Annexe :

Espèces susceptibles d'être utilisées dans la restauration de ripisylves en région méditerranéenne

Jean-Pierre Roux, Conservatoire botanique national méditerranéen de Porquerolles.

Les espèces les plus adaptées à la restauration d'une ripisylve sont celles du voisinage : leurs taux de reprise sont plus satisfaisants et leurs vitesses de croissance souvent élevées. Le premier travail consiste donc à déterminer quelles essences associer, et selon quelles densités, à partir d'une connaissance précise des associations végétales locales, des vitesses de croissance, des développements à terme, des enracinements... Ces choix s'opèrent en fonction du type de sol à planter, du microclimat local et de la position à respecter par rapport au niveau de la nappe.

Ces choix réalisés, et les espèces sélectionnées in situ, il convient de passer un contrat de culture avec un professionnel connaissant la flore indigène et sa multiplication. Un tel contrat doit permettre de disposer de végétaux parfaitement identifiés et localisés, connus quant à leur mode de prélèvement, leur état sanitaire, la qualité de leur système de racines et de leurs parties aériennes. Il doit être possible de suivre les étapes de la production et, éventuellement, de procéder à des réajustements. Les quantités disponibles doivent permettre de palier les aléas de la production ou de la plantation. Le temps constitue en fait la contrainte la plus lourde : trois années peuvent s'écouler entre le moment où les prélèvements sont effectués et celui où les derniers végétaux sont prêts à être plantés.

Autre contrainte, le site choisi doit être préparé dès la fin de l'été précédant les plantations. Cette

préparation consiste en un enlèvement de matériaux grossiers indésirables, en un débroussaillage de préférence de type mécanique, en un ameublissement du terrain, en un piquetage précis de l'emplacement des différentes associations végétales. Quant à la plantation, elle réclame une protection maximale des espèces depuis le départ de la pépinière (conditions de température et d'humidité durant le transport) jusqu'à leur mise en place (protection des racines et des parties aériennes), afin d'assurer une reprise dans les meilleures conditions. Dans la mesure du possible, la plantation s'effectue dès la fin octobre pour permettre un début de développement des racines pendant la période de repos végétatif.

La consolidation des berges par des ripisylves est toujours une démarche délicate en région méditerranéenne. Une berge à restaurer est en effet rarement en état de recevoir des plantations. Elle doit au préalable être profilée en fonction de l'intensité de sa dégradation initiale, parfois enrochée pour limiter les phénomènes d'affouillement. Le bas des berges ainsi "sécurisé", on aura recours aux techniques désormais bien connues de bouturage, de tressage, de fascinage, etc. Un ensemencement d'herbacées à forte densité pourra assurer une stabilisation de surface, et un entretien pratiqué tous les cinq ou dix ans, s'avérer bénéfique.

Ces plantations réalisées, le succès des opérations demande encore des efforts soutenus : la reprise n'est considérée comme acquise qu'après trois à quatre années d'arrosages et de désherbages réguliers.

Au départ cependant, la connaissance des espèces s'avère essentielle. La liste ci-après détaille les espèces susceptibles d'être utilisées dans des travaux de restauration de ripisylves en région méditerranéenne.

***Acer campestre* L.
(Erable champêtre)**

Arbre de 12-15 m de hauteur aux feuilles à cinq lobes inégaux.

Propriétés physiologiques : Héliophile ou photophile, mésoxérophile à mésophile ; croissance lente ; bon fixateur de berges ; racines traçantes ou pivotantes.

Types de sols : Sur cailloutis, mais également sur argiles ou limons.

Conseils pour la plantation :
En haut de berge, à l'écart des crues habituelles ; à utiliser en individus racinés provenant d'une production à partir de boutures herbacées prélevées au printemps (à planter après deux ans au moins d'élevage).

***Acer monspessulanum* L.
(Erable de Montpellier)**

Arbre de 5-12 m de hauteur aux feuilles à trois lobes arrondis et égaux.

Propriétés physiologiques : Héliophile ou photophile, xérophile ou mésoxérophile ; croissance assez rapide (longévité élevée) ; bon fixateur de berges ; racines traçantes ou pivotantes.

Types de sols : Sols peu profonds et aérés.

Conseils pour la plantation :
En haut de berge, à l'écart des crues habituelles ; à utiliser en individus racinés provenant d'une production à partir de boutures herbacées prélevées au printemps (à planter après deux ans au moins d'élevage).

***Alnus glutinosa* (L.) Gaertner
(Aulne glutineux)**

Arbre de 20 à 25 m de hauteur aux feuilles cordiformes et glabres sur les deux faces.

Propriétés physiologiques : Héliophile liée à la nappe phréatique ; croissance juvénile très vigoureuse ; excellent fixateur de berges ; aptitude à pousser sur des sols gorgés d'eau ; racines pivotantes.

Types de sols : Sols alluviaux surtout lourds et compacts.

Conseils pour la plantation :
Moins d'un mètre au plus par rapport à la nappe phréatique ; à utiliser en individus racinés provenant d'une production à partir de graines prélevées à l'automne (à planter après un an environ d'élevage)

***Alnus incana* (L.) Moench
(Aulne blanc)**

Arbre de 10-15 m de hauteur, aux feuilles aiguës blanchâtres sur la face inférieure.

Propriétés physiologiques : Héliophile lié à une nappe à forte variation ; peut s'adapter à des terrains secs ; vitesse de croissance rapide ; très bon fixateur de berges ; racines pivotantes.

Types de sols : Sols alluviaux peu évolués et très filtrants, soumis à une érosion fréquente.

Conseils pour la plantation :
Jusqu'à un à deux mètres de la nappe phréatique ; à utiliser en individus racinés provenant d'une production à partir de graines prélevées à l'automne (à planter après un an environ d'élevage).

***Cornus sanguinea* L.
(Cornouiller sanguin)**

Arbrisseau de 2-5 m de hauteur aux drupes sphériques noir bleuté.

Propriétés physiologiques : Héliophile ou photophile, mésoxérophile à mésophile ; croissance rapide ; bon fixateur de berges ; racines traçantes.

Types de sols : Sols lourds (argiles ou limons).

Conseils pour la plantation :

Sur berges ou haut de berges ; à utiliser en individus racinés provenant d'une production à partir de boutures ligneuses prélevées à la fin de l'automne (à planter après un an d'élevage) ; boutures ligneuses (un cm de diamètre, 50 cm de longueur environ) prélevées à la fin de l'hiver et replantées immédiatement sur site.

***Fraxinus angustifolia* Vahl**
(Frêne à feuilles étroites)

Arbre de 15-20 m de hauteur aux bourgeons bruns.

Propriétés physiologiques : Héliophile, mésophile à mésohygrophile ; croissance assez rapide ; bon fixateur de berges ; racines pivotantes.

Types de sols : Sols très meubles, pouvant être temporairement gorgés d'eau.

Conseils pour la plantation : A partir d'un mètre environ de la nappe phréatique (supporte les inondations) ; à utiliser en individus racinés provenant d'une production à partir de samares prélevées à la fin de l'été ou au tout début de l'automne lorsqu'elles sont encore vertes et ce afin d'éviter les problèmes de levée de dormance (à planter après un an d'élevage).

***Hippophae rhamnoides* L.**
(Argousier)

Arbrisseau de 1-5 m de hauteur au feuillage argenté et aux baies oranges et globuleuses.

Propriétés physiologiques : Héliophile à très large amplitude hydrique qui supporte très bien les inondations ; croissance lente, mais longévité élevée ; remarquable fixateur de sols instables ou sans végétation ; développe son système racinaire avant son système aérien.

Types de sols : Préfère les sols alluviaux filtrants, mais s'adapte en fait à tous les types de sols.

Conseils pour la plantation :

Indifférent par rapport à la nappe phréatique ; à utiliser en individus racinés provenant d'une production à partir de graines prélevées à l'automne (à planter après trois ans d'élevage).

***Laurus nobilis* L.**
(Laurier-sauce)

Arbrisseau de 2-5 m de hauteur à feuilles entières odorantes.

Propriétés physiologiques : Héliophile à faible amplitude hydrique ; vitesse de croissance assez lente.

Types de sols : Sols légers.

Conseils pour la plantation :

En haut de berge ; à utiliser en individus racinés provenant d'une production à partir de graines prélevées à l'automne (à planter après au moins deux ans d'élevage).

***Ligustrum vulgare* L.**
(Troène)

Arbrisseau de 2-3 m de hauteur aux petites baies globuleuses et noires.

Propriétés physiologiques : Héliophile ou photophile à faible amplitude hydrique ; vitesse de croissance rapide ; racines traçantes.

Types de sols : Sols argilo-limoneux.

Conseils pour la plantation :

Au niveau de la nappe phréatique ou peu éloigné de cette dernière ; à utiliser en individus racinés provenant d'une production à partir de boutures ligneuses prélevées à la fin de l'hiver (à planter après un an d'élevage).

***Nerium oleander* L.**
(Laurier rose)

Arbrisseau de 1-5 m de hauteur aux grandes fleurs odorantes, généralement roses.

Propriétés physiologiques : Héliophile à large amplitude hydrique (supporte bien les inondations) ; croissance assez rapide ; système racinaire bien développé et très bon fixateur.

Types de sols : Sols bien drainés ou plus ou moins argileux.

Conseils pour la plantation :

Assez indifférent par rapport à la nappe phréatique ; à utiliser en individus racinés provenant d'une production à partir de graines récoltées en hiver ou de boutures semi-ligneuses prélevées en été (à planter après un ou deux ans d'élevage).

***Platanus orientalis* L.**
(Platane d'Orient)

Arbre de 20-40 m de hauteur aux feuilles à lobes très marqués.

Propriétés physiologiques : Héliophile à assez faible amplitude hydrique ; croissance lente mais longévité très élevée.

Types de sols : Sols légers et profonds.

Conseils pour la plantation :

Au niveau de la nappe phréatique ou peu éloigné de cette dernière ; à utiliser en individus racinés provenant d'une production à partir de boutures ligneuses prélevées en hiver ou de graines (à planter après au moins deux ans d'élevage).

***Quercus pubescens* Willd.**
(Chêne pubescent)

Arbre de 10-25 m de hauteur aux glands sessiles.

Propriétés physiologiques : Héliophile et thermophile, mésophile ; croissance très lente mais longévité élevée ; bon fixateur de berges ; racines pivotantes.

Types de sols : Sols profonds à moyennement profonds.

Conseils pour la plantation :

En haut de berge et le plus déconnecté possible de la nappe phréatique (ne supporte pas les inondations fréquentes) ; à utiliser en individus racinés provenant d'une production à partir de glands prélevés à l'automne (à planter après deux-trois ans au moins d'élevage).

***Quercus robur* L.**
(Chêne pédonculé)

Arbre de 25 à 35 m de hauteur aux glands pourvus d'un pédoncule de longueur variable.

Propriétés physiologiques : Héliophile, à faible amplitude hydrique ; croissance très lente mais longévité très élevée ; bon fixateur de berges ; racines pivotantes.

Types de sols : Sols lourds argilo-limoneux.

Conseils pour la plantation :

En haut de berge, mais pas très éloigné de la nappe phréatique (supporte des crues régulières) ; à utiliser en individus racinés provenant d'une production à partir de glands prélevés à l'automne (à planter après deux-trois ans au moins d'élevage).

***Quercus suber* L.**
(Chêne liège)

Arbre de 10-25 m de hauteur à écorce crevassée très épaisse (liège).

Propriétés physiologiques : Héliophile à faible amplitude hydrique ; croissance lente ; bon fixateur de berges.

Types de sols : Sols légers et profonds.

Conseils pour la plantation :

En haut de berge et le plus déconnecté possible de la nappe phréatique (ne supporte pas les inondations fréquentes) ; à utiliser en individus racinés provenant d'une production à partir de glands prélevés à l'automne (à planter après deux-trois ans au moins d'élevage).

***Salix alba* L.**
(Saule blanc)

Arbre pouvant atteindre 30 m de hauteur aux feuilles velues soyeuses.

Propriétés physiologiques : Héliophile à très large amplitude hydrique ; vitesse de croissance très rapide ; racines pivotantes.

Types de sols : Sols peu évolués soumis à une érosion fréquente.

Conseils pour la plantation :

Soit au niveau de la nappe phréatique, soit en haut de berge et donc très déconnecté de cette dernière ; à utiliser en individus racinés provenant d'une production à partir de boutures ligneuses prélevées à l'automne ou en hiver (à planter après un an d'élevage).

***Salix elaeagnos* Scop.**
(Saule drapé)

Arbre de 5-15 m de hauteur aux feuilles longues et très étroites, à bords enroulés.

Propriétés physiologiques : Héliophile à très large amplitude hydrique ; vitesse de croissance assez rapide ; racines traçantes.

Types de sols : Sols alluviaux grossiers et filtrants.

Conseils pour la plantation :

Soit au niveau de la nappe phréatique, soit en haut de berge et donc très déconnecté de cette dernière ; à utiliser en individus racinés provenant d'une production à partir de boutures ligneuses prélevées à l'automne ou en hiver (à planter après un an d'élevage).

***Salix purpurea* L.**
(Saule pourpre)

Arbrisseau de 1-5 m de hauteur aux feuilles subopposées glabres.

Propriétés physiologiques : Héliophile à faible amplitude hydrique ; vitesse de croissance rapide ; racines traçantes.

Types de sols : Sols peu évolués soumis à une érosion fréquente.

Conseils pour la plantation :

Au niveau de la nappe phréatique (ou jusqu'à 1,5 m de cette dernière) ; à utiliser en individus racinés provenant d'une production à partir de boutures ligneuses prélevées à l'automne ou en hiver (à planter après un an d'élevage).

***Salix triandra* L.**
(Saule à trois étamines)

Arbuste de 2-8 m de hauteur aux feuilles dentées.

Propriétés physiologiques : Héliophile à très faible amplitude hydrique (sols alimentés en eau en permanence) ; croissance rapide ; racines traçantes.

Types de sols : Sols alluviaux peu évolués soumis à une érosion fréquente.

Conseils pour la plantation :

Au niveau de la nappe phréatique ; à utiliser en individus racinés provenant d'une production à partir de boutures ligneuses prélevées à l'automne ou en hiver (à planter après un an d'élevage).

***Salix viminalis* L.**
(Saule des vanniers)

Arbuste de 2-10 m de hauteur aux feuilles étroites et très longues (jusqu'à 15 cm), soyeuses sur la face inférieure.

Propriétés physiologiques : Héliophile à très faible amplitude hydrique ; vitesse de croissance rapide ; racines traçantes.

Types de sols : Sols peu évolués soumis à une érosion fréquente (surtout sablonneux).

Conseils pour la plantation :

Au niveau de la nappe phréatique ; à utiliser en individus racinés provenant d'une production à partir de boutures ligneuses prélevées à l'automne ou en hiver (à planter après un an d'élevage).

***Sorbus domestica* L.
(Cormier)**

Arbre de 5-20 m de hauteur, à feuilles composées et à fruits (cormes) en forme de petites poires jaunâtres.

Propriétés physiologiques : Héliophile ou photophile, xérophile à mésophile ; croissance lente ; racines traçantes.

Types de sols : Sols profonds (argiles, argile de décarbonation).

Conseils pour la plantation :

En haut de berge (ne supporte pas les inondations sauf de façon tout à fait exceptionnelle) ; à utiliser en individus racinés provenant d'une production à partir de graines prélevées à l'automne (à planter après deux-trois ans au moins d'élevage).

***Tamarix africana* Poiret
(Tamarix d'Afrique)**

Arbrisseau de 2-5 m de hauteur aux fleurs assez grandes groupées en épis épais.

Propriétés physiologiques : Héliophile à très faible amplitude hydrique ; supporte des eaux saumâtres ; système racinaire assez puissant ; croissance assez rapide, mais longévité relativement réduite.

Types de sols : Sols bien drainés sablonneux.

Conseils pour la plantation :

Au niveau de la nappe phréatique ; à utiliser en individus racinés provenant d'une production à partir de boutures de bois sec prélevées en hiver

ou au début du printemps [hors période de floraison (à planter après un an d'élevage environ)].

***Tamarix gallica* L.
(Tamarix de France)**

Arbrisseau de 2-5 m de hauteur aux fleurs petites groupées en épis grêles et lâches.

Propriétés physiologiques : Héliophile à assez faible amplitude hydrique ; système racinaire assez puissant ; croissance assez rapide.

Types de sols : Sols bien drainés sablonneux

Conseils pour la plantation :

Au niveau de la nappe phréatique ou peu éloigné de cette dernière ; à utiliser en individus racinés provenant d'une production à partir de boutures de bois sec prélevées en hiver ou au début du printemps [hors période de floraison (à planter après un an d'élevage environ)].

***Vitex agnus-castus* L.
(Gattilier)**

Arbrisseau de 1-5 m de hauteur à fleurs bleuâtres formant de longues grappes interrompues.

Propriétés physiologiques : Héliophile à faible amplitude hydrique ; croissance assez rapide ; système racinaire fixateur.

Types de sols : Sols bien drainés sablonneux.

Conseils pour la plantation :

Pratiquement au niveau de la nappe ; à utiliser en individus racinés provenant d'une production à partir de graines ou de boutures semi-ligneuses prélevées à l'automne (à planter après deux ans environ d'élevage).

N.B. : Certaines espèces peuvent être protégées par la loi. Leur prélèvement dans la nature ainsi que leur multiplication est donc soumise à autorisation.



Glossaire

Affouillement : dégradation d'une berge par érosion sous-jacente due à la butée des courants.

Akène : fruit sec indéhiscent résultant de la maturation d'un carpelle et contenant une graine.

Aquifère : une ou plusieurs couches souterraines de roche ou d'autres couches géologiques d'une porosité et perméabilité suffisantes pour permettre soit un courant significatif d'eau souterraine, soit le captage de quantités importantes d'eau souterraine⁶⁴. L'aquifère peut être inséré dans des formations alluviales ou karstiques.

Capsule : fruit sec déhiscent* résultant de la maturation de plusieurs carpelles

Conductivité : paramètre permettant d'évaluer quelle est la charge totale de l'eau en électrolytes, c'est-à-dire en substances susceptibles d'être décomposées par le passage d'un courant électrique.

Continuum fluvial : selon le concept de continuum fluvial, le profil longitudinal des rivières offre un gradient continu de conditions physiques auquel répondent des ajustements des populations en place, notamment vis-à-vis des modalités de charge, de transport, d'utilisation et de stockage de la matière organique. Par ces ajustements, les communautés de producteurs et de consommateurs d'un secteur donné se mettraient constamment en harmonie avec la dynamique des conditions physiques dans le chenal. Sur l'ensemble du profil longitudinal, ces communautés s'organiseraient de manière à assurer une perte minimale de l'énergie véhiculée par la rivière, les communautés de l'aval tirant profit des restes laissés par celles de l'amont. Le concept de continuum fluvial a inspiré de nombreuses recherches au cours des années 1980⁶⁵, suscitant engouements et controverses. Il a été peu à peu supplanté par de nouvelles conceptions de l'écologie des eaux courantes.

Cuticule : couche externe protectrice de l'épiderme de certaines plantes. Elle est composée en partie de cires qui, entre autres fonctions, limitent l'évapotranspiration.

Déhiscent : se dit des fruits pourvus d'une enveloppe rigide s'ouvrant spontanément pour livrer passage à leurs graines (contrairement aux fruits indéhiscents).

Dioïque : se dit d'espèces dont les fleurs staminées* et les fleurs pistillées* sont portées par des individus distincts (cas des saules par exemple).

Embâcle : accumulation, lors d'une crue, de branches et de troncs, éventuellement mêlés à des graviers et des rochers, barrant plus ou moins complètement le cours d'une rivière.

64 - d'après la Directive 2000/60/CE
du 23 octobre 2000

65 - Vannote et al. (1980)

Etiage : niveau de débit le plus faible atteint par un cours d'eau lors d'un cycle annuel.

Eutrophisation culturelle : surfertilisation des systèmes aquatiques continentaux due en grande partie à des excès de nutriments (notamment nitrate et phosphate) qui parviennent aux lacs ou aux cours d'eau de manière diffuse ou ponctuelle.

Evapotranspiration : l'évapotranspiration correspond à une vaporisation de l'eau du sol et des feuilles sous l'action du rayonnement solaire. Elle provient à la fois d'une évaporation (directement à partir des sols et des lacs) et surtout d'une transpiration des végétaux (à partir de l'eau du sol extraite par les racines). Sous climat méditerranéen, elle peut varier de 7 à 10 mm par jour en moyenne, et tomber à 0,1 mm par jour en hiver⁶⁶.

Fleur pistillée : fleur femelle constituée par un ou des carpelle(s), chacun comprenant un ovaire, surmonté d'un style et d'un stigmate.

Fleur staminée : fleur mâle constituée par un ensemble d'étamines formées du filet et de l'anthere contenant le pollen. Ce dernier, déposé sur le stigmate de la fleur femelle, germe pour arriver aux ovules situés dans l'ovaire.

Foyer de biodiversité : le bassin méditerranéen fait partie des vingt-cinq foyers de biodiversité identifiés sur l'ensemble de la planète. Il s'agit de territoires qui abritent de nombreuses espèces endémiques et, en même temps, subissent d'importantes pertes d'habitats. Ces foyers ont été proposés comme devant bénéficier prioritairement des efforts de conservation de la biodiversité dans le cadre d'un programme global⁶⁷. Par convention, chaque foyer rassemble au moins 0,5 % des 300 000 espèces végétales endémiques connues dans le monde, soit au moins 1 500 espèces. Avec 13 000 de ces espèces, le bassin méditerranéen vient au troisième rang des vingt-cinq foyers, après les Andes tropicales (20 000 espèces) et l'Ouest de l'Indonésie – Sumatra, Java, Bornéo, presque île de Malacca – (15 000 espèces). Son rang est plus modeste (13^e) quand on considère les vertébrés oiseaux, mammifères, reptiles et amphibiens.

Garrigue : formation arbustive ouverte composée de cystes, romarin, lavande, thym, etc.

Génie végétal : expression désignant l'ensemble des connaissances et des techniques utilisées pour protéger les berges contre l'érosion et les stabiliser à partir de végétaux. A noter que la même expression est utilisée à propos des adaptations et des stratégies évolutives des végétaux, dissémination notamment.

Héliophile : caractérise une forte affinité pour des milieux ensoleillés.

Hygrophile : caractérise une forte affinité pour des milieux humides.

Imagos : stade adulte du cycle vital des insectes.

⁶⁶ - de Marsily (1995)

⁶⁷ - Myers et al. (2000)



Impluvium : mesure des précipitations sur une surface déterminée, souvent celle d'un bassin versant.

Maquis : formation arbustive fermée, dense, constituée essentiellement d'épineux et de chênes kermès, sur sol siliceux.

Mesophile : caractérise des organismes ne tolérant pas les valeurs extrêmes d'un facteur écologique, souvent ni l'excès ni l'insuffisance d'eau.

Monoïque : se dit d'espèces dont les fleurs staminées et les fleurs pistillées sont portées par un même individu.

Multiplification végétative : production naturelle ou artificielle de nouveaux individus sans qu'il y ait fécondation.

Nature ordinaire : on qualifie ainsi des milieux naturels non "labellisés", situés hors des espaces protégés tels que les parcs et les réserves. La nature ordinaire est celle que nous cotoyons chaque jour.

Pistil : organe femelle constitué par un carpelle dont la base (l'ovaire) est surmontée d'un style et d'un stigmate. Généralement l'organe femelle est constituée par plusieurs carpelles libres ou soudés entre eux. Après fécondation, un ovaire devient un fruit et un ovule, une graine.

Propagules : à l'origine, amas pluricellulaires des mousses qui, en se détachant, donnent un nouvel individu (boutures en termes biologiques). Dans un sens plus large, on qualifie de propagule tout élément susceptible de donner un nouvel individu. Les propagules équivalent alors à des diaspores.

Résurgence : source résultant du retour à l'air libre d'un cours d'eau superficiel dont les eaux avaient été englouties dans les fissures et les fentes d'un réseau karstique.

Rhizosphère : volume de sol occupé par les racines des plantes ou influencé par ces racines. Cette influence tend à ameublir le sol, à l'acidifier, à l'épuiser en substances nutritives et en eau ou, au contraire, à l'enrichir en substances organiques variées. Elles s'exerce souvent par des excréments – ou exsudats – tantôt appréciés et tantôt redoutés par les autres végétaux, y compris par la microflore – bactéries et champignons – particulièrement dense dans la rhizosphère.

Thermophile : caractérise une forte affinité pour des milieux chauds.

Bibliographie

- Abernethy, B. & Rutherford, I.D.** - Does the weight of riparian trees destabilize riverbanks? *Regulated Rivers*, 16, 565-576, 2000.
- AFFA** (Agriculture Forestry Fisheries Australia), Riparian management issues ; sheets 1-7. www.rivers.go.au, 2001.
- Akman, Y, Barbero, M. & Quézel, P.** - Contribution à l'étude de la végétation forestière d'Anatolie méditerranéenne. *Phytocoenologia*, 5, 1-79, 1979.
- Barbero, M. & Quézel, P.** - Contribution à l'étude des groupements forestiers de Chypre. *Documents phytosociologiques*, 4, 10-23, 1979.
- Bendix, J.** - Stream power influence on southern Californian riparian vegetation. *Journal of Vegetation Science*, 10, 243-252, 1999.
- Bendix, J. & Hupp, C.R.** - Hydrological and geomorphological impacts on riparian plant communities. *Hydrological Processes*, 14, 2977-2990, 2000.
- Bensettiti, F. & Lacoste, A.** - Les ripisylves du nord de l'Algérie: essai de synthèse synsystématique à l'échelle de la Méditerranée occidentale. *Ecologia Mediterranea*, 25, 13-39, 1999.
- Blondel, J. & Aronson, J.** - Biology and wildlife of the Mediterranean region. Oxford University Press, 1999.
- Boyer, M. et al.** - Guide technique SDAGE. La gestion des boisements de rivières. Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse. Fascicules 1 et 2, 1998.
- Braga, G. & Gervasoni, S.** - Evoluzione storica dell'alveo del fiume Po nel territorio Lodigiano - Piacentino: rischi idrogeologici connessi. *Atti del Convegno Nazionale "Il suolo come risorsa"*, 60-69, 1983.
- Braudel, F.** (sous la direction de) - La Méditerranée. L'espace et l'histoire. Flammarion, 1985.
- Crivelli, A.J., Grillas, P. & Lacaze, B.** - Responses of vegetation to a rise in water level at Kerkini reservoir (1982-1991), a Ramsar site in northern Greece. *Environmental Management*, 19, 417-430, 1995.
- Crivelli, A.J. et al.** - Effects on fisheries and waterbirds of raising water levels at Kerkini reservoir, a Ramsar site in northern Greece. *Environmental Management*, 19, 431-443, 1995.
- Décamps, H.** - The renewal of floodplain forests along rivers : a landscape perspective. *Verh. Intern. Verein. Limnologie*, 26, 35-59, 1996.
- Décamps, H.** - Boiser les rives des cours d'eau. *Comptes rendus de l'Académie d'Agriculture de France*, 86, 97-105, 2000.

- Décamps, H.** - How a riparian landscape finds form and comes alive. *Landscape and Urban Planning* 57, 169-175, 2001.
- Décamps, H. & Naiman, R.J.** - L'écologie des fleuves. *La Recherche*, 20, 310-319, 1989.
- Décamps, H. & Tabacchi, E.** - Species richness in vegetation along river margins. pp 1-20 in Giller P.S., Hildrew A.G. & Raffaelli D.G. (eds): *Aquatic ecology: scale, pattern and process*. Blackwell, Oxford, 1994.
- Décamps H. et al.** - Historical influence of man on the riparian dynamics of a fluvial landscape. *Landscape Ecology*, 1, 163-173, 1988.
- Delavigne, A.E.** - Les espèces d'intérêt patrimonial et la "patrimonialisation" des espèces. Etude bibliographique. *Museum National d'Histoire Naturelle*, 2001.
- de Marsily, G.** - L'eau. Flammarion, Paris, 1995.
- Dinger, F., Pénelon, L. & Tardif, P.** - Bibliographie et étude expérimentale sur des méthodes de contrôle d'une plante envahissante : *Amorpha fruticosa*. CEMAGREF, 2000.
- Dugan, P.J.** - La conservation des zones humides. Problèmes actuels et mesures à prendre. UICN-Union mondiale pour la nature, 1992.
- Efe, A. & Dirik, H.** - Une espèce peu connue de la forêt méditerranéenne : *Liquidambar orientalis*. *Forêt méditerranéenne*, 13, 91-95, 1992.
- Forman, R.T.T.** - Land mosaics. The ecology of landscapes and regions. Cambridge University Press, 1995.
- Frison, E., Lefèvre F., de Vries S. & Turok J. (compilers).** - *Populus nigra* network. Report of the first meeting, 3-5 October 1994, Izmit, Turkey. IPGRI, Italy, 1995.
- Gamisans, J.** - La végétation de la Corse. Edisud, 1999.
- Gentile, S.** - Memoria illustrativa della vegetazione naturale potenziale delle Sicilia Quaderno. Institut Botanique, Université de Pavie, 1968.
- Graf, W.L.** - Fluvial adjustments to the spread of tamarisk in the Colorado plateau region. *Geological Society of America Bulletin*, 98, 1491-1501, 1978.
- Gregory, S.V. et al.** - An ecosystem perspective of riparian zones. *BioScience*, 41, 540-551, 1991.
- Grenon, M. & Batisse, M.** - Le Plan bleu. Avenirs du bassin méditerranéen. Economica, Paris, 1988.
- Grove, A. T. & Rackham, O.** - The nature of Mediterranean Europe : an ecological history. Yale University Press, New Haven, 2001.
- Guillen, J. & Palanques, A.** - Sediment dynamics and hydrodynamics in the lower course of a river highly regulated by dams : Ebro River. *Sedimentology*, 39, 567-579, 1992.

- Gurnell, A.M. et al.** - Large wood retention in river channels : the case of the Fiume Tagliamento, Italy. *Earth Surface Processes and Landforms*, 25, 255-275, 2000.
- Haycock, N., Pinay, G. & Walker, C.** - Nitrogen retention in river corridors : European perspective. *Ambio*, 22, 273-278, 1993.
- Haycock, N. et al. (eds)** - Buffer zones. Their processes and potential in water protection. Quest Environmental. Harpenden. Hertfordshire, UK, 1997.
- Helfield, J.M. & Naiman, R.J.** - Effects of salmon derived nitrogen on riparian forest growth and implications for stream productivity. *Ecology*, 82, 2403-2409, 2001.
- Hupp, C.R.** - Riparian vegetation recovery patterns following stream channelization : a geomorphic perspective. *Ecology*, 73, 1209-1226, 1992.
- Innis, S.A., Naiman, R.J. & Elliott, S.R.** - Indicators and assessment methods for measuring the ecological integrity of semi-aquatic terrestrial environments. *Hydrobiologia*, 422-423, 111-131, 2000.
- Jacob, N.** - La crue d'octobre 1940 dans la vallée du Tech (Roussillon) d'après les dossiers des sinistrés. *Annales de Géographie*, 596, 414-424, 1997.
- Jolly, I.D., Walker, G.R. & Thorburn, P.J.** - Salt accumulation in semiarid floodplain soils with implication for forest health. *Journal of Hydrology*, 150, 589-614, 1993.
- Junk, W.J., Bayley, P.B. & Sparks, R.E.** - The flood pulse concept in river-floodplain systems. In Dodge D.P. (ed.) : Proceedings of the International Large River Symposium (LARS). Canadian Special Publication Fisheries Aquatic Sciences, 106, 110-127, 1989.
- Karpati, I. & Karpati, V.** - Die Zöologische Verhältnisse der Auenwälder Albaniens. *Acta Botanica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 7, 235-301, 1961.
- Karr, J.R. & Dudley, D.R.** - Ecological perspectives on water quality goals. *Environmental Management*, 5, 55-68, 1980.
- Lachat, B.** - Guide de protection des berges de cours d'eau en techniques végétales. Ministère de l'Environnement, Paris, 1994.
- Lalanne-Bertoudicq, G.** - in : L'aiguat del 40. Generalitat de Catalunya, 229-264, 1990.
- Langlade, L.R. & Décamps, O.** - Plant colonization on river gravel bars : the effect of litter accumulation. *C.R Acad. Sci. Paris*, 317, 899, 905, 1994.
- Langlade, L.R. & Décamps, O.** - Accumulation de limon et colonisation végétale d'un banc de galets. *C.R Acad. Sci Paris*, 318, 1073, 1082, 1995.
- Laronne, J.B. & Reid, I.** - Very high rates of bedload sediment transport by ephemeral desert rivers. *Nature*, 366, 148-149, 1993.



- Le Floch, S.** - Les "ramiers" de la Garonne, miroir des relations entre des usagers et le fleuve. C. R. Académie d'Agriculture de France, 86, 109-117, 2000.
- Le Floch, S. & Terrasson, D.** - Enjeux écologiques et sociaux autour d'un paysage rural : le développement de la populiculture dans les Basses Vallées Angevines. Natures, Sciences, Sociétés, 3, 129-143, 1995.
- Loisel, R.** - La végétation de l'étage méditerranéen dans le sud-est continental français. Thèse, 1976
- Lowrance, R. et al.** - Water quality functions of riparian buffer systems in the Chesapeake Bay Watersheds. US EPA, Washington, DC, 1995.
- Lowrance, R. et al.** - Riparian ecosystem management model (REMM). www.sacs.cpes.peachnet.edu, 1998.
- Makhzoumi, J. & Pungetti, G.** - Ecological landscape design and planning. Spon Press, London, 1999.
- Malanson, G.P.** - Riparian landscapes. Cambridge University Press, 1993.
- Margat, J.** - L'eau dans le bassin méditerranéen. Situation et perspectives. PNUE, Economica, 1992.
- Marti, E. & Sabater, F.** - High variability in temporal and spatial nutrient retention I Mediterranean streams. Ecology, 77, 854-869, 1996.
- Merritt, D.M. & Cooper, A.J.** - Riparian vegetation and channel change in response to river regulation : a comparative study of regulated and unregulated streams in the Green river basin, USA. Regulated Rivers, 16, 543-564, 2000.
- Middelton, B.** - Wetland restoration, flood pulsing disturbance dynamics. Wiley & Sons, 1999.
- Myers, N. et al.** - Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature, 403, 853-858, 2000.
- Molina Sempere, C.M., Vidal-Abarca, M. & Suárez, M.L.** - Floods in arid south-east Spanish areas : a historical and environmental review. In Rossi, G. et al., éditeurs, Coping with floods, Kluwer, 1994.
- Montgomery, D.R.** - Process domains and the river continuum. Journal American Water Resources Association, 35, 397-410, 1999.
- Nahal, I. & Rahme A.** - Le platane d'orient (*Platanus orientalis* L.) dans la région du Proche-Orient. Forêt méditerranéenne, 12, 115-124, 1990.
- Naiman, R.J., Bilby, R.E. & Bisson, P.A.** - Riparian ecology and management in the Pacific coastal rain forest. BioScience, 50, 996-1011, 2000.
- Naiman, R.J. & Décamps, H. (eds).** - The ecology and management of aquatic-terrestrial ecotones. Paris: UNESCO, Park Ridge: Parthenon, 1990.

- Naiman, R.J. & Décamps, H.** - The ecology of interfaces : riparian zones. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 28, 621-658, 1997.
- Naiman, R.J., Décamps, H. & Pollock, M.** - The role of riparian corridors in maintaining regional biodiversity. *Ecological Applications*, 3, 209-212, 1993.
- Navarro Hervás, F.** - El sistema hidrográfico del Guadalentín. Murcia. Consejería de Política Territorial. Obra públicas y Medio Ambiente, 1991.
- Nepstad, D.C. et al.** - The role of deep roots in the hydrological and carbon cycles of Amazonian forests and pastures. *Nature*, 372, 666-669, 1994.
- Nilsson, C., Jansson, R. & Zinco, U.** - Long-term response of river-margin vegetation to water level regulation. *Science*, 276, 798-800, 1997.
- Ozenda, P.** - Végétation du continent européen. Delachaux et Niestlé, 1994.
- Pardé, M.** - La formidable crue d'octobre 1940 dans les Pyrénées-Orientales. *Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, 12, 237-279, 1941.
- Penka, M., Vyskot, M., Klimo, E. & Vasicek, F.** - Floodplain forest ecosystem. II : after water management measures. Elsevier, 1991.
- Piégay, H.** - Le bois mort en rivière : faut-il toujours l'enlever ? *Comptes rendus de l'Académie d'Agriculture de France*, 86, 97-107, 2000.
- Piégay, H. & Bravard, J.P.** - Response of a Mediterranean riparian forest to a 1 in 400 year flood, Ouveze River, Drome - Vaucluse, France. *Earth surface processes landforms*, 22, 31-43, 1997.
- Piégay, H. & Gurnell, A.M.** - Large woody debris and river geomorphological pattern: examples from S.E. France and S. England. *Geomorphology*, 19, 99-116, 1997.
- Pinay, G. & Décamps, H.** - The role of riparian woods in regulating nitrogen fluxes between the alluvial aquifer and surface water : a conceptual model. *Regulated Rivers*, 2, 507-516, 1988
- Pinay, G., Clément, J.C. & Décamps, H.** - Le rôle des ripisylves dans la régulation des pollutions diffuses azotées : capacités et limites. *Comptes rendus de l'Académie d'Agriculture de France*, 86, 85-95, 2000
- Pinay, G., Roques, L. & Fabre, A.** - Spatial and nitrogen patterns of denitrification in a river riparian forest. *Journal of Applied Ecology*, 30, 581-591, 1993.
- Planty-Tabacchi, A.M. et al.** - Invasibility of species rich communities in riparian zones. *Conservation Biology*, 10, 598-607, 1996.
- Poesen, J.W.A. & Hooke, J.M.** - Erosion, flooding and channel management in Mediterranean environments of southern Europe. *Progress Physical Geography*, 21, 159-199, 1997.



- Poff, N.L. et al.** - The natural flow regime : a paradigm for conservation and restoration of river ecosystems. *BioScience*, 47, 769-784, 1997.
- Pointereau, P. et al.** - Arbres et eaux, rôle des arbres champêtres. Solagro, Toulouse, 2000.
- Quartier, A. & Bauer-Bovet, P.** - Guide des arbres et arbustes d'Europe. Delachaux et Niestlé, Neuchâtel, 1973.
- Ramade, F.** - Conservation des écosystèmes méditerranéens. Economica, Paris, 1997.
- Rameau, J.C., Mansion, D., Dumé, G. et al.** - Flore forestière française. Guide écologique illustré. Tome 1 : plaines et collines. Institut pour le développement forestier, 1989.
- Redaud, J.L.** - Contribution à la connaissance des pollutions provenant des fleuves. Rapport du programme d'action pour la Méditerranée, 1997.
- Revenga, C. et al.** - Watersheds of the world : ecological value and vulnerability. Worldwatch Institute, 1998.
- Rivas Martínez, S.** - Esquema de la vegetación potencial y su correspondencia con los suelos en la España peninsular. *Anales del Instituto Botánico Cavanilles*, 22, 341-405, 1964.
- Ronce, O.** - Histoires de vie dans un habitat fragmenté : étude théorique de l'évolution de la dispersion et d'autres traits. Thèse Université de Montpellier II, 1999.
- Roux, J.P.** - Aspects de la gestion conservatoire des ripisylves en région méditerranéenne. Conservatoire botanique national méditerranéen de Porquerolles et Conseil général du Vaucluse, 1998.
- Sabater, F.** - Effects of riparian vegetation removal on nutrient retention in a Mediterranean stream. *Journal of the North American Benthological Society*, 19, 609-620, 2000.
- Salinas, M.J., Blanca, G. & Romero, A.T.** - Riparian vegetation and water chemistry in a basin under semiarid Mediterranean climate, Andarax, Spain. *Environmental Management*, 26, 539-552, 2000.
- Schulz, R.C. et al.** - Riparian forest buffer practices. pp 189-281 in *North American agroforestry : an integrated science and practice*. Madison, WI, American Society of Agronomy, 2000.
- Stromberg, J.C. & Patten, D.T.** - Riparian vegetation instream flow requirements : a case study from a diverted stream in the Eastern Sierra Nevada, California, U.S.A. *Environmental Management*, 14, 185-194, 1990.
- Stromberg, J.C., Tiller, R. & Richter, B.** - Effects of groundwater on riparian vegetation of semiarid regions : San Pedro, Arizona. *Ecological Applications*, 6, 113-131, 1996.
- Syndicat Mixte d'Aménagement de la Vallée de la Durance.** Etude générale de la moyenne et basse Durance. Schéma de gestion. SOGREAH/AQUALIS/CESAME/TELEOS, 1999.

- Tabacchi, E. et al.** - Development, maintenance and role of riparian vegetation in the river landscape. *Freshwater Biology*, 40, 497-516, 1998.
- Tabacchi, E. et al.** - Impacts of riparian vegetation on hydrological processes. *Hydrological Processes*, 14, 2959-2976, 2000.
- Tchou, Y.T.** - Etudes écologiques et phytosociologiques sur les forêts riveraines du Bas Languedoc (*Populetum albae*). *Vegetation*, 1-6, 1948-1949.
- Thébaud, C. & Debussche, M.** - Rapid invasion of *Fraxinus ornus* L. along the Hérault river system in southern France : the importance of seed dispersal by water. *Journal of Biogeography*, 18, 7-12, 1991.
- Thirgood, J.V.** - Man and the Mediterranean forest. Academic Press, New York, 1981.
- Trimble, S.W.** - Stream channel erosion and change resulting from riparian forests. *Geology* 25, 467-469, 1997.
- Truc, G.** - L'eau en Vaucluse. Conseil Général du Vaucluse, 1991.
- Vannote, R.L. et al.** - The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37, 130-137, 1980.
- Vernet, J.L.** - L'homme et la forêt méditerranéenne de la préhistoire à nos jours. Errance, Paris, 1997.
- Vita-Finzi, C.** - The mediterranean valleys : geological changes in historical times. Cambridge University Press, Cambridge, 1969.
- Vitoris, K.** - Structure analysis, dynamics and ecological interpretation of Strymon River and Kerkini Lake riparian forests. Thesis. Aristotle University Thessaloniki (in Greek), 2000.
- Wallace, J.B. et al.** - Multiple trophic levels of a forest stream linked to terrestrial litter inputs. *Science*, 277, 102-104, 1997.
- Ward, J.V.** - An expansive perspective of riverine landscapes : pattern and process accross scales. *Gaia*, 6, 52-60, 1997.
- Warner, R.F.** - Gross channel changes along the Durance river, southern France, over the last 100 years using cartographic data. *Regulated Rivers*, 16, 141-157, 2000.
- Yakir, D. & Yechiell, Y.** - Plant invasion of newly exposed hypersaline Dead Sea shores. *Nature*, 374, 803-805, 1995.
- Yaltirik, F.** - The floristic composition of major forests in Turkey. *Proceedings International Symposium*, 1973.
- Yon, D. & Tendron, G.** - Alluvial forests of Europe. Council of Europe, 1981.
- Zedler, J.B.** - Progress in wetland restoration ecology. *Trends in Ecology and Evolution*, 15, 402-407, 2000.
- Zohary, J.L.** - Geobotanical foundations of the Middle East, Stuttgart, 1973.

Tour du Valat
Le Sambuc - 13200 Arles - France
Télécopie : ++ 33 (0)4 90 97 20 19
E. mail : "secretariat@tour-du-valat.com"
Internet : <http://www.tour-du-valat.com>

Imprimé sur papier sans chlore.

Achévé d'imprimer en août 2002
sur les presses de l'Imprimerie De Rudder
84000 Avignon - 04 90 89 94 00



Station Biologique de la Tour du Valat : Etudier pour mieux gérer

Créée en 1954 par Luc Hoffmann, la Station biologique de la Tour du Valat est un organisme privé, géré par la Fondation Sansouire, reconnue d'utilité publique. Une équipe de près de 80 personnes se consacre aux activités scientifiques, à la gestion du domaine et aux actions de conservation.

Une politique efficace de conservation de la nature doit s'appuyer sur des connaissances scientifiques issues d'une recherche rigoureuse. Dans ce cadre, la Tour du Valat a mis en place un programme de recherche sur le fonctionnement des zones humides et plus particulièrement sur les roselières, les mares temporaires et les rizières. Elle s'implique aussi dans des études à long terme sur les oiseaux d'eau coloniaux en Camargue et en région méditerranéenne. Le département de la conservation s'efforce de promouvoir le transfert des connaissances obtenues par les chercheurs et les gestionnaires à travers le développement de plans de gestion pour les zones humides méditerranéennes, la mise en place de stages de formation, le conseil et l'appui aux politiques promouvant la gestion rationnelle de ces ressources, l'édition d'ouvrages de vulgarisation.

Dans ce contexte, la Tour du Valat s'est donnée pour mission ***“d'arrêter la perte et la dégradation des zones humides méditerranéennes et de les restaurer”***.



Conseil Général de Vaucluse

La catastrophe de Vaison-la-Romaine et celles qui ont suivi, ont braqué les projecteurs sur les rivières. Le Conseil Général de Vaucluse et ses partenaires institutionnels ont mis alors en place une politique active pour éviter le retour d'aussi dramatiques événements. Les nombreuses études conduites dans la décennie 1990 ont mis en évidence la nécessité de restaurer les cours d'eau dans leur fonctionnement naturel.

La ripisylve est une composante essentielle de l'écosystème du cours d'eau. Il a été démontré qu'en période de crue violente elle pouvait en atténuer considérablement les effets dévastatoires. Elle constitue aussi un milieu naturel très dynamique, indispensable à l'équilibre du paysage méditerranéen. Pour aider à préserver, voire à reconstituer ces précieuses forêts de rive, riches exemples de «nature ordinaire», le Conseil Général de Vaucluse s'est allié au Conservatoire national botanique méditerranéen de Porquerolles pour toute une série d'expériences.

L'Arboretum de Beauregard, installé au bord de l'Ouvèze provençale, la rivière de Vaison-la-Romaine, en est l'élément le plus abouti. Il s'agit d'une vitrine ouverte aux riverains professionnels de l'aménagement et, d'ici quelque temps, au grand public. L'Union Européenne dans le cadre d'un projet «Life environnement» est le principal partenaire de l'Arboretum.



Publié avec le soutien financier de la Commission des Communautés Européennes