

# Typologie hydrogéomorphologique des zones humides riveraines dans le bassin de la Seine

**S. Gaillard** (UMR Sisyphe & LGP, UMR 8591)

**J. P. Bravard** (Université Lyon 1)

**E. Fustec** (UMR Sisyphe)

**D. Brunstein** (LGP, UMR 8591)

**D. Pasquier** (UMR Sisyphe)

## 1. Introduction

L'évaluation d'un certain nombre de fonctions des zones humides riveraines vis-à-vis de la ressource en eau (stockage à court et à long terme, rétention et/ou recyclage d'éléments particuliers et dissous, etc.) ou des peuplements piscicoles (habitats de reproduction, refuges, etc.) passe par l'identification des différents types fonctionnels depuis les têtes de bassin jusqu'à l'estuaire.

Les différentes étapes de l'évaluation fonctionnelle des zones humides à l'échelle du bassin, la classification hydrogéomorphologique et le SIG "Zones Humides Riveraines" sont présentés dans ce rapport.

## 2. Bases méthodologiques pour l'évaluation fonctionnelle des zones humides riveraines

La figure 1 montre les différentes étapes conduisant à l'évaluation fonctionnelle et à la mise au point d'un outil de gestion des zones humides riveraines à l'échelle du bassin. Cinq étapes ont été distinguées. La mise au point des indicateurs renseignant les fonctions à l'égard du régime et de la qualité des eaux et les fonctions d'habitats pour les poissons nécessite que soit établi un inventaire typologique des zones humides (*étape 1*). Cette première étape s'appuie sur l'élaboration de typologies théoriques sur des bases géomorphologiques et hydrologiques; il s'agit à ce stade de définir les différents types de paysages fluviaux rencontrés dans le bassin et le fonctionnement hydrologique qui leur est associé. Le couplage des 2 approches donne la typologie hydrogéomorphologique (*étape 2*); il est assuré par le SIG que nous sommes entrain de constituer. La typologie hydrogéomorphologique est un outil visant à identifier et à spatialiser un nombre limité de "types" de zones humides considérés comme homogènes du point de vue de leur structure et de leur fonctionnement. Elle permet également de définir des zones de référence sur lesquelles on procèdera à l'évaluation fonctionnelle approfondie (*étape 3*); les résultats étant ensuite extrapolés à l'ensemble du bassin (*étape 4*).

## 3. Typologie hydrogéomorphologique

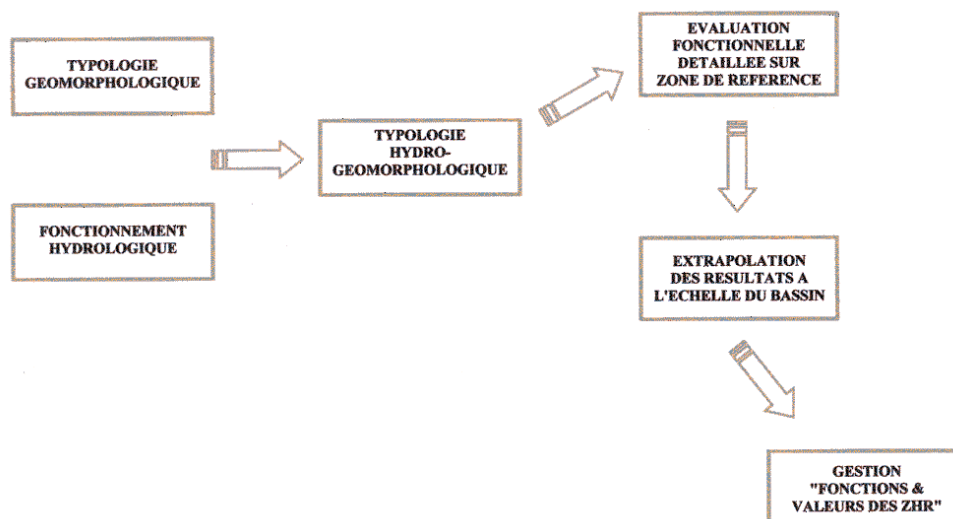
Les deux volets de la typologie hydrogéomorphologique des zones humides riveraines sont présentés ci-dessous.

### 3.1. Classification géomorphologique sur des bases génétiques et dynamiques

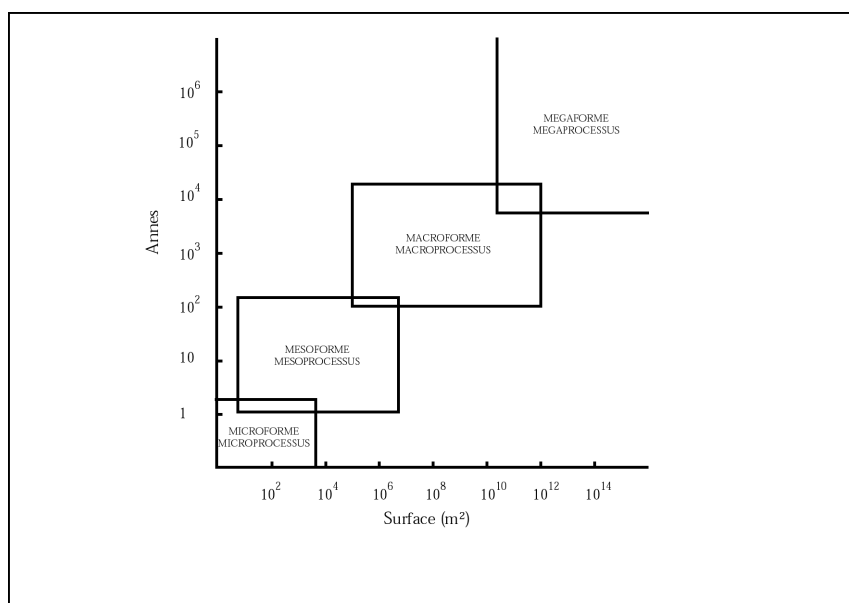
La structure des plaines alluviales résulte de processus géomorphologiques qui se réalisent à différentes échelles de temps et d'espace (Salo, 1991; Amoros et Petts, 1993). Dans cette optique, nous avons adopté une démarche inductive visant à replacer la compréhension des paysages de fonds de

vallées et la définition des différents types de zones humides riveraines dans une perspective génétique et dynamique (Gaillard, Bravard et Fustec 1998).

L'approche retenue intègre une série de critères représentatifs des différentes échelles de temps et d'espace auxquelles la mise en place des systèmes fluviaux peut être abordée. Elle renvoie au concept de système morphologique emboîté et hiérarchisé proposé par Salo (1991) (fig. 2) et est justifiée par les travaux faits sur l'Aube qui ont montré que les assemblages de formes dans les dimensions longitudinale et transversale de l'hydrosystème (et les propriétés fonctionnelles qui en découlent) sont dépendantes des conditions d'évolution géomorphologique à long terme (i.e. 10 à 15 000 ans BP) (Gaillard, 1999).



**Figure 1.** Evaluation fonctionnelle des zones humides riveraines : les différentes étapes de la démarche.



**Figure 2.** Système morphologique emboîté et hiérarchisé illustrant l'approche retenue dans cette étude (d'après Salo, 1991).

La figure 3 se rapporte à la classification des zones humides riveraines sur des bases génétiques et dynamiques. Elle a permis de définir au 4<sup>e</sup> niveau 12 types théoriques de paysages fluviaux. Les figures 4 et 5 illustrent les différents types discriminés au niveau 2 puis au niveau 4.

CLASSIFICATION GENETIQUE DES FONDS DE VALLEES

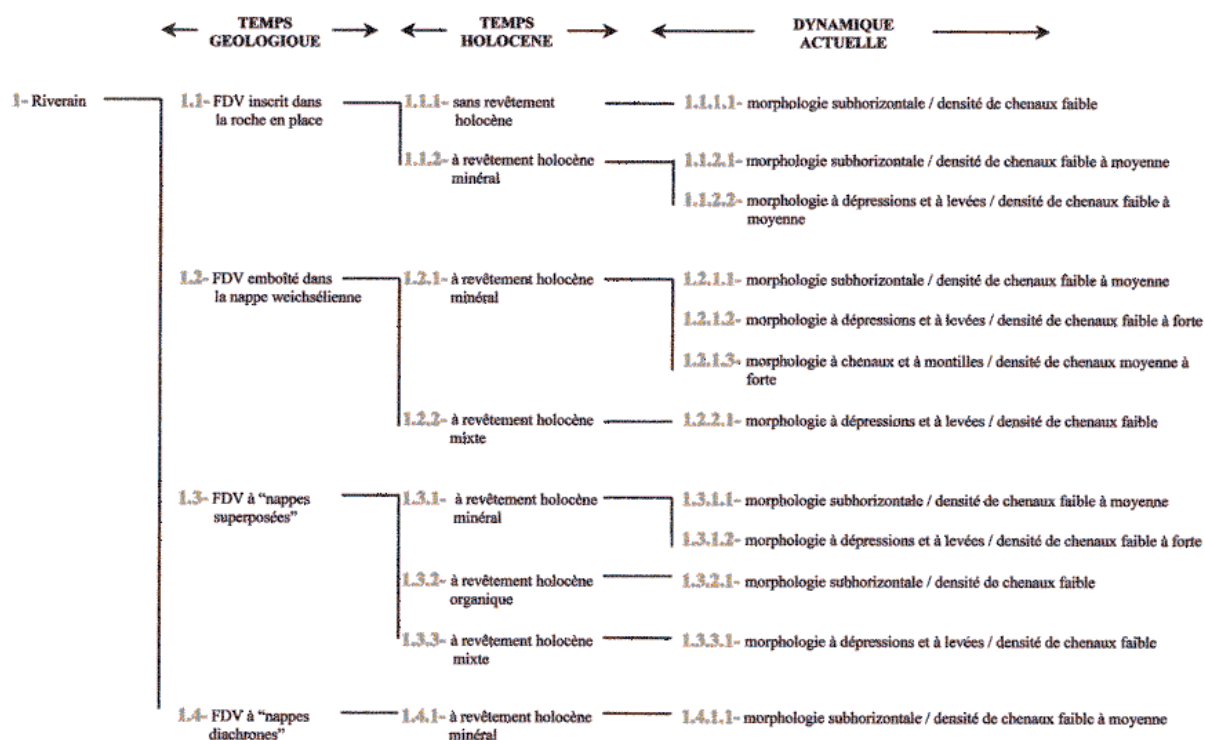


Figure 3. Typologie des zones humides riveraines sur des bases génétiques et dynamiques.

Le premier niveau de la classification correspond au système « zone humide riveraine » défini par Brinson et al. (1993, 1994, 1995). Les niveaux suivants sont liés à l'intégration de 3 variables géomorphologiques. On a considéré au niveau 2 le comportement du profil en long relativement à la nappe de graviers de période froide (pas de temps géologique), au niveau 3 le type de dépôts de couverture (pas de temps holocène) et au niveau 4 les mésoformes (dynamique actuelle). Chaque variable possède plusieurs modalités et contrôle des caractéristiques morphologiques et fonctionnelles des couloirs fluviaux. La variable « comportement du profil en long » joue sur la taille des couloirs fluviaux (largeur et pente); elle comprend les modalités suivantes: incision, exhaussement, stabilité et emboîtement à partir desquelles on a défini 4 sous-systèmes caractérisés par des dispositifs morphostratigraphiques spécifiques (fig. 4).

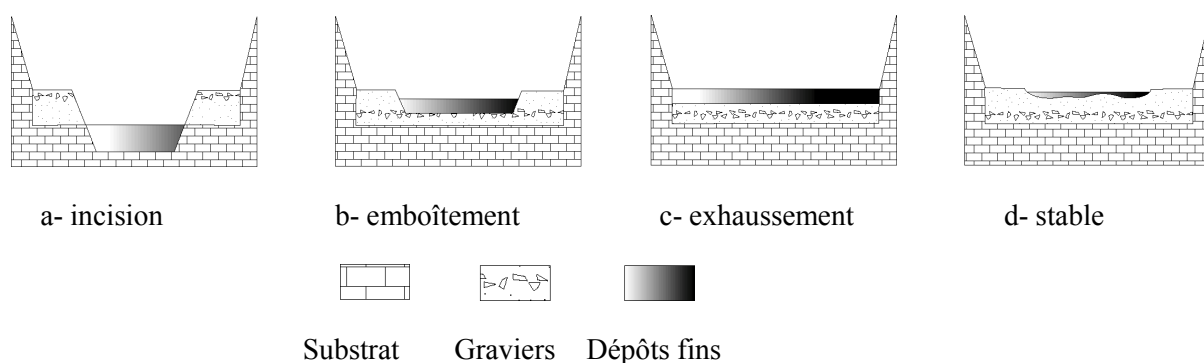
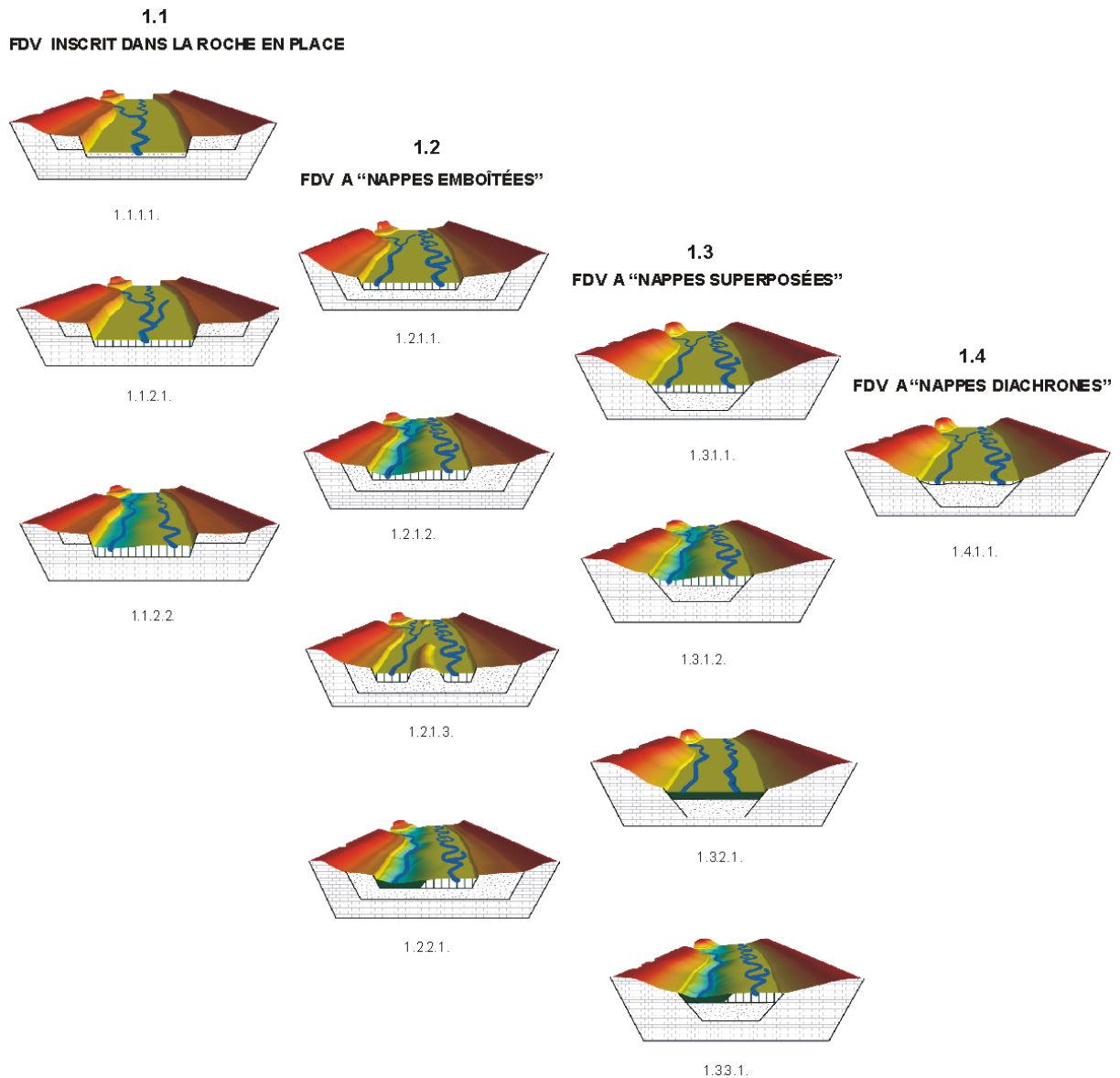


Figure 4. Coupe schématique montrant les différents types de dispositifs morphostratigraphiques (niveau 2).

La variable intégrée au niveau 3 comprend 4 modalités : absence de dépôt (i.e. fond de vallée inscrit dans la roche en place); dépôt à dominante minérale; dépôt à dominante organique; dépôt mixte. Au niveau inférieur, la variable "mésoforme" définit les principaux types de mosaïques

hydrogéomorphologiques observables dans les couloirs fluviaux. On a considéré 3 cas : morphologie subhorizontale ou indifférenciée; morphologie caractérisée par la présence de levées alluviales et de cuvettes latérales; morphologie à chenaux et à montilles caractéristique des plaines fluviales inscrites dans l'auréole de la craie en amont de Paris. A chaque dispositif morphologique, on a associé des caractéristiques relatives au réseau hydrographique drainant les couloirs fluviaux (densité de chenaux faible, moyenne ou forte); elles sont dépendantes des types de mosaïques et des variables pris en compte aux niveaux supérieurs de la classification. La variable "mésforme" exerce un contrôle sur les transferts d'eau et de matières dans les couloirs fluviaux lors des inondations (rétention des flux particuliers, stockage d'eau, etc.); elle intervient également sur la nature et la distribution des habitats pour la flore et la faune.



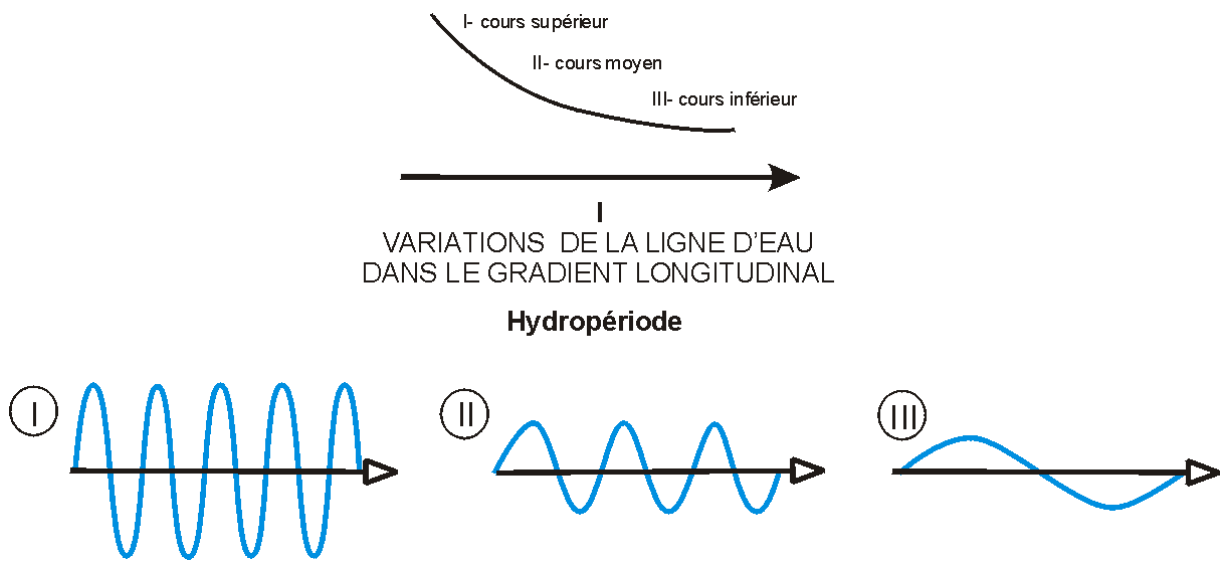
**Figure 5.** Blocs-diagrammes illustrant différents sous-types de fonds de vallées définis au niveau 4.

Les combinaisons obtenues aux niveaux 2 et 3 par intégration des variables « dépôts de couverture » et « mésformes » ont été induites des conditions d'évolution à long terme (i.e. comportement du profil longitudinal au pas de temps géologique). Partant du fait que les processus et les formes qui se réalisent sur des pas de temps longs et sur des espaces importants exercent une contrainte sur ceux qui se réalisent aux échelles inférieures (fig. 2), certaines combinaisons ont été exclues. La figure 5 donne les 12 sous-types définis au 4<sup>e</sup> niveau de la classification.

### 3.2. Typologie hydrologique

Sur des bases similaires, nous avons cherché à définir le fonctionnement hydrologique des zones humides riveraines. Le fonctionnement hydrologique de base est abordé à 2 niveaux. Il se manifeste d'abord par l'hydropériode qui traduit les variations en intensité et en fréquence du niveau d'eau dans le système au pas de temps annuel. On a dans un second temps considéré l'importance relative des apports souterrains.

En fonction de la position de la zone humide riveraine dans le gradient amont-aval, nous avons défini 3 grands types de comportement hydrologique caractérisés par des apports rapides en tête de bassin et des apports différés dans les secteurs aval avec un cas de transition qui correspond aux cours moyens (fig. 6). Cette évolution des hydropériodes dans le gradient longitudinal est due à l'accroissement vers l'aval des temps de concentration et à l'évolution dans le même sens des caractéristiques géométriques et dimensionnelles des plaines fluviales (accroissement de la taille et réduction de la pente).



**Figure 6.** Caractérisation du fonctionnement hydrologique au travers de l'hydropériode.

L'importance relative des apports souterrains, qui jouent sur les entrées de matières dans les systèmes et sur leur devenir et qui intervient sur l'allure générale des hydropériodes, est appréhendée au travers de la perméabilité des terrains. En fonction du degré de connexion de la zone humide riveraine à un aquifère profond, on a défini 3 cas : connexion forte, connexion moyenne, pas de connexion.

### 3. SIG "Zones Humides Riveraines"

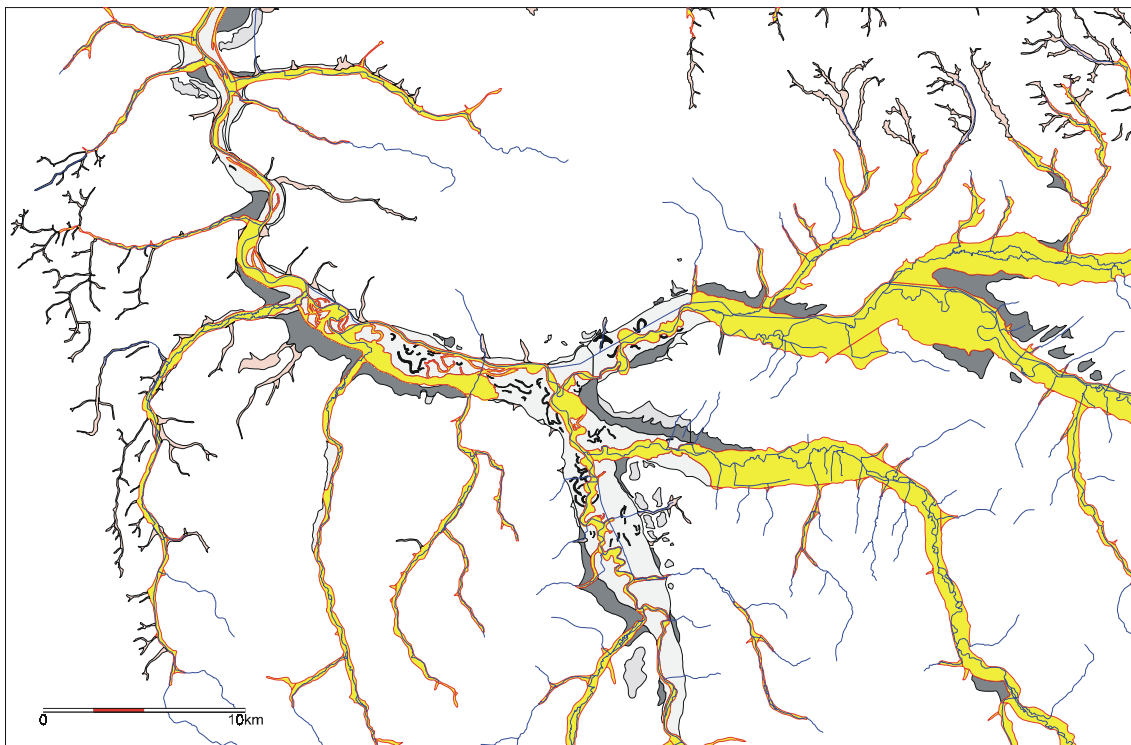
La constitution d'un SIG centré sur les zones humides riveraines a pour objet de fournir à l'échelle du bassin une information spatialisée sur les plaines fluviales et leurs caractéristiques hydrogéomorphologiques et d'aider à l'identification des différents types de zones humides.

L'approche retenue dans cette étude nous a conduit à constituer une base de données destinée à renseigner les différents critères pris en compte dans la typologie hydrogéomorphologique et à élaborer une série de modules destinée au traitement et à la gestion des données (caractérisation des couloirs fluviaux et identification des différents types). Les bases de données gérées dans le cadre du PIREN-Seine seront intégrées progressivement lors du passage à l'évaluation fonctionnelle (étapes 3 et 4 de la figure 1).

On fournit en annexe de ce rapport un catalogue dans lequel on décrit la base de données en cours de constitution (définition des objets numérisés, données attributaires, etc.). La base contient les

thèmes suivants : (1) délimitation des couloirs fluviaux; (2) délimitation des terrasses alluviales; (3) caractérisation du réseau hydrographique; (4) caractérisation des mésoformes; (5) géologie et hydrogéologie. Les deux premiers thèmes permettent de décrire les relations entre le lit majeur actuel et les niveaux alluviaux plus anciens et de renseigner la classification géomorphologique au niveau 2. Le thème 1 et les thèmes 3 et 4 sont utilisés pour renseigner respectivement les niveaux 3 et 4. Le champ "géologie et hydrogéologie" renseigne la perméabilité des terrains (volet hydrologie de la typologie). Les principaux documents utilisés pour l'inventaire typologique sont : les cartes topographiques IGN à 1/25 000<sup>e</sup>, les cartes géologiques BRGM à 1/50 000, la carte Hydrogéologique du Bassin de Paris de M. Albinet (1967). Les données sont actuellement disponibles sur les 3 zones qui ont servies à tester la méthode : bassin de l'Yonne et systèmes Marne et Aube.

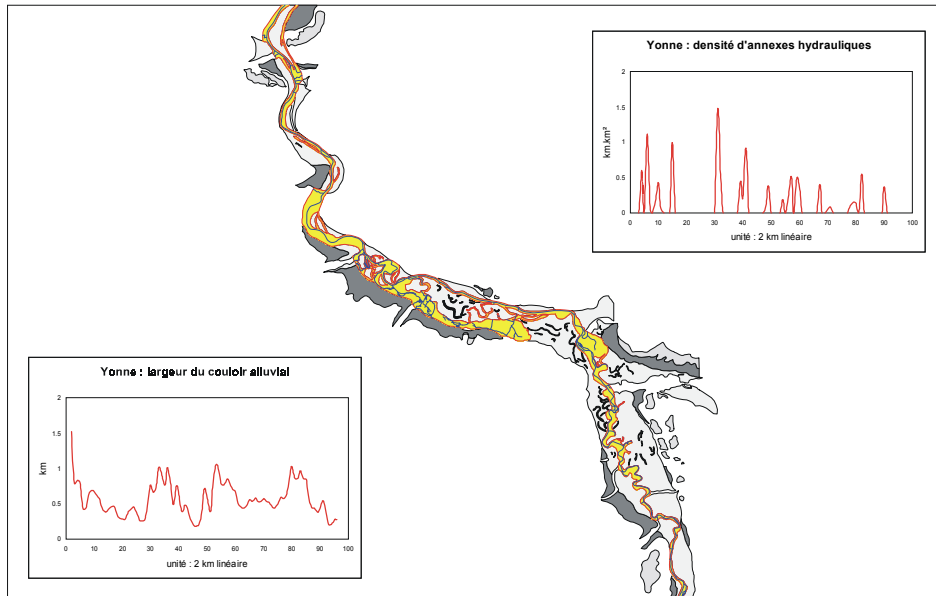
Le document suivant (fig. 7) est une sortie cartographique obtenue en superposant les thèmes "délimitation des couloirs fluviaux", "délimitation des terrasses alluviales", "caractérisation du réseau hydrographique". Il concerne le bassin de l'Yonne au niveau de la confluence Yonne - Armançon. Les surfaces représentées en jaune correspondent aux champs d'expansion des crues; les teintes grisées représentent les différents niveaux de terrasses alluviales (montille, basse terrasse, etc.). Le réseau hydrographique représenté sur la figure est celui de la base de données AESN complétée par numérisation des cartes topographiques à 1/25 000<sup>e</sup> (cf. annexe). Les différents éléments du réseau sont décrits par les attributs suivants: (1) type de segment (lit mineur, bras, noue endogène, noue exogène, annexe hydraulique, fossé, canaux d'alimentation de moulin et de navigation); (2) connexion définissant les relations entre les éléments du réseau; (3) type d'écoulement; (4) degré d'artificialisation des segments, (5) longueur.



**Figure 7.** Extrait de la base de données géomorphologiques fluviales (exemple pris sur l'Yonne).

Plusieurs modules ont été développés en parallèle. Ils sont dédiés à l'extraction de paramètres semi-quantitatifs décrivant les couloirs fluviaux et à l'identification des différents types de zones humides riveraines (sectorisation). La figure suivante (fig. 8) fournit 2 exemples de traitements effectués sur le couloir fluvial de l'Yonne; les deux graphiques se rapportent à l'évolution dans le gradient amont - aval de la largeur de la plaine alluviale et de la densité d'annexes hydrauliques. Ces données ainsi que les différentes variables qui permettent de renseigner la typologie sont obtenues

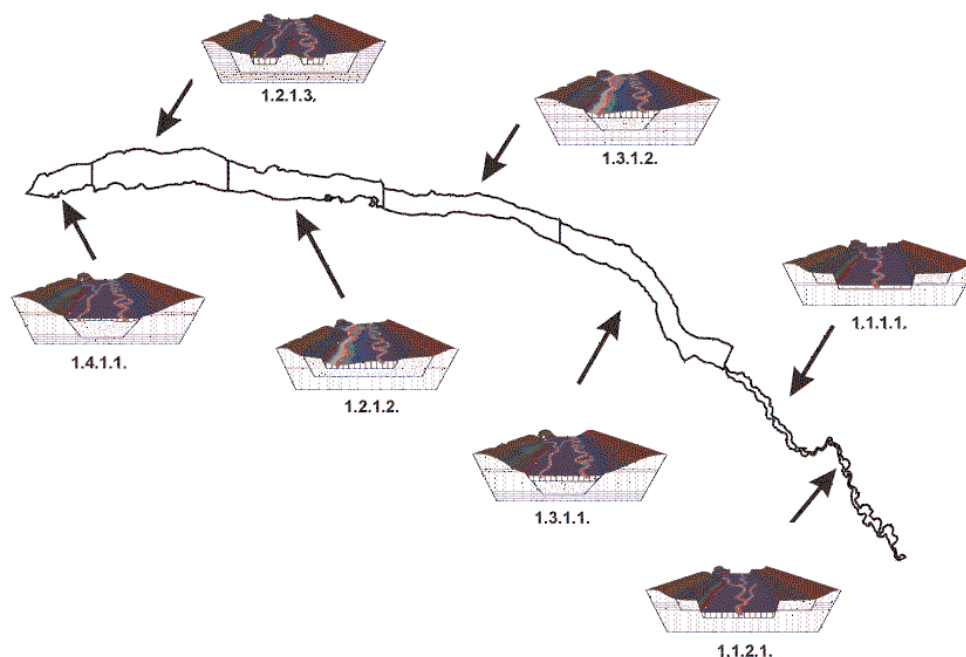
après segmentation des couloirs fluviaux en unités spatiales élémentaires. Le pas choisi dans cet exemple est 2 km.



**Figure 8.** *Extraction de paramètres semi-quantitatifs décrivant les couloirs fluviaux (exemple pris sur l'Yonne).*

La figure 9 fournit un exemple de sectorisation automatique réalisée sur le couloir fluvial de l'Aube sur des bases géomorphologiques. 7 types ont été discriminés de l'amont vers l'aval. La longueur des compartiments varie entre 15 et 30 km environ. Ces données sont également disponibles sur la Marne et l'Yonne.





**Figure 9.** *Sectorisation automatique des couloirs fluviaux (exemple pris sur l'Aube).*

#### **4. Perspectives**

L'année 1999 a été consacrée à la mise en œuvre des étapes 1 et 2 de l'évaluation fonctionnelle des zones humides (mise au point des 2 volets de la typologie hydrogéomorphologique et constitution du SIG). La méthode a été testée et validée sur des zones test (bassin de l'Yonne, systèmes Aube et Marne).

Les perspectives pour l'année 2000 sont: (1) l'intégration des données hydrologiques manquantes dans la typologie hydrogéomorphologique (carte des temps de concentration réalisée par E. Gomez), (2) la poursuite de l'inventaire des plaines fluviales centrées sur les bassins de la Marne, de l'Aube, de la Seine supérieure, de l'Oise, de l'Eure) et (3) la mise au point des indicateurs permettant de passer à l'évaluation fonctionnelle sur l'ensemble des secteurs traités.

#### **5. Références.**

AMOROS C., PETTS G. E., 1993. *Hydrosystèmes fluviaux*, Paris: Masson, 300 p..

BRINSON M., 1993. A Hydrogeomorphic classification of wetlands, US Army Corps of Engineers (Waterways Experiment Station), Wetlands Research Program, Technical Report WRP-DE-4, 71 p..

BRINSON M. M., KRUCZYNSKI W., LEE L. C., NUTTER W. L., SMITH R. D., WHIGHAM D. F., 1994. "Developing an approach for assessing the functions of wetlands", In Mitsch W. J. ed., *Global Wetlands : old world and new*, Amsterdam: Elsevier, 615-624.

BRINSON M., RHEINHARDT R. D., HAUER F. R, LEE L. C., NUTTER W. L., SMITH R. D., WHIGHAM D., 1995. A guidebook for application of hydrogeomorphic assessments to riverine wetlands, US Army Corps of Engineers (Waterways Experiment Station), Wetlands Research Program, Technical Report WRP-DE-4, 71 p..

GAILLARD S., 1999. *L'Aube : dynamique morphosédimentaire holocène et fonctionnement actuel d'un hydrosystème à faible énergie*, Thèse de Géographie : Université Paris IV, 238 p..



S. GAILLARD, J. P. BRAVARD, E. FUSTEC, 1998. "Bases méthodologiques pour une typologie des zones humides riveraines à l'échelle du bassin de la Seine", Rapport d'activité 1998 (Piren-Seine), Thème 2 : Les zones humides des cours d'eau : typologies, fonctionnement, évolution et restauration, 10 p..

SALO J., 1990. "External processes influencing origin and maintenance of inland water-land ecotones", In Naiman R. J., Décamps H. ed., The ecology and management of aquatic-terrestrial ecotones, Paris: UNESCO, 37-64.

## ANNEXE : DESCRIPTION DE LA BASE DE DONNEES HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

La mise au point d'un inventaire typologique des zones humides riveraines sur l'ensemble du bassin de la Seine a conduit à réaliser un Système d'Information Géographique. Dans cette annexe, la base de données élaborée au cours de l'année 1998 - 1999 est présentée ainsi que les différents documents cartographiques qui en sont issus.

Le SIG consacré aux zones humides riveraines a été réalisé avec le logiciel MapInfo version 4.5 sur PC (système d'exploitation Windows NT). Les différents fichiers de la base sont dans le système de projection Lambert II étendu de l'IGN. Les données source sont des images géoréférencées (GIF). Les données interprétées sont en mode vectoriel. Les couches produites sont les suivantes :

- a- délimitation des couloirs fluviaux;
- b- délimitation des terrasses alluviales;
- c- caractérisation du réseau hydrographique;
- d- caractérisation des mésoformes dans les couloirs fluviaux;
- e- aménagements hydrauliques (ponctuels et linéaires);
- f- géologie et hydrogéologie.

### 1. Délimitation des couloirs fluviaux

Descriptif. Couloirs fluviaux numérisés à partir des cartes géologiques BRGM au 1/50 000<sup>e</sup>. La numérisation des couloirs fluviaux, notés  $f_z$  sur les cartes géologiques, donne l'extension des zones inondables pour la crue séculaire.

Identification des données. Les objets numérisés sont décrits par (1) le nom de la rivière à laquelle ils sont associés, (2) un code se rapportant à la nature du matériel alluvial (roche en place, minéral, organique) et (3) un identifiant qui décrit les sous-bassins versants.

Cette couche concerne le bassin de l'Yonne ainsi que les systèmes Marne et Aube.

### 2. Délimitation des terrasses alluviales

Descriptif. Les terrasses alluviales ont été numérisées à partir des cartes géologiques BRGM au 1/50 000<sup>e</sup>. Elles correspondent aux anciennes plaines fluviales ( $f_y, f_x, f_w$  des cartes géologiques) mises en place lors des périodes froides.

La délimitation des terrasses alluviales et des couloirs fluviaux fournit une vision évolutive des plaines fluviales. Elle constitue le fondement de la classification théorique des zones humides riveraines fondée sur des critères génétiques et dynamiques.

Identification des données. Les terrasses sont décrites par un attribut ( $f_y, f_x, f_w$ ). Cette couche concerne le bassin de l'Yonne ainsi que les systèmes Marne et Aube.

### 3. Caractérisation du réseau hydrographique

Descriptif. Caractérisation détaillée des segments du réseau hydrographique obtenue en complétant le réseau hydrographique prêté par l'AESN (1/50 000<sup>e</sup>) par numérisation des cartes

topographiques IGN au 1/25 000°. La prise en compte du réseau hydrographique intervient au niveau 3 de la classification. C'est un élément important au plan génétique comme au plan fonctionnel.

Identification des données. La caractérisation du réseau hydrographique comporte 5 attributs : (1) le type de segment (lit mineur, bras, noue endogène, noue exogène, annexe hydraulique, fossé, canaux d'alimentation de moulin et de navigation) ; (2) la connexion qui définit les relations entre les éléments du réseau ; (3) le type d'écoulement ; (4) le degré d'artificialisation des segments et (5) la longueur.

Cette couche concerne les systèmes Yonne, Marne et Aube.

#### **4. Caractérisation des mésoformes dans les couloirs fluviaux**

Descriptif. Données saisies sur les cartes topographiques IGN au 1/25 000° après photo-interprétation. Ces données fournissent une représentation simplifiée de la "structure en mosaïque" des corridors fluviaux.

Identification des données. Les éléments de la mosaïque fluviale sont décrits par un attribut qui se rapporte aux structures suivantes : montille, bande de méandrage, volume de relief positif et volume de relief négatif.

Données disponibles sur le système Aube.

#### **5. Aménagements hydrauliques**

Descriptif. Inventaire des aménagements hydrauliques faits dans les plaines fluviales. Les données ont été saisies à partir des cartes topographiques IGN au 1/25 000°.

Identification des données. Les aménagements sont stockés dans 2 couches. Le premier concerne les aménagements ponctuels (barrage et écluse), le second les aménagements linéaires (digue et levée).

Données disponibles sur le système Yonne.

#### **6. Géologie et hydrogéologie**

Descriptif. Structures géologique et hydrogéologique digitalisées à partir de la "Carte Hydrogéologique du Bassin de Paris" au 1/500 000° (Albinet, 1967).

Les paramètres de projection de la carte n'étant pas renseignés, le calage a été effectué en utilisant le réseau hydrographique numérisé par l'AESN. La superposition des deux couches montre localement des décalages.

Identification des données. Les données sont décrites par 3 attributs: (1) formation, (2) étage, (3) perméabilité ordonnée en 3 classes (faible, moyen, fort).

Cette couche couvre le bassin de l'Yonne et les systèmes Marne et Aube.

## 7. Production de documents cartographiques

Les données acquises ont permis de produire une série de documents cartographiques. On dispose:

- d'une *"carte des zones humides riveraines dans le bassin de l'Yonne"*;

- de 3 cartes intitulées *"caractérisation hydrogéomorphologique à différents niveaux des systèmes fluviaux"*; ces cartes concernent les couloirs fluviaux de l'Yonne, de la Marne et de l'Aube ; elles ont été obtenues en superposant 4 à 6 thèmes (i.e. délimitation des couloirs fluviaux, délimitation des terrasses alluviales, caractérisation du réseau hydrographique, caractérisation des mésoformes, aménagements hydrauliques); des traitements ont été effectués sur les différents thèmes afin de fournir un ensemble de données quantitatives et de statistiques relatives aux systèmes étudiés;

- de 2 cartes représentant *"la distribution des ensembles lithologiques"* et *"la perméabilité des terrains"* ; elles ont été produites à partir du thème "géologie et hydrogéologie"; les thèmes "perméabilité" et "réseau hydrographique" ont été croisés; ceci a permis de produire de nouvelles cartes donnant, pour chaque zone étudiée, une *"sectorisation du réseau hydrographique en fonction de la perméabilité des terrains"*.