INVENTAIRES TYPOLOGIQUES ET FONCTIONS DES ZONES HUMIDES RIVERAINES

S. GAILLARD [1], D. BRUNSTEIN [2], H. BENDJOUDI [3], A. AMEZAL [4], D. RICHARD [5]

[1] IGARUN, Université de Nantes, GEOLITTOMER - LETG - UMR 6554

[2] LGP, UMR 8591

[3] LGA, UMR Sisyphe, Université Paris 6

[4] Agence de l'Eau Seine - Normandie

[5] IGARUN, Université de Nantes

1. Introduction

L'évaluation des fonctions des zones humides riveraines (ZHR) des cours d'eau vis – à – vis de la ressource en eau passe par l'identification des différents types fonctionnels depuis les têtes de bassin jusqu'aux plaines fluviales drainées par les cours d'eau de rang supérieur. Dans cette perspective, une méthode a été développée pour caractériser l'action des zones humides à l'échelle du bassin de la Seine sur les flux d'eau et de matière (Gaillard et al. 2001). Cette méthode repose sur trois étapes :

- la première étape consiste à inventorier et à classer les ZHR ; les critères hydro – géomorphologiques retenus étant considérés comme des déterminants du fonctionnement de ces systèmes ;
- la seconde étape a pour objet la sélection d'indicateurs et la construction d'indices qui permettent d'évaluer les fonctions des ZHR (régulation des crues, rétention et élimination des nitrates, rétention des particules et des polluants associés, maintien des peuplements piscicoles) en termes de présence/absence et d'intensité ;
- la troisième étape s'appuie sur la constitution de bases de données géoréférencées qui assurent la spatialisation des types de ZHR et les fonctions qui leur sont associées.

Durant la phase précédente, nos travaux ont été centrés sur (1) l'élaboration du système de classification des ZHR et (2) la création d'un SIG dédié à ces systèmes. Des résultats ont été produits sur différents bassins (Marne, Eure et Yonne). Ils ont permis d'identifier dans le gradient longitudinal des compartiments homogènes. Ils ont également permis de mettre en évidence la diversité de ces milieux. Les résultats obtenus ont enfin été intégrés dans le modèle SENEQUE 3.0 (Gaillard et al. 2002).

Cette année, nos travaux ont consisté :

- à intégrer le niveau 4 du système de classification sur les bassins de l'Eure et de la Marne ;
- à caractériser le fonctionnement hydrologique de ces milieux sur l'ensemble du bassin de la Seine ;
- à produire des indices destinés à évaluer les fonctions des ZHR.

Ce rapport s'articule de la façon suivante : (1) après avoir rappelé le contexte de l'étude ; (2) les inventaires sur 4 niveaux des ZHR sont présentés (bassins de l'Eure et de la Marne) ; (3) le troisième point concerne la caractérisation du fonctionnement hydrologique des ZHR sur l'ensemble du bassin ; (4) les indices dédiés aux évaluations fonctionnelles ainsi que les principaux résultats obtenus sont présentés ensuite (fonctions de régulation des crues et de rétention et d'élimination des nitrates dans un sous – bassin de la Marne).

2. Contexte de l'étude

Les zones humides ont un intérêt fonctionnel reconnu. Elles favorisent l'auto – épuration des eaux souterraines et superficielles, la rétention des crues et la recharge des nappes. Elles sont, par ailleurs, caractérisées par une forte diversité biologique (Fustec et Lefeuvre, 2000).

Face à la dégradation de ces milieux, mise en évidence par l'évaluation des politiques publiques (Bernard, 1994), l'Agence de l'Eau Seine – Normandie a mis en place, dès 1997, une politique de préservation des zones humides. Cette politique se manifeste par des aides financières pour la réalisation d'études, de travaux de restauration et d'entretien, des acquisitions foncières. Cette politique implique aussi la définition de stratégies d'actions et de priorités, qui sont directement liées à une meilleure connaissance des caractéristiques, des fonctions et des valeurs des zones humides.

Si les zones humides à fort intérêt patrimonial sont connues – ZNIEFF, ZICO, réserves naturelles, … –, les sites qui présentent un fort potentiel vis – à – vis de la ressource en eau ne sont pas identifiés. C'est pourquoi, l'Agence incite les équipes scientifiques à développer des méthodes et des outils qui permettent (1) de délimiter et de caractériser ces milieux et (2) de définir des indicateurs permettant d'évaluer leurs fonctions. Ces travaux doivent déboucher sur des typologies fonctionnelles à même d'éclairer les décisions de gestion. L'inventaire puis la sélection de sites prioritaires vis – à – vis de la ressource en eau permettra à l'Agence de créer une dynamique forte auprès des acteurs locaux en vue de définir les stratégies d'actions les plus efficaces pour améliorer la qualité des eaux superficielles et souterraines. Il est important de noter que cette démarche s'inscrit dans le cadre de la Directive Cadre du 23 – 12 – 2000 (n° 2000 / 60 / CE) qui fixe comme objectif le retour à un bon état écologique des rivières d'ici à 15 ans.

3. Inventaires typologiques sur 4 niveaux des ZHR

Comme cela a été précisé (Gaillard et al. 2001), le système de classification des ZHR s'appuie sur le concept de système morphologique emboîté et hiérarchisé à asymétrie de contrôle (Amoros et Petts, 1993). La formation et le fonctionnement actuels des ZHR résultant de processus et de formes qui s'ajustent à différentes échelles de temps et d'espace, la démarche retenue est basée sur l'intégration de trois variables géomorphologiques représentatives de ces échelles. Il s'agit :

- du profil en long des cours d'eau (pas de temps géologique) ;
- des types de dépôts sédimentaires (pas de temps holocène) ;
- des types de mosaïques hydro – géomorphologiques (pas de temps sub – actuel et actuel) ;

cette variable décrit les mosaïques de fonds de vallées à méso – échelle ; elle permet (1) de produire le niveau 4 du système de classification et (2) de caractériser l'hétérogénéité des faciès hydro – géomorphologiques ainsi que différents facteurs d'altération dus aux activités humaines.

Dans ce rapport, nous avons fait le choix de présenter les résultats obtenus sur l'Eure. Les mêmes données sont aussi disponibles sur la Marne. La figure 1 se rapporte à la distribution des corridors fluviaux selon la nature des revêtements sédimentaires holocènes ; les systèmes de basse terrasse et montille sont également représentés. La figure 2 se rapporte à la distribution des chenaux dans les corridors fluviaux. Cette nouvelle couverture permet de caractériser le réseau hydrographique drainant les plaines fluviales. Elle décrit : (1) les types de lits ; (2) la connexion entre les éléments du réseau ; (3) les types d'écoulements ; (4) le degré d'artificialisation des arcs.

Ces données sont utilisées pour produire les inventaires typologiques sur 4 niveaux. Indépendamment du niveau 1 du système de classification qui correspond au type « Zone Humide Riveraine » défini par Brinson (1993), les données relatives à la délimitation des corridors fluviaux, à la caractérisation des sédiments de remplissage holocènes et à la délimitation des systèmes de basse terrasse et montille sont utilisées pour produire les inventaires typologiques de niveau 2 et 3. Le niveau 4, qui décrit les mosaïques hydro – géomorphologiques, est produit à partir des données relatives aux chenaux drainant les corridors fluviaux (fig. 2) et à la morphologie des plaines fluviales (*cf.* catalogue de données).

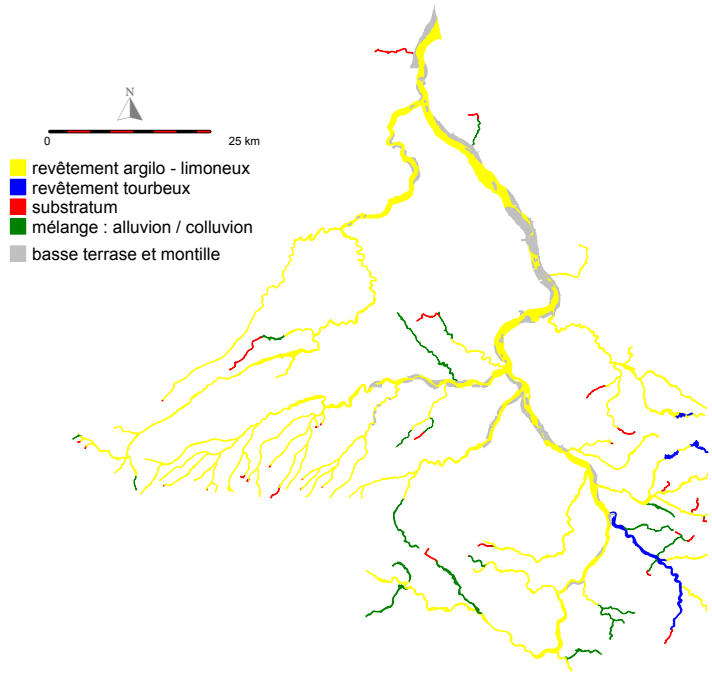

Figure 1. Distribution des corridors fluviaux et des systèmes de basse terrasse.

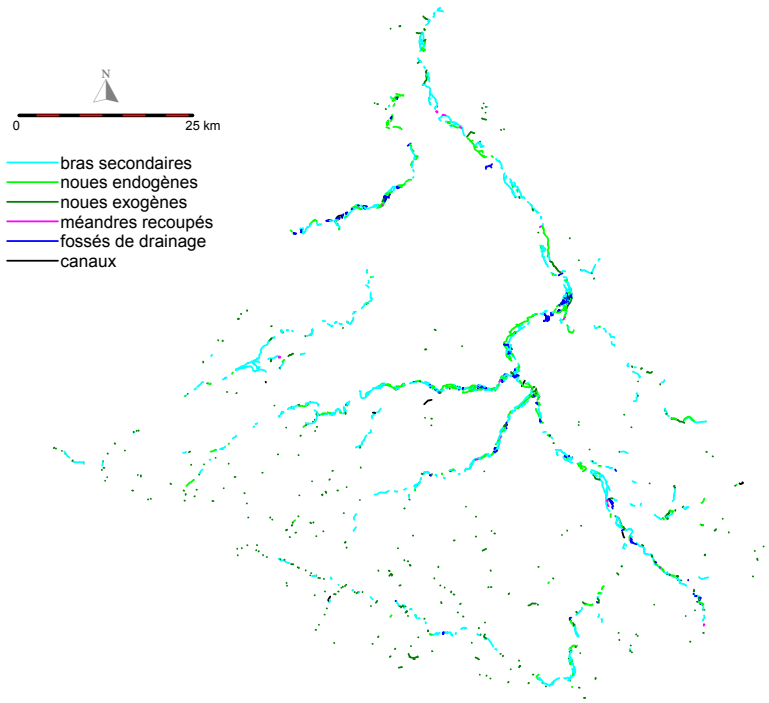

Figure 2. Distribution des chenaux dans les corridors fluviaux.

La figure 3 montre les inventaires typologiques réalisés sur l'Eure aux niveaux 2, 3 et 4 du système de classification. Sur ce bassin, le modèle expert discrimine 4 sous – types au niveau 2 (fig. 3a), 8 classes au niveau 3 (fig. 3b) et 9 sous – classes au niveau 4(fig. 3c). La diversité des milieux ainsi que leur distribution dans le gradient longitudinal sont ainsi précisées à différentes échelles spatiales. On notera que, selon les échelles retenues, les paramètres qui interviennent dans la distribution amont – aval des milieux sont : la pente du plancher alluvial héritée, l'évolution longitudinale du rapport débit liquide / débit solide, la lithologie et les caractéristiques hydrogéologiques de l'encaissant alluvial (Gaillard, 1999).

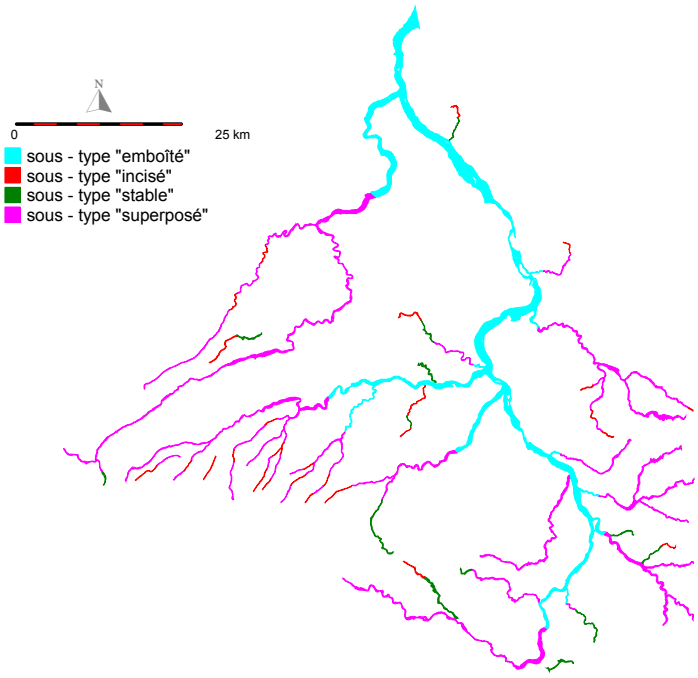

Figure 3a. Inventaire typologique de niveau 2.

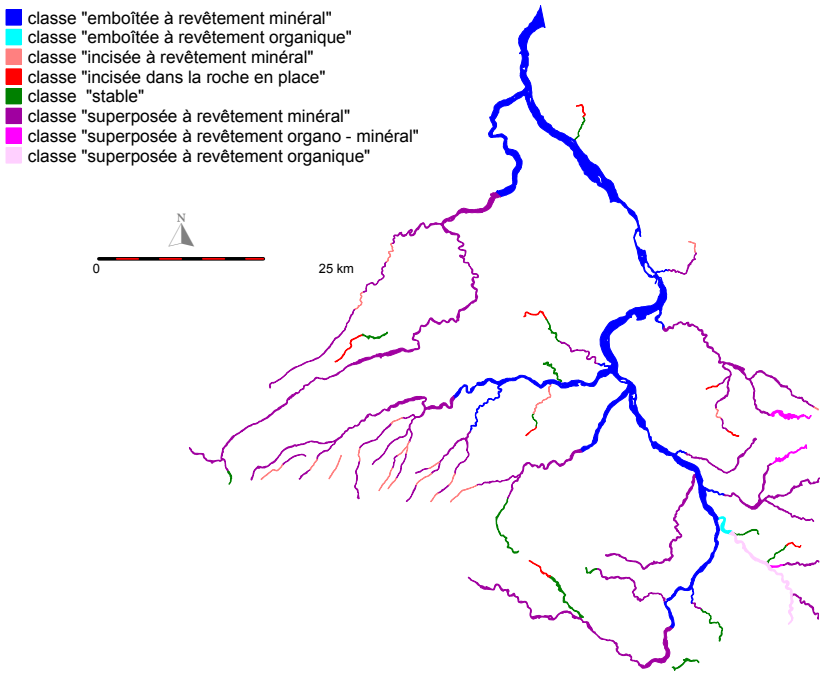

Figure 3b. Inventaire typologique de niveau 3.

Indépendamment des inventaires qui ont été produits, les bases de données utilisées permettent de caractériser différents paramètres hydro – géomorphologiques relatifs aux paysages fluviaux. A titre d'exemple, la figure 4 montre la densité des chenaux selon leur type. Des données relatives à l'occupation des sols ainsi qu'à l'artificialisation des milieux sont, de plus, utilisées pour produire les évaluations fonctionnelles

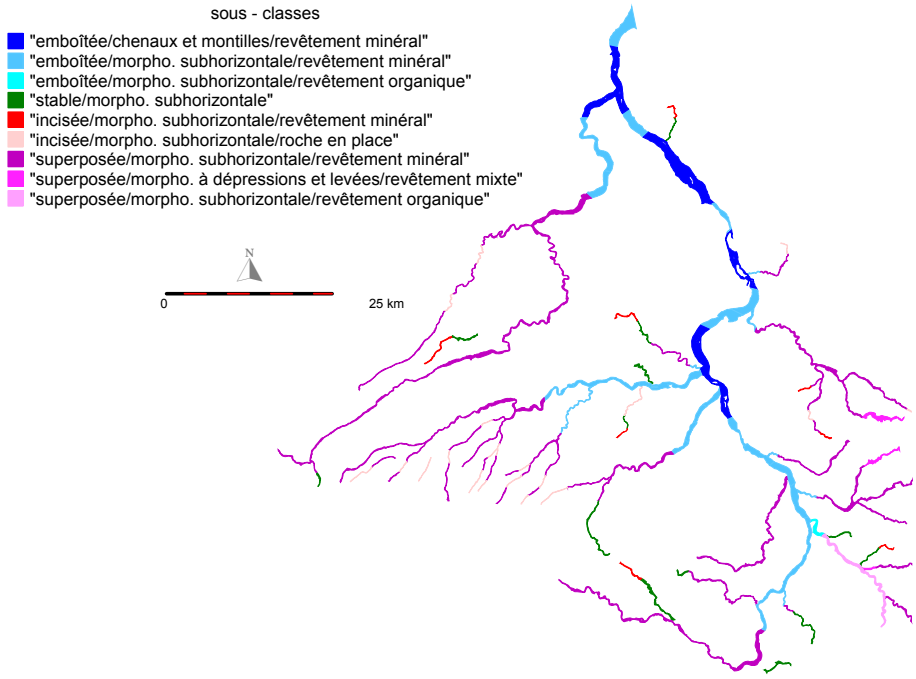

Figure 3c. Inventaire typologique de niveau 4.

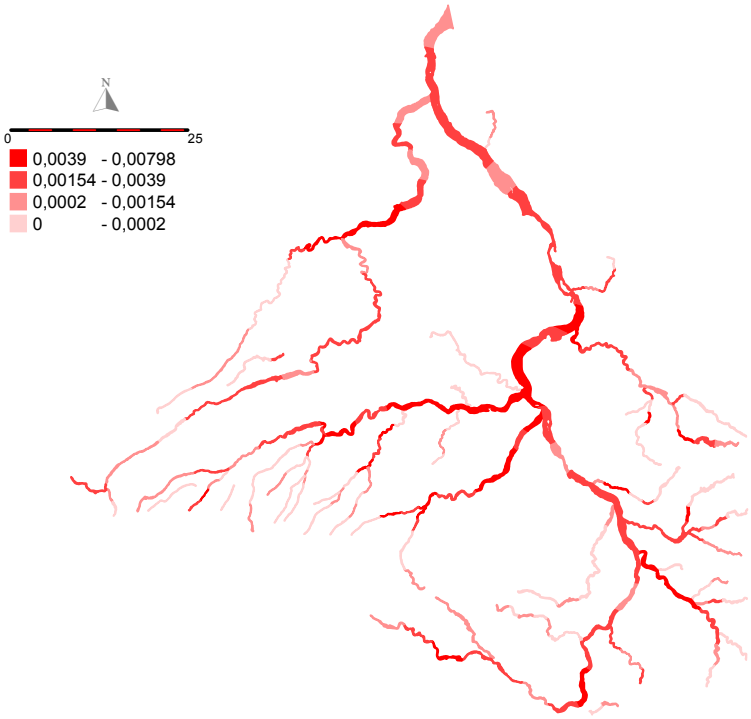

Figure4a. Densité de chenaux tous types confondus (m.m²).

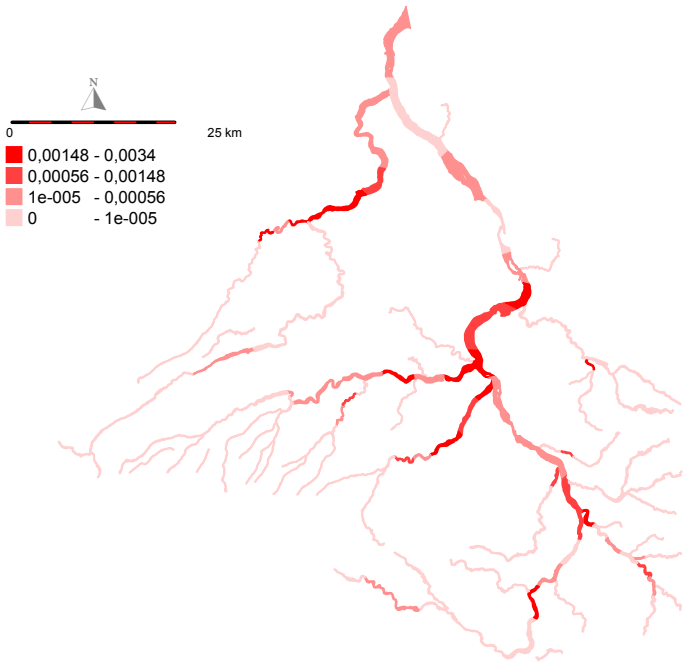

Figure 4b. Densité d'annexes hydrauliques artificielles et/ou artificialisées (m.m²).

4. Fonctionnement hydrologique des ZHR

Dans la perspective d'un inventaire des ZHR, la caractérisation du fonctionnement hydrologique de ces milieux constitue une étape importante du fait de son rôle dans le transport, le dépôt ou la reprise des flux de matière. L'approche retenue ici vise à caractériser ce fonctionnement en tenant compte des échanges hydriques qui s'établissent entre les ZHR et leur environnement (Bendjoudi et de Marsily, 2000). Dans ce contexte, nous avons été amenés à distinguer deux types de flux : (1) des flux de surface qui incluent précipitations et évaporation et (2) des flux souterrains. Cette approche prend en compte la vitesse des transferts hydriques avec l'environnement. On peut ainsi distinguer des transferts rapides (eaux superficielles ou atmosphériques) et des transferts plus lents (eaux souterraines). Les premiers donnent lieu à un fonctionnement contrasté fortement corrélé aux apports atmosphériques. Les seconds, en absorbant les variations trop brutales, contribuent à assurer un fonctionnement plus régulier tout au long de l'année.

Sur cette base, trois types de régime hydrologique ont été définis :

- régime hydrologique dominé par les apports atmosphériques et de surface ; ce type est caractérisé par une grande variabilité due aux conditions climatiques ;
- régime hydrologique mixte (b) ;
- régime hydrologique dominé par les apports souterrains ; la variabilité est ici atténuée par le stockage en période de crue et la décharge des nappes en période d'étiage.

Deux types de données sont utilisées pour produire la typologie des régimes hydrologiques. Afin de caractériser les transferts lents, nous avons retenu la perméabilité de l'encaissant de la zone humide. Afin de caractériser les transferts rapides, nous avons retenu une caractéristique liée à la partie superficielle du bassin versant au point considéré de la vallée : le temps de concentration. Le temps de concentration est défini comme le temps mis par une particule d'eau provenant de la partie la plus éloignée du point d'observation pour atteindre ce point (Roche, 1963). Plus il est faible, plus la vitesse de transfert est importante.

Les figures 5 et 6 montrent la distribution des temps de concentration et de la perméabilité de l'encaissant alluvial dans le bassin de la Seine. Les temps de concentration ont été discrétisés (méthode standard). La distribution des temps de concentration montre, classiquement, des temps

faibles en tête de bassin, ces derniers s'accroissant vers l'aval. La perméabilité de l'encaissant alluvial est, de son côté, contrôlée par la lithogie et s'ordonne en auréoles concentriques.

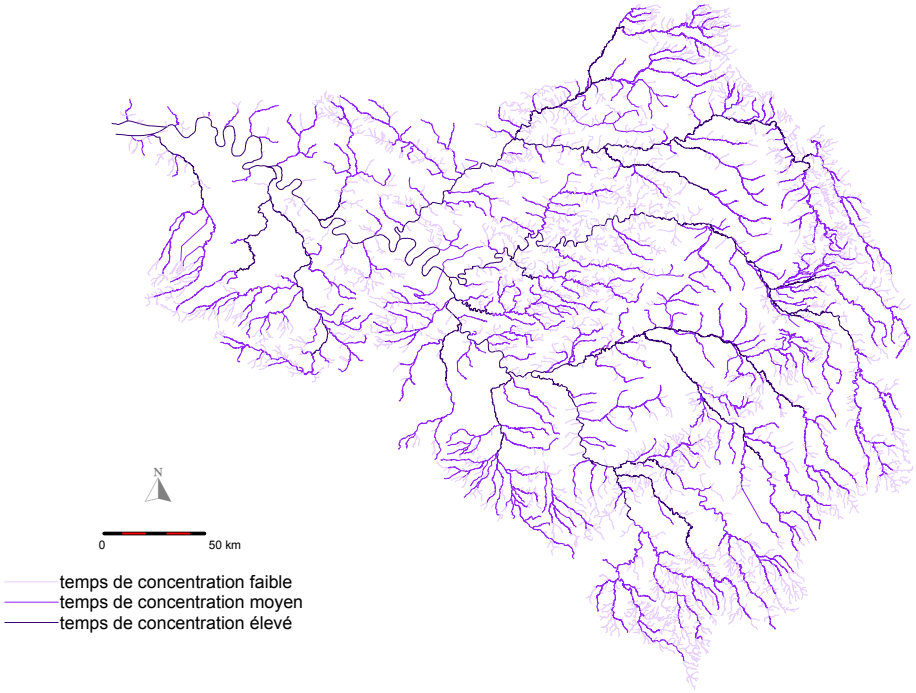

Figure 5. Distribution des temps de concentration dans le bassin de la Seine

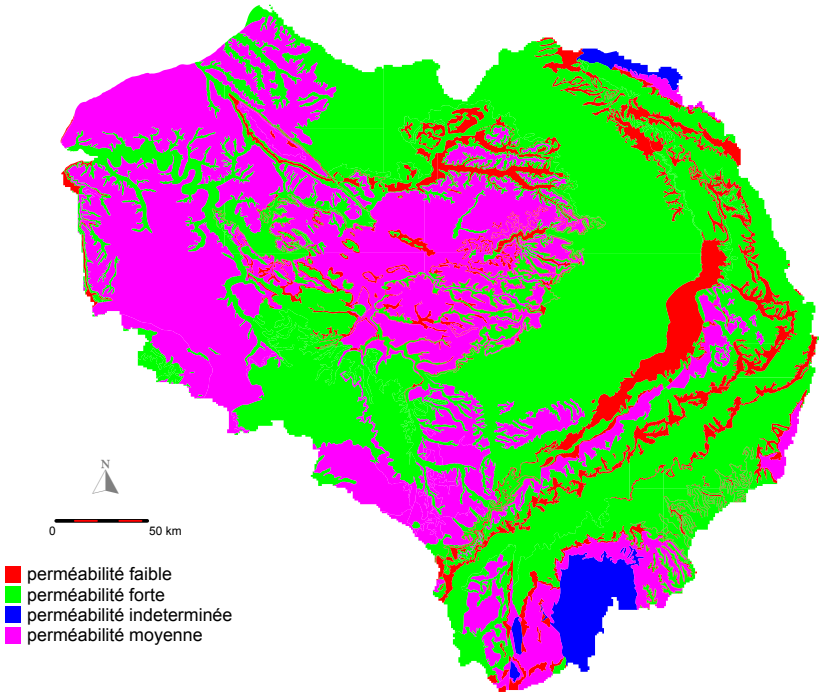

Figure 6. Perméabilité des terrains et de l'encaissant alluvial dans le bassin de la Seine.

La figure 7 se rapporte à la distribution des régimes hydrologiques. Elle a été réalisée à partir des fichiers précédents. Le type 1 correspond à des apports atmosphériques et de surface dominants, le type 2 à des apports mixtes et le type 3 à des apports souterrains dominants.

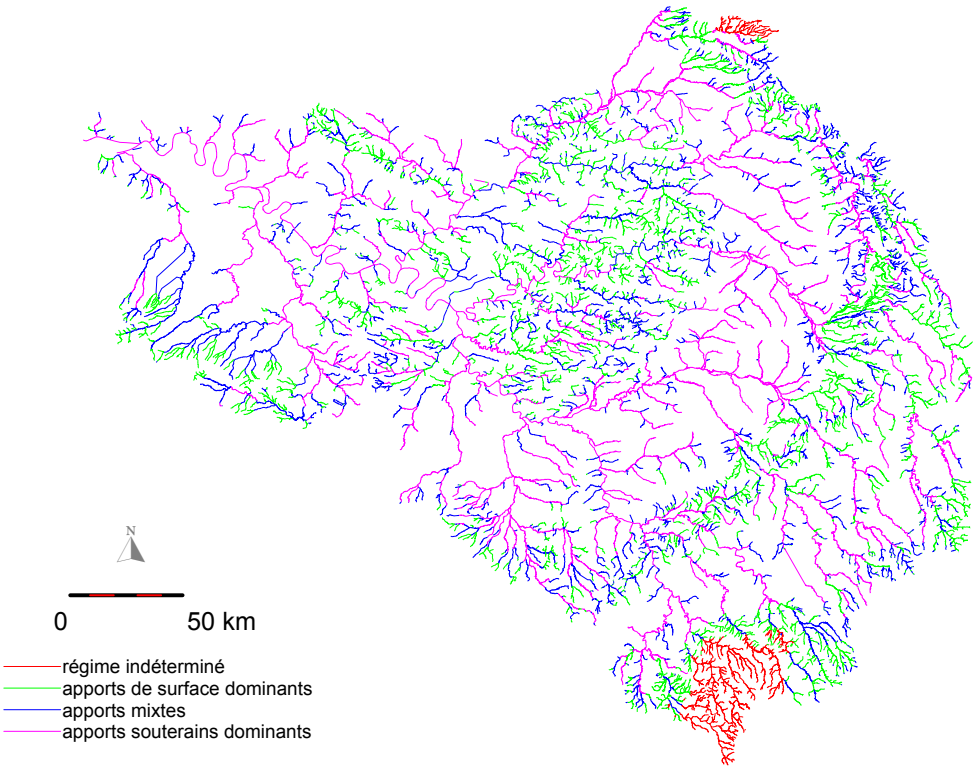

Figure 7. Typologie des régimes hydrologiques dans le bassin de la Seine.

Ce document fournit une représentation de la vitesse des transferts hydriques. Son examen montre que, dans de nombreux cas (bassin de l'Ourcq, bassin de la Superbe, …), les têtes de bassins – théoriquement caractérisées par des apports atmosphériques et de surface – fonctionnent comme des systèmes plutôt caractéristiques de l'aval des bassins. Ceci est point important dans la compréhension du fonctionnement des ZHR. En effet, les secteurs de déversement des eaux de débordement via les cours d'eau (apports atmosphériques dominants) sont des zones où vont sédimenter une grande partie des MES et des produits associés contrairement aux secteurs soumis à des inondations phréatiques.

Ces données interviennent dans la capacité des ZHR à réaliser certaines fonctions. Elles sont donc pris en compte dans les indices dédiés aux évaluations fonctionnelles. Ces données seront également intégrées dans les inventaires typologiques.

5. Evaluations des fonctions des ZHR

Le terme de « fonction » désigne un ensemble de processus physico – chimiques et biologiques qui se réalisent naturellement dans les zones humides et les propriétés qui en découlent. Les fonctions des zones humides peuvent être regroupées en quatre catégories : (1) fonctions hydrologiques vis – à – vis du régime des eaux tels que le contrôle des crues ou la recharge des nappes ; (2) fonctions biogéochimiques intervenant sur la qualité des eaux (piégeage des sédiments, rétention et élimination des nutriments et des polluants) ; (3) fonctions d'habitat pour la flore et la faune et (4) fonctions de récréation.

Dans le cadre du PIREN – Seine, on se propose d'évaluer les fonctions de régulation des crues, de rétention des particules et des polluants, de rétention et d'élimination des nitrates et de maintien des peuplements piscicoles. La démarche retenue pour ces évaluations s'appuie (1) sur l'analyse des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques des corridors fluviaux ainsi que sur l'analyse de leur niveau d'altération via le SIG et (2) sur la sélection d'un ensemble de critères. Validés par des études scientifiques, ces critères sont affectés d'un coefficient de présence ou d'importance fonctionnelle. Sur cette base, on peut ensuite déterminer l'existence de chaque fonction dans les différents secteurs discriminés par la classification hydrogéomorphologique et estimer leur

amplitude de réalisation par un indice (Brinson et al., 1994, 1995). Le tableau 1 montre les critères retenus pour évaluer deux fonctions : la régulation des crues et la rétention et l'élimination des nitrates.

Tableau 1. Critères retenus pour évaluer les fonctions de régulation des crues et de rétention et d'élimination des nitrates.

REGULATION DES CRUES	**RETENTION ET ELIMINATION DES NITRATES**
Largeur de la plaine d'inondation (Lp)	Apports d'eau de ruissellement et de subsurface (Erss)
Pente de la plaine d'inondation (Pp)	Fréquence des débordements (Fc)
Densité des chenaux et des annexes hydrauliques (Dca)	Lessivage des nitrates (Ln)
Macrotopographie de la plaine d'inondation (Tp)	Macrotopographie de la plaine d'inondation (Tp)
Connexion entre le lit mineur et la plaine d'inondation (endiguement) (Ccp)	Revêtements de tourbe ou d'argile (Rta)
Fréquence des débordements (Fc)	Sinuosité du lit mineur [transferts souterrains] (Sl)
Connexion avec un aquifère profond (Ap)	Régulation des niveaux d'eau [transferts nappe – rivière] (Ne)
Temps de transfert (Tt)	Type de végétation (V)
Type de végétation (rugosité) (V)	Drainage agricole (Da)
Obstacles construits (Oc)	

La fonction de régulation des crues est définie comme la capacité d'une zone humide à réduire les débits de pointe de crues et donc à modérer leurs effets en aval. Cette fonction est assurée par le processus de laminage dû au stockage et / ou au ralentissement des eaux de débordement en amont de la zone considérée (0berlin, 2000). Il est important, par ailleurs, de noter que cette fonctionnalité a des incidences sur d'autres fonctions des zones humides comme la qualité des eaux ou les habitats pour les biocénoses. Pour estimer la fonction de régulation des crues, dix critères ont été retenus. Basés sur des caractéristiques qui contrôlent la manifestation de cette fonction, ces critères permettent de préciser la nature des flux entrant dans la zone humide (connexion avec un aquifère, temps de transfert) et sa sensibilité au risque d'inondation (fréquence des débordements). Ils interviennent également sur les capacités potentielles de stockage d'eau de la zone humide (largeur et macrotopographie de la plaine, densité des chenaux et des annexes hydrauliques), sur les vitesses d'écoulement (pente de la plaine, type de végétation, obstacles construits) ainsi que sur les échanges transversaux entre le cours d'eau et sa plaine (endiguement). Ces critères sont renseignés quantitativement ou de façon semi – quantitative et affectés d'un coefficient entre 0 et 1. L'indice pour estimer la fonction de régulation des crues est le suivant :

$$F = [(Lp + Pp + Dca + Tp + Ap + Tt + V + Oc)/8 * Fc * Ccp]^{1/3}$$

il varie de 0 (absence de la fonction) à 1 (présence de la fonction, réalisation forte).

De la même façon, on a défini un indice « de rétention et d'élimination des nitrates » :

$$N = (Erss + Fc + Ln)/3 + (Tp + Rta + Sl)/3 + (Ne+ V)/2 - Da$$

dans lequel intervient un ensemble de critères relatifs aux apports de nitrates (apports d'eau de ruissellement et de subsurface, fréquence des débordements, lessivage des nitrates), à la rétention temporaire des flux d'azote (type de végétation), à leur recyclage et à leur élimination (macrotopographie de la plaine, revêtement de tourbe et d'argile, sinuosité du lit mineur, régulation

des niveaux d'eau). Des critères qui court – circuitent le processus de dénitrification tel que le drainage agricole sont aussi pris en compte.

A titre d'exemple, nous montrons ci – dessous (fig. 8), la fonction de régulation des crues sur le bassin du Grand Morin. Cette démarche, qui devra être approfondie, permet d'identifier et de spatialiser les sites à fortes potentialités vis – à – de cette fonction. Des données similaires sont également disponibles sur les bassins de l'Ourcq et du Petit Morin. Les évaluations concernant la fonction de rétention et d'élimination des nitrates est, de son côté, en cours de développement.

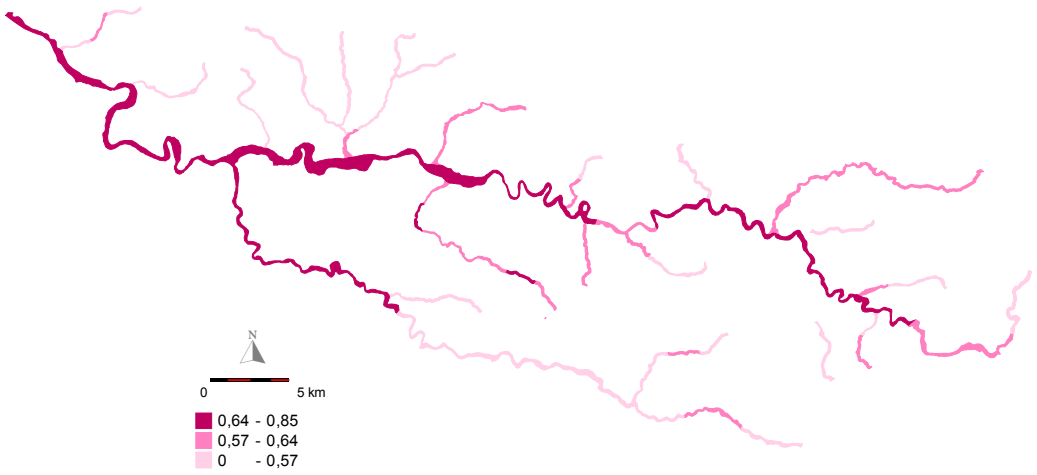

Figure 8. Potentiel des ZHR vis – à – vis de la régulation des crues.

6. Catalogue de données : SIG « Zones Humides Riveraines »

Le SIG « ZHR », constitué dans le cadre du PIREN – Seine, a été réalisé avec les logiciels MapInfo et MapBasic version 6.5 sur PC (système d'exploitation Windows XP). Les différents fichiers de la base sont dans le système de projection Lambert I ou II étendu de l'IGN.

Les données produites sont décrites ci – dessous de la façon suivante : (1) données raster ; (2) données vecteur ; (3) inventaires typologiques sur 4 niveaux des corridors fluviaux produits à partir des données précédentes.

6.1. Données raster

Les données source (mode raster) sont des images scannées et géoréférencées (formats GIF, JPEG ou TIF).

Trois types de fonds de cartes sont disponibles.

6.1.1 Topographie

Bassin de la Marne

Cartes topographiques IGN à 1/25 000^{e} scannées au format A0, géorenférencées en Lambert II étendu (disponibles sur l'ensemble du bassin).

Bassin de l'Eure

3 cartes topographiques IGN à 1/25 000^{e} scannées au format A0, géorenférencées en Lambert II étendu (1916_E, 2116_E, 2215_OT).

Bassin de la Seine

Cartes topographiques IGN à 1/25 000^{e} scannées par morceaux, géorenférencées en Lambert I étendu (disponibles sur le secteur compris entre Méry – sur – Seine et Montereau).

6.1.2 Géologie

Bassin de la Marne

Cartes géologiques BRGM à 1/50 000^{e} scannées par quart de feuille, géorenférencées en Lambert II étendu (disponibles sur l'ensemble du bassin).

Bassin de l'Eure

Cartes géologiques BRGM à 1/50 000^{e} scannées par quart de feuille, géorenférencées en Lambert II étendu (disponibles sur l'ensemble du bassin).

Bassin de la Seine

Cartes géologiques BRGM à 1/50 000^{e} scannées par quart de feuille, géorenférencées en Lambert II étendu (disponibles sur l'ensemble du bassin).

Bassin de l'Yonne

Cartes géologiques BRGM à 1/50 000^{e} scannées par quart de feuille, géorenférencées en Lambert II étendu (disponibles sur l'ensemble du bassin).

Hydrogéologie

Carte Hydrogéologique du Bassin de Paris à 1/500 000^{e} scannées au format A0, géorenférencées en Lambert II étendu (disponible sur l'ensemble du bassin, 2 feuilles), source : Albinet, BRGM, 1967.

6.2. Données vectorielles

Les données interprétées dédiées à la caractérisation hydro – géomorphologique des corridors fluviaux sont en mode vectoriel.

6.2.1 Classification hydrogéomorphologique des ZHR.

Thème « Géomorphologie ».

(1) Couverture « corridors fluviaux »

Descriptif. Couloirs fluviaux numérisés à partir de l'interprétation des cartes géologiques BRGM à 1/50 000^{e} et des cartes topographiques à 1/25 000^{e} de l'IGN. La numérisation des couloirs fluviaux donne l'extension des zones inondables pour la crue séculaire.

Identification des données. Les objets sont décrits par 5 champs : (1) nom du bassin versant, (2) nom du cours d'eau, (3) identifiant, (4) alluvion, (5) code_alluvion. Les modalités des champs « alluvion » et « code_alluvion » sont :

Alluvion	Code_Alluvion	*Descriptif*
Fz	10	*Revêtement minéral*
Tourbe	11	*Revêtement organique*
Substrat	12	*Roche en place*
Vallée sèche	13	*alluvion / colluvion*

Cette couverture est disponible sur les bassins de l'Eure, de la Marne et de l'Yonne.

(2) Couverture « basses terrasses alluviales et montilles »

Descriptif. Systèmes de basses terrasses alluviales et de montilles numérisés à partir de l'interprétation des cartes géologiques BRGM à 1/50 000^{e} et des cartes topographiques à 1/25 000^{e} de l'IGN. Ces niveaux alluvionnaires correspondent aux anciennes plaines fluviales mises en place lors de la dernière période froide (Weichsélien).

Identification des données. Les systèmes sont décrits par 4 champs : (1) nom du bassin versant, (2) formation, (3) commentaire, (4) code_terrasse. Les modalités du champ « code_terrasse » sont :

Code_terrasse	*Descriptif*
10	*Basse terrasse*
11	*Montille*

Cette couverture est disponible sur les bassins de l'Eure, de la Marne et de l'Yonne.

(3) Couverture « annexes hydrauliques »

Descriptif. Caractérisation du réseau hydrographique et des annexes hydrauliques obtenue en complétant la bd Carthage fournie par l'AESN par numérisation des cartes topographiques à 1/25 000^{e} de l'IGN.

Identification des données. Le chevelu hydrographique drainant les plaines fluviales est décrit par 6 champs : (1) nom du bassin versant, (2) identifiant, (3) lit, (4) connexion, (5) écoulement, (6) artificialisation. Les modalités des champs « lit », « connexion », « écoulement », « artificialisation » sont :

Lit	*Descriptif*	Conne-xion	*Descriptif*	Ecoule-ment	*Descriptif*	Artificia-lisation	*Descriptif*
1	*Lit mineur*	1	*Aval*	1	*Permanent*	1	*Faible*
2	*Lit mineur (bras)*	2	*Amont*	2	*Intermittent*	2	*Moyen*
3	*Noue endogène*	3	*Amont – Aval*	3	*Stagnant*	3	*Fort*
4	*Noue exogène*	4	*Connexion gravière*	----------	----------	----------	----------
5	*Oxbow lake*	10	*Pas de connexion*	----------	----------	----------	----------
6	*Fossé de drainage*	----------	----------	----------	----------	----------	----------
7	*Canal*	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Cette couverture est disponible sur les bassins de l'Eure et de la Marne.

(4) Couverture « mosaïques géomorphologiques »

Descriptif. Caractérisation à méso – échelle des mosaïques géomorphologiques à partir de l'interprétation des cartes topographiques à 1/25 000^{e} de l'IGN.

Identification des données. Les mosaïques géomorphologiques sont décrites par 3 champs : (1) nom du bassin versant, (2) identifiant, (3) type_morpho. Les modalités du champ « type_morpho » sont :

Type_morpho	*Descriptif*
10	*Morphologie subhorizontale*
11	*Morphologie à dépressions et à levées*
12	*Morphologie à chenaux et à montilles*

Cette couverture est disponible sur les bassins de l'Eure et de la Marne.

Thème « Hydrologie ».

(1) Couverture « perméabilité de terrains et de l'encaissant alluvial »

Descriptif. Lithologie et perméabilité des terrains numérisées à partir de la « Carte Hydrogéologique du Bassin de Paris » à 1/500 000^{e} d'Albinet (1967).

Identification des données. Les données sont décrites par 5 champs : (1) identifiant, (2) étage, (3) faciès, (4) perméabilité, (5) code_perméabilité. Les modalités des champs « perméabilité » et « code_perméabilité » sont :

Perméabilité	Code_perméabilité	*Descriptif*
Fort	1	*Perméabilité forte*
Moyen	2	*Perméabilité moyenne*
Faible	3	*Perméabilité faible*
Indéterminée	999	*Perméabilité indéterminée*

Cette couverture est disponible sur l'ensemble du bassin de la Seine.

(2) Couverture « temps de concentration »

Descriptif. Temps de concentration calculés à partir du MNT GTOPO30 de l'USGS, du réseau hydrographique et de la formule empirique de Kirpich : $Tc = 0{,}1875\ L^{0,77}\ S^{-0,385}$ avec L la distance et S la pente (Chow et al., 1988).

Identification des données. Les données sont décrites par différents attributs. Le champ « TC » se rapporte au temps de concentration des arcs.

Cette couverture est disponible sur l'ensemble du bassin de la Seine.

6.3. Inventaires typologiques sur 4 niveaux des corridors fluviaux

- *Descritif.* Les données des inventaires typologiques aux 4 niveaux de la classification hydro – géomorphologique sont au format vectoriel. Ces données ont été produites à partir des informations contenues dans les bases de données décrites précédemment.

- *Identification des données.* Les données sont décrites par différents champs qui donnent, pour chaque unité spatiale, le type à laquelle elle se rattache ainsi que des paramètres hydro – géomorphpologiques descriptifs (nature des revêtements alluviaux, mosaïques hydro – géomorphologiques, régime hydrologique, …). Ces données sont disponibles sur les bassins de l'Eure et de la Marne.

7. Références bibliographiques

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

BENDJOUDI H., DE MARSILY G., 2000. « Le fonctionnement hydrologique des zones humides », In : Fustec E. et Lefeuvre J. C. (ed.), Fonctions et valeurs des zones humides, Paris : Dunod, 61 - 81.

BRINSON M. M., 1993. *A hydrogeomorphic classification for wetlands*, USACE, Waterways Experiment Station, Technical Report WRP - DE - 4, 79 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. M., HAUER F. R., LEE L. C., NUTTER W. L., RHEINHARDT R. D., SMITH R. D., WHIGHAM D. F., 1995. *A guidebook for application of hydrogeomorphic assessments to riverine wetlands*, USACE, Waterways Experiment Station, Technical Report WRP - DE - 11, 113 p..

FUSTEC E., LEFEUVRE J. C., 2000. *Fonctions et valeurs des zones humides*, Paris : Dunod, 426 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..

GAILLARD S., AMEZAL A., BRAVARD J. P., FUSTEC E., BENDJOUDI H., BRUNSTEIN D., N'GUYEN – THE D., à paraître. « Inventaire et fonctions des zones humides dans la bassin de la Seine », *Actes du colloque Scientifiques et Décideurs : agir ensemble pour une gestion durable des systèmes fluviaux*, Lyon, 11 p...

OBERLIN G., 2000. « Le contrôle des crues », In : Fustec E. et Lefeuvre J. C. (ed.), Fonctions et valeurs des zones humides, Paris : Dunod, 83 - 105.

ROCHE M., 1963. *Hydrologie de surface*, Paris : Orstom & Gauthier - Villars.