

Fonctionnement hydromorphologique et état écologique

L'état des lieux des cours d'eau français réalisé par les Agences de l'eau en 2004 aboutit au constat que plus de 50 % des masses d'eau françaises risquent de ne pas atteindre le bon état écologique en raison, notamment, d'un mauvais fonctionnement hydromorphologique.

Nous n'entrerons pas ici dans le détail des dysfonctionnements hydromorphologiques subis par les cours d'eau et de leurs impacts écologiques, décrits par ailleurs dans d'autres documents (Wasson *et al.*, 1998, BIOTEC, Malavoi, 2007 notamment). Nous présenterons simplement, à partir de quelques exemples, les liens très puissants unissant le fonctionnement hydromorphologique et le fonctionnement écologique des cours d'eau.

201

202 ■ Echelle globale

205 ■ Echelle du corridor fluvial

213 ■ Echelle du lit mineur

Echelle globale

Le lien le plus ancien mis en évidence entre fonctionnement hydromorphologique et fonctionnement écologique est celui basé sur la pente du cours d'eau. Il s'est traduit progressivement par le concept de zonation longitudinale.

Dès le XIX^e siècle, les hydrobiologistes européens, et particulièrement les ichthyologistes, ont tenté d'expliquer par les caractéristiques physiques des cours d'eau, la répartition et le remplacement progressif des espèces de poissons de l'amont vers l'aval. Après les travaux pionniers de Fritsch (1872), Thienemann (1925) et Carpenter (1928) c'est finalement Huet (1949) qui propose une « règle des pentes » qui s'est transformée en « zonation piscicole ». On trouve ainsi, de l'amont vers l'aval : la zone à truite, la zone à ombre, la zone à barbeau et enfin la zone à brème.

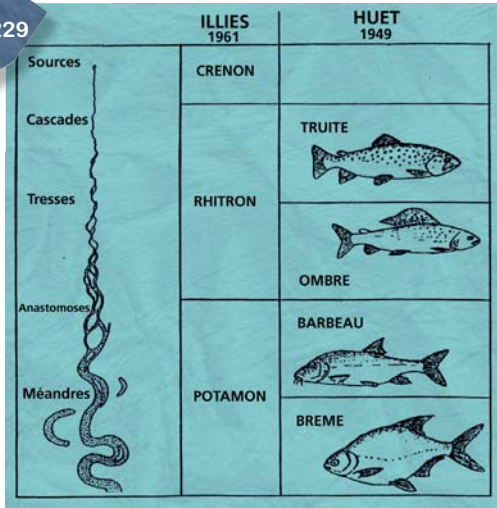
Ilies et Botosaneanu (1963) précisent cette zonation sur la base de la répartition des invertébrés aquatiques.

Tableau 12 Quelques exemples de « zonations ».

Auteurs	Zonations							
Fritsch (1872)	-	-	zone à truite		zone à barbeau	zone à silure	-	
Thienemann (1925)	sources	ruisselets de sources	région à truite	région à ombre	région à barbeau	région à brème	Région d'eaux saumâtres	
Carpenter (1928)	partie montagnarde des cours d'eau			cours d'eau de plaine				
	tête de bassin		ruisseau à truite	secteur à vairon	partie supérieure	partie inférieure	eaux saumâtres	
Huet (1949)	-	-	zone à truite		zone à ombre	zone à barbeau	zone à brème	-
Ilies (1962)	-	-	Rhitron			Potamon		
Ilies et Botosaneanu (1963)	eucrénon	hypocrénon	épi	méta	hypo	épi	méta	hypo



Figure 229

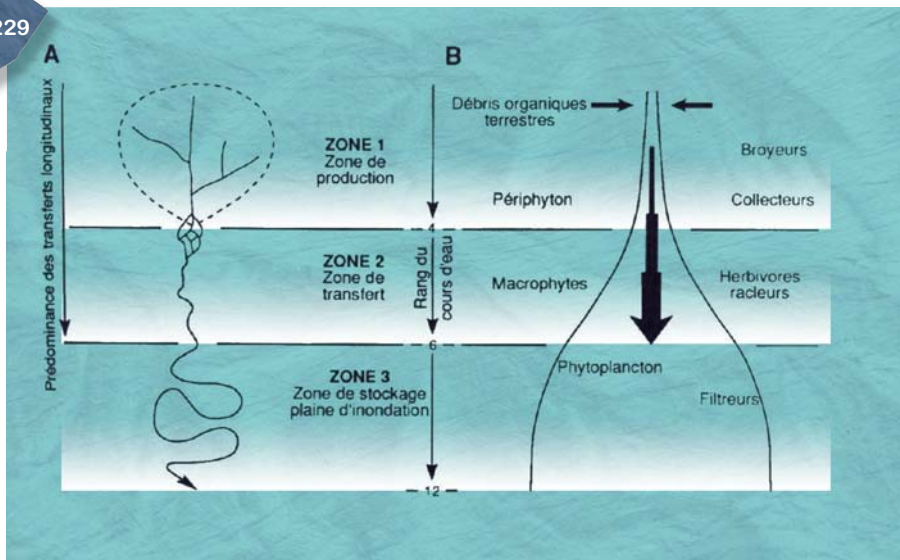


a

Traduction graphique des zonations de Illies (1961) et de Huet (1949).

Quelques années plus tard (1980) Vannote *et al.*, développent le concept de continuum fluvial (*river continuum concept*) décrivant de manière théorique la continuité morphologique et écologique entre l'amont et l'aval d'un hydrosystème. Leur système de zonation fait apparaître un remplacement progressif des traits écologiques des végétaux et des invertébrés aquatiques sous l'effet de la réduction de la pente et de la taille des particules du substrat et de l'augmentation de la matière organique et de la température de l'eau.

Figure 229

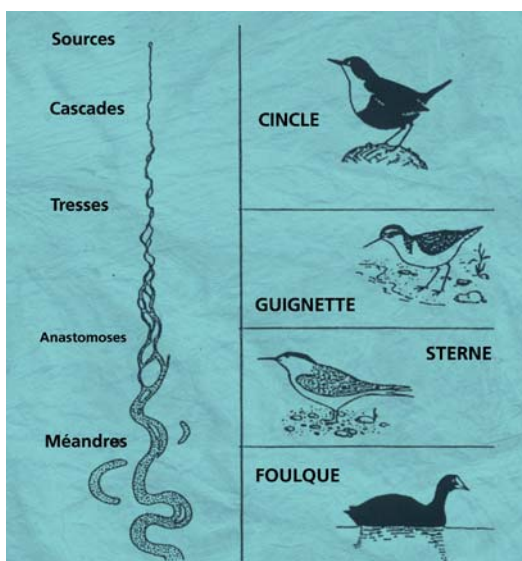
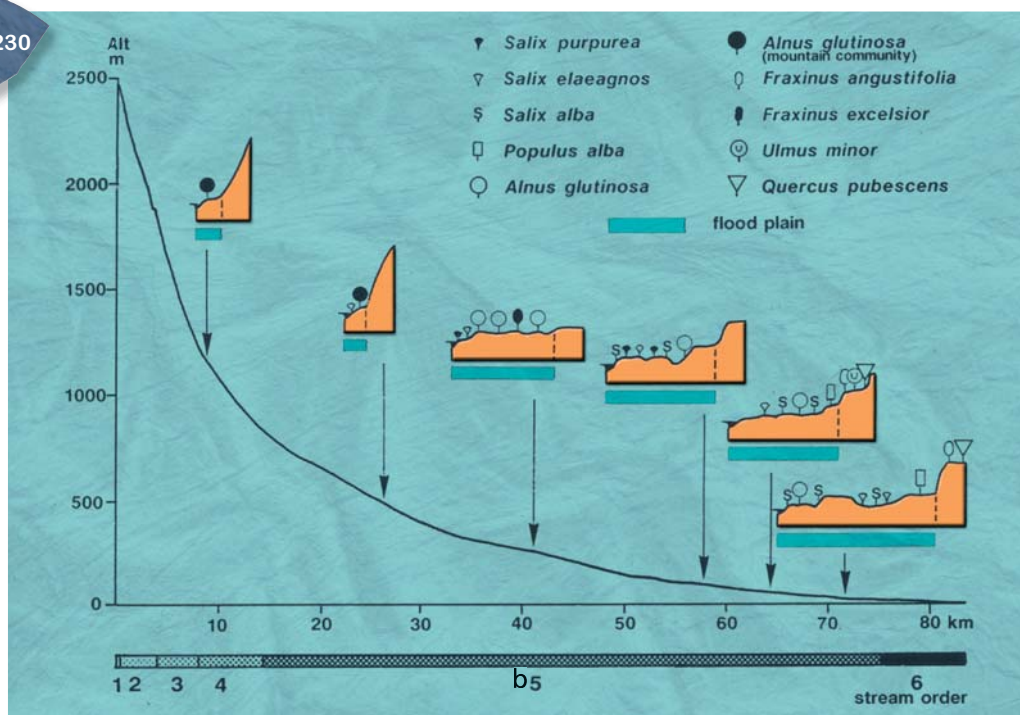


b

(a) La zonation hydromorphologique théorique de Schumm (1977) et (b) le « calque » biologique basé sur la répartition des végétaux aquatiques (à gauche) et les traits écologiques d'alimentation des invertébrés aquatiques (à droite) (Vannote *et al.*, 1980) (in Amoros *et Petts*, 1993).

Enfin, les années 90 voient apparaître de nouvelles zonations, concernant les oiseaux (Roché, 1986) et la végétation alluviale (Pinay et al., 1990).

Figure 230



Les zonations écologiques les plus récentes : (a) la végétation alluviale (Pinay et al., 1990) et (b) les oiseaux (Roche, 1986).

En bref, aujourd'hui, tous les spécialistes des divers compartiments de l'écologie des hydrosystèmes fluviaux s'accordent à reconnaître le rôle majeur des caractéristiques et des processus hydromorphologiques d'un cours d'eau et notamment leur évolution longitudinale, sur la répartition amont-aval des biocénoses aquatiques et rivulaires.

Echelle du corridor fluvial

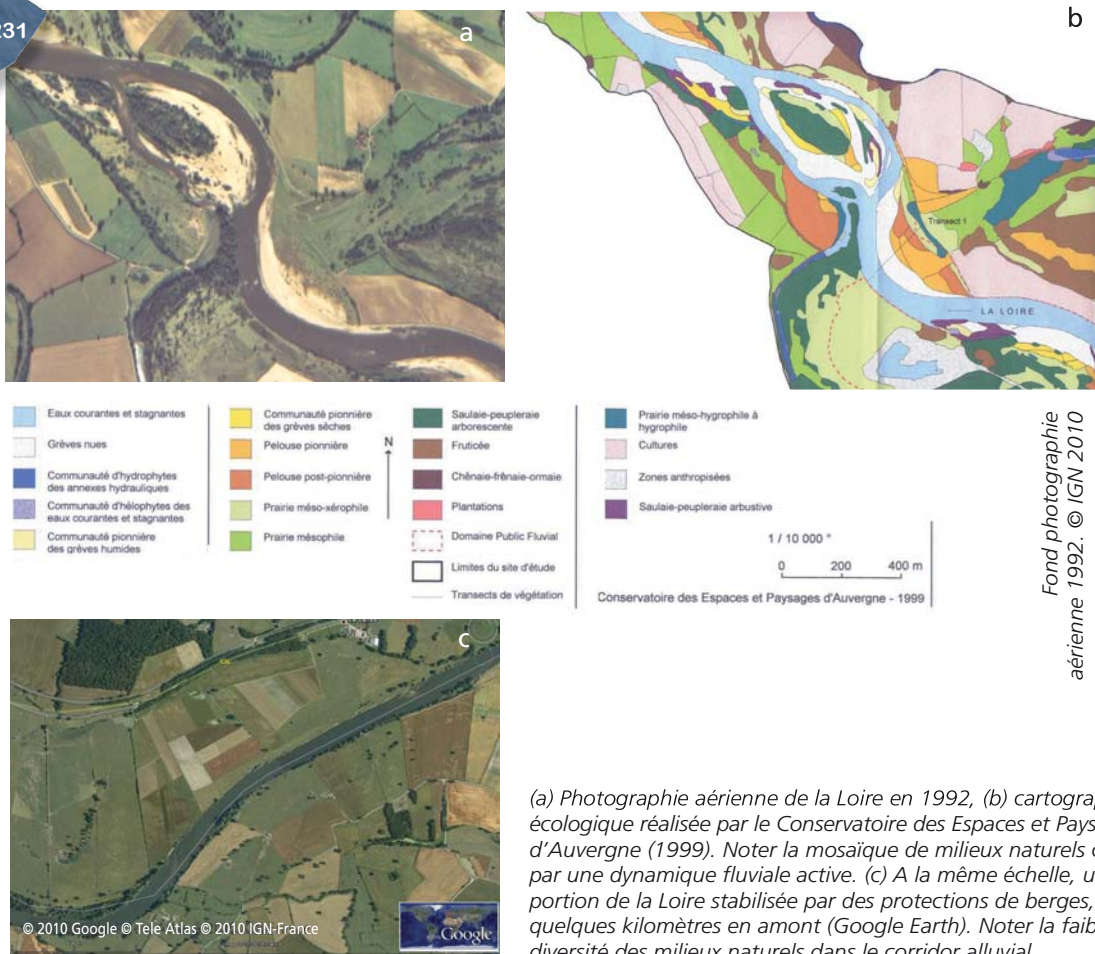
Il est reconnu par toute la communauté des biologistes travaillant sur les hydrosystèmes fluviaux que les processus géodynamiques fluviaux (érosion des berges, transport et dépôt de la charge alluviale, arrachage régulier des végétaux se développant dans le lit moyen) sont à l'origine de milieux naturels à fort potentiel écologique, notamment au niveau du lit mineur, de la bande active et du corridor fluvial.

Nous présenterons deux exemples du rôle architectonique de la dynamique fluviale vis à vis des milieux naturels du corridor.

La mosaïque des milieux naturels

Le rôle des processus géodynamiques est clairement identifiable sur les figures ci-dessous. Plus la rivière est dynamique, plus les milieux naturels du corridor fluvial sont variés et écologiquement riches. Inversement, la même rivière stabilisée révèle des milieux peu variés et à faible potentiel écologique. La **préservation de la dynamique fluviale, notamment par la mise en œuvre du concept d'espace de mobilité**, est l'une des conditions indispensable, à l'atteinte d'un état écologique satisfaisant.

Figure 231



(a) Photographie aérienne de la Loire en 1992, (b) cartographie écologique réalisée par le Conservatoire des Espaces et Paysages d'Auvergne (1999). *Noter la mosaïque de milieux naturels créés par une dynamique fluviale active.* (c) A la même échelle, une portion de la Loire stabilisée par des protections de berges, quelques kilomètres en amont (Google Earth). *Noter la faible diversité des milieux naturels dans le corridor alluvial.*

Les bras morts ou annexes hydrauliques

Les processus géodynamiques d'érosion latérale entraînent le recouplement régulier des méandres. Ceux-ci deviennent alors des bras morts (parfois appelés de manière générique « annexes hydrauliques ») nommés selon les régions « lônes », « mortes », « noues », « raies » ou encore « couasnes » et présentant une grande richesse écologique, fonction notamment de leur stade d'évolution.

Cette évolution est généralement liée à des processus naturels : fermeture par l'amont puis par l'aval sous l'effet de dépôts alluvionnaires, comblement progressif par dépôt de matières en suspension et développement de la végétation, d'abord aquatique puis terrestre.

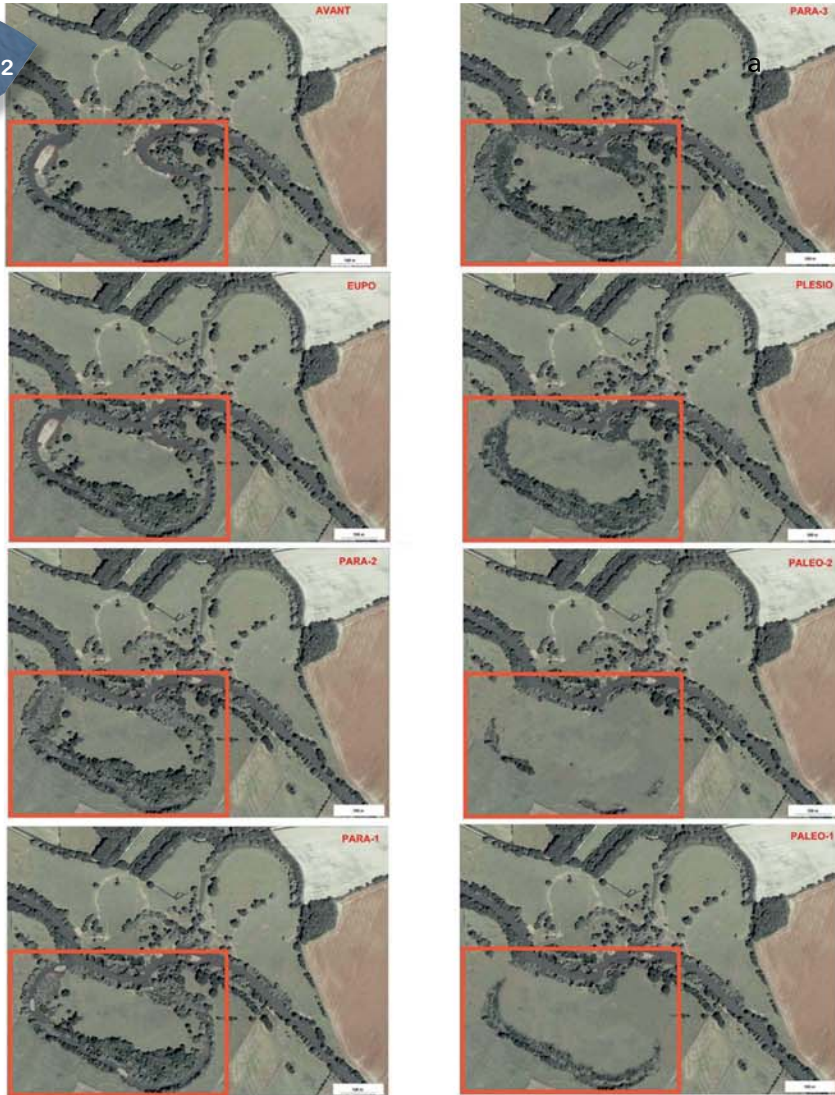
Il arrive cependant que les recouplements soient artificiels (rescindements) et que le comblement et la déconnexion de ces anciens chenaux soient accélérés par des interventions humaines directes (comblement par des matériaux inertes afin de mettre en culture plus rapidement) ou indirectes (incision du lit suite aux extractions, ce qui favorise la déconnexion et accélère le développement végétal et la sédimentation).

Nous avons proposé, sur la base des études de Roux *et al.* (1982) une **typologie des stades d'évolution** de ces bras morts (Malavoi, 2004) dont l'objectif est notamment de les cartographier de manière simple à l'échelle de linéaires importants et d'identifier les « manques » afin de prévoir d'éventuels travaux de restauration. Cette typologie est présentée rapidement ci-après.

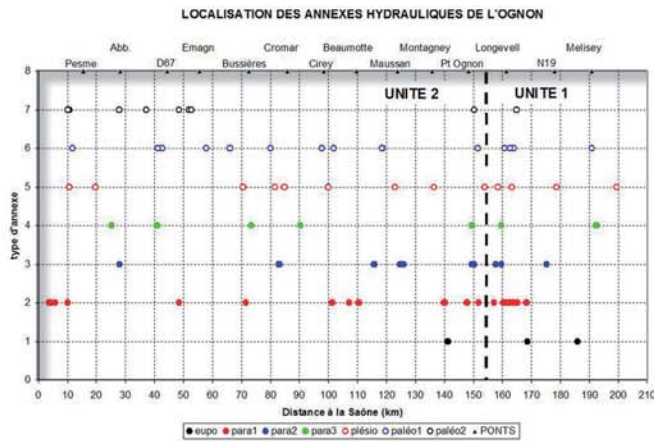
Quatre grands types d'annexes hydrauliques peuvent être identifiés, certains pouvant être déclinés en sous-types. Ils sont présentés ci-dessous dans l'ordre décroissant de leur fréquence de contact avec la rivière :

- Eupotamon (eupo). Le chenal récemment recoupé communique avec le cours d'eau principal par l'aval et par l'amont, quel que soit le débit. Le fonctionnement hydraulique s'apparente un certain temps à celui d'un chenal secondaire ;
- Parapotamon (para). Le bras mort est connecté par l'une de ses extrémités, généralement par l'aval mais ne l'est plus par l'autre ; trois stades évolutifs sont distingués :
 - Para1. connexion par l'aval quel que soit le débit et par l'amont en eaux moyennes,
 - Para2. Connexion par l'aval en eaux moyennes et par l'amont en hautes eaux,
 - Para3. Connexion par l'aval en hautes eaux et par l'amont en crue annuelle ;
- Plésiopotamon (plésio). Pas de connexion nette par l'aval ni par l'amont. Mise en eau lors de la crue annuelle ;
- Paléopotamon (paléo). Le bras mort est complètement séparé du chenal. La mise en eau se produit lors des crues dépassant le débit de « pleins bords » (Q2ans à supérieure). Deux stades évolutifs :
 - Paléo1. Les restes d'un chenal, même très colmaté, sont visibles. Il y a continuité sur une certaine longueur,
 - Paléo2. On n'observe plus que petites dépressions discontinues.

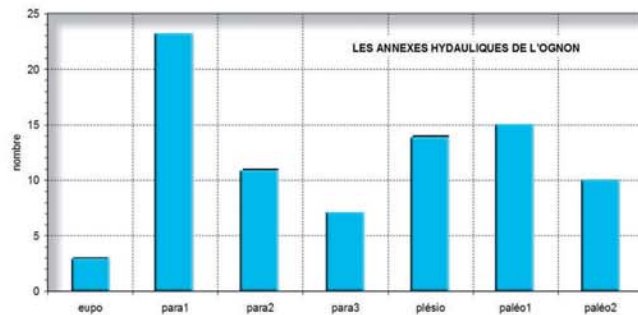
Figure 232



Fond BD ORTHO® 2003. © IGN 2010



b



c

(a) Typologie simplifiée des bras morts (Malavoi, 2004, inspiré de Roux et al., (1982) et Bergen (1992) et (b, c) leur nombre et leur répartition le long de la vallée de l'Ognon (Franche Comté, « photomontage » Malavoi, 2004).

Sur la base de cette typologie simplifiée, un exemple d'analyse des annexes hydrauliques de l'Ognon est présenté ci-dessus. Quarante-seize annexes ont été identifiées sur les 200 km de la vallée de l'Ognon à partir des orthophotoplans de l'IGN, soit en moyenne une tous les 2 km de rivière. Parmi celles-ci treize ont été considérées comme artificielles.

On constate un nombre important d'annexes « actives », c'est-à-dire fréquemment mises en communication avec l'Ognon : les eupotamons ainsi que les parapotamons représentent plus de 50 % du total, dont 27 % pour les parapotamons 1, les plus fréquemment connectés avec les eupotamons. Les annexes « anciennes », plus ou moins colmatées, constituent les 50 % restants.

A ces différents stades d'évolution des annexes sont associés différents types de peuplements biologiques, tant au niveau des végétaux que des animaux, terrestres ou aquatiques. C'est pourquoi **il est important, du point de vue du fonctionnement global de l'hydrosystème et particulièrement du corridor fluvial, de préserver voire de restaurer la gamme la plus complète de stades d'évolution des bras morts.**





Echelle du lit mineur

Les faciès d'écoulement

Les processus hydromorphologiques d'érosion du fond et des berges, de transport et dépôt de la charge alluviale sont, nous l'avons vu, à l'origine de **faciès d'écoulement**, souvent considérés comme des **méso-habitats** pour les biocénoses aquatiques.

Les biologistes sont capables d'affecter aux différents types de faciès des types de peuplements hydrobiologiques. Certaines espèces de poissons par exemple ne vont se développer que dans un seul type de faciès (ainsi la perche fluviatile, poisson pélagique qui affectionne les zones profondes à courant lent, se cantonnera aux faciès mouilles ou chenaux lenticques). D'autres vont avoir besoin de deux ou trois types de faciès différents dans leur territoire (c'est le cas du barbeau fluviatile qui se déplace au cours de la journée entre les faciès plats et radiers où il se nourrit, et les faciès mouilles ou chenaux lenticques où il se repose). D'autres enfin ont un besoin impératif d'un type de faciès particulier pour accomplir une phase majeure de leur cycle vital qui est la reproduction (la truite fario qui installe ses frayères sur des têtes de radier à granulométrie moyenne).

Sans entrer dans le détail de la genèse des faciès d'écoulement et de leur répartition à l'échelle d'un cours d'eau (Malavoi, 1989 ; Malavoi et Souchon, 2002), il est aisé de comprendre que plus les processus géodynamiques naturels (érosion, transport solide) et les caractéristiques hydromorphologiques (sinuosité du lit, géométrie en travers adaptée) des cours d'eau sont préservés, plus les faciès d'écoulement sont diversifiés et plus la faune et la flore aquatiques le sont aussi (figure 233).

Une simple illustration photographique permet de saisir par exemple le rôle d'un tracé sinueux ou méandrique dans la genèse des alternances de faciès (figure 233a).

Si le lit est sinueux, les processus hydrodynamiques et les courants turbulents se traduisent par des alternances de creux (les mouilles), de bosses (les radiers, notamment au droit des points d'inflexion entre deux sinuosités), de zones planes (les plats), etc. (figure 233b).

Inversement, si le lit a été rectifié, et si le transport solide de fond est faible, le seul faciès qui se développe est le plat, courant ou lenticque, présentant des caractéristiques de vitesse, profondeur, substrat extrêmement homogènes, et par conséquent des peuplements biologiques très peu diversifiés. Cette uniformisation artificielle des faciès est aussi souvent liée à la présence de seuils ou barrages qui créent des plans d'eau à leur amont, en lieu et place des alternances naturelles de faciès (figure 233d).

Figure 233



a



b



c



d

a- b- c- d- © J.R. Malavoi

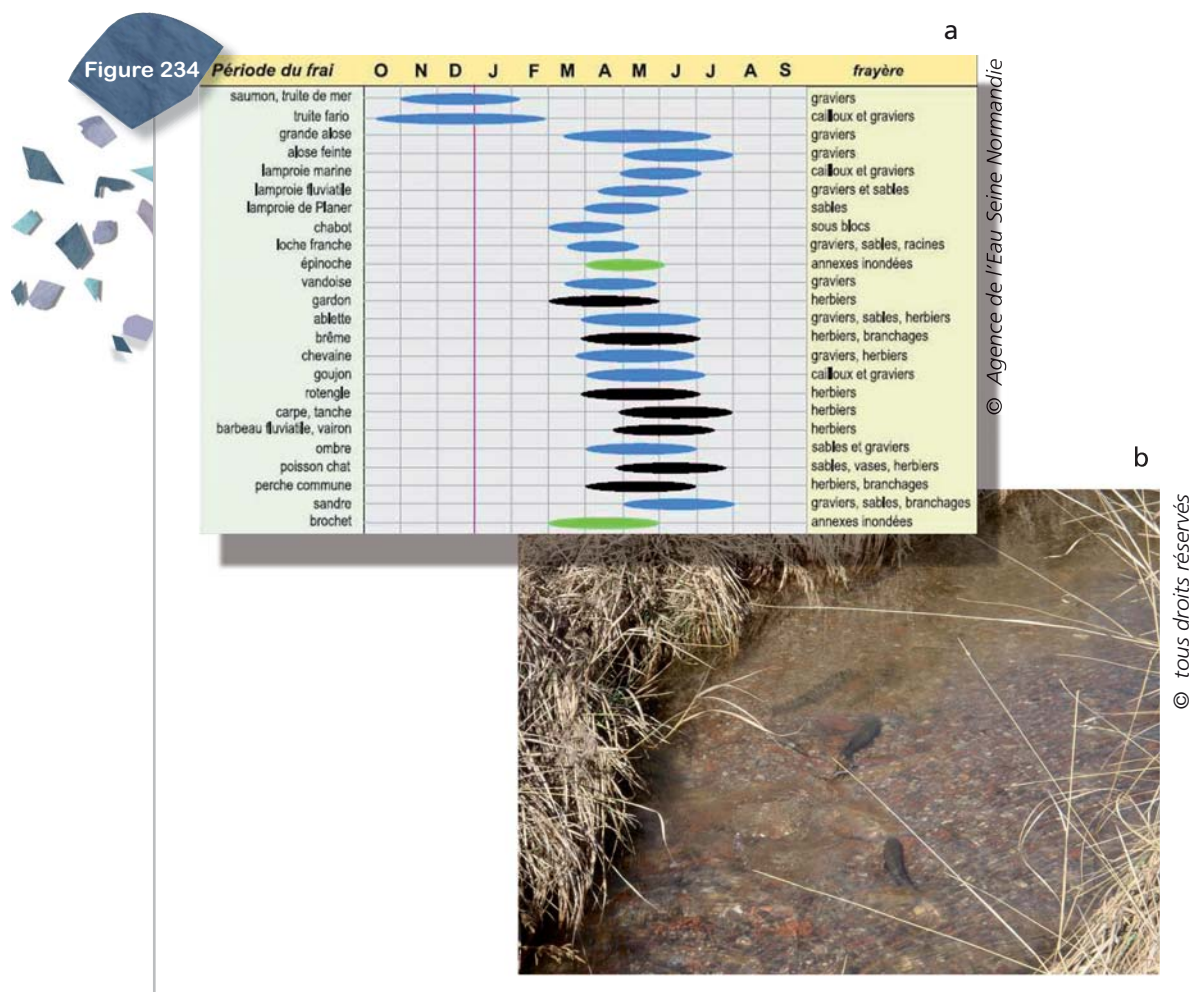
Deux exemples d'altérations majeures des faciès d'écoulement naturels. (a, b) alternance de faciès radiers, plats courants, mouilles dans un tronçon naturel et faciès plat homogène dans un tronçon totalement chenalisé. (c, d) Séquence de faciès radiers, plats, mouilles dans un tronçon naturel et, immédiatement en amont, faciès chenal lentique sur plus d'1 km calé par un seuil de moulin.

Le substrat alluvial comme habitat de reproduction des poissons

Outre la création et le rajeunissement permanent de faciès d'écoulement diversifiés, garants d'une biodiversité maximale, les processus géodynamiques, et particulièrement le transport solide, sont à l'origine d'habitats particuliers pour les biocénoses piscicoles : les **zones de fraie**.

En effet de nombreuses espèces de poissons se reproduisent soit exclusivement, soit en priorité, dans des substrats alluviaux de granulométrie variée. Il est donc indispensable que la fourniture en charge solide de fond et les processus de transport soient garantis pour que ces espèces puissent continuer à effectuer cette partie de leur cycle vital dans un cours d'eau.

La figure ci-dessous présente une synthèse des habitats de reproduction de diverses espèces de poissons.



(a) Synthèse des habitats de reproduction de diverses espèces de poissons européens. En bleu, les espèces strictement ou en grande partie liées pour leur reproduction aux substrats alluviaux, en vert celles se reproduisant préférentiellement dans les bras morts. (b) Quelques truites sur une frayère.

