

# Protocole pour décrire la végétation et l'environnement des cours d'eau.

## Avant-propos

Après une introduction sur quelques aspects de l'écologie des ruisseaux, ce texte s'intéresse à la manière de décrire la végétation et l'environnement de ces écosystèmes afin de définir, à diverses échelles, des groupements végétaux mis en relation avec les caractéristiques de leur environnement. Nous avons appelé cette approche « analyse multiscalaire des motifs » (BOUXIN, 2008). Le lecteur qui voudra se renseigner de manière approfondie consultera les ouvrages de ALLAN (1995), BRAVARD & PETIT (2000), DUPONT (1998) et HAUER & LAMBERTI (1996).

Avant d'entreprendre l'étude d'une rivière, il importe d'examiner l'ensemble du bassin versant, à partir de photos aériennes et de cartes détaillées. Va-t-on étudier l'ensemble des cours d'eau de manière exhaustive ou au contraire définir un plan d'échantillonnage ? Le choix est évidemment fonction de la taille du bassin versant et du temps disponible.

Quelles composantes de la biocénose va-t-on recenser ? Ne considère-t-on que les plantes vasculaires ou fait-on aussi la liste des Bryophytes et des algues ? Parmi les algues, ne considère-t-on que les algues filamenteuses benthiques ou encore les diatomées et autres algues unicellulaires ?

Jusqu'où va-t-on décrire le milieu ? Va-t-on, par exemple, décrire de manière visuelle les caractéristiques du substrat meuble du lit mineur ou procéder à des analyses granulométriques approfondies ? Va-t-on procéder à des analyses chimiques de la qualité de l'eau ? Combien d'échantillons d'eau va-t-on prélever ? Avec quelle fréquence dans le temps ?

Le présent travail porte sur la description du lit majeur, délimité par le sommet de la berge et la végétation ligneuse qu'il porte. La végétation comprend :

- les Anthophytes, les Ptéridophytes et les Bryophytes des lits mineur et majeur ;
- Les Algues filamenteuses du lit mineur.

Les algues unicellulaires et les autres espèces non filamenteuses ne sont pas considérées car leur prise en compte nécessiterait l'intervention de toute une équipe.

La présentation des principales espèces végétales rencontrées fait l'objet de textes séparés.

Le protocole présenté convient principalement pour des ruisseaux d'Europe occidentale et est adapté à des bassins versants de petite taille, de l'ordre de 100 à 500 km<sup>2</sup>.

## **Introduction**

Un **bassin versant** ou **bassin hydrographique** est l'aire drainée par un ruisseau et ses affluents ; il est délimité par des lignes de crête (GODEAUX, 2001). Il est en contact avec un **bassin hydrogéologique** qui est un domaine aquifère, simple ou complexe, dans lequel les eaux souterraines s'écoulent vers un même exutoire ; il est délimité par une ligne de partage des eaux souterraines. C'est l'homologue souterrain du bassin versant pour les eaux de surface, auquel il ne se superpose pas nécessairement (BIRON *et al.* 2001). Un cours d'eau, quelle que soit son importance, fait partie d'un bassin versant et est susceptible d'être influencé par un bassin hydrogéologique. Toute étude de ruisseau doit en tenir compte.

La quantité d'eau coulant dans le cours est mieux comprise quand on examine le cycle de l'eau. Il faut tenir compte des **précipitations**, de l'**évaporation**, de l'**évapotranspiration**, du ruissellement, du drainage et de la percolation. Dans beaucoup de cas, il faut encore ajouter l'impact des eaux résiduelles de l'activité humaine, ainsi que les prélèvements divers (par les agriculteurs, par des particuliers, pour les besoins de l'industrie).

## Vallées, rivières et habitats

Un bassin hydrographique se compose donc de deux unités : les **collines** et les **vallées**. Le profil de la rivière comprend : le lit mineur de la rivière, la plaine alluviale ou lit majeur, la plaine alluviale abandonnée ou terrasse et la pente de colline (figure 1). Le cours d'eau et la zone inondable constituent le lit majeur.

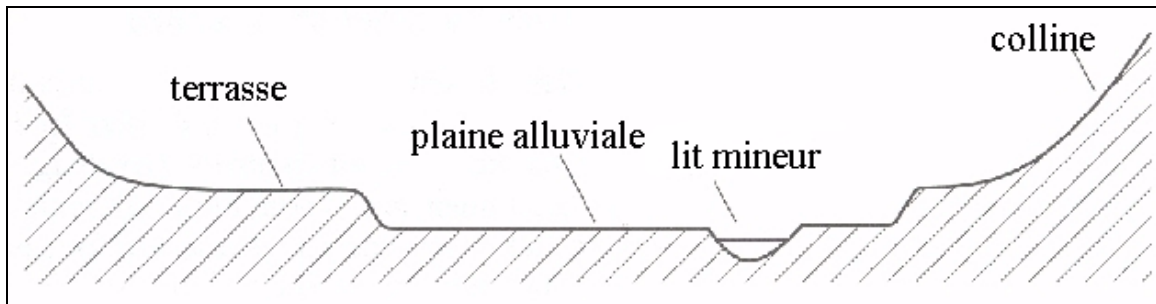


Figure 1. Coupe transversale dans une vallée (d'après ALLAN, 1995).

La berge (figure 2) est la portion de terrain qui limite tout cours d'eau, elle est subdivisée en talus et pied de talus. La limite inférieure de la berge est le point le plus bas du pied (fond du lit) ; la limite supérieure étant le point le plus haut du talus au-delà duquel on considère la plaine alluviale. La berge est souvent regardée comme une zone de transition entre le milieu aquatique et le milieu terrestre. C'est surtout une zone où les conditions de vie sont variables.

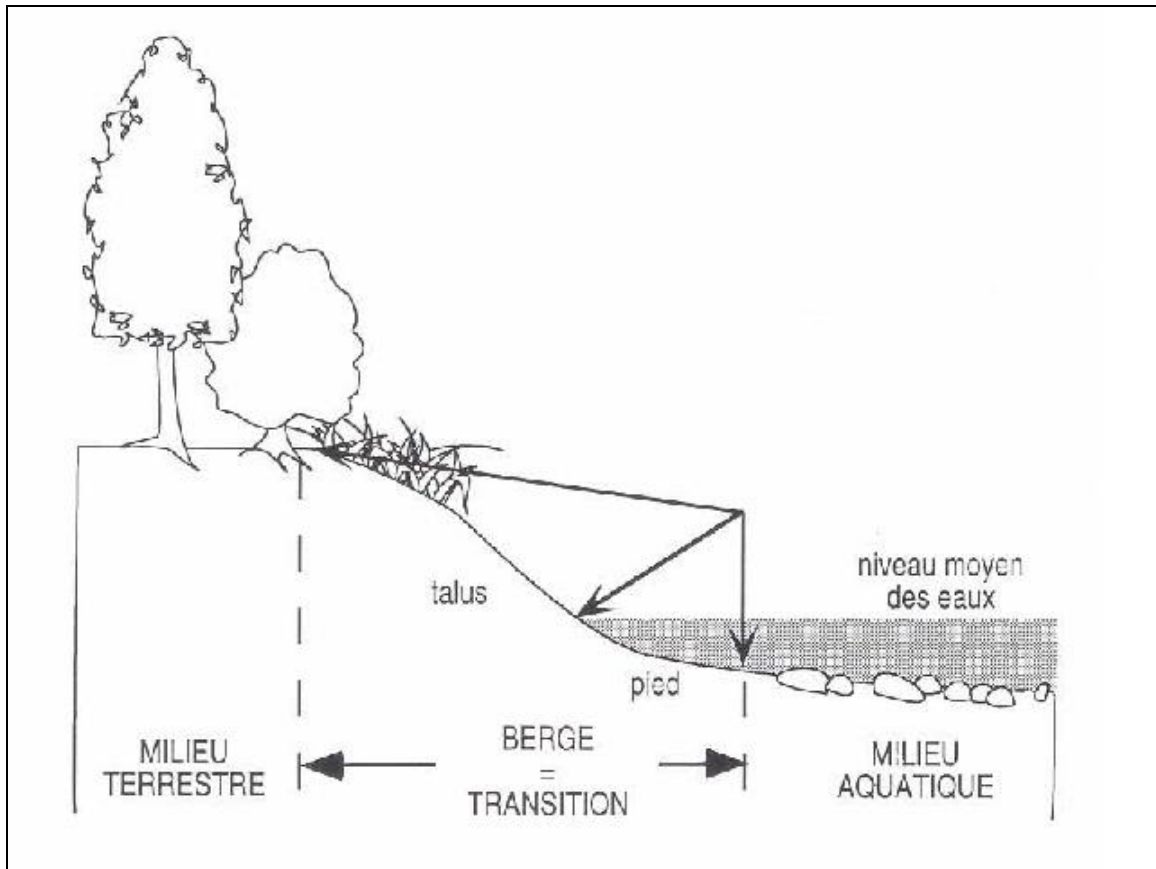


Figure 2. Coupe transversale dans un cours d'eau (d'après VERNIERS, 1995).

Trois catégories de vallée existent (HAUER & LAMBERTI, 1996), sur base des types dominants d'apport de sédiments et de processus de transport (le terme de sédiment inclut les particules inorganiques, petites ou grandes, érodées des collines) :

- La vallée colluviale.

Les vallées colluviales sont occupées par des colluvions, c'est-à-dire des sédiments et matières organiques apportées des collines par gravité. Ceci concerne les têtes de ruisseaux mais aussi les vallées colluviales qui peuvent être occasionnellement encombrées de colluvions pendant des périodes de forte pluviosité. Certaines têtes de ruisseau ne sont traversées par aucun chenal mais elles sont toutefois fort humides pendant certaines périodes de l'année et sont occupées par des macrophytes. Juste en aval, apparaît un filet d'eau. Parfois, c'est la totalité de la vallée colluviale qui est traversée par un petit cours d'eau ; le débit y est faible et irrégulier ou intermittent.

La pente est élevée, supérieure à 20 %. Le lit mineur est souvent encombré de blocs et de débris ligneux importants.

- La vallée alluviale.

La vallée alluviale est alimentée en sédiments venant de l'amont ; la capacité de transport de sédiment est insuffisante pour éroder le lit de la vallée jusqu'à la roche-mère. C'est le type le plus commun de vallée ; avec une grande variété de types, dépendant du degré de confinement de la vallée, de la géologie et des processus d'érosion et du régime de débit.

- La vallée rocheuse.

Les vallées rocheuses se remplissent très peu de matériaux divers et présentent des chenaux confinés, manquant de lit majeur. La capacité de transport du cours d'eau est suffisante que pour éviter tout dépôt de sédiments. Les seuls freins à l'écoulement de l'eau proviennent de la nature du lit et de la berge.

Au sein d'un bassin versant, le lit mineur croît en taille et en complexité vers l'aval. HORTON (1945) a développé un système de classification numérique, modifié par STRAHLER (1964). Les plus petits cours d'eau coulant de manière permanente, sont dits de premier ordre. La réunion de deux ruisselets d'ordre  $n$  crée un cours d'eau d'ordre  $n + 1$  (figure 3). Cela produit un système pratique dans lequel la rivière augmente en ordre en même temps qu'elle augmente en taille. En plus de sa simplicité, l'ordre des ruisseaux est corrélé avec d'autres caractéristiques du bassin versant. Il est aussi corrélé avec l'aire du bassin versant, la pente du cours d'eau et le relief du bassin. Il y a habituellement trois à quatre fois plus de cours d'eau d'ordre  $n - 1$  que d'ordre  $n$ . Cette technique est la plus couramment adoptée de nos jours (BRAVARD & PETIT, 2000).

Un grand bassin versant se compose de plusieurs sous-bassins versants.

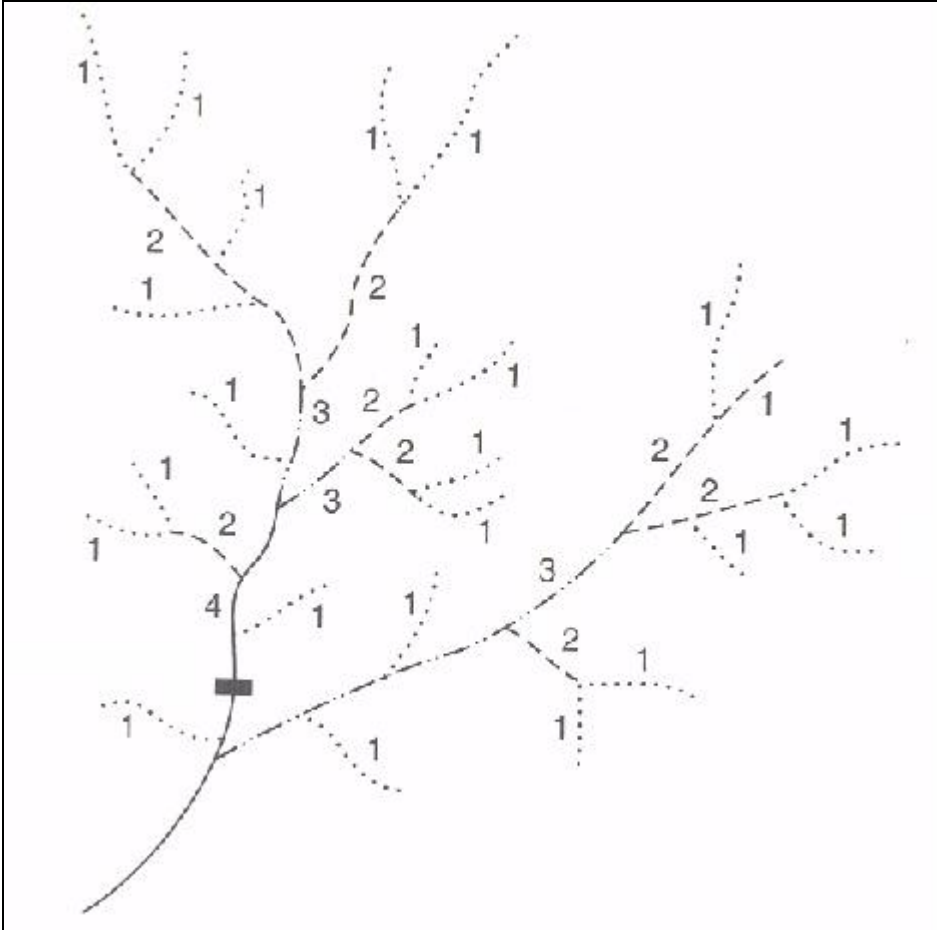


Figure 3. Ordre des ruisseaux (d'après ALLAN, 1995).

La capacité érosive augmente généralement avec la taille du cours d'eau. Les blocs, cailloux, sables et limons sont transportés d'un tronçon de ruisseau vers un autre en fonction du débit et de la géomorphologie de la vallée.

Les **types de lit d'un cours** d'eau sont définis par des associations relativement homogènes de caractéristiques topographiques et d'unités géomorphologiques, qui les distinguent des lits adjacents (HAUER & LAMBERTI, 1996). Les vallées colluviales et rocheuses ne possèdent qu'un seul type de lit. Les vallées alluviales possèdent plusieurs types.

- Les lits en cascade présentent de nombreuses chutes d'eau, des gros blocs et des poches d'eau plus calmes où s'accumulent de fins sédiments.

La pente est généralement comprise entre 8 et 30 %. L'eau est ralentie par de gros blocs et la berge.

- Les lits en marches-cuvettes (*step-pool*) présentent une alternance de zones où des accumulations de blocs et des zones avec des cuvettes dont le substrat est moins grossier, constitué de cailloux (Photo 1). Ces lits tendent à être droits, en forte pente, avec un substrat grossier et une largeur réduite. La mesure de l'espacement entre marches et cuvettes est comprise entre une et quatre fois la largeur du cours. La pente est comprise entre 4 et 8 % ; l'eau est ralentie par la forme du lit, la présence de blocs, de débris ligneux importants et par les berges.

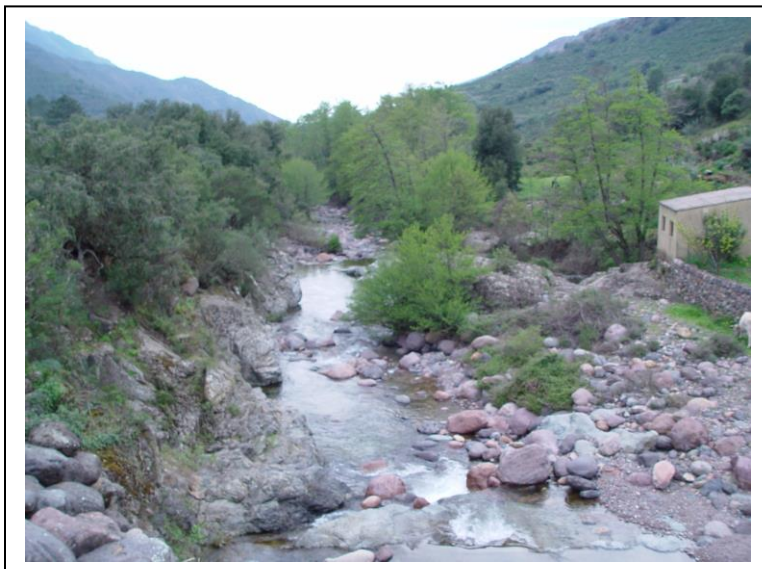


Photo1. Lit en marches-cuvettes. Vallée du Fangu à Montestremu (Corse). Avril 2004.

- Les lits plans (*plane-bed*) n'ont pas de profil longitudinal en marches et cuvettes et sont caractérisés par de longs chenaux, relativement droits et de profondeur uniforme. La pente est comprise entre 1 et 4 %. Le fond est principalement constitué de cailloux et graviers. La présence de quelques blocs, de cailloux et la berge sont les éléments intervenant dans la rugosité du cours d'eau.
- Les lits en cuvettes-seuils (*pool-riffle*) sont le plus souvent associées à des cours d'eau de taille petite à moyenne ; ce type est dominant dans les vallées alluviales de pente faible à modérée (entre 0,1 et 2 %) et est caractérisé par un plafond ondulant, formant

seuils et cuvettes associés à des bancs de gravier (photo 2). Ici, le chenal du ruisseau est souvent sinueux. Ce type de lit se forme naturellement dans les chenaux alluviaux contenant un substrat fin à moyen. La séquence - creux, seuil, banc - se répète tous les cinq à sept largeurs de lit mineur. La forme du lit, la présence de blocs et cailloux, de débris ligneux importants, la sinuosité et la berge contrôlent l'écoulement de l'eau.



Photo 2. Lit en cuvettes-seuils. Vallée de la Valserine à Lélex (Ain, France). Vue vers l'amont et vue vers l'aval. Juillet 2006.

- Les lits à faible pente (*regime*) consistent en chenaux formant des méandres, à pente à pente inférieure à 0,1 %, avec le sable comme substrat dominant, bien que l'on puisse en rencontrer dans des ruisseaux avec un lit de gravier ou de blocs-cailloux. Ce type de lit apparaît dans les cours d'eau d'ordre élevé.
- Les lits de tressage (*braided*) se rencontrent également dans les ruisseaux d'ordre élevé et sont caractérisés par de nombreux bancs de gravier et de sable dispersés dans le lit

mineur. Ils partagent plusieurs caractéristiques avec les lits à faible pente : substrat principalement composé de sable et gravier, berges facilement érodées, transport continu de sédiments. C'est la forme du lit qui est ici le principal frein au courant.

Parmi les types de lit, on définit des **unités géomorphologiques des chenaux** ou **unités des chenaux** ou **types d'habitat** (HAUER & LAMBERTI, 1996). Ce sont des aires relativement homogènes des chenaux qui diffèrent des autres par leur profondeur, leur vitesse de courant et leurs caractéristiques du substrat. On distingue trois niveaux :

Niveau 1.

On reconnaît les zones à courant rapide et les zones calmes.

Niveau 2

Parmi les zones à courant rapide, on sépare les zones turbulentes et les zones non turbulentes. Parmi les zones calmes, on distingue celles qui résultent d'une cuvette dans le cours par lessivage et celles qui résultent d'une accumulation d'eau suite à un obstacle au courant. Les zones calmes en cuvette naturelle ne peuvent se former que si le débit permet la mobilisation de substrat de taille particulière ; les zones calmes de barrage se forment en toute condition.

Niveau 3. Ce niveau subdivise chacune des unités de niveau 2 en fonction des caractéristiques hydrauliques et des structures ou processus responsables des types d'habitat.

Parmi les **eaux rapides turbulentes**, on reconnaît :

- les chutes sont des mouvements d'eau verticaux, suite à une obstruction complète du flux d'eau, avec des sauts hydrauliques suffisants que pour former des bulles d'air dans l'eau et lui donner un aspect blanchâtre ; on les trouve dans les lits rocheux, en cascade et en marche-cuvette ;
- les unités en cascade consistent en séries hautement turbulentes de petites chutes et de petits bassins creux ; ce sont les caractéristiques dominantes des lits rocheux et en cascade ;

- les unités en toboggan sont typiquement étroites, formant une entaille profonde dans le lit rocheux ; elles sont communes dans les tronçons à lit rocheux et se retrouvent aussi dans les lits en cascade et en en marche-cuvette ;
- les rapides sont des unités avec substrat grossier, mais contrairement aux cascades, possèdent un profil longitudinal continu ; les rapides constituent l'unité de courant rapide dominante dans les lits de type plan.
- les zones battues (*riffles*) constituent le type le plus commun d'eau rapide turbulente, des chenaux alluviaux en faible pente (< 3 %) et se rencontrent dans les lit de type plan, en marche-cuvette, à faible pente et de tressage ; le substrat de ce type est plus fin que dans les autres types d'eau turbulente ; l'abondance relative d'eau « blanche » est aussi réduite.

Parmi les **eaux rapides non turbulentes**, on reconnaît :

- les unités de chenal en feuille quand l'eau peu profonde s'écoule uniformément sur un lit rocheux ; on les trouve dans les lits de type rocheux, en cascade ou en marche-cuvette ;
- les unités de chenal en coulée (*run*) sont des unités d'eau rapide de pente faible, avec typiquement un substrat composé de sable à cailloux ; leur aspect est non turbulent à cause de la petite taille des éléments constitutifs du substrat ; les « *runs* » sont communs dans les lits en marche-cuvette, à faible pente et de tressage. La vitesse de courant est la plus faible parmi les unités de courant rapide.

Parmi les **eaux lentes calmes avec cuvette de balayage** (*scour*), on reconnaît :

- les cuvettes de tourbillons (*eddy pool*) sont formées par l'action de balayage des tourbillons derrière d'importantes obstructions de courant le long du bord d'un ruisseau ;
- les cuvettes en tranchées (*trench pool*) sont souvent localisées dans des cours fortement retenus, dominés par un lit rocheux. Leur section est en U et elles possèdent des berges presque verticales, hautement résistantes.
- Les cuvettes de milieu de chenal (*mid-channel pools*) sont formées par un rétrécissement du courant qui focalise l'érosion le long de l'axe principal au milieu

du cours d'eau. Ce type d'eau lente est très commun dans les lits en cascade, en marche-cuvette et en cuvette-seuil. Ce type peut être créé par les montants d'un pont ou par de gros blocs ou encore de gros débris.

- Les cuvettes de convergence (*convergence pools*) quand se rencontrent deux rivières de taille à peu près semblable. Ce type existe dans tout type de vallée alluviale.
- Les cuvettes de balayage latéral (*lateral scour pools*) s'observent quand le cours d'eau rencontre une berge résistante ou tout autre résistance au flux d'eau près du bord du ruisseau. L'eau y est la plus profonde et la moins profonde de l'autre côté du cours d'eau. Ce type est très commun dans les tronçons en marche-cuvette, en cuvette-seuil, à pente faible et en de tressage.
- Les cuvettes de plongeon (*plunge pools*) sont formées par une chute d'eau suite à un obstacle barrant la totalité du cours, situé en tête de cette cuvette.

**Les cuvettes de barrage** sont créées par l'accumulation d'eau en amont d'un obstacle. Certaines sont formées par l'accumulation d'importants débris végétaux, par un mélange de débris végétaux et d'éléments minéraux ou encore suite à un glissement de terrain provenant de collines adjacentes. Parmi les zones calmes se trouvent aussi des cuvettes d'eau arrêtée (*backwater pools*) le long de la berge d'un cours principal à l'entrée d'un chenal de plaine alluviale obstrué ; l'eau y tourne lentement de manière circulaire. On trouve encore les cuvettes de chenaux abandonnés, coupés du cours principal.

## La diversité des rivières

La caractéristique principale d'une rivière est sa grande diversité (DUPONT, 1998). Tous les paramètres qui la caractérisent varient en effet fortement tout au long de son cours. La profondeur de l'eau, la vitesse du courant, la nature du substrat et la pente du lit constituent un ensemble d'éléments variables, liés les uns aux autres.

Dans un cours d'eau sinueux, la masse liquide se déplace tantôt vers une rive avec érosion de ce même côté, et ensuite vers l'autre avec érosion correspondante (DUPONT,

1998). Cette situation crée une **sinuosité** horizontale (figure 4) du cours, alors qu'en vue de profil en long, l'alternance des faibles et des grandes profondeurs donne également un mouvement ondulatoire dont la périodicité est cependant irrégulière et fonction des conditions locales du terrain (figure 5). Dans les cours supérieurs des rivières, à pente généralement plus forte, la **périodicité** est plus courte, les seuils et rapides se succédant parfois à intervalles de quelques mètres seulement. Dans les rivières plus larges et moins pentues (zone à barbeau), la période de retour des seuils se mesure en dizaines, voire centaines de mètres. L'**asymétrie** est également une caractéristique majeure des rivières. Elle se manifeste principalement dans le profil transversal de la rivière (figures 6 et 7) et détermine une diversité de milieu plus étendue qu'un écoulement homogène et symétrique.

La sinuosité horizontale est une caractéristique générale utile à mesurer (ALLAN, 1995). L'index de sinuosité est égal à :

$$SI = \text{longueur du chenal (thalweg)} / \text{longueur en ligne droite.}$$

La formation de méandres est définie arbitrairement comme un degré extrême de sinuosité avec un index de sinuosité supérieur à 1,5. Les méandres engendrent des zones d'érosion et de dépôt, suite à une variation dans la vitesse du courant.

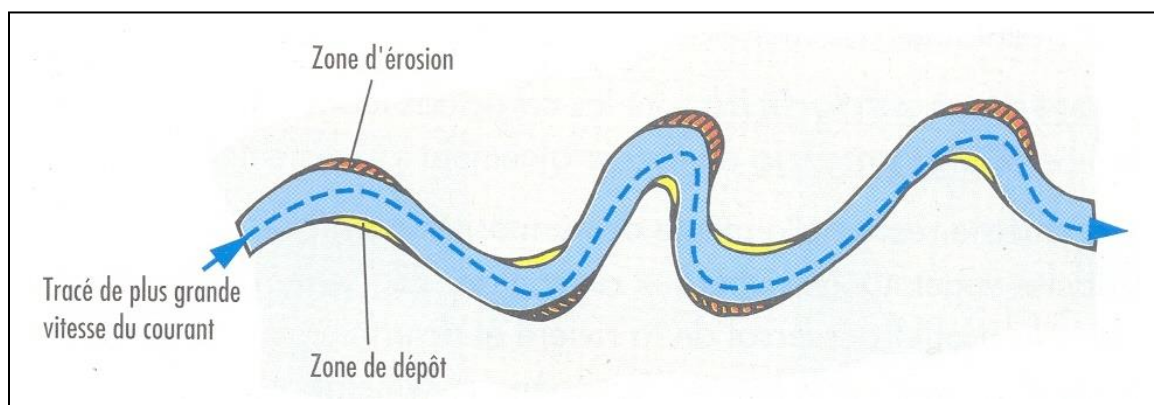


Figure 4. Balancement du cours d'eau d'une rive sur l'autre ce qui détermine un tracé sinueux avec dans chaque méandre une zone d'érosion en rive concave et une zone de dépôt en rive convexe. D'après DUPONT (1998).

La sinuosité est aussi verticale (figure 5).

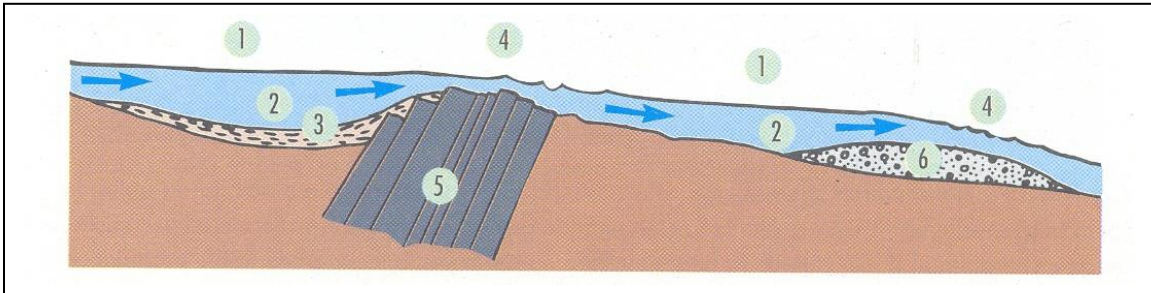


Figure 5. Sinuosité verticale du cours de l'eau, alternant des passages avec pente hydraulique faible (1) et profondeur importante (2) où les sédiments fins s'accablent, et passages à pente hydraulique plus forte (4), cours rapide et turbulent, avec faible profondeur par suite de la présence d'un seuil formé soit de roche mère en place (5) soit d'un banc de galets (6). D'après DUPONT (1998).

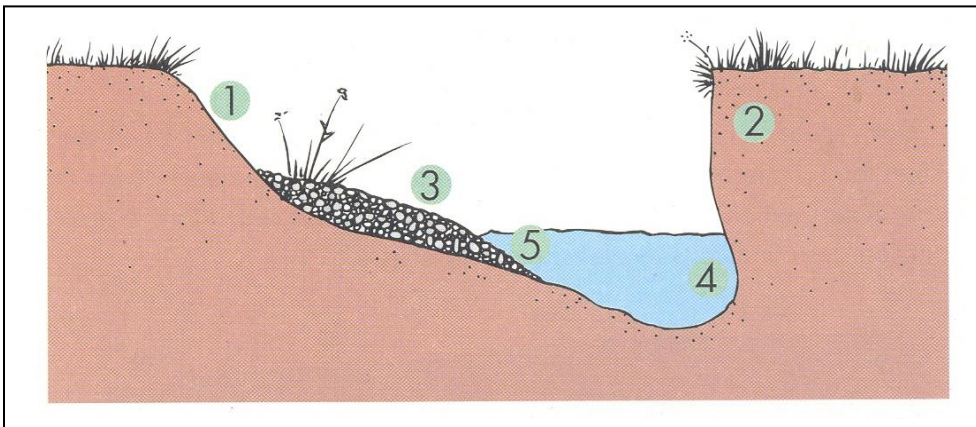


Figure 6. Profil transversal asymétrique : d'un côté (1) la berge est inclinée de  $45^\circ$  tandis qu'en face (2) la berge verticale en terre présente une érosion de pied et une grande profondeur avec cache sous berge en surplomb (4). Du côté de la berge inclinée au contraire, une plage de faible profondeur (5) s'étend sur un banc de graviers et galets (3) au sommet duquel s'installe une végétation palustre. D'après DUPONT (1998).

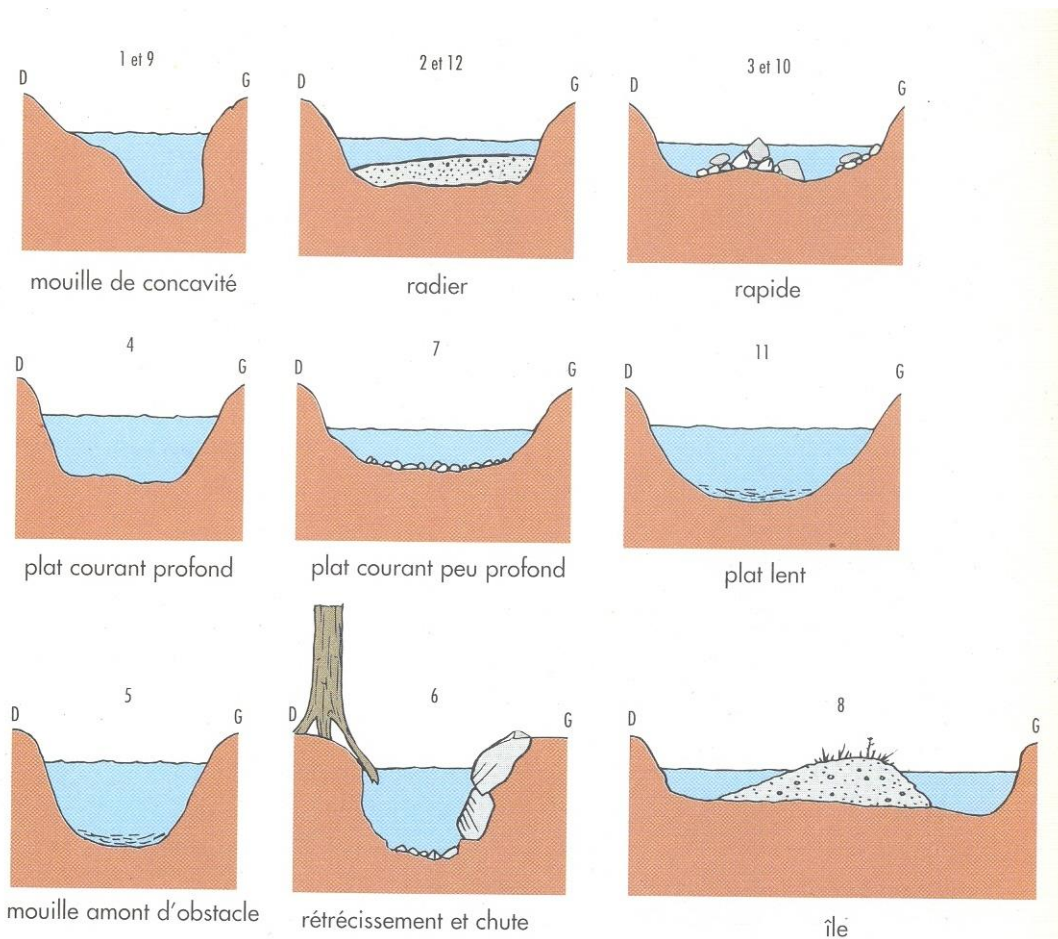


Figure 7. Quelques profils transversaux dans les zones à Ombre et à Barbeau. D'après DUPONT (1998).

Ces trois caractéristiques, à elles seules, justifient pleinement le choix d'une technique multiscalaire des motifs pour décrire les relations végétation-milieu et d'une manière plus générale, pour comprendre le fonctionnement de ces écosystèmes ;

La diversité s'exprime de diverses manières suivant l'importance de la rivière (DUPONT, 1998). Elle se traduit par :

- des cascades, élément déterminant des petits cours d'eau à forte pente ; le travail d'érosion important crée un profond turbulent encore appelé « chaudron » ou « baignoire ; vers l'amont, il y a une cavité horizontale et vers l'aval un lit de graviers ;

- des surplombs, des sous-berges résultant de l'action de l'érosion sous l'enracinement de la végétation rivulaire ;
- les gouffres, dus à l'érosion dans la cavité d'un méandre ou à une chute ;
- les radiers (faciès rapide et turbulent) sont des faciès à pente faible, (par exemple au sommet d'un banc de graviers), peu profond ( $H < 30-40$  cm), à vitesse de courant et turbulence modérées ( $< 40$  cm/s) et à substrat de granulométrie indéterminée ; ils sont liés à la présence d'un seuil ; ils marquent la transition entre une cuvette et un rapide et débouchent dans une autre cuvette ;
- les rapides (faciès rapide et turbulent) sont des faciès à forte pente ( $> 4$  %) à écoulement rapide ( $> 40$  cm/s) et très turbulent (eau blanche) à profondeur faible ou moyenne ( $\geq 40$  cm) mais supérieure à celle des radiers et à granulométrie grossière (rochers, blocs, gros cailloux) ; ils débouchent dans un plat ou dans une cuvette ;
- les bancs de gravier et de galets sont submergés lorsque le niveau d'eau est haut et sont découverts en régime estival (photo 3);



Photo 3. Banc de gravier et cailloux le long du Fangu (Corse).

- les mouilles (faciès lent et calme) sont des zones souvent d'extension plutôt réduite, mais présentant localement de grandes profondeurs (au moins 60 cm mais souvent

deux mètres et plus), une vitesse de courant faible ou nulle ( $<20$  cm/s) avec un fond de granulométrie variable (photo 4);

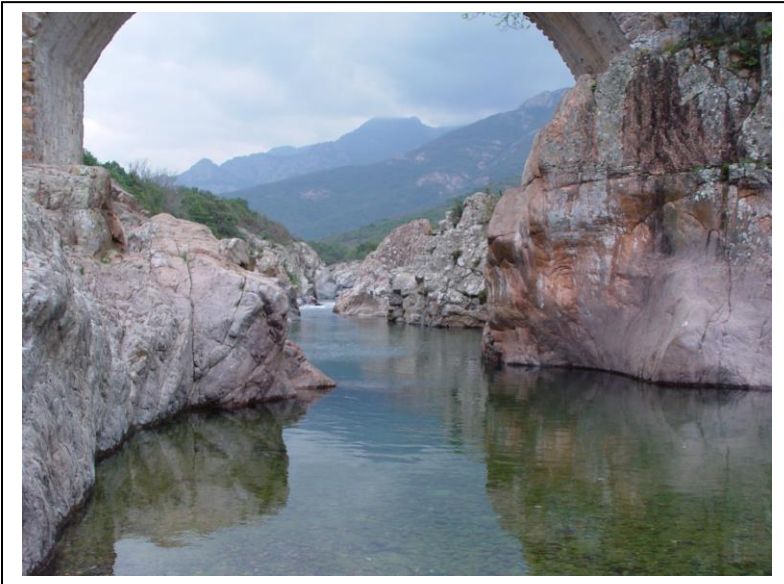


Photo 4. Mouille à Ponte Vecchiu. Vallée du Fangu (Corse).

- les coulées (faciès rapide) ; sont des habitats rapides et profonds (0,5 à 0,9 m) caractérisés par un écoulement turbulent en surface (50 à 150 cl/s) et une faible vitesse de courant à proximité du substrat constitué de galets et de pierres ;
- les zones d'eau morte (faciès stagnant) sont des plages peu profondes isolées du courant principal de la rivière et où l'alimentation en eau se fait uniquement par contre courant avec un taux de renouvellement très faible ;
- les îles, à la différence des bancs de graviers, sont colmatées par des dépôts fins et sont colonisées par la végétation amphibie ;
- les plats (faciès lent et calme) sont des faciès d'écoulement régulier caractérisés par une turbulence minimum et des conditions uniformes sur toute la largeur du bief tant en ce qui concerne la profondeur et la vitesse du courant que la granulométrie du substrat ; on reconnaît les plats courants peu profonds, les plats courants profonds, les plats lents ;
- les barrages déterminent la mouille d'amont, la chute et la réoxygénation qu'elle provoque, le rapide, le plat courant et la mouille d'aval.

# Facteurs physiques importants dans la vie des ruisseaux

## **Le courant**

La vitesse de l'eau et les forces physiques associées représentent probablement le facteur environnemental le plus important affectant les organismes des eaux courantes. La vitesse du courant influence la taille des particules du substrat. Le courant crée une force physique qui s'exerce sur les organismes vivants et certains ne résistent pas à une force trop importante. La quantification du courant dans les petits ruisseaux est difficile, car la vitesse change en fonction du débit et varie très fort d'un point à l'autre de la rivière.

## **Le substrat**

La nature du substrat est liée à la force du courant. Les galets et blocs sont visibles dans une rivière de montagne, tandis que dans une rivière de plaine, le limon et le sable sont plus typique. ALLAN (1995) propose la classification suivante pour le substrat mineral :

Catégorie	Diamètre des particules en mm
<b>bloc</b>	> 256
<b>Caillou</b> grand	128-256
petit	64-128
<b>Galet</b> grand	32-64
petit	16-32
<b>Gravier</b> grossier	8-16
moyen	4-8
fin	2-4
<b>Sable</b> Très grossier	1-2

grossier	0,5-1
moyen	0,25-0,5
fin	0,125-0,25
très fin	0,063-0,125
<b>Vase, limon</b>	< 0,063

DUCHAUFOR (1970) propose le système suivant :

Catégorie	Diamètre des particules en mm
bloc	> 200
caillou	> 20 et < 200
gravier	> 2 et < 20
sable	< 2
argile et limon	<0,05

Au sein du substrat organique, ALLAN (1995) reconnaît :

- les fines particules,
- les particules grossières comme les feuilles d'automne, des morceaux de bois divers,
- le bois vivant submergé,
- la mousse,
- les plantes supérieures.

### ***La température***

La température des eaux courantes est essentiellement variable, au cours de la journée et des saisons. Elle ne sera pas considérée ici.

### **Facteurs chimiques importants dans la vie des ruisseaux**

La plupart des informations suivantes proviennent de DUBOIS *et al.* (2001).  
rivière.

### ***La minéralisation naturelle***

La minéralisation naturelle se l'eau se mesure au moyen de paramètres comme : -  
- la conductivité qui s'exprime en microSiemens par centimètre ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) à une température donnée ;  
- la dureté totale (exprimée en degrés français) et la dureté carbonatée ;  
- le pH qui est le logarithme décimal négatif de la concentration en ions-grammes d'hydrogène par litre de solution aqueuse de sels minéraux.

La composition chimique des eaux s'exprime aussi par les diagrammes ioniques (SYMOENS, 1957), reprenant en compte la concentration, en milliéquivalents par litre, de cations ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) et d'anions ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{--}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ).

La teneur en dioxyde de silicium ( $\text{SiO}_2$ ) est souvent aussi mesurée (en mg/l).

Plus simplement, on classe, en Wallonie, les types naturels d'eau en 5 types :

Type	Alcalinité en mg/l $\text{CaCO}_3$	appellation
1	0 - 5	Eaux acides de tourbières
2	6 - 20	Eaux ardennaises pauvres
3	21 - 50	Eaux ardennaises riches
4	51 - 110	Eaux calcaires pauvres
5	130 - 165	Eaux calcaires riches

On peut aussi créer exprimer le degré de minéralisation de l'eau en créant des modalités en fonction de la conductivité, par classes d'amplitude de  $100 \mu\text{S}/\text{cm}$  à  $20^\circ\text{C}$ , par exemple.

## ***Les formes azotées***

L'azote est un composant essentiel de la matière vivante et joue un rôle important dans les pollutions de type organique. Les formes réduites de l'azote se transforment en nitrite puis en nitrate : ce phénomène de nitrification se produit naturellement dans les rivières où la teneur en oxygène dissous est suffisamment élevée et où la charge en matières organiques est trop faible pour inhiber les bactéries responsables du processus. En eau très polluée, l'évolution peut être bloquée au stade nitrite. Le nitrite et l'ammoniac sont toxiques pour les organismes vivants. Le nitrate n'est pas directement toxique ; il n'y a risque de toxicité que dans des conditions de désoxygénation et conversion en nitrite. La concentration des formes azotées s'exprime respectivement en mg N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l, mg N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>/l et mg N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/l.

## ***Orthophosphates***

Etant données les faibles concentrations en phosphore assimilable dans les eaux naturelles, celui-ci est souvent le facteur limitant de la croissance des végétaux et donc, de la production primaire. Dès lors, tout apport extérieur (notamment effluents domestiques, agricoles et industriels) va entraîner une augmentation de la productivité : c'est l'eutrophisation. C'est ainsi que de hautes teneurs en phosphates sont des indices de pollution. La concentration en phosphore assimilable s'exprime en mg P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>/l.

## ***Saturation en oxygène, demande biologique et chimique en oxygène***

La quantité d'oxygène dissous au moment du prélèvement, comparée à la concentration théorique, fournit une mesure du niveau d'oxygène appelée « pourcentage de saturation en oxygène ». L'eau s'appauvrit en oxygène dissous de deux façons, principalement à la suite de la respiration des organismes mais aussi au cours de la dégradation des matières organiques. La mesure de l'oxygène dissous peut être utilisée pour indiquer le degré de pollution organique, la destruction des substances organiques et le niveau d'autoépuration de l'eau. La demande biologique et la demande chimique en oxygène complètent ce paramètre.

La demande biologique en oxygène (DBO<sub>5</sub>) est l'expression de la quantité d'oxygène nécessaire (en milligrammes par litre) aux bactéries présentes dans un milieu aquatique pour effectuer, à l'obscurité, à 20° C et durant cinq jours. Le taux de dégradation de ces matières est mesuré. Plus la DBO<sub>5</sub> est élevée, plus l'eau est polluée.

La demande chimique en oxygène (DCO) est l'expression de la quantité d'oxygène dissous (en milligrammes par litre) cédée par voie chimique (sans intervention biologique) pour oxyder l'ensemble des substances réductrices présentes dans un milieu. La DCO peut indiquer significativement le degré de pollution globale des eaux.

### ***Pesticides, métaux lourds***

Pesticides, benzènes, hydrocarbures et métaux lourds sont malheureusement des éléments que l'on retrouve dans les eaux de surface et qu'il est utile de surveiller par des analyses chimiques.

## **Protocole de description de la végétation et de l'environnement d'un ruisseau**

### ***Le bassin versant***

Tout d'abord, un maximum d'informations sur la situation géographique (situation géographique, cadre administratif, environnement socio-économique), le cadre physique (climat, géologie, eaux souterraines, contexte pédologique) et les cours d'eau (hydrologie, chimie des eaux, activités humaines).

A partir d'une carte détaillée (à 1 : 10.000 par ex.), de photos aériennes ou autres (fournies par le logiciel Google Earth, par ex.), on mesure aisément l'aire du bassin versant, la longueur du cours principal ainsi que la longueur des affluents. Le rapport entre la longueur totale des cours d'eau et l'aire donne une mesure de l'intensité de

drainage. Les altitudes des sources et des confluences seront également notées, soit au moyen d'un altimètre, soit en examinant les courbes de niveau sur la carte à 1 : 10.000.

En examinant l'ensemble du bassin versant, indiquer l'ordre de chaque portion de ruisseau. Une carte détaillée des cours d'eau est établie. L'ensemble des étangs et autres plans d'eau sont représentés. En effet, ceux-ci peuvent influencer la vie des ruisseaux en y amenant, même de manière temporaire, des espèces peu adaptées aux eaux courantes.

Un plan de description exhaustive ou d'échantillonnage est alors établi. Cette partie est très importante car elle influencera toute la suite du travail.

### ***Les tronçons de rivière et les relevés unitaires***

Comme déjà indiqué, il y a deux manières de décrire la végétation et l'environnement : de manière exhaustive ou au moyen de relevés séparés par des zones non décrites.

La description exhaustive est longue mais possible. Nous l'avons appliquée dans l'étude du bassin versant de la Molinee (BOUXIN, 1999 & 2004). Cela n'est possible que pour des rivières de petite taille.

Dans notre étude sur l'échantillonnage de la végétation par simulation (BOUXIN, 2006), nous sommes arrivés à proposer le schéma suivant : Dans le cadre précis de l'étude de la végétation du lit mineur d'un ruisseau, nous proposons de procéder comme suit :

- On découpe le cours en plusieurs dizaines de strates. La taille des strates définit la finesse de l'analyse ; elle est fonction de la longueur du cours et du temps disponible pour l'étude. Dans l'étude d'un grand fleuve, des strates de un à plusieurs kilomètres sont envisageables. Dans l'étude d'une rivière ne dépassant pas quelques dizaines de kilomètres de long, des strates de 1 kilomètre ou même de 500 mètres sont réalistes. Dans les ruisselets ou tronçons supérieurs de rivières, des strates de 100 mètres sont

recommandées. Cela n'empêche pas l'observation plus fine, voire exhaustive de certaines portions paraissant fortement diversifiées.

- Dans chaque strate, il faut choisir au moins deux sites, un fortement diversifié, le second beaucoup moins. Cela revient souvent à choisir un site bien éclairé et un site ombragé, ou un site à cours rapide et un site à cours lent, ou encore un site à fond constitué de blocs et un autre présentant un substrat plus fin. Tout cela dépend de la diversité de milieu observée. Si les conditions de milieu paraissent assez constantes, le fait de prendre deux sites renforcera la solidité de la description. On augmentera la précision de l'étude en augmentant le nombre de relevés, en prélevant par exemple, un relevé riche, un pauvre et un intermédiaire (BOUXIN, 1991).

En fonction de l'importance du cours d'eau, il est recommandé d'étudier séparément les tronçons d'ordre très différent.

Dans chaque relevé unitaire, la liste des macrophytes est notée. A chaque espèce est associée la relation avec le niveau d'eau (hydrophyte flottant ou espèce enracinée sous le niveau d'eau - noté "e"-, sur la marge - noté "m" -, c'est-à-dire le pied de berge ou encore sur la berge - noté b- et l'abondance - notée "+"). Si les relevés sont petits et visibles dans leur ensemble, on note facilement l'abondance-dominance. Sinon, on peut adopter la technique suivante : l'espèce est considérée comme abondante si son abondance-dominance est supérieure à 1 dans l'échelle de Braun-Blanquet ou si elle forme des populations de densité nettement supérieure à celle observée sur la plus grande partie du cours. Il est important que la présence d'une espèce dans le courant, sur la marge ou la berge soit précisée car ses relations avec l'environnement en sont influencées. Il a été constaté que la dispersion de certaines espèces qui pouvaient vivre à la fois dans l'eau et sur la marge, par exemple, n'était pas la même dans l'eau seule que sur la marge seule. En effet, une espèce comme *Mentha aquatica* vit fixée à la fois sur le fond de l'eau et sur la marge dans la partie supérieure du cours d'eau mais sur la marge et la berge dans la partie inférieure. En plus, la morphologie d'une espèce dans le courant ou sur la marge est parfois très différente ; cela a d'ailleurs conduit MÉRIAUX & GÉHU (1979), MÉRIAUX (1981), DANIEL & HAURY (1996) et OBERDORFER (1998) à reconnaître

des morphoses (i.e. formes *fluviatilis*, *stagninus*, *submersus*, *terrestris*, *typicus*). Mais nous préférons indiquer la relation avec le niveau d'eau car certaines espèces présentent, en partant de la berge vers le milieu de l'eau, des formes terrestres, des formes intermédiaires et des formes d'eau qui se mélangent par places et qui passent graduellement de l'une à l'autre.

Parmi l'information perdue par l'échantillonnage, il y a inévitablement quelques espèces rares ou d'autres abondantes mais très localisées. Il y a donc toujours intérêt à parcourir, même rapidement, l'intégralité du cours.

Diverses caractéristiques de l'environnement sont enregistrées (voir la fiche de description qui suit) ; les paramètres sont représentés par une ou plusieurs modalités ou par des pourcentages. La simple appartenance à une modalité est notée 1, la non appartenance est notée 0. Dans un relevé, deux ou plusieurs modalités d'un même paramètre sont parfois présentes (par exemple, pour la largeur du ruisseau qui n'est pas constante ou pour le substrat constitué d'un mélange de blocs et cailloux et de regrouper ensuite, dans un même tableau, des paramètres biologiques et écologiques sans pour autant mélanger des variables trop différentes, ce qui nuirait à l'analyse des données.

Plusieurs caractéristiques ne peuvent être établies qu'à l'échelle du bassin versant, comme le débit ou la chimie des eaux car leur mesure, à l'échelle de chaque relevé unitaire, n'est pas réaliste, notamment à cause du coût des analyses. Elles doivent donc être décrites suivant un plan d'échantillonnage séparé, plus réduit.

Chaque relevé est photographié. Les coordonnées géographiques sont notées au moyen d'un GPS.

### ***Les fiches de description de terrain***

Il y a deux fiches : une pour la végétation et une seconde pour les paramètres environnementaux.

## Fiche des paramètres environnementaux.

Cette fiche s'est partiellement inspirée de celle présentée de la Carte de la Qualité des Cours d'Eau en Belgique (ANONYME, 1979), de la fiche I.B.M.R du CEMAGREF (ANONYME, 2005) et de la méthode d'HASLAM (1981).

**Cours d'eau :**

**Relevé :**

**Longueur :**

**Date :**

**Coordonnées Lambert :**

**Photo :**

Id	Facteur	Valeur
1	Type de vallée : rocheuse, colluviale, alluviale	
2	Vallée V. %	
3	Vallée en \--	
4	Vallée en \---/	
5	Vallée -----	
6	Ordre du ruisseau. Plusieurs modalités	
7	Largeur de la plaine alluviale en m	
8	Pente. %	
9	Lithologie (grès, schistes, calcaire ou autre)	
10	Sinuosité (droit - sinueux - méandres)	
11	Eclairement du lit %	
12	Caractère forestier. %	
13	Conifères en bordure. %	
14	Ripisylve %	
15	Champs-pâtures. %	
16	Ligne d'arbres. %	
17	Parcs et jardins	
18	Largeur maximale. En mètres	
19	Profondeur maximale du facies courant. En dm ou m.	
20	Profondeur maximale du facies lent. En dm ou m	
21	C. encaissé 0-20 cm. %	
22	Part émergée du lit mineur, en %.	
23	C. encaissé 21-50 cm. %	
24	C. encaissé 51-100 cm. %	
25	C. Encaissement 101-200 cm. %	
26	C. encaissé > 200 cm. %	

- 27 Berge <30°. %
- 28 Berge 31-60°. %
- 29 Berge >60°. %
- 30 Substrat - terre - argile - mame - tourbe (solide) %
- 31 Substrat - sable et limon (< 2 mm, meuble) %
- 32 Substrat - sable et graviers (< 2 cm, mobile) %
- 33 Substrat - cailloux, pierres, galets % (< 20 cm)
- 34 Substrat - blocs (> 20 cm) et dalle %
- 35 Substrat artificiel (béton) %
- 36 Substrat - débris organiques %
- 37 Facies lentique %
- 38 Largeur moyenne du facies lentique, en m.
- 39 Facies lentique - plat lent %
- 40 Facies lentique - mouille % (d'obstacle ou de concavité)
- 41 Facies lentique - autre %
- 42 Vitesse du courant du facies lent - lente ( surface calme, plantes de surface calmes)
- 43 Vitesse du courant du facies lent - modérée (surface ondulant faiblement, plantes de surface en mouvement)
- 44 Vitesse du courant du facies lent - très lente
- 45 Facies courant (lotique) %
- 46 Largeur moyenne du facies courant, en m.
- 47 Facies courant - plat courant %
- 48 Facies courant - radier % (pente faible, vitesse et turbulence modérées)
- 49 Facies courant - chute
- 50 Facies courant - cascade %
- 51 Facies courant - autre %
- 52 Vitesse du courant du facies rapide - rapide (surface ondulant fortement, plantes bougeant vigoureusement)
- 53 Vitesse du courant du facies rapide - très rapide (surface brisée par blocs et pierres)
- 54 Minéralité. MicroSiemens
- 55 % saturation en O<sub>2</sub>
- 56 Turbidité- très trouble (lit invisible en dessous de 30 cm de profondeur)
- 57 Turbidité - trouble (lit visible entre 30 et 75 cm de profondeur)
- 58 Turbidité - clair (lit visible à plus de 75 cm de profondeur)
- 59 Pollution domestique. 1 modalité
- 60 Odeurs nauséabondes
- 61 Fermes à proximité (0, 1, 2, ...)
- 62 Piétinement par le bétail. %
- 63 Clotures. %
- 64 Traces de pesticides
- 65 Fauchage des berges
- 66 Cultures à proximité de la berge
- 67 Caractère urbanisé. %
- 68 Constructions à proximité
- 69 Présence de berges en dur. %
- 70 Pont. 1 modalité
- 71 Berges rudéralisés. %

## **Glossaire**

Les définitions proviennent en partie de DUPONT (1998).

### **Atterrissement :**

Amas de terres, de sable, de graviers, de galets apportés par les eaux.

### **Bassin versant ou bassin hydrographique :**

Totalité de la surface topographique drainée par un cours d'eau et ses affluents.

### **Benthique :**

Qui est en rapport avec le fond. Se dit d'un organisme qui y est plus ou moins lié.

### **Benthos :**

Ensemble des organismes vivant sur le fond de la rivière.

### **Clayon :**

Panneau tressé en lattes de bois ou d'autres matériaux ou en branches de végétaux morts ou vivants.

### **Embâcle (un) :**

Ensemble d'objets qui s'amoncellent dans le lit d'un cours d'eau et constituent un obstacle à l'écoulement des eaux, allant jusqu'à former un bouchon.

### **Fascine :**

Botte, tresse ou fagot réalisé à l'aide de jeunes rameaux (baguettes vivantes ou mortes) dans le but de soutenir les terres d'une berge ou de la protéger de la violence des vagues ou du courant.

**Faucardage :**

Elimination des végétaux semi-émergés ou immergés, enracinés dans le lit de la rivière, par fauchage-arrachage sous l'eau.

**Gabion :**

Panier en treillis (métallique ou plastique) rempli sur place de cailloux d'une dimension supérieure à la maille.

**Géotextile :**

Nappe tissée ou non tissée plus ou moins épaisse, de fibres naturelles ou synthétiques dont la finesse des mailles permet le passage de l'eau tout en retenant les fines particules de terre. Ce matériau filtrant est utilisé pour maintenir en place les éléments les plus fins (notamment après remaniement de terres) ou pour éviter l'attaque de terres en place.

**Lentique :**

Zone de la rivière où le courant est ralenti, par opposition à lotique.

**Limnophile :**

Qui recherche les eaux peu courantes.

**Lit majeur :**

Zone sur laquelle la rivière s'étend lors des fortes crues et où les alluvions se déposent. Correspond généralement à l'extension de la zone inondable.

**Lit mineur :**

Zone souvent bien déterminée par les deux crêtes de berge, que remplit la rivière en période de crue avant débordement ; parfois qualifié de lit apparent. Le lit moyen est plus restreint, tandis que le chenal de basses eaux n'occupe que la partie noyée à l'étiage.

**Lotique :**

Zone de la rivière bien exposée au courant, par opposition à lenticule.

**Mouille :**

Zone de la rivière de plus grande profondeur qu'à l'amont et qu'à l'aval (cuvette ou fosse).

**Noüe :**

Bras naturel ou artificiel d'une rivière demeurant plus ou moins en communication avec elle.

**Nutriments :**

Sels minéraux dissous dans l'eau et servant d'aliments aux végétaux. C'est une des bases de la chaîne alimentaire. Leur excès entraîne cependant une situation de déséquilibre (eutrophisation).

**Plafond :**

Partie la plus basse ou fond du lit mineur sur laquelle s'écoule le flux d'eau. Dans une section donnée, le point le plus bas de ce plafond s'appelle le thalweg.

**Pool :**

Terme anglais équivalent à mouille ou cuvette.

**Radier :**

Facies lotique à pente faible, peu profond (30-40 cm), à vitesse de courant (<40 cm/s) et turbulence modérées.

**Recalibrage :**

Modification du profil transversal du cours d'eau.

**Redressement :**

Réduction plus ou moins importante de la sinuosité d'un cours d'eau par recouplement de méandres.

**Reprofilage :**

Modification du profil longitudinal du cours d'eau notamment par la suppression de seuils.

**Réophile :**

Qui recherche les zones de courant.

**Ripisylve :**

Formation végétale arborée croissant le long des cours d'eau. Plus largement, formation végétale, y compris herbacée, qui joue le rôle de transition entre le milieu aquatique et le milieu terrestre.

**Rivulaire :**

Qui est propre aux rives.

**Seuil :**

Haut fond naturel ou artificiel saillant dans le profil en long du cours d'eau entre deux zones profondes.

**Talutage :**

Action de créer un talus ou inclinaison de ce talus par rapport à l'horizontale.

**Tunage :**

Technique de consolidation des pieds de berge basée sur la plantation de pieux ou piquets. Cette technique est souvent associée et complétée par le clayonnage ou le fascinage qui recourent respectivement à l'utilisation de **clayons** ou de **fascinés** disposés horizontalement et appuyés contre les pieux.

### **Végétaliser :**

Ajouter dans un aménagement des végétaux herbacés ou ligneux soit pour le protéger de l'érosion, soit pour accroître sa capacité d'accueil vis-à-vis de la faune.

## **Bibliographie**

ALLAN, J. D. (1995). *Stream Ecology. Structure and function of running waters*. Chapman & Hall. 388 p.

ANONYME (1979). *Carte de la qualité des cours d'eau de Belgique*. Institut d'Hygiène et d'Épidémiologie, Bruxelles. 62 pages et une carte.

Anonyme (2005). *Bilan sur la qualité des eaux du Bassin Adour-Garonne en 2004*. Agence de l'Eau Adour-Garonne. 54 pp.

BIRON, J.-P., BOLLY, P.-Y., MARCOEN, J.M. et ORBAN P. (2001). *Eaux souterraines*. In Bassin Hydrographique de Molinee. Vol. 1. – Facteurs abiotiques. Comité scientifique de la Conservation de la Nature et de la Protection des Eaux, a.s.b.l. p. 49-61.

DUPONT, E. (1998). *Entretien des cours d'eau et l'habitat des poissons*. Direction générale des Ressources naturelles et de l'Environnement. Jambes. 136 pp.

BOUXIN, G. (1991). La végétation aquatique et du bord de l'eau dans le bassin hydrographique du Bocq (Condroz, Belgique). *Revue des Sciences de l'Eau*, 4: 185-210.

BOUXIN, G. (1999). Description de la végétation aquatique et du bord de l'eau dans le bassin hydrographique de la Molinee (Condroz, Belgique) par l'analyse multiscalaire des motifs. *Ecologie*, 30 : 139-163.

BOUXIN, G. (2004). *Végétation aquatique et du bord des eaux*. In : Bassin hydrographique de la Molinee. Volume 2.- Facteurs biotiques. Comité scientifique de la Conservation de la Nature et de la Protection des Eaux, a.s.b.l. – Namur : 26-44.

BOUXIN, G. (2008). *Analyse statistique des données de végétation*. Disponible sur Internet à l'adresse :

<http://users.skynet.be/Bouxin.Guy/ASDV/ASDV.htm>. 575 pp.

BRAVARD, J.-P. et PETIT, F. (2000). *Les cours d'eau. Dynamique du système fluvial*. Armand Colin/HER/Paris. 222 pp.

DANIEL, H. & HAURY, J. 1996. Ecologie des macrophytes aquatiques d'une rivière armoricaine (Le Scorff, Bretagne Sud, France), application à la bioindication. *Ecologie*, t. 27(4) : 245-256.

DUBOIS, O., DAOUST, M., MICHA, J.-C. et BOUXIN, G. (2001).. *Chimie des eaux de surface*. In Bassin Hydrographique de Molignée. Vol. 1. – Facteurs abiotiques. Comité scientifique de la Conservation de la Nature et de la Protection des Eaux, a.s.b.l. p. 133-146.

DUCHAUFOR, P. (1970). *Précis de Pédologie*. Masson et Cie, éditeurs. Paris. 481 pp.

GODEAUX, J (avec la collaboration de C. NEURAY) (2001).. *Situation géographique*. In Bassin Hydrographique de Molignée. Vol. 1. – Facteurs abiotiques. Comité scientifique de la Conservation de la Nature et de la Protection des Eaux, a.s.b.l. p. 9-22.

HASLAM, S.M. & WOLSELEY, P.A. (1981). River vegetation. *Its identification, assessment and management*. Cambridge University Press. 154 pp.

HAUER, F. R. & LAMBERTI, G.A. (1996). *Methods in stream ecology*. Academic Press. San Diego. 674 pp.

HORTON, R.E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins : hydrophysical approach to quantitative morphology. *Bull. Geol. Soc. Am.*, **56** : 275-350.

HUGHES, D.A. & OMERNIK, J.M. (1983). An alternative for characterizing stream size. In Dynamics of Lotic Ecosystems (Eds T.D. Fontaine & S.M. Bartell). *Ann Arbor Science*, pp. 87-102.

MÉRIAUX, J.-L.(1981). Remarques sur la syntaxonomie des *Potametea*. *Colloques phytosociologiques*, **X** : 131-136.

MÉRIAUX, J.-L. & GÉHU, J.-M. (1979). Réactions des groupements aquatiques et subaquatiques aux changements de l'environnement. *Ber. Int. Symp. Int. Vereinig. Vegetationsk. Epharmonie, Rinteln*: 121-142.

OBERDORFER, E. (1998). *Süddeutsche Pflanzen-gesellschaften. Teil I: Fels- und Mauer-gesellschaften, alpine Fluren, Wasser-, Verlandungs- und Moorgesellschaften*. 4. Auflage. Gustav Fischer : 314 pp.

STRAHLER, A.N. (1964). *Quantitative geomorphology of drainage basins and channel network*. In Handbook of Applied Hydrology, (ed. Ven te Chow), McGraw-Hill, New York.

SYMOENS, J.-J. (1957). Les eaux douces de l'Ardenne et des régions voisines : les milieux et leur végétation algale. *Bull. Soc. R. Bot. Belg.*, **89** : 111-314 + photographies.