

Elaboration d'une méthodologie d'inventaire cartographique et de hiérarchisation des têtes de bassin versant dans le contexte armoricain Application au bassin versant du Couesnon



Stage effectué de mars à août 2011 au sein de l'association le « Bassin du Couesnon »
Pour l'obtention du Master Gestion des Habitats et des Bassins Versants
à l'Université de Rennes 1

Soutenance tenue le 15 septembre 2011

Maître de stage : Sylvie Le Roy
Tuteur universitaire : Mélanie Davranche

Etudiante stagiaire :
Pauline Choucard

Crédits photos

- **Page de couverture (de haut en bas et de gauche à droite) :**

Tête de bassin versant d'une source de la Motte d'Yné (n°191), *Pauline Choucard*

Ecrevisse à pattes blanches, *Site internet LIFE Ruisseaux*

Ruisseau de la tête de bassin versant n° 227, *Pauline Choucard*

Truite commune, *J-C Vuilleumier*

Tête de bassin du Clairdouet (n°193), *Pauline Choucard*

- **4^{ème} de couverture :**

Tête de bassin versant d'une source de la Motte d'Yné (n°191), *Pauline Choucard*

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, mes remerciements s'adressent à Sylvie Le Roy, ma maîtresse de stage, qui m'a permis de réaliser mon stage au sein de l'association du « bassin du Couesnon ». Elle s'est toujours rendue disponible et à l'écoute tout au long de mon étude. Grâce à elle, j'ai pu découvrir le fonctionnement d'un SAGE et améliorer mes connaissances en agronomie.

Je tiens aussi à remercier François-Xavier Duponcheel, technicien géomaticien au sein de la structure, qui m'a grandement aidée concernant le travail cartographique. Il m'a apporté nombre d'astuces et conseils quant à l'utilisation du logiciel Arcgis mais m'a aussi donné ses avis très intéressants et constructifs durant mon travail.

La réalisation de mon stage en leur compagnie fut très enrichissante et extrêmement agréable.

Ensuite, je voudrais remercier Alix Nihouarn, de l'ONEMA, qui a fait émerger le sujet de ce stage et qui a été mon correspondant durant ces 6 mois. Il m'a notamment démontré l'importance des têtes de bassin versant pour l'ensemble des espèces aquatiques du territoire. Il fut d'une grande aide lors de la mise en place du système de notation des têtes de bassin versant.

Je remercie également Olivier Montreuil qui a consacré de son temps pour m'expliquer plus en détail sa thèse sur les zones humides et aussi pour m'avoir aidée lors d'une étape du travail sur ArcGis.

De même, mes remerciements vont vers Hervé Squidant. Sans lui, la cartographie des têtes de bassin n'aurait pas été la même.

Un grand merci à Xavier Engles, stagiaire au SAGE Allier Aval, qui m'a gentiment aidée pour l'application des rangs de Strahler.

Enfin, je tiens à remercier tout le personnel de Fougères Communauté pour son accueil chaleureux ainsi que sa grande sympathie.

PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL



Le « bassin du Couesnon » est une association de type loi 1901 fondée en 2006 et située à La Selle en Luitré, dans les locaux de Fougères Communauté. C'est une structure d'intérêt public créée dans le but de porter le SAGE (Schéma d'Aménagement et de Gestion de l'Eau) du bassin versant du Couesnon. Ce document de planification de la gestion de l'eau est élaboré par les acteurs locaux réunis au sein de la Commission Locale de l'Eau (CLE). L'association et la CLE sont donc chargées de la mise en œuvre du SAGE Couesnon, en suivant les orientations du Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion de l'Eau (SDAGE) Loire Bretagne (2007-2012). Ce SDAGE répond quant à lui aux exigences de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) et de la LEMA.

L'objectif principal de l'association est de concilier la protection des milieux et ressources avec les usages du territoire. Elle doit donc assurer plusieurs missions : animation de la CLE, mise en œuvre de ses décisions et mise en place des études demandées.

L'association « le bassin du Couesnon » ainsi que la CLE sont présidées par Marcel Roussel. La CLE est composée de 3 syndicats de production d'eau et de 4 syndicats de bassin versant :

- le Syndicat Mixte de Production d'eau potable du Bassin du Couesnon (SMPBC)
- le Syndicat Mixte de Production d'eau potable du Bassin Rennais (SMPBR)
- le Syndicat Mixte d'Alimentation en Eau Potable « Baie Bocage »
- le Syndicat Intercommunal du Haut Couesnon
- le Syndicat Intercommunal de la Loisanse Minette
- le Syndicat Intercommunal du Moyen Couesnon
- le Syndicat Intercommunal de la Basse Vallée du Couesnon

La cellule d'animation du SAGE est composée de deux personnes : une coordinatrice, Sylvie Le Roy, et un technicien environnement SIG, François Xavier Duponcheel.

Concernant les ressources de cette association, elles sont réparties de la façon suivante :

- **20% d'autofinancement** (contributions des syndicats de production d'eau en fonction des volumes d'eau prélevés sur le bassin et cotisation forfaitaire de chaque syndicat)
- **80% de subventions** accordées par l'agence de l'eau Loire Bretagne, les régions Bretagne et Normandie et les départements Ille et vilaine et Manche.

Dans un souci d'amélioration de la gestion de ces fonds publics, l'association est aujourd'hui en cours d'évolution vers un syndicat mixte.

SOMMAIRE

Introduction	1
I - Contexte de l'étude	2
1) Les têtes de bassin versant et la législation	2
2) Description de la zone d'étude : le bassin versant du Couesnon	3
II - Les Têtes de bassin versant : synthèse bibliographique.....	4
1) Définition d'une tête de bassin versant	4
2) Relations Cours d'eau - Zone humide.....	4
3) Services écologiques et rôles assurés par les têtes de bassin versant	5
a. Rôle hydrologique	5
b. Rétention des sédiments	5
c. Régulation thermique et luminosité.....	5
d. Dénitrification.....	6
e. Têtes de bassin : déterministes de la qualité physico-chimique en aval.....	7
f. Source de la chaîne trophique	7
g. Biodiversité des têtes de bassin versant.....	7
4) Facteurs influençant le fonctionnement des têtes de bassin	8
a. Sensibilité des têtes de bassin	8
b. Perturbations.....	9
b-1. Occupation du sol	9
b-2. Pratiques agricoles	9
III – Inventaire cartographique des têtes de bassin versant	10
1) Délimitation cartographique des têtes de bassin selon les critères du SDAGE	10
a. Vérification des inventaires cours d'eau	10
b. Création des zonages de têtes de bassin versant	10
b-1. Application des rangs de Strahler	10
b-2. Application de la pente moyenne de chaque cours d'eau	10
b-3. Réalisation des bassins versants des cours d'eau de rang ≤ 2 , pente $> 1\%$...	11
2) Couplage des données du bassin du Couesnon	11
a. Récupération des données du territoire du Haut Couesnon	11
b. Choix et principe du système de priorisation des têtes de bassin versant.....	13

c. Notation des têtes de bassin selon les différents enjeux.....	13
c-1. Enjeu qualité physico-chimique.....	14
c-2. Enjeu biodiversité.....	15
c-3. Enjeu quantité.....	15
c-4. Enjeu morphologie.....	16
IV – Résultats.....	16
1) Délimitation cartographique des têtes de bassin selon les critères du SDAGE.....	16
2) Couplage des données du bassin du Couesnon.....	18
a. Notation des têtes de bassin selon l'enjeu qualité physico-chimique.....	18
b. Notation des têtes de bassin selon l'enjeu biodiversité.....	18
c. Notation des têtes de bassin selon l'enjeu quantité.....	19
d. Notation des têtes de bassin selon l'enjeu morphologie.....	20
V– Discussion.....	21
1) Connaissances actuelles des hydrosystèmes « têtes de bassin versant ».....	21
2) Cartographie des têtes de bassin versant : comparaison avec celle de l'AELB.....	21
3) Hiérarchisation des têtes : interprétation des résultats.....	22
a. Notation des têtes de bassin selon l'enjeu qualité physico-chimique.....	22
b. Notation des têtes de bassin selon l'enjeu biodiversité.....	22
c. Notation des têtes de bassin selon l'enjeu quantité.....	23
d. Notation des têtes de bassin selon l'enjeu morphologie.....	23
4) Critiques de l'étude.....	23
a. Réalisation de la cartographie des têtes de bassin versant du Haut Couesnon.....	23
b. Système de notation des têtes de bassin versant du Haut Couesnon.....	24
5) Propositions d'actions.....	25
a. Actions sur les pressions agricoles organiques d'origines animales.....	25
b. Accompagnement à l'évolution de systèmes.....	26
c. Actions sur le maillage bocager.....	26
d. Actions sur les zones humides.....	26
e. Actions sur l'occupation du sol.....	27
f. Actions sur les milieux remarquables.....	27
g. Actions sur la qualité morphologique des têtes de bassin versant.....	28
h. Carte synthétique des propositions d'actions.....	28
VI– Conclusion.....	29

INTRODUCTION



Source : LIFE Ruisseaux

A l'extrême amont des bassins versants, les cours d'eau naissent de l'émergence des eaux souterraines à la surface du sol et du ruissellement des eaux superficielles. Au fil des confluences successives, les petits ruisseaux laissent place aux rivières et aux fleuves, construisant ainsi le réseau hydrographique. A l'échelle de ces ruisseaux amont, il existe des petits bassins versants appelés têtes de bassin. Ces zones d'interaction forte entre les milieux aquatique et terrestre sont abondantes sur le bassin versant (Lowe & Likens, 2005), ce qui leur confère une importance non négligeable au sein du réseau. Considérées comme « capital hydrologique » du réseau hydrographique, ces têtes de bassin sont essentielles pour assurer un bon fonctionnement hydrologique sur l'ensemble du bassin versant (Alexander, 2007). Elles sont considérées comme les fondations du bassin (Saunders, 2002 in Lowe & Likens, 2005).

Malgré les différents rôles qu'elles semblent assurer, les têtes de bassin sont plus vulnérables que le réseau hydrographique aval et plus fréquemment soumises aux différentes pressions exercées (Bishop, 2008 ; Lowe & Likens, 2005). Longtemps peu considérés, notamment du fait de leur faible surface et de l'intermittence des cours d'eau, ces hydrosystèmes étaient peu perçus comme des éléments du bassin à préserver. Par ailleurs, les études sur ce sujet se sont seulement développées à partir des années 1990. Les connaissances sur les rôles, le fonctionnement, et l'état de santé des têtes de bassin sont de ce fait encore à compléter aujourd'hui (Bishop, 2008). Mal connus, les cours d'eau de tête de bassin versant sont souvent négligés (Lassaletta, 2010) et non intégrés dans des dispositions. De plus, ces têtes de bassin sont majoritairement situées dans des propriétés privées. Elles subissent donc des perturbations liées à l'activité humaine parfois plus importantes qu'en aval : agriculture, exploitation forestière, urbanisation (Meyer, 2007).

Jugées éléments déterminants de la qualité du bassin versant par les gestionnaires de l'eau, les têtes de bassin doivent donc faire l'objet d'actions prioritaires en matière de gestion.

C'est dans un contexte d'émergence de la prise en compte des têtes de bassin et de leur intérêt que fut décidé de les intégrer dans les orientations du SDAGE Loire Bretagne de 2009. Une première cartographie de ces écosystèmes a été réalisée sur l'ensemble du territoire du SDAGE par le bureau d'étude Asconit, à la demande de l'agence de l'eau Loire Bretagne (AELB). A l'échelle du bassin versant, cette première approche peut s'avérer peu

représentative de la réalité. Par ailleurs, des difficultés peuvent être rencontrées lors de la définition des actions, notamment du fait de l'abondance des têtes de bassin, de la difficulté d'accès et de la similitude de ces zones avec le reste du bassin (Benda et al, 2005). Cela explique la faible application de cette orientation dans les différents SAGE.

Devant cet intérêt grandissant, l'association du Bassin du Couesnon a décidé de réaliser une étude sur les têtes de bassin versant, qui est l'objet de ce stage. Les objectifs sont de mettre à jour les connaissances sur cette notion pour en comprendre l'importance et de proposer une méthode de délimitation et de priorisation.

Pour répondre à ces objectifs, une synthèse bibliographique a été réalisée dans le but de mieux percevoir les rôles des têtes de bassin et les services écologiques qu'elles assurent. Ensuite, en prenant comme exemple le cas du bassin versant du Couesnon, une approche méthodologique des têtes de bassin versant a été menée pour les cartographier à plus grande échelle et les hiérarchiser selon les enjeux propres au territoire. Cette méthodologie se veut être une proposition applicable à l'ensemble de la Bretagne car le contexte du massif Armoricaïn dote cette région d'une certaine similitude entre les bassins versants. Enfin, pour restaurer ou améliorer ces zones essentielles, des propositions d'actions ont été suggérées.

I – CONTEXTE DE L'ETUDE

1) Les têtes de bassin versant et la législation

La réglementation actuelle, qu'elle soit européenne ou nationale, ne distingue pas directement les têtes de bassin des autres éléments d'un bassin versant (LIFE, 2007). Du fait de leur intérêt écologique, elles sont toutefois intégrées à la législation via des textes qui visent à protéger les ressources en eau et les milieux aquatiques :

- La **Directive Cadre sur l'Eau** du 23 octobre 2000 fixe les objectifs pour la préservation et la restauration de l'état des eaux superficielles et souterraines. L'objectif général est l'atteinte du bon état des eaux d'ici à 2015 sur tout le territoire européen.

- La **Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques** du 30 décembre 2006 vise une gestion équilibrée de la ressource en eau. Cette loi fixe des objectifs de préservation des écosystèmes aquatiques (cours d'eau et zones humides), de préservation de la qualité de l'eau contre les pollutions et de préservation et restauration du libre écoulement.

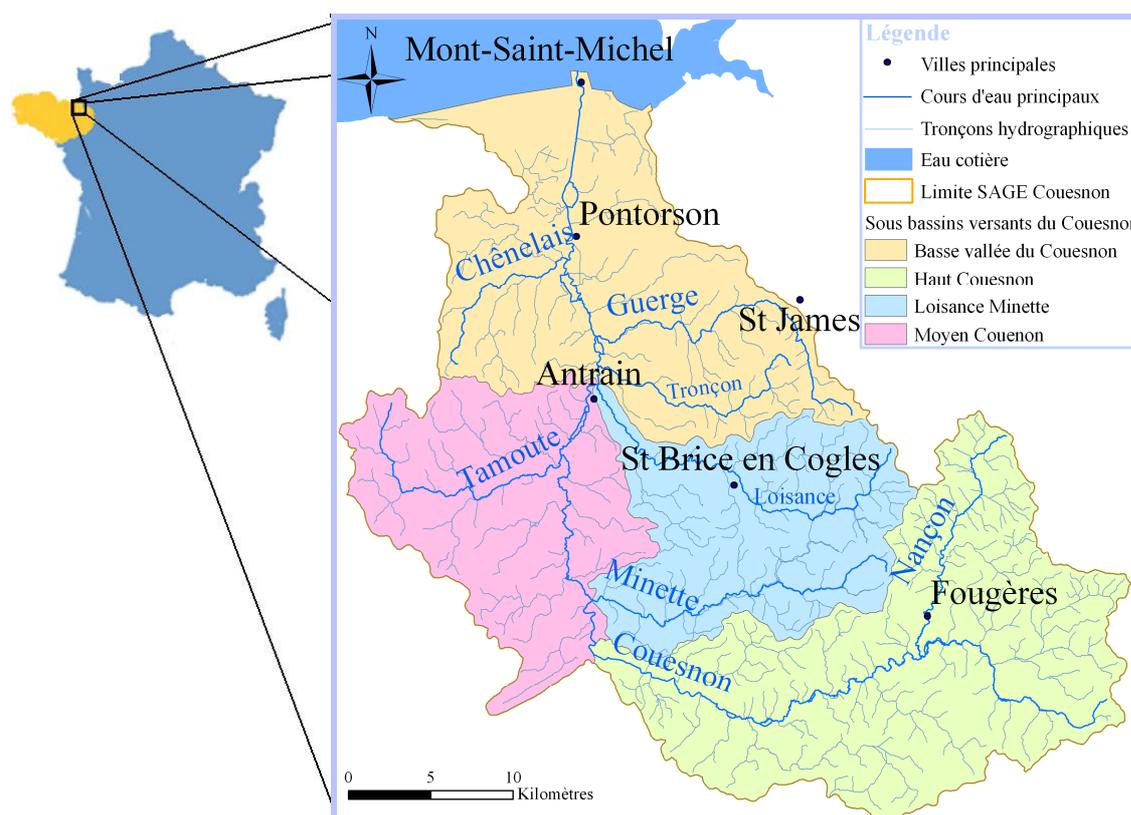
- La **Directive Nitrates** du 12 décembre 1991, lutte contre la pollution des eaux par les nitrates d'origine agricole. Les orientations essentielles sont la mise en place d'un programme d'action sur les bassins versants dont les concentrations des eaux dépassent 50mg/L, un

principe de fertilisation équilibrée et un apport organique inférieur à 170 kg/ha de surface épandable.

■ Le **SDAGE Loire Bretagne** intègre spécifiquement les têtes de bassin versant dans l'**orientation 11** (2009) qui vise à « préserver les têtes de bassin versant ». Les SAGE doivent réaliser un inventaire des têtes de bassin, les analyser, et définir des objectifs et règles de gestion tout en veillant à une cohérence des financements publics.

2) Description de la zone d'étude : le bassin versant du Couesnon

Pour appréhender ces têtes de bassin, le territoire du **SAGE Couesnon** a été pris comme exemple dans le but de transposer par la suite cette technique à l'ensemble de la Bretagne. D'une superficie de 1130 km², le bassin du Couesnon s'étend sur les départements de l'Ille et Vilaine et de la Manche et est divisé en quatre sous-bassins : le Haut Couesnon, la Loisançe Minette, le Moyen Couesnon et la Basse Vallée du Couesnon (figure 1).



Le bassin versant a une altitude peu élevée (<7%) avec un climat océanique soumis aux influences maritimes. La forte pluviométrie et la dominance de substrats géologiques schisteux et granitiques induisent un réseau hydrographique très dense. Les sols limoneux, acides et riches en phosphore et matière organique dotent cette région d'une richesse agronomique.

II - LES TÊTES DE BASSIN VERSANT : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

1) Définition d'une tête de bassin versant

Selon la définition du SDAGE Loire Bretagne, « **les têtes de bassin s'entendent comme les bassins versants des cours d'eau dont le rang de Stralher est inférieur ou égal à 2 et dont la pente est supérieure à 1 ‰** » (Annexe 1).

La classification de Strahler (1952) est la méthode la plus couramment utilisée pour définir les cours d'eau. Elle consiste à ordonner les cours d'eau selon leur importance, de la source jusqu'à l'exutoire. Un ruisseau issu d'une source est indiqué de rang 1. Un cours d'eau de rang $n+1$ est issu de la confluence de deux cours d'eau de rang n (figure 2).

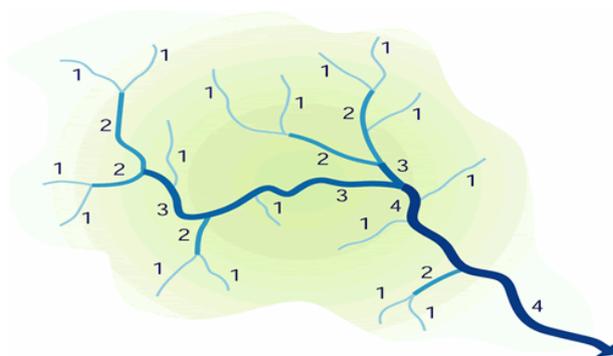


Figure 2: Classification des cours d'eau d'un bassin versant selon Strahler (*Site Fluvial geomorphology*)

Après l'émergence de la source, qui peut être de dépression ou déversement en Bretagne, (Castany, 1998 ; Gilli, 2008), les cours d'eau se forment au gré des conditions géologiques, climatiques, altimétriques et anthropiques (Musy, 2005). De part leur localisation le long du réseau hydrographique, les têtes de bassin acquièrent donc des caractéristiques différentes. Quelle que soit leur place, et même s'ils paraissent ordinaire, ces hydrosystèmes ont chacun leur importance au sein du bassin versant (figure 3).



Figure 3: Tête de bassin de l'une des sources de la Motte d'Yné, P.Choucard

2) Relations Cours d'eau - Zone humide

Les relations entre le cours d'eau et sa zone humide sont extrêmement étroites au niveau des têtes de bassin. En effet, à l'amont d'un bassin versant, le cours d'eau est convergent, c'est-à-dire qu'il est influencé par le versant et sa zone humide (Agrotransfert Bretagne). Plusieurs scientifiques américains affirment qu'il faut maintenir une bonne connectivité entre le cours d'eau et la zone riveraine, ainsi qu'un bon état, pour que le système « tête de bassin » puisse assurer ses différents services écologiques (Meyer et al, 2003).

3) Services écologiques et rôles assurés par les têtes de bassin versant

Un programme suédois réalisé par plusieurs scientifiques indique que les têtes de bassin assurent des services écologiques indispensables au bassin versant (Bishop et al, 2008).

a. Rôle hydrologique

Il a été démontré aux Etats-Unis que les têtes de bassin contribuaient à 70% du volume d'eau sur l'ensemble du réseau hydrographique de par leur envergure (Alexander, 2007) : leurs cours d'eau peuvent représenter plus de 70% du réseau hydrographique (Leopold, 1994). Ils drainent par conséquent une surface du bassin versant très importante.

De part leur petite taille, leur forme et leur rugosité, ces ruisseaux amont réduisent les vitesses d'écoulement, régulent les régimes et écrêtent les pointes de crues (Meyer et al, 2003). Les chercheurs Brooks (2003) et Dodds & Oakes (2007) ont aussi montré qu'aux Etats-Unis, les végétations riveraines sont des obstacles à l'écoulement. Ces facteurs atténuent donc les décharges dans les ruisseaux de tête et homogénéisent le flux pour l'aval (Meyer et al, 2003).

b. Rétention des sédiments

D'après Benda et al (2005), les cours d'eau amont, même éphémères, retiennent plus de sédiments que les cours d'eau supérieurs. Selon une étude de Meyer (2003) menée en Oregon, ils peuvent retenir des sédiments jusqu'à 114 ans. Cette rétention est due à la végétation qui stabilise les berges, filtre l'eau et diminue l'érosion et le transport des sédiments (Brooks, 2003). Les herbacées, tel que *Phalaris arundinacea*, se développent sur substrats grossiers qui sont particulièrement présents en têtes de bassin. Constituant un obstacle à l'écoulement de l'eau, elles favorisent le dépôt de sédiments fins sur lesquels pourront s'installer des espèces ligneuses (Amoros et Petts, 1993). Les graminées favorisent quant à elles la cohésion des berges des petits cours d'eau (Bergeron et al, 1989).

De plus, la végétation riveraine arborée assure une protection éolienne pouvant avoir un effet brise-vent, diminuant ainsi les risques d'érosion par le vent (Ministère de l'écologie, 2008).

c. Régulation thermique et luminosité

La luminosité dans ces hydrosystèmes varie beaucoup (Meyer, 2007). Aux Etats-Unis, les ripisylves abondantes et la végétation de cours d'eau contribuent à ces variations. Les cours d'eau ont ainsi un pouvoir de régulation de la température de l'eau : en été, ils sont plus frais que le reste du réseau (Brooks, 2003) et plus chauds en hiver (Power et al, 1999 in Meyer, 2007).

Par ailleurs, il a été démontré dans le bassin de la Garonne que les sédiments du fond du cours d'eau constituent une zone tampon, en particulier dans les petits cours d'eau (Peyrard, 2008).

d. Dénitrification

La zone hyporhéique joue un rôle fondamental dans la dénitrification. C'est la zone de sédiments saturés en eau où s'effectuent les échanges d'eau et de matières entre le cours d'eau et la nappe, grâce à l'activité des organismes (Alexander, 2007) (fig 4a). Ils utilisent d'abord l'oxygène comme source d'énergie puis les nitrates lorsque le milieu devient anoxique. Ils entraînent des transferts de matière via la décomposition de matière organique (Brooks, 2003 ; Peyrard, 2008). La combinaison de cette activité organique et des écoulements laminaires provoque des gradients d'oxydo-réduction plus favorables à la dénitrification (Peyrard, 2008). Au cours de son trajet, l'eau chargée du cours d'eau s'infiltré dans cette zone, subit divers processus et ressort purifiée de ses nitrates (Brooks, 2003) (fig 4b).

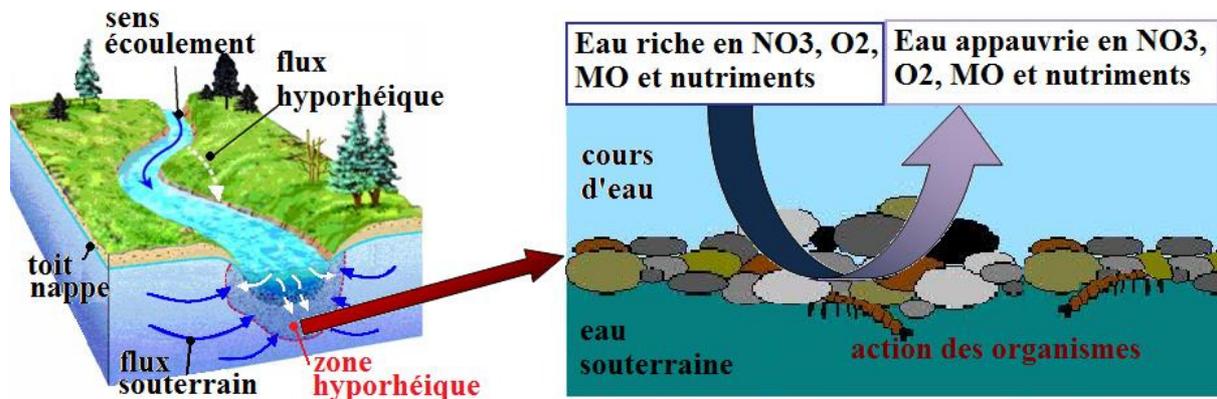


Figure 4: (a) La zone hyporhéique d'un cours d'eau, traduit d'Alley et al, 2002 (b) Circulation de l'eau dans la zone hyporhéique, d'après Boulton 2000 in Brooks 2003

La dénitrification est influencée par la géologie : contrairement au schiste, le granite armoricain, perméable, facilite les échanges entre les eaux de surface et de subsurface mais le faible temps de résidence de l'eau limite le processus de part les conditions trop oxydantes (Grimaldi et al, 1999). Malgré cette contrainte géologique, selon une étude américaine de Peterson (2001), l'absorption et la transformation de l'azote sont plus rapides et efficaces dans les petits cours d'eau du fait de la surface de contact de l'eau avec les sédiments (à sections égales), qui facilite les échanges. Aux Etats-Unis, Meyer et al (2003) a montré que 64% de l'azote inorganique est maintenu ou transformé dans le premier kilomètre des cours d'eau.

Les zones humides ont aussi un pouvoir de dénitrification qui diffère selon l'ordre des cours d'eau. Selon Montreuil et al (2011), le rôle tampon d'une zone humide d'un petit cours d'eau du bassin du Scorff diffère de celui d'une zone humide d'un cours d'eau supérieur, de par les différences géomorphologiques et pédologiques. Dans les zones humides de petits cours d'eau, la perméabilité des sédiments est plus faible, les échanges moindres et la taille de la zone humide plus restreinte qu'en aval. La dénitrification n'y est donc pas favorisée par ces facteurs mais plutôt par un contexte hydromorphique plus intense qu'en aval.

e. Têtes de bassin : déterministes de la qualité physico-chimique en aval

La qualité physico-chimique d'un cours d'eau reflète le sol, la géologie et les perturbations exercées sur le bassin versant (Meyer, 2007). Comme l'indique Wipfli (2007), la dégradation des têtes de bassin influence les zones en aval, du fait des fortes connexions des ruisseaux avec les cours d'eau supérieurs (Alexander, 2007). Par ailleurs, une étude a montré que la qualité de l'eau en aval était davantage liée à la couverture et l'utilisation du sol de la zone riparienne du cours d'eau de rang 1 qu'aux conditions en aval (Dodd & Oakes, 2007).

Outre cette détermination de la qualité, ces hydrosystèmes purifient l'eau de ses polluants : Meyer et al (2003) ont montré que l'ensemble « cours d'eau 1-zone humide » diminuait de 90% les teneurs en phosphore dans huit bassins versants des USA, leurs zones humides étant couvertes de plantes accumulatrices telles que la lentille d'eau ou les phragmites (LIFE, 2009)

f. Source de la chaîne trophique

La végétation aux abords des cours d'eau amont atténue la luminosité et donc la photosynthèse, ce qui limite la production primaire autochtone (Amoros & Petts, 1993). Les têtes de bassin sont cependant des aires d'alimentation riches grâce aux apports allochtones (Brook, 2003 ; Wipfli, 2007 ; Amoros & Petts, 1993). En effet, de grandes quantités de matière organique telles que feuilles et brindilles, tombent dans le cours d'eau et sont décomposées par des organismes spécialisés (Wipfli, 2007). La capacité de rétention de ces éléments est très élevée dans les petits cours d'eau (Meyer, 2007 ; Lowe & Likens, 2005 ; Benda, 2005). Le scientifique Wipfli (2007) met en évidence que 95% des matières organiques particulières et dissoutes d'un cours d'eau proviennent des têtes de bassin. Les auteurs de Scientific Imperative (Meyer et al, 2003) affirment qu'il y a plus de matière organique en amont qu'en aval et qu'elle y est efficacement transformée en forme assimilable. Ainsi, la disponibilité de cette source d'énergie et les conditions physiques des cours d'eau induisent un gradient des ressources trophiques. Comme l'explique le « river continuum concept », ce gradient définit une distribution longitudinale des organismes selon leurs stratégies d'utilisation des ressources (Vannote, 1980). Sans cet apport de matière organique dans les têtes de bassin, la chaîne trophique le long du réseau hydrographique serait perturbée.

g. Biodiversité des têtes de bassin versant

La biodiversité des têtes de bassins versants a longtemps été sous estimée et l'on découvre encore des espèces : 1004 taxons d'invertébrés ont été dénombrés à l'amont d'un cours d'eau allemand (Allan, 1995, in Meyer, 2007).

Cette biodiversité est due au caractère oligotrophe, varié et éphémère de ces milieux (LIFE 2009). Les têtes de bassin sont des habitats pour une large gamme d'espèces (Meyer et al, 2007). Des espèces pouvant se développer dans un cours d'eau permanent ou intermittent peuvent être plus abondantes dans un contexte intermittent du fait de la diversité d'habitats limitant la prédation (Meyer et al, 2003). Ecrevisses, amphibiens et insectes apprécient ces zones de refuges car ils sont protégés par la végétation (Ministère de l'Ecologie, 2008).

Les têtes de bassin versant sont aussi connues pour avoir des espèces endémiques, qui peuvent être rares ou menacées (Meyer, 2007, Lowe & Likens, 2005). En France, il existe des espèces inféodées aux têtes de bassin versant dont certaines sont emblématiques : la moule perlière (*Margaritifera margaritifera*), l'écrevisse à pied blanc (*Austropotamobius pallipes*), le chabot (*Cottus gobio*) et la lamproie de planer (*Lampetra planeri*) (figure 5) (LIFE, 2007). Sensibles aux perturbations de leur habitat, ces espèces sont des indicateurs de sa qualité.



Figure 5: Espèces emblématiques des têtes de bassin : Moule perlière (Joel Berglund), Ecrevisse à pattes blanches (Remi Masson), Chabot (Site internet plongee-passion) et Lamproie de Planer (D. Florian)

Enfin, les cours d'eau de tête de bassin sont des zones de frai favorisées. Les salmonidés, tel que le saumon atlantique, migrent vers ces lieux pour maintenir leur population pêchée en aval (Meyer, 2007) car ils ont un attachement à leur rivière d'origine (Gueguen et al, 1994). L'espèce la plus apicale : *Salmo trutta fario* ou truite commune, est adaptée aux conditions amont et utilise cette zone pour sa reproduction (Vigneron, Pernet, 2000). Une étude Bretonne a recensé les plus fortes densités en juvéniles dans les affluents de tête avec un vieillissement des individus vers l'aval (Nihouarn dans Baglinière et al, 1991). Cela démontre la nécessité de protéger l'amont des cours d'eau : si ces zones sont dégradées, la reproduction des migrateurs est perturbée et la population menacée.

4) Facteurs influençant le fonctionnement des têtes de bassin

a. Sensibilité des têtes de bassin

En dépit de leurs nombreux services écologiques, les têtes de bassin sont très vulnérables aux perturbations du milieu. En effet, leur caractère divergent, leur abondance et leur grande aire d'alimentation les exposent à de plus forts risques de transfert ou pollutions.

De plus, les faibles puissances spécifiques liées aux faibles débits d'eau induisent un faible pouvoir de restauration par résilience (LIFE, 2009 ; Bishop, 2008).

Or, la dégradation des cours d'eau amont a de fortes conséquences sur l'écologie à l'aval (Gomi, 2002). L'ensemble du réseau hydrographique est donc concerné par ces perturbations.

b. Perturbations

Les perturbations sont souvent issues des activités de l'homme qui dégradent les habitats et altèrent les fonctions des têtes de bassin (Meyer, 2007).

b-1. Occupation du sol

Plusieurs types d'occupation peuvent perturber le fonctionnement des têtes de bassin et altérer les flux de matière (Wipfli 2007) : l'imperméabilisation autour des cours d'eau accentue les ruissellements et les flux de charges polluantes (Meyer et al, 2003). De même, l'implantation de parcelles cultivées sur d'anciennes prairies ou forêts déstabilise le sol (systèmes racinaires et porosité diminués) et favorise le ruissellement érosif (Meyer et al, 2007).

Ensuite, Boulton (1997) affirme que la zone hyporhéique de cinq petits ruisseaux de Nouvelle Zélande est favorisée par une occupation de forêt : l'ombrage permet une diversité de faune, une activité dynamique et des interactions fortes. Dans une parcelle pâturée, il y a affaissement des berges dû au piétinement. Les sédiments fins issus des berges comblent le cours d'eau et réduisent la zone hyporhéique. Combiné aux fortes températures de l'eau dues à l'absence de ripisylve, cela réduit considérablement la vie aquatique et la dénitrification.

b-2. Pratiques agricoles

Montreuil (2008) affirme que les pratiques agricoles ont un rôle non négligeable sur les flux de nitrates et phosphore. Depuis le développement de l'agriculture, l'utilisation d'engrais et la production de déchets azotés et phosphorés ont fortement augmenté.

Une pratique causant beaucoup de dégâts est l'enterrement des cours d'eau traversant les parcelles (Lebihan, 2009). Les agriculteurs comblent ou enterrent les cours d'eau, considérés comme fossés. Or les impacts sont graves : une étude au Québec a montré que l'enterrement a des effets sur le fonctionnement hydrologique du bassin versant : les cours d'eau en amont desquels est réalisé un drainage voient leurs débits de pointe et le risque de ruissellement augmenter (Leduc, 1990). L'eau accélérée ne pénètre plus dans le lit. Il n'y a plus de contact entre l'eau et le milieu environnant, donc aucune purification de l'eau par la zone hyporhéique, ni recharge de nappe (Meyer et al, 2003).

Cette synthèse met en évidence les services écologiques rendus par les têtes de bassin à l'ensemble du bassin versant. Les perturbations de ces écosystèmes induisent une nécessité de les délimiter pour y instaurer des actions visant à les restaurer et préserver.

III – INVENTAIRE CARTOGRAPHIQUE DES TÊTES DE BASSIN VERSANT

La méthodologie se présente en deux étapes principales : une phase de délimitation cartographique des têtes de bassin et une phase de hiérarchisation. L'étude cartographique a été réalisée en utilisant les logiciels Arcview version 9.3 (ESRI) et Quantum GIS 1.6.

1) Délimitation cartographique des têtes de bassin selon les critères du SDAGE

Pour réaliser cette délimitation, il est nécessaire de posséder l'inventaire des cours d'eau en format « shape » (format cartographique d'Arcview). La donnée « cours d'eau » utilisée ici est la BD carthage, mise à jour de 2008 à 2011 sur le territoire.

a. Vérification des inventaires cours d'eau

Chacun des syndicats de rivière couvrant les quatre sous bassins versants a réalisé cette mise à jour en employant trois bureaux d'études différents. Il a donc été nécessaire d'homogénéiser les données et de corriger les éventuelles erreurs de typologie :

- Tout d'abord, la **jointure des tronçons de cours d'eau** a été vérifiée. Chaque tronçon doit être jointif à son voisin pour garder une continuité hydrographique. Quand ce n'était pas le cas, les tronçons ont été corrigés en utilisant l'outil « capture d'extrémités ».
- Ensuite, si le **sens de l'écoulement** n'était pas dirigé de l'amont vers l'aval, il a alors été modifié pour obtenir un écoulement naturel de l'eau.
- Un autre type de rectification a été la **correction des affluents**. A chaque confluence, un nouveau tronçon doit être créé. Si ce n'était pas le cas, l'outil « intersection de lignes » a été utilisé pour créer un nouveau tronçon à chaque intersection.

b. Création des zonages de têtes de bassin versant

b-1. Application des rangs de Strahler

Cette étape consiste à attribuer un rang à chaque tronçon selon la classification de Strahler. Pour cela, le logiciel RivEX* a été utilisé, suivi d'une vérification de l'attribution.

b-2. Application de la pente moyenne de chaque cours d'eau

Il est fréquent de trouver plusieurs tronçons entre deux intersections, parfois très petits. Tous les tronçons se trouvant entre deux confluences ont été combinés pour obtenir un seul cours d'eau et des valeurs de pente moyennes plus cohérentes.

- Grâce à sa fonction « conversion polyline to point », l'extension LT Geowizard** fut

*RivEX est un outil de réseau fluvial, conçu pour fonctionner sous ArcGIS, qui permet d'ordonner le réseau et de l'analyser.

** Extension téléchargeable sur le site internet d'ESRI.

utilisée pour obtenir les extrémités amont et aval de chaque cours d'eau (points).

- Puis, l'altitude de chaque point créé est repérée selon sa position sur le Modèle Numérique de Terrain (MNT) qui représente la topographie avec une précision de 50m (BD Alti). Pour cela, il faut utiliser la fonction « extraction de valeurs vers des points » de Spatial Analyst.

- La pente est donc obtenue par le calcul suivant : $Pente = (\text{dénivelé}/\text{longueur}) * 100$

Après ces deux étapes, une couche cartographique est réalisée en conservant uniquement les **cours d'eau de rang 1 ou 2 ayant des pentes supérieures à 1%**.

b-3. Réalisation des bassins versants des cours d'eau de rang ≤ 2 et de pente $> 1\%$

Les extrémités aval de ces cours d'eau, considérées comme leurs exutoires, sont nécessaires pour délimiter le bassin versant. La délimitation des bassins versants a été réalisée avec le logiciel libre QGIS avec l'aide d'Hervé Squidant, de l'Agrocampus de Quimper. Cette unité de recherche a mis au point des serveurs permettant de réaliser des bassins versants de cours d'eau, en utilisant un MNT disponible à l'échelle de la Bretagne. Ainsi, en ajoutant sur QGIS la couche des exutoires dont on veut le bassin versant, il suffit de se connecter au serveur « pwatershed » mis en ligne pour obtenir le dessin des bassins versants selon les lignes de crête. Pour avoir le bassin versant de tous les cours d'eau, même petits, il a fallu au préalable reculer les exutoires de 100m (ou 200m si nécessaire) pour que le logiciel considère l'exutoire comme celui du petit cours d'eau et non comme celui du cours d'eau plus grand dans lequel il se jette.

Après avoir délimité le zonage des têtes de bassin versant, il s'agit de déterminer les têtes de bassin prioritaires à restaurer pour améliorer la qualité du bassin versant du Couesnon.

2) Couplage des données du bassin du Couesnon

Aux vues du temps restant et de l'hétérogénéité des données disponibles, il a été décidé de ne s'intéresser qu'à un seul sous bassin versant pour la priorisation des têtes de bassin. Dans un contexte apical, c'est le sous bassin versant situé le plus en amont qui a été choisi pour proposer une méthode de hiérarchisation : celui du **Haut Couesnon**. Cette méthode se veut applicable au reste du bassin du Couesnon ainsi qu'à tous les bassins versants de Bretagne.

a. Récupération des données du territoire du Haut Couesnon

La première étape de cette priorisation a consisté en la récupération de toutes les données disponibles et intéressantes pour le traitement. Elles ont été recueillies auprès de différents organismes (tableau I).

Tableau I : Données récoltées auprès des organismes agissant sur le territoire du Haut Couesnon

Organisme	Source	Données	Description	Intérêt
Association « Bassin du Couesnon » + Syndicat Intercommunal du Haut Couesnon	Inventaire zones humides 2010	localisation, superficie	Recensement cartographique sous forme de polygones sur ArcGIS.	Permet de localiser les zones humides et de calculer leur taille pour avoir leur densité par tête de bassin. Les zones humides ont un pouvoir dénitrifiant et tampon.
		Type d'habitat selon Corine Biotope	Code biotope correspondant à chaque zone humide.	Permet de différencier les zones humides naturelles des artificielles. Selon leur code, elles sont plus ou moins capables d'assurer leurs différents rôles.
		Dégradation hydraulique	Dégradation observée sur le terrain par le bureau d'étude. La zone humide peut être classée : proche de l'équilibre, « sensiblement dégradée », « dégradée », « perturbante » ou « très dégradée, équilibre rompus ».	Permet de voir la proportion de zones humides par tête de bassin ayant un rôle hydraulique perturbé.
		Dégradation des habitats	Atteinte observée sur le terrain par le bureau d'étude. La zone humide peut être « non dégradée », « partiellement dégradée » ou « fortement dégradée ».	Permet de voir la proportion de zones humides par tête de bassin ayant des habitats perturbés.
Syndicat Intercommunal du Haut Couesnon	Contrat Territorial Milieux Aquatiques (CTMA) Etat des lieux 2009	Morphologie des cours d'eau	Pour chaque tronçon étudié lors du CTMA correspond une note de qualité allant de "très mauvais" à "très bon" pour chacun des six compartiments: le lit mineur, le lit majeur, les berges, la continuité, le débit d'eau et la ligne d'eau (méthode REH*).	Cette évaluation permet de voir quels sont les tronçons qui ont le plus de compartiments dégradés morphologiquement et donc d'obtenir une qualité générale des têtes de bassin concernées.
ONEMA	Elaboration du SDAGE Loire Bretagne 2009	Inventaire des zones de frayères potentielles**	Portions de cours d'eau favorables à la présence de frayères, par observation d'espèces ou de la qualité de l'habitat. Elles sont distinguées selon chaque espèce aquatique présente dans les têtes de bassin du Haut Couesnon (chabot, truite, écrevisse à pattes blanches, saumon atlantique).	L'inventaire est un moyen de privilégier des zones où il y a le plus de frayères potentielles.
		Réservoirs biologiques**	Portions de cours d'eau recensées. Ces cours d'eau permettent de réensemencer des cours d'eau dégradés. Sur le Haut Couesnon, il y a une distinction entre les réservoirs biologiques pour la truite et ceux pour l'écrevisse à pattes blanches.	Intérêt biologique pour préciser les cours d'eau à préserver.
Syndicat intercommunal du Haut Couesnon	Etat des lieux Breizh bocage 2009	Bocage	Recensement du bocage par observation sur photographie aérienne, sous forme de polygones. A chaque haie est indiquée son orientation par rapport à la pente.	Permet d'observer la densité de bocage et de trier les haies hydrologiquement actives (perpendiculaires à la pente). Le bocage a un pouvoir dénitrifiant et anti-érosif.
		Bosquets	Recensement des bosquets sous forme de surfaces polygonales.	Permet une localisation plus complète et plus précise des bois et forêts que Corine Land Cover. Le bosquet a un pouvoir dénitrifiant et antiérosif.
Association « Bassin du Couesnon »	Elaboration du SAGE: Etat des lieux 2009	Occupation du sol : PAC Graphique 2007	Recensement des parcelles agricoles et distinction des types de cultures, réalisé lors de la demande de Mesures Agri-Environnementales (MAE) par les agriculteurs.	La PAC graphique constitue une donnée quasi complète et précise, chaque type de culture ayant des impacts différents.
		Occupation du sol : Corine Land Cover 2000	Recensement des zones urbanisées continues, urbanisées discontinues, commerciales, équipements sportifs et extraction de minéraux.	Permet de localiser et de calculer la densité des zones urbanisées.
		Qualité physico-chimique	Données mesurées à l'exutoire des masses d'eau (issues des calculs de percentile 90) : - nitrates (mg/L) - phosphores (mg/L) - pesticides (mg/L)	Ces mesures sont un moyen d'affecter un enjeu de qualité de l'eau par paramètre pour chaque masse d'eau et de l'affecter à toutes les têtes de bassin situées dans une même masse d'eau. Le but est de privilégier les zones où les concentrations sont supérieures aux normes.
		Milieux naturels remarquables	Localisation des espaces naturels sensibles (ENS), Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique (ZNIEFF).	L'inventaire est un moyen de privilégier les zones où il y a le plus de milieux naturels remarquables.
		Pressions agricoles	Apports organiques issus des déjections animales. Apports azotés en kg N / ha SAU et phosphorés en kg de P / ha SAU. Les données ne sont disponibles qu'à l'échelle des masses d'eau.	Les valeurs permettent d'avoir une idée des entrées agricoles organiques sur le bassin versant et d'observer les zones à fortes pressions. Une tête de bassin se voit attribuer la valeur de la masse d'eau dans laquelle elle se trouve.
		Aléa érosif	Couche de pixels où chacun a une valeur d'aléa allant de "très élevé" à "très faible".	Permet de voir quelle région a un risque d'érosion fort et donc un risque de transfert de phosphore et pesticides. Un aléa érosif fort entraîne le ruissellement de molécules polluantes.
		Périmètre de protection de captage	Surfaces polygonales distinguées par leur sensibilité : "immédiat", "rapproché sensible", "rapproché complémentaire ».	Indique un enjeu supplémentaire pour la qualité physico-chimique si une tête de bassin se trouve dans un périmètre de protection.

LEGENDE

- Données dégradantes
- Données indiquant la qualité des hydrosystèmes
- Données démontrant l'intérêt d'une bonne qualité et d'un bon fonctionnement des têtes de bassin

La combinaison de ses trois types d'occupation du sol permet d'avoir un recouvrement quasi complet ainsi qu'une précision plus fine sur l'ensemble du bassin versant.

* Le Réseau d'Evaluation des Habitats est une description du milieu physique et de son état d'anthropisation, à l'échelle du tronçon. Chaque tronçon est analysé en fonction des perturbations qu'il peut faire subir à ses espèces caractéristiques

** Une frayère est une zone favorable à la reproduction des espèces aquatiques. Le réservoir biologique correspond à une source colonisatrice, c'est-à-dire un habitat favorable à la reproduction des espèces mais aussi un habitat ayant un pouvoir avéré de recolonisation de la population là où elle est perturbée.

b. Choix et principe du système de priorisation des têtes de bassin versant

Après analyse des données récoltées, le choix de hiérarchisation s'est porté vers un système de notation. En l'état actuel de la recherche, il a été jugé préférable de réaliser cette notation en considérant séparément les principaux enjeux du territoire car pour chacun d'entre eux entrent en jeu des processus physiques ou biologiques différents :

- La **reconquête de la qualité de l'eau** est un enjeu fort. En effet, trop de masses d'eau sont concentrées en pesticides et supérieures aux normes des 50 mg nitrates/L et 0,2mg de phosphore total/L. Une notation des têtes de bassin les plus dégradées physico-chimiquement permet de cibler les zones où les actions sont les plus judicieuses.

- Le deuxième enjeu sur le bassin du Couesnon concerne la **morphologie des cours d'eau** : elle est très souvent dégradée et contribue à une mauvaise qualité de l'eau et des habitats. Un système de notation sur cet enjeu permet d'observer quelles têtes de bassin sont les plus atteintes morphologiquement pour restaurer ce caractère.

- Un autre enjeu important sur le bassin versant du Couesnon est celui de la **biodiversité**. Le territoire présente des zones à richesse biologique importante (ZNIEFF 2, ENS). Elles peuvent être dégradées, menacées. Une notation des têtes de bassin versant les plus riches permet de les mettre en avant pour une préservation des espèces présentes.

- Un enjeu moins primordial sur le Haut Couesnon est l'enjeu **quantité d'eau**. Une hiérarchisation des têtes assurant un faible rôle de régulation des écoulements et crues permet d'y instaurer des actions visant à améliorer leur fonction hydraulique.

Dans chaque tête de bassin, plusieurs éléments parmi les données recueillies influencent positivement ou négativement l'enjeu concerné. Il est donc attribué des valeurs négatives aux données dégradantes ou dégradées et des valeurs positives aux données favorisant ou indiquant un bon fonctionnement des écosystèmes. Le but est de cumuler les caractéristiques de chaque tête de bassin influant sur l'enjeu pour observer son comportement général. Il s'agit de faire une somme des données négatives et positives, tout en leur attribuant le même poids (gamme de classes similaires). Ce système se veut tendanciel, c'est-à-dire qu'il permet de déterminer les évolutions globales des risques de pollution et non de quantifier précisément les flux de pollutions.

c. Notation des têtes de bassin selon les différents enjeux

Voici pour chaque enjeu le système de notation retenu pour hiérarchiser les têtes de bassin versant. Toutes les données sont recalculées à l'échelle de la tête de bassin. Selon les enjeux, il sera proposé des actions de préservation ou de restauration.

c-1. Enjeu qualité physico-chimique

Les têtes de bassin dépassant les normes sont sélectionnées lors d'un premier tri comme ayant un enjeu qualité physico-chimique le plus fort : les têtes comprises dans les masses d'eau supérieures à 50 mg nitrates/L, ainsi que celles dans les masses d'eau à plus de 0,2 mg phosphore/L (Annexe 2). Pour les pesticides, ce sont les têtes de bassin des masses d'eau ayant les concentrations les plus importantes qui sont sélectionnées.

Pour chacun de ces trois paramètres, les processus biologiques qui interviennent sont différents (dénitrification, dégradation des pesticides, accumulation de phosphore). Il est décidé de faire une notation séparée pour chacun d'entre eux (tableau II).

Tableau II : Notation des têtes de bassin pour les paramètres physico-chimiques

Eléments		classification	Nitrates	Pesticides	Phosphore
Pressions	Pressions agricoles	<140 kg N / ha SEP	0		
		140-170 kg N / ha SEP	-2		
		>170 kg N / ha SEP	-4		
	Pressions pesticides : déduites des apports théoriques en fonction de l'occupation du sol (PAC graphique + Corine land cover + bosquets)	<60 kg P / ha SEP			0
		60-80 kg P / ha SEP			-2
		>80 kg P / ha SEP			-4
		Cultures		-4	
		Zones urbanisées		-2	
	Autres		-1		
			+		
Cours d'eau	Densité de cours d'eau (pouvoir dénitrifiant de la zone hyporhéique)	0-5 ml/ha	0		
		5-15 ml/ha	0,5		
		>15 ml/ha	1		
			+		
Zones humides	Densité en % par TBV (Tête de bassin versant)	0-5%	0		0
		5-15%	1		0,5
		>15%	2		1
	% de ZH artificielles* parmi % de ZH totales (diminue les potentialités épuratrices) à soustraire à la note densité ZH	<50%		0	
		50-75%		-1	
	>75%		-2		
			+		
Bocage	Densité de haies perpendiculaires par TBV	0-20 ml/ha		0	
		20-40 ml/ha		0,5	
		>40 ml/ha		1	
			+		
Bosquet	Densité de bosquet (forêts, petits bois) en % par TBV	0-5%		0	
		5-15%		0,5	
		>15%		1	
			+		
Aléa érosif	Occupation majeure de l'aléa érosif dans la TBV	très élevé			-2
		élevé			-1,5
		moyen			-1
		faible			-0,5
		très faible			0
			Note nitrates	Note pesticides	Note phosphore

* Les zones humides artificielles sont des habitats soumis à une action de l'homme : prairies améliorées, cultures, plantations ... (Code 8 dans Corine Biotope). Elles perdent de leur caractère naturel et ont donc des services écologiques amoindris.

c-2. Enjeu biodiversité

La notation des têtes de bassin versant selon leur richesse biologique potentielle est expliquée par le tableau III.

Tableau III : Notation des têtes de bassin pour l'enjeu biodiversité

Eléments		Classification	Note		
Zones humides naturelles (code Corine biotope 31.1, 37, 37.1, 37.2, 37.21, 37.217, 44, 44.1, 44.92, 52, 53, 53.16)	Densité de zones humides en % par TBV	0-5%	0	Note densité ZH	Note densité finale ZH (si <0, ramener à 0*) +
		5-15%	1		
		15-30%	2		
	Zones humides: pression habitat (% de ZH dégradée parmi le % de ZH)	non dégradé	0	Note négative à soustraire à la note "densité ZH"	
		<50% dégradé	0		
		50-75% dégradé	-1		
	>75% dégradé	-2			
Zones de frayères potentielles	Frayères comprises dans une TBV	Aucune	0	⇒	Note frayères +
		1 espèce non emblématique	0,5		
		1 espèce emblématique	1		
Réservoirs biologiques	Réservoir biologique compris dans une TBV	Aucun	0	⇒	Note milieux remarquables =
		Truite	1		
		Truite et écrevisse à pattes blanches	2		
* la présence d'une humide, même dégradée, ne peut induire une note négative					Note finale

c-3. Enjeu quantité

La notation des têtes de bassin versant selon leur capacité potentielle à assurer leur rôle hydraulique est expliquée par le tableau IV.

Tableau IV : Notation des têtes de bassin pour l'enjeu quantité

Eléments		Classification	Note		
Zones humides	Densité de zones humides en % /TBV	0-5%	0	Note densité de ZH	Note densité finale ZH (si <0, ramener à 0) +
		5-15%	1		
		>15%	2		
	Pression hydraulique (% de ZH dégradée parmi le % de ZH)	<50%	0	Note négative, à soustraire à la note "densité ZH"	
		50-75%	-1		
		>75%	-2		
Bocage	Densité haies perpendiculaires à la pente	0-20 ml/ha	0	⇒	Note densité de haie +
		20-40 ml/ha	0,5		
		>40 ml/ha	1		
Occupation du sol	Régulation des flux d'eau (couverture du sol)	Zones urbanisées	-1	⇒	Note occupation du sol =
		Maïs	-0,5		
		Grandes cultures, gel industriel, divers	0		
		Autres gels, vergers, landes, broussailles	0,5		
		gel sans production, prairies temporaires, fourrage	1		
		Prairies permanentes	1,5		
		Bosquets	3		
Note finale					

c-4. Enjeu morphologie

La notation des têtes de bassin versant selon leur état morphologique est expliquée par le tableau V.

Tableau V : Notation des têtes de bassin pour l'enjeu morphologie

Eléments	Débit	Continuité	Berges	Lit mineur	Lit majeur	Ligne d'eau
Classification	Note majeure des tronçons par TBV					
	très bon = 2					
	bon = 1					
	moyen = 0					
	mauvais = -1					
Note	très mauvais = -2					
	(note débit + note continuité + note berges + note lit mineur + note lit majeur + note ligne d'eau)					
	6					
☰ Note finale morphologie						

Pour les enjeux « **physico-chimie** », « **morphologie** » et « **quantité** », selon la médiane des notes obtenues, la moitié la plus **négative** a été sélectionnée pour choisir les têtes correspondantes auxquelles une désignation de « prioritaire » est affectée. Le but est de déterminer les têtes de bassin qui sont les moins fonctionnelles pour les restaurer.

Pour l'enjeu « **biodiversité** » et selon la médiane des notes obtenues, la moitié la plus **positive** a été sélectionnée pour choisir les têtes correspondantes auxquelles une désignation de « prioritaire » est affectée. En effet, le but est et de déterminer les têtes de bassin étant les plus riches en biodiversité pour les préserver.

IV – RESULTATS

1) Délimitation cartographique des têtes de bassin selon les critères du SDAGE

Après traitement cartographique sur SIG, il est observé que le Haut Couesnon dénombre 131 têtes de bassin versant, selon le critère du SDAGE Loire Bretagne de 2009 (rang de Strahler et pente). Ces têtes de bassin représentent une superficie totale de 188 km² par rapport aux 375 km² du bassin du Haut Couesnon, c'est-à-dire environ 50% du territoire. De formes variées, elles se répartissent de façon assez homogène le long du réseau hydrographique (figure 6).

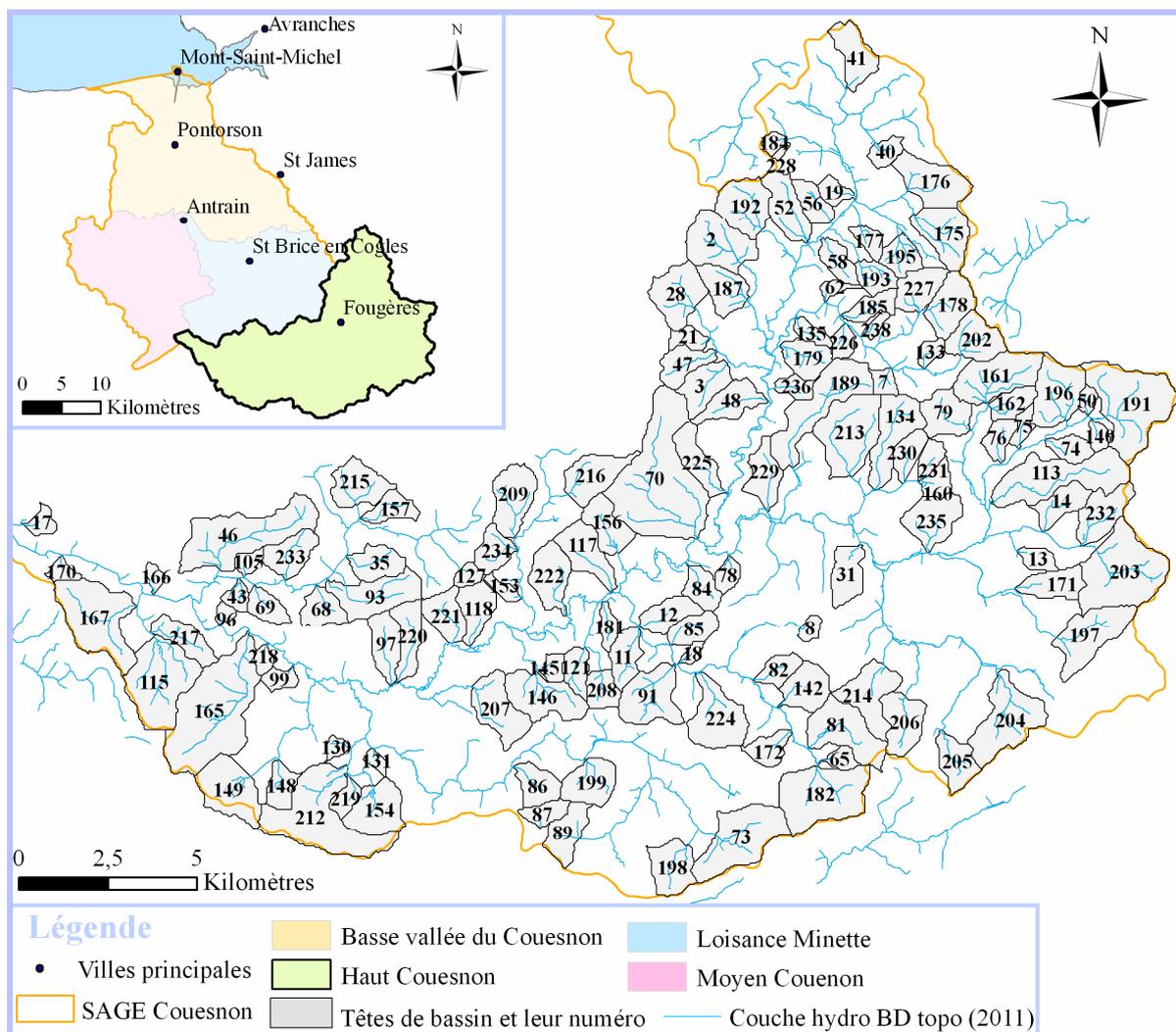


Figure 6: Carte des têtes de bassin versant du Haut Couesnon

La superficie moyenne d'une tête de bassin sur le Haut Couesnon est de 1,44 km² avec des extrêmes de 0,1 km² et 6,97 km². L'ensemble des cours d'eau de têtes de bassin draine 48% du réseau hydrographique du Haut Couesnon. Par ailleurs, plus de la moitié des cours d'eau de tête de bassin mesure moins d'1km (65%) (figure 7).

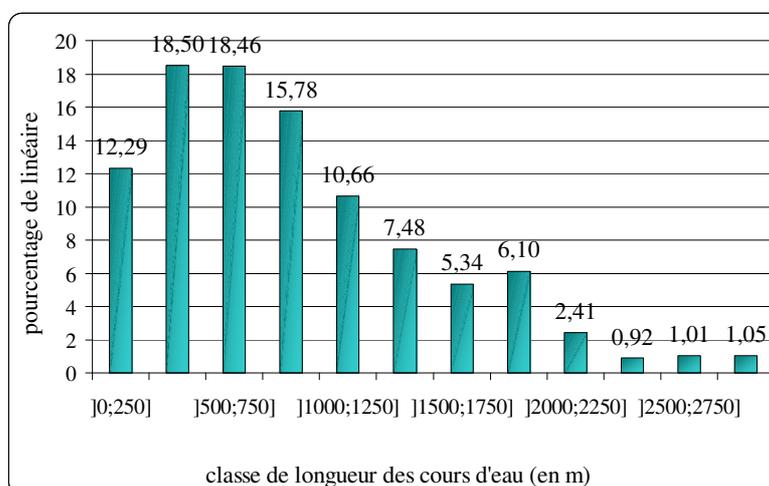


Figure 7: Répartition des cours d'eau de tête de bassin selon leur classe de longueur

2) Couplage des données du bassin du Couesnon

a. Notation des têtes de bassin selon l'enjeu qualité physico-chimique

Selon la notation, les têtes de bassin versant ayant une faible capacité épuratrice des nitrates sont situées majoritairement à l'Est du Haut Couesnon, concentrées en amont du cours d'eau. Elles sont dites prioritaires pour cet enjeu. Celles prioritaires pour les enjeux phosphore et pesticides sont réparties sur une surface plus étendue du bassin versant (figure 8).

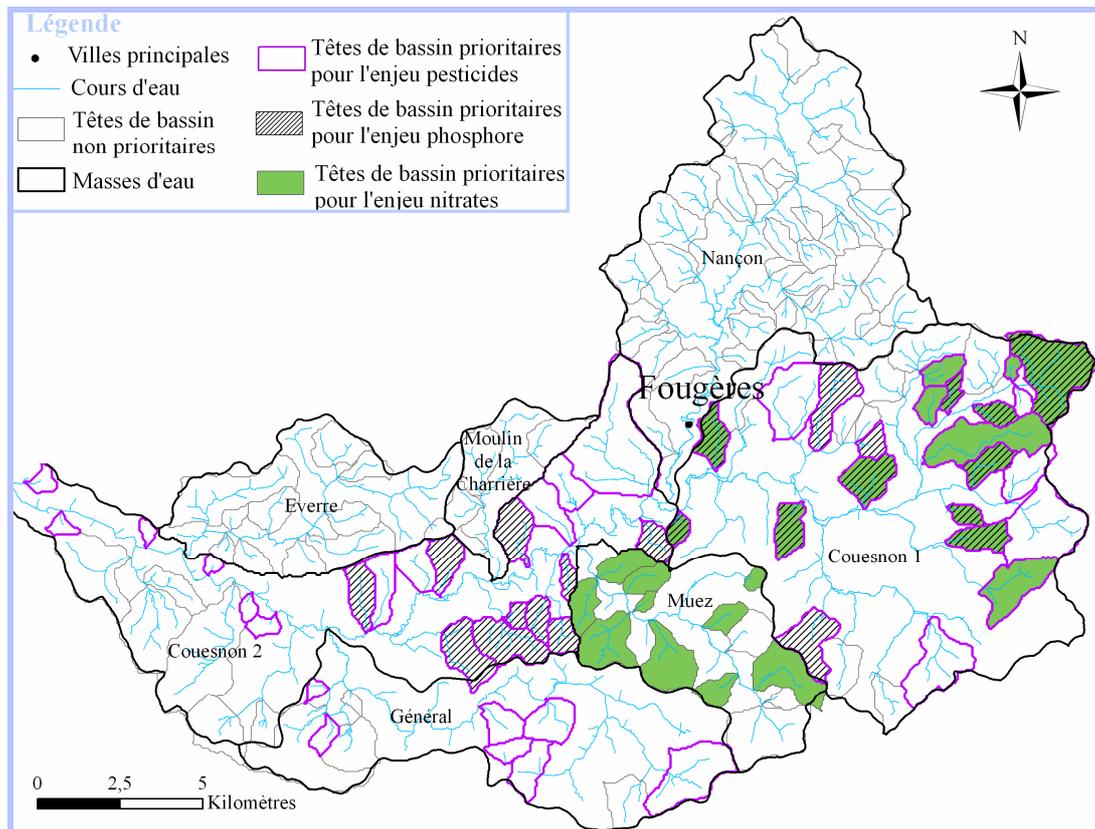


Figure 8: Carte des têtes de bassin prioritaires pour l'enjeu qualité de l'eau, données source : Hydro BD topo 2011.

Les 10 têtes de bassin concernées simultanément par les priorités nitrates, phosphore et pesticides, se situent dans la masse d'eau du Coesnon 1. Elles ont des pressions agricoles élevées et des densités en éléments du paysage très faibles (Annexe 3). Leurs densités moyennes de cours d'eau, zones humides, bocage et bosquet sont plus faibles que les autres têtes. Ces zones très dégradées pour les trois enjeux physico-chimiques sont donc privilégiées pour la suite de l'étude.

b. Notation des têtes de bassin selon l'enjeu biodiversité

Le système de notation des têtes de bassin selon l'enjeu biodiversité amène à des notes s'échelonnant de 0 à 5,5, avec un pas de 0,5. Les têtes ayant une note supérieure ou égale à 3 (moitié la plus élevée selon la médiane) sont prioritaires et représentent 10% des têtes du Haut Couesnon. Elles sont réparties au Nord Est et au Sud Ouest du bassin versant (figure 9).

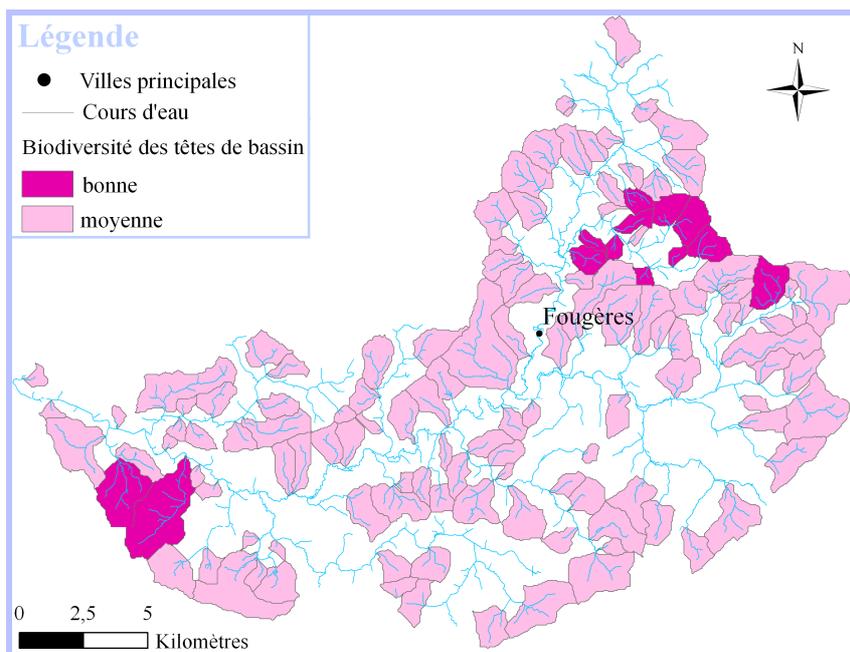


Figure 9: Carte des têtes de bassin prioritaires pour l'enjeu biodiversité, données Source : Hydro BD topo 2011.

Excepté deux, toutes les têtes de bassin ayant une bonne biodiversité (en bordeaux) contiennent plusieurs zones de frayères potentielles (Annexe 4). De même, à part les 2 têtes au Sud Ouest du bassin du Couesnon, elles contiennent toutes des cours d'eau considérés comme réservoir biologique pour l'écrevisse à pattes blanches et la truite. Par ailleurs, la grande majorité possède des zones humides naturelles ayant des habitats non ou peu dégradés.

c. Notation des têtes de bassin selon l'enjeu quantité

Selon la notation, 38 têtes de bassins sur 131 ressortent comme inaptés à remplir leur rôle hydraulique (figure 10). Elles apparaissent comme prioritaires pour la restauration de ce rôle.

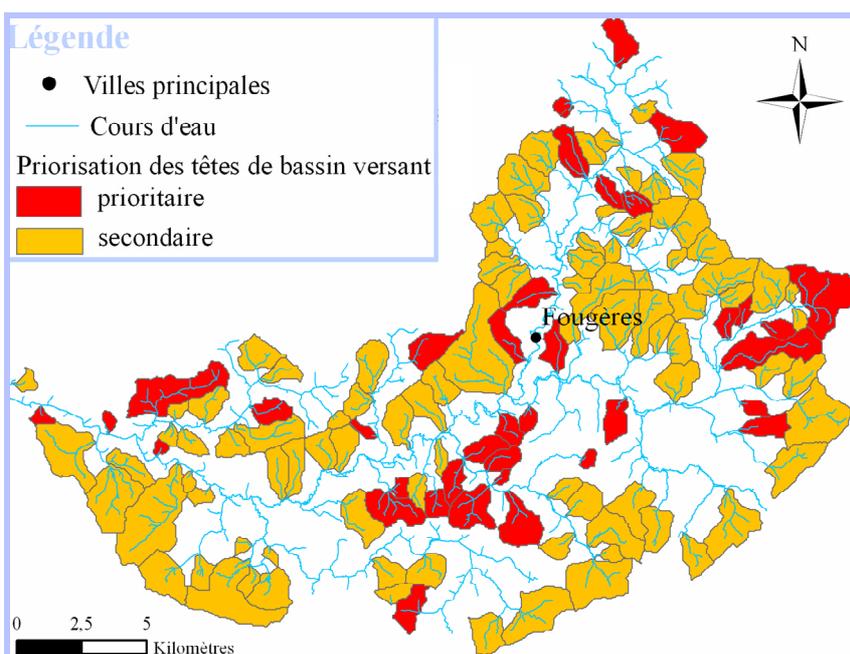


Figure 10: Carte des têtes de bassin prioritaires pour l'enjeu quantité, données source : Hydro BD topo 2011.

Les têtes de bassin présentant une priorité pour la restauration sont réparties de façon hétérogène sur le bassin versant. La densité de bocage y varie de 0 ml/ha jusqu'à 48,83 ml/ha avec une moyenne de 18,25 (Annexe 5). L'occupation du sol est très variable : les cultures et gels industriels occupent 15 têtes de bassins prioritaires. Quatorze sont majoritairement occupées par du fourrage, gels sans production ou prairies temporaires. Cinq sont occupées principalement par des zones urbanisées, 4 par des prairies permanentes, et 2 par du maïs. La densité de zones humides par tête est en moyenne de 3% avec un maximum de 13%. En moyenne, 22% de ces zones humides sont dégradées hydrauliquement, certaines totalement.

d. Notation des têtes de bassin selon l'enjeu morphologie

L'étude morphologique des cours d'eau a été effectuée à partir de la couche Hydro de la BD topo, qui est moins précise que la couche remise à jour par les bureaux d'étude. Par ailleurs, elle a été effectuée en priorité sur les cours d'eau de taille plus importante. De ce fait, beaucoup de petits chevelus n'ont pas été pris en compte pour l'analyse. En couplant cette analyse réalisée par Hydroconcept et la couche de têtes de bassin, il est observé que seulement 36% d'entre elles sont concernées par l'enjeu morphologie (figure 11).

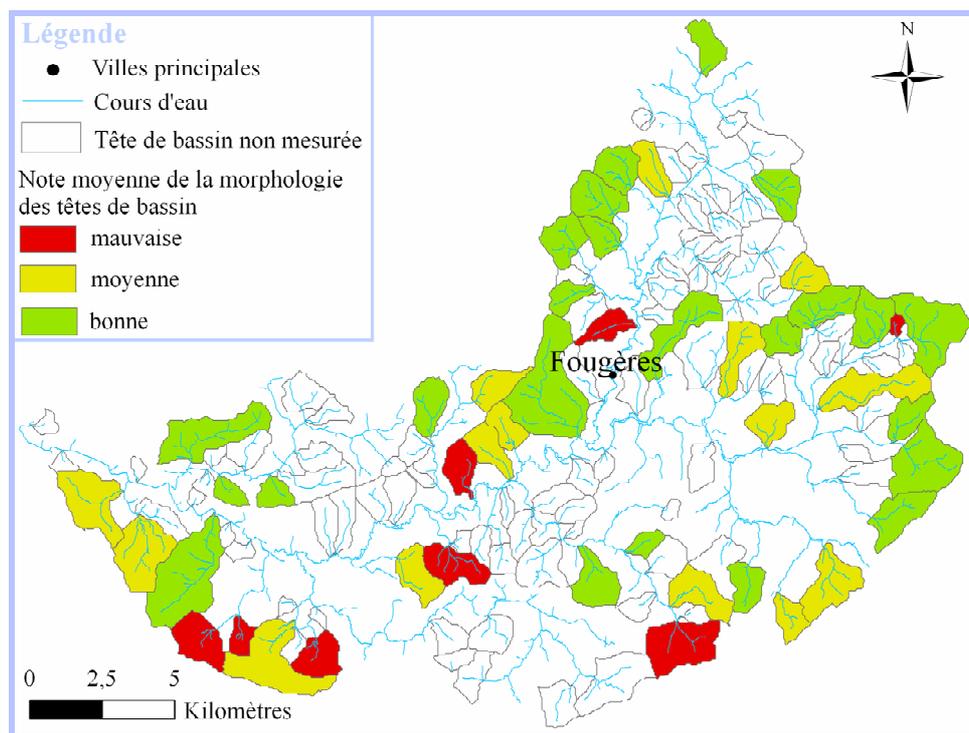


Figure 11 : Carte des têtes de bassin prioritaires pour l'enjeu morphologie, données Source : Hydro BD topo 2011.

Sur ces 47 têtes de bassin, seulement 8 sont de qualité mauvaise (Annexe 6), 15 sont de qualité moyenne et 24 ont une bonne qualité morphologique. La répartition de la qualité des têtes de bassin est plutôt aléatoire sur le bassin versant.

V – DISCUSSION

1) Connaissances actuelles des hydrosystèmes « têtes de bassin versant »

La synthèse bibliographique a permis de mettre en évidence le fonctionnement et les différents services que peuvent assurer les têtes de bassin versant. Cependant, elle révèle aussi qu'à l'heure actuelle, une grande majorité des études ont été menées non pas en France mais essentiellement aux Etats Unis. Or le contexte américain diffère du contexte français et notamment du contexte armoricain. De plus, de part les études réalisées dans des zones précises, il est difficile de généraliser les résultats et de les transposer à un bassin versant quelconque. Il serait donc judicieux de réaliser ces mêmes études américaines sur notre territoire pour vérifier la pertinence des résultats et ainsi affirmer la place qu'occupent les têtes de bassin au sein d'un quelconque bassin versant du Massif Armoricaïn.

2) Cartographie des têtes de bassin versant : comparaison avec celle de l'AELB

La création des têtes de bassin à l'échelle du bassin versant et à partir du nouvel inventaire « cours d'eau » met en évidence la grande surface qu'occupent les têtes de bassin versant. En effet, elles représentent 50% du territoire alors que celles définies par l'agence de l'eau ne représentent que 17,5% du bassin versant (environ 65 km²) (Annexe 7). Cette différence peut s'expliquer par l'approche qu'a eue l'Agence de l'Eau : elle a utilisé une échelle plus petite à laquelle certains chevelus n'ont pu être décelés ; or pour être le plus précis possible, il est préférable de travailler à grande échelle (Bravard, 2007). Par ailleurs, la couche de cours d'eau utilisée (BD Carthage) est moins précise que celle utilisée lors de cette étude. Beaucoup de petits cours d'eau n'ont donc pas été pris en compte. De plus, l'agence de l'eau ne considère pas les cours d'eau de rang 1 (ou 2) et de pente supérieure à 1% qui se jettent dans des cours d'eau de rang 3 (ou 4). De ce fait, elle s'affranchit des petits chevelus se situant tout au long du réseau hydrographique mais qui sont aussi importants que ceux situés en amont. Ce choix fut réalisé uniquement dans le but d'éviter d'obtenir trop de têtes de bassin versant à l'échelle du SDAGE Loire Bretagne. Certaines ont donc été retirées sans tenir compte de leurs caractéristiques et de leur état. Pour éviter cela, la cartographie réalisée ici s'est voulue complète, c'est-à-dire en respectant à la lettre les critères du SDAGE. Ce n'est qu'après qu'une priorisation fut effectuée, faisant l'objet de la partie suivante.

Cependant, le critère de la pente est encore discuté aujourd'hui. Certains scientifiques comme Philippe Mérot, ne le trouvent pas pertinent et pensent qu'il est moins approprié au contexte du Massif Armoricaïn qu'à celui du Massif Central (qui a fait émerger la

problématique des têtes de bassin au sein du comité de bassin Loire Bretagne). S'il n'était pas pris en compte, ce qui semblerait plus logique du fait de la faible pente des cours d'eau armoricains, alors les têtes de bassin versant recouvriraient 74% du bassin versant du Haut Couesnon (Annexe 8). De plus, elles draineraient environ 65% du réseau hydrographique au lieu des 48% actuels, ce qui se rapproche plus des résultats de Léopold (1994) où il exposait que les têtes de bassin représentaient environ 70% du réseau hydrographique. Cette notion de pente supérieure à 1% doit donc faire l'objet de plus amples discussions et débats pour une meilleure application au Massif Armoricain.

La cartographie des bassins versants des cours d'eau de rang 1 et 2 et de pente supérieure à 1% démontre tout de même l'importance qu'ils représentent : la moitié du bassin versant en est recouverte. Par ailleurs, les résultats montrent que 65% des cours d'eau de têtes de bassin ont un linéaire inférieur à 1km. Cela démontre donc la nécessité de préserver même, voire surtout, les très petits cours d'eau, indispensables au bon fonctionnement du bassin versant et pourtant très souvent assimilés à des fossés et de ce fait très perturbés.

3) Hiérarchisation des têtes : interprétation des résultats

a. Notation des têtes de bassin selon l'enjeu qualité physico-chimique

Il n'est pas étonnant, en observant la carte des têtes de bassin prioritaires pour l'enjeu qualité physico-chimique, d'observer une concentration de celles-ci au niveau de la masse d'eau du **Couesnon 1**. En effet, les mesures physico-chimiques à son exutoire dépassent les normes et les pressions organiques agricoles sont trop importantes pour que les têtes de bassin puissent éliminer les apports excédentaires. La mauvaise qualité de ces têtes de bassin est due à de faibles densités de cours d'eau (faible pouvoir dénitrificateur de la zone hyporhéique), de faibles densités de zones humides (faible pouvoir dénitrificateur et épurateur), et de faibles densités de bocage et bosquet (faible pouvoir anti-érosif). Il s'agit donc d'agir sur l'ensemble de ces éléments.

b. Notation des têtes de bassin selon l'enjeu biodiversité

Deux groupes de têtes de bassin ressortent comme riches en biodiversité. Or, les paramètres influents sont différents : les têtes de bassin au Sud Ouest ont de fortes densités en zones humides dûes aux nombreux cours d'eau et à la topographie plane. Par ailleurs, ces têtes de bassin versant ne présentent pas de cours d'eau dits réservoirs biologiques. Leur classification « prioritaire » est principalement dûe à la conformation des sites et non à une réelle richesse. Il serait judicieux de vérifier la pertinence de cette biodiversité sur site.

En ce qui concerne le groupe au nord du bassin, la forte biodiversité est davantage due à la présence de la forêt de Fougères. Ces têtes de bassin sont très riches en espèces inféodées (réservoirs biologiques et frayères potentielles). C'est dans cette région apicale que se trouvent les seules populations d'écrevisses à pieds blancs notamment. Ce groupe de têtes de bassin présente un intérêt majeur pour la préservation des espèces de têtes de bassin. Il s'agit donc de focaliser les éventuelles actions de préservation ou restauration sur cette région.

c. Notation des têtes de bassin selon l'enjeu quantité

La répartition des têtes hydrauliquement dégradées est très aléatoire. La notation de cet enjeu s'est davantage basée sur la capacité des têtes à ralentir les écoulements, il est donc cohérent de trouver dégradées les têtes aux plus faibles densités de zones humides et bocage. Cependant, du fait des résultats obtenus, il est difficile d'expliquer les tendances et de cibler une zone prioritaire, d'autant plus que cet enjeu est secondaire au niveau du SAGE Couesnon.

d. Notation des têtes de bassin selon l'enjeu morphologie

La qualité morphologie est essentielle pour l'habitat des espèces aquatiques. Le but ici était de déterminer une tête biodiversifiée et dégradée morphologiquement pour la restaurer et ainsi améliorer la qualité des habitats présents. En couplant la carte avec celle de l'enjeu biodiversité, il est remarqué qu'aucune tête riche en biodiversité n'est concernée par un état morphologique mauvais. Les zones dégradées doivent tout de même être considérées.

4) Critiques de l'étude

a. Réalisation de la cartographie des têtes de bassin versant du Haut Couesnon

Tout d'abord, cette réalisation n'a pu être complète car un des trois bureaux d'étude chargés de réaliser l'inventaire n'avait pas finalisé son travail sur le Moyen Couesnon. Ce sous bassin n'a pas pu être étudié et la cartographie s'est donc focalisée sur les trois sous bassins : Loisançe Minette, Basse vallée du Couesnon et Haut Couesnon.

Par ailleurs, alors que cela n'était pas prévu dans le stage, un temps conséquent a été consacré à la rectification des données des inventaires de cours d'eau pour obtenir une donnée de base correcte. En effet, les données fournies par les bureaux d'étude comportaient des lacunes à très grande échelle, non visibles à l'œil nu, qui auraient pu modifier le zonage des têtes de bassin versant. Il a fallu remédier à ce problème pendant plusieurs semaines.

Après la correction des données, le temps restant ne permettait pas de réaliser la hiérarchisation sur l'ensemble des têtes du bassin versant du Couesnon. Il a donc été décidé de ne traiter que le Haut Couesnon. De ce fait, la notation réalisée à l'échelle du Haut

Couesnon n'aurait sûrement pas été la même qu'à l'échelle du Couesnon (les trois sous bassins réunis), du fait de l'hétérogénéité des données disponibles au sein de chaque sous bassin versant.

Ensuite, la période consacrée à la création cartographique des têtes de bassin versant a été étendue du fait de la difficulté d'accès à l'extension Spatial Analyst sur Arcview (qui est nécessaire pour plusieurs étapes). De nombreux déplacements à l'Université de Rennes ont dû être effectués pour en disposer. Cependant, le fait de ne pas posséder cette extension a aussi permis de s'orienter vers des logiciels libres (dont les licences respectent la libre redistribution) et de découvrir que certains, comme Quantum Gis 1.6, permettent de réaliser les mêmes étapes que Spatial Analyst avec une finition plus appréciable et cohérente.

b. Système de notation des têtes de bassin versant du Haut Couesnon

Une critique de cette étude peut être émise concernant la **précision des données récupérées**. En effet, certaines comme les pressions agricoles ont été définies à l'échelle des masses d'eau. N'ayant que ces sources à disposition, ces pressions ont été appliquées aux têtes de bassin selon la masse d'eau dans laquelle elles se situent. Or la pression exercée sur une tête de bassin peut être plus ou moins importante que celle exercée sur l'ensemble de la masse d'eau. Cette limite a été prise en compte dans l'étude et les résultats ont été considérés avec précaution. Cette précaution doit aussi être prise au niveau des mesures physico-chimiques car celles-ci ont été effectuées uniquement aux exutoires des masses d'eau et non aux exutoires de chaque tête de bassin, ce qui peut amener à des valeurs très différentes. Du fait des différences d'échelle des données récupérées, les phénomènes n'ont pu être approchés finement mais l'étude a tout de même permis d'avoir une tendance générale. Néanmoins, il y avait aussi une logique à mettre en correspondance la qualité de l'eau à l'exutoire de la masse d'eau et l'état des têtes de bassin à l'intérieur de cette masse d'eau, compte tenu du fait que la bibliographie met en exergue que la qualité des masses d'eau à l'aval est fortement conditionnée par l'état des têtes de bassin versant.

Par ailleurs, les **données morphologiques** sont incomplètes sur le bassin du Haut Couesnon. En effet, dans le cadre du CTMA, c'est une ancienne donnée « cours d'eau » peu précise qui a été utilisée. De plus, pour des raisons pratiques, ce sont des cours d'eau de plus d'un kilomètre qui ont été étudiés. La majorité d'entre eux ayant un linéaire inférieur au km, cette étude a donc inventorié une faible proportion des cours d'eau de tête. Les données ne sont donc pas représentatives de la qualité morphologique de l'ensemble des têtes de bassin

du Haut Couesnon, mais permettent cependant d'avoir une idée de la qualité des quelques cours d'eau étudiés pour estimer l'ampleur des dégradations et des travaux futurs à réaliser.

En ce qui concerne le **système de notation**, des critiques peuvent être émises. Lors des différents essais de notation, il a été remarqué que les notes sont fortement déterminées par le type de données utilisées en entrée. Il a donc fallu être attentif et logique dans le choix des éléments entrant en jeu dans les processus. De même, l'attribution des classes s'est voulue la plus cohérente possible mais a pu atténuer certains facteurs et biaiser d'une certaine façon les résultats. Par ailleurs, il est remarqué que cette notation a exclu des têtes de bassin alors qu'elles se situaient dans une masse d'eau à enjeu nitrates : l'Everre. Cette masse d'eau a des teneurs en nitrates dépassant les 50 mg/L ce qui fait d'elle une zone à enjeu. Elle présente aussi des densités en élément du paysage assez faibles, mais une pression peu élevée a pu atténuer l'état dégradé des têtes de cette masse d'eau. Le choix de ne traiter que des têtes de bassin ayant des notes comprises dans la moitié la plus faible (selon la médiane) a donc éliminé celles de l'Everre alors qu'il paraissait essentiel d'y réaliser des actions de restauration sur l'enjeu nitrates. Cette limite est due au principe du système de notation : il a été réalisé en ayant en tête les actions à mettre en place. Une action agricole agissant sur le paramètre nitrates va aussi influencer sur le phosphore et les pesticides. Il paraissait donc plus logique et plus simple de choisir les têtes de bassin dégradées pour les trois paramètres pour y instaurer des actions, plutôt que de considérer les têtes de bassin paramètre par paramètre. De ce fait, cette notation n'est pas à prendre pour acquise mais est une proposition d'approche des têtes de bassin versant qui ne demande qu'à être critiquée pour ensuite l'améliorer.

5) Propositions d'actions

Après avoir défini les zones de têtes de bassin prioritaires, différentes actions sont proposées. Celles-ci ont pour but, dans la mesure du possible, de redonner aux têtes de bassin des conditions optimales pour qu'elles puissent exercer pleinement leurs rôles et assurer une meilleure qualité du bassin versant. Ces actions se veulent complémentaires aux réglementations existantes pour ne pas alourdir les contraintes des acteurs locaux.

a. Actions sur les pressions agricoles organiques d'origine animale

Il faut travailler à réduire cette pression par la résorption des excédents, moyens répondant à l'application des mesures réglementaires dans les ZES (Zones en Excédent Structurels) au titre de la Directive Nitrates. Cette résorption permet de réduire les quantités de nitrates et phosphores. Elle peut se réaliser par différents moyens : la réduction du cheptel,

l'utilisation d'aliments biphasés (adaptés à chaque stade de vie de l'animal), l'utilisation de phytases (bactéries favorisant l'assimilation du phosphore par l'animal (Pointillart, 1994)), l'augmentation des surfaces potentiellement épandables (SPE), le transfert des effluents vers des cantons déficitaires ou l'utilisation de station de traitement des déjections.

b. Accompagnement à l'évolution de systèmes

Au-delà de l'application des mesures réglementaires, la stratégie du SAGE Couesnon prévoit de faire évoluer les systèmes de productions agricoles vers des systèmes à faible niveau d'intrants (utilisant moins d'engrais organique et minéral) ; et dont la sole fourragère est dominée par les prairies au détriment du maïs. Ces systèmes ont également une consommation en pesticides moindre que les systèmes conventionnels.

Dans ce contexte où ces actions sont difficiles à mettre en place du fait des opinions divergentes, les têtes de bassin prioritaires permettraient d'orienter les premières actions à mener. Il serait intéressant de les choisir comme zone « test » par rapport aux dispositions instaurées pour observer avec les acteurs les bénéfices apportés au territoire. Les têtes de bassin permettraient ainsi de renforcer la communication avec les exploitants agricoles ; l'objectif étant de démontrer aux exploitants les potentialités qu'elles peuvent leur apporter. Des actions étant amorcées sur le Couesnon 1, il est astucieux de commencer par cette zone.

c. Actions sur le maillage bocager

Un réseau bocager dense et fonctionnel assure plusieurs services et notamment :

- La régulation des écoulements et flux (influence l'enjeu quantité).
- La réduction du ruissellement érosif et donc les apports de phosphore et pesticides dans les rivières, et la dénitrification (influence l'enjeu physico-chimie).
- La richesse biologique via le rôle de corridor : le bocage est une zone de refuge et de libre circulation des espèces (influence l'enjeu biodiversité).

Pour que ce soit efficace, le SAGE Couesnon a retenu un objectif de 80 ml de haies/ha. Or l'étude a montré que le réseau bocager sur le Haut Couesnon est trop lâche. Il faut donc entreprendre des actions de restauration. A ce propos, un programme Breizh Bocage est en cours de réalisation avec des zones d'actions définies. Il s'agit de prendre en compte ces zones pour éviter d'instaurer des actions là où certaines sont déjà prévues : les têtes prioritaires non concernées doivent faire l'objet d'actions d'aménagement complémentaires.

d. Actions sur les zones humides

Une zone humide fonctionnelle assure entre autres les rôles suivants :

- Dénitrification et dégradation des polluants (influence l'enjeu physico-chimique).

- Régulation des ressources en eau via le stockage latéral des flux (influence l'enjeu quantité) (Agrotransfert Bretagne).
- Biodiversité importante (influence l'enjeu biodiversité).

Pour que ces rôles puissent être assurés, des actions de restauration des zones humides dégradées dans les têtes de bassin prioritaires pour chaque enjeu doivent être envisagées. Si plus de 50% de la zone humide est dégradé, il s'agit de restaurer le compartiment correspondant (habitat ou hydraulique). Un diagnostic complet pourra être réalisé pour chaque zone humide de chaque tête de bassin pour définir des actions de restauration appropriées.

e. Actions sur l'occupation du sol

Une bonne gestion des sols (rallongement de la rotation des cultures, couverture des sols en hiver) permet de limiter les fuites de nitrates, phosphore et pesticides des parcelles vers le cours d'eau. Cela limite le ruissellement érosif et diversifie la quantité d'apports d'une année sur l'autre, du fait des différents besoins. En cela la mesure inscrite dans la stratégie du SAGE visant à développer les systèmes bovins basés sur la production d'herbe permet d'avoir une meilleure couverture et une diminution des apports de pesticides. Cette mesure sera dirigée d'abord vers les têtes du Couesnon 1 du fait de la dynamique en place.

f. Actions sur les milieux remarquables

Au nord du bassin, la majorité des têtes de bassin biodiversifiées se situent dans une ZNIEFF de type 2. Celles-ci permettent une considération de la richesse patrimoniale par le biais d'inventaires, mais n'ont aucune valeur juridique ni conséquence réglementaire. Toutefois, il existe une réglementation sur les Espaces Naturels Sensibles qui précise qu'afin de préserver la qualité des milieux naturels et des habitats, le département peut élaborer une politique de protection et de gestion (Annexe 9). De ce fait, pour les têtes de bassin concernées par le ZNIEFF 2, il est proposé de modifier le zonage en ENS. Ainsi, des mesures contraignantes pourront être mises en place pour préserver les espèces inféodées.

Une autre solution peut être la mise en place d'un arrêté de protection de biotope. Ces arrêtés correspondent à des aires protégées ayant pour objet la prévention de la disparition d'espèces protégées dû à la disparition de leur biotope*. Pour que l'espèce concernée puisse se rétablir, l'arrêté peut interdire plusieurs actions ou activités (Annexe 10). Sur le territoire du Haut Couesnon, l'écrevisse à pattes blanches est menacée : ses populations sont peu étendues et en régression (GRETIA, 2004). L'arrêté de protection de biotope pourrait très bien s'appliquer aux têtes de bassin concernées par la présence de ces écrevisses.

*Peu exploité par l'homme, le biotope est un milieu biologique offrant à l'espèce des possibilités d'alimentation, de reproduction, de repos, et de survie.

g. Actions sur la qualité morphologique des têtes de bassin versant

Dans le cadre du CTMA de 2009, le programme d'actions de restauration de la morphologie est déjà en place sur le territoire. Il est donc impossible de le modifier pour réaliser de nouveaux travaux. Or, d'après la synthèse bibliographique, une altération de la qualité morphologique d'un cours d'eau peut influencer le fonctionnement épurateur des têtes de bassin et diminuer la biodiversité via la perturbation des habitats. Lors du prochain CTMA, il sera conseillé de mettre en avant toute tête dégradée pour prioriser les actions à mener et réduire l'ampleur des premiers travaux. La morphologie devra être prioritairement restaurée dans les cours d'eau de tête ayant des zones de frayères potentielles et/ou des réservoirs biologiques et ensuite dans tout cours d'eau pour maximiser leurs habitats potentiels. Par ailleurs, la restauration de la continuité écologique doit être poursuivie pour retrouver une bonne circulation des espèces aquatiques, de l'eau, et des sédiments.

h. Carte synthétique des propositions d'actions

Les enjeux physico-chimique et biodiversité étant pour l'heure les plus importants, voici les cartes résumant les actions à mener sur les têtes prioritaires pour y répondre (figures 12, 13).

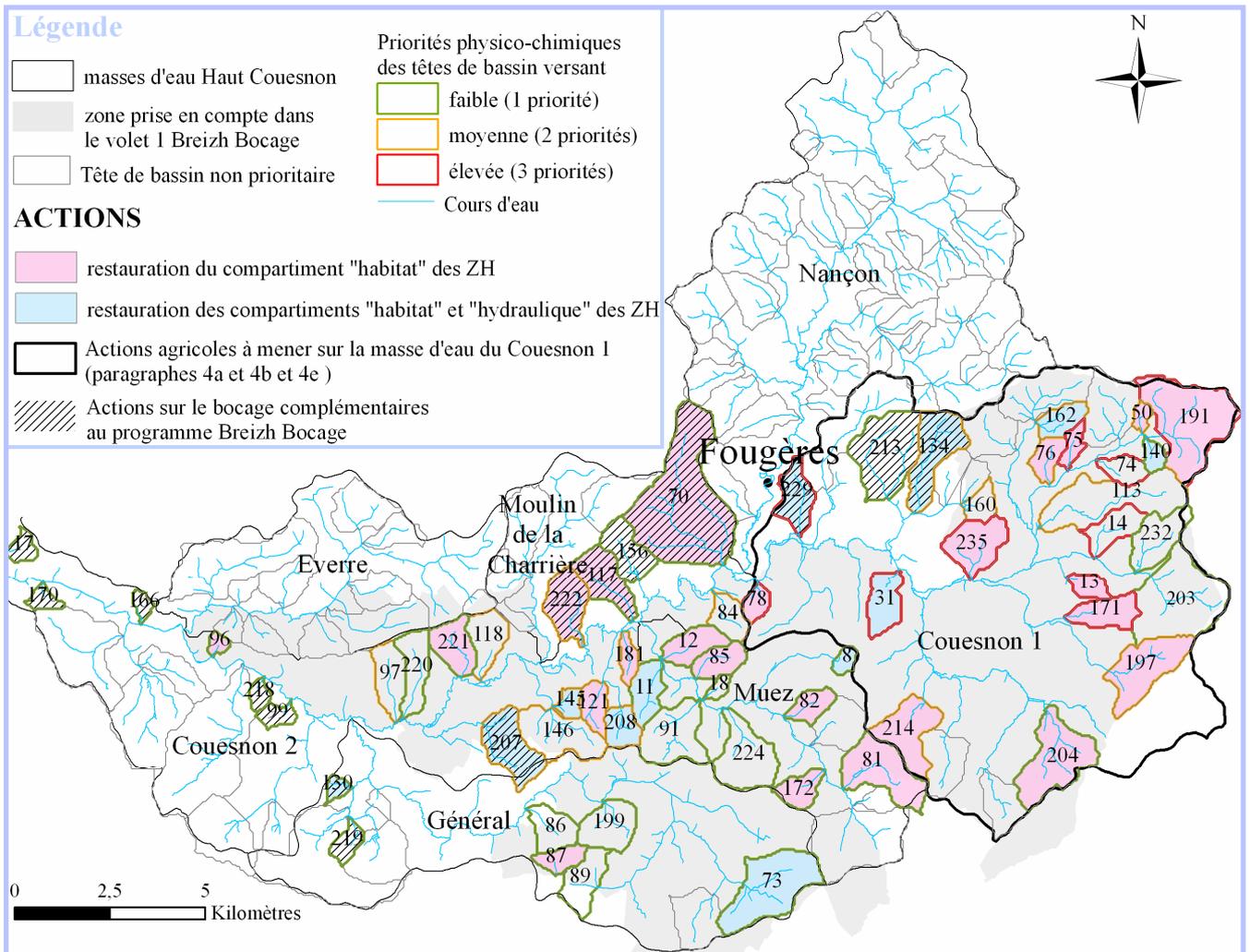


Figure 12: Carte des premières actions à mener sur les têtes de bassin pour restaurer leur pouvoir épurateur

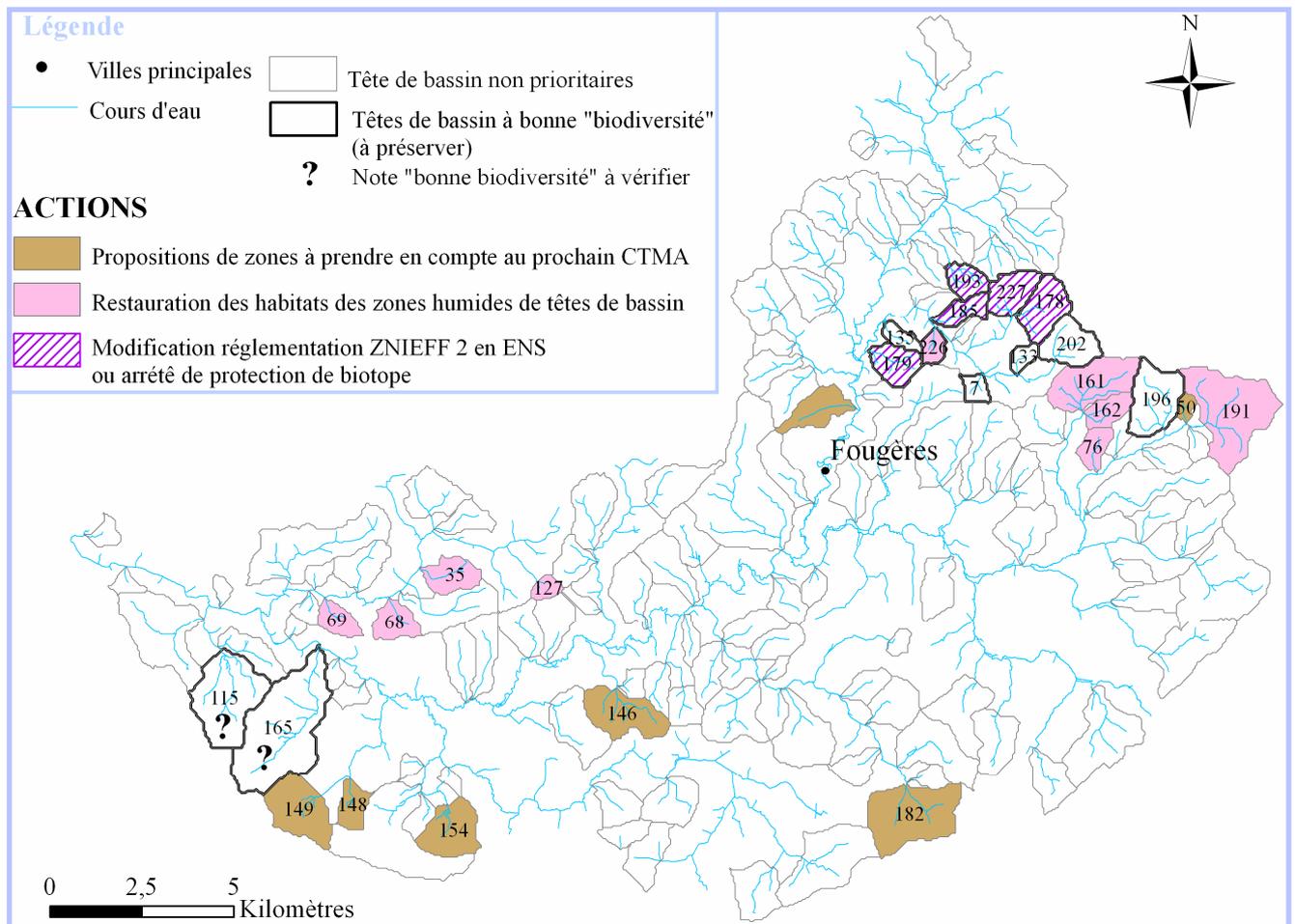


Figure 13 : Carte des premières actions à mener sur les têtes de bassin pour préserver la biodiversité présente

VI – CONCLUSION

Réalisée dans un contexte soucieux d'atteindre le bon état écologique des masses d'eau d'ici 2015, cette étude avait pour objectif d'améliorer l'appréhension de la problématique des têtes de bassin versant. Elle a permis de mettre au jour les différentes études expliquant le fonctionnement des écosystèmes « têtes de bassin » et les connaissances à ce sujet.

La réalisation cartographique des têtes de bassin versant a permis de hiérarchiser les têtes de bassin prioritaires pour cibler les actions au lieu d'instaurer un programme d'actions sur tout le territoire. Aux vues de la proportion des têtes de bassin sur le bassin versant et des moyens que cela représente, l'objectif était de faire un tri le plus judicieux possible face aux enjeux du territoire. D'un point de vue physico-chimique, cette cartographie révèle qu'un nombre non négligeable de têtes de bassin ne peuvent assurer leurs services écologiques du

fait notamment des fortes pressions et des perturbations du paysage. Elle a aussi mis en évidence un groupe de têtes de bassin où il est primordial de préserver la richesse biologique présente pour maintenir la biodiversité du bassin versant. La logique adoptée lors de cette étude est de ne pas mettre en place des dispositions en plus des réglementations déjà en œuvres mais plutôt d'être complémentaire à ces dernières pour accélérer et promouvoir les actions.

Pour améliorer ce système de hiérarchisation des têtes de bassin, des études supplémentaires pourraient être réalisées, notamment en termes de physico-chimie. En effet, pour avoir réellement la qualité de l'eau d'une tête de bassin, il faudrait la mesurer à son exutoire. Il en est de même pour les pressions agricoles : il serait intéressant de calculer précisément les pressions apportées sur chaque tête de bassin versant. Par ailleurs, des études mesurant les quantités d'apports agricoles minéraux seraient les bienvenues pour déterminer la pression réelle (apports organiques et minéraux) apportée à la tête de bassin.

Il serait aussi intéressant de faire des prospections de terrain pour réaliser une typologie des têtes de bassin et ainsi compléter la notation avec plus de critères. Cette typologie permettrait d'adapter au mieux les projets de restauration selon chaque tête de bassin. Cette prospection pourrait d'ailleurs se réaliser en présence de l'utilisateur concerné, pour partager les connaissances et favoriser la prise de conscience de l'intérêt des têtes de bassin. A ce sujet, des études sociologiques pourraient se montrer très instructives pour avoir une idée de la perception que les acteurs ont de cette notion nouvelle. Cela permettrait de savoir comment améliorer la communication pour sensibiliser au mieux les acteurs.

Cette proposition d'approche des têtes de bassin a comme objectif de susciter diverses réactions et discussions amenant à des suggestions d'améliorations pour une bonne transposition à l'ensemble des têtes de bassin du Massif Armoricaïn.

Pour l'heure, il semble pertinent d'étendre et diffuser à un large public cette problématique nouvelle des têtes de bassin versant pour que chacun se rende compte de l'impact de ses pratiques appliquées à ces écosystèmes. De surcroît, le contexte actuel de sécheresse estivale (région Bretagne en état d'alerte de niveau 1 durant l'été 2011) démontre l'intérêt de conserver l'intégralité du réseau hydrographique pour améliorer les recharges de nappes d'eau souterraines. En effet, il faut avoir en tête la protection du bassin dès sa source car, « *les grandes révolutions naissent des petites misères comme les grands fleuves des petits ruisseaux* » (Victor Hugo, extrait de *Choses vues*).

BIBLIOGRAPHIE

- AGRO TRANSFERT BRETAGNE – Les zones humides – Territ’eau. Disponible sur http://agro-transfert-bretagne.univ-rennes1.fr/Territ_Eau/CONNAISSANCES/Zones_humides/definition.asp [en ligne]. Consulté le 25 mars 2011.
- ALEXANDER RICHARD B., BOYER ELIZABETH W., SMITH RICHARD A., SCHWARZ GREGORY E., MOORE RICHARD B. 2007 - The role of headwater streams in downstream water quality - *Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)*, 43(1):41-59.
- ALLAN J.D., 1995 (in Meyer, 2007). *Stream Ecology*. Kluwer Academy Publishers. Boston, Massachusetts.
- AMOROS C., PETTS G.E., 1993 – *Hydrosystèmes fluviaux*. Masson. 300p.
- BAGLINIERE J.L., MAISSE G., 1991 - *La truite, biologie et écologie*. INRA. 303p.
- BENDA LEE, HASSAN MARVAN A., CHURCH MICHAEL, MAY CHRISTINE L. 2005 - Geomorphology of steepland headwaters: the transition from hillslopes to channels - *Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)*. p835-851.
- BERGERON NORMAND, ROY ANDRE G. 1989 - Le rôle de la végétation sur la morphologie d’un petit cours d’eau – *Géographie physique et Quaternaire* 39: 323-326.
- BISHOP K., BUFFAM I., ERLANDSSON M., FÖLSTER J., LAUDON H., SEIBERT J., TEMNERUD J. 2008 - Aqua Incognita: the unknown headwaters - *Hydrological Processes*. 22: 1239–1242.
- BOULTON ANDREW J., SCARSBROOK MIKE R., QUINN JOHN M., BURRELL GREG P. 1997 - Land-use effects on the hyporheic ecology of five small streams near Hamilton, New Zealand - *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 31: 609-622.
- BRAVARD JEAN PAUL, PETIT FRANÇOIS, 2000 – *Les cours d’eau : dynamique du système fluvial*. Armand Colin. 222p.
- BROOKS KENNETH N., FFOLLIOTT PETER F., GREGERSEN HANS M., DEBANO LEONARD F., 2003 – *Hydrology and the management of watersheds*. Iowa State Press, 3rd edition. 574p.
- CASTANY GILBERT, 1998 – *Hydrologéologie: Principes et méthodes*. Dunod. 236p.
- DODDS WALTER K., OAKES ROBERT M. 2007 - Headwater Influences on Downstream Water Quality – *Environmental management*. 41: 367-377.

- GILLI ERIC, MANGAN CHRISTIAN, MUDRY JACQUES, 2008 – *Hydrogéologie : objets, méthodes, applications*. Dunod, 2^{nde} édition. 339p.
- GRIMALDI CATHERINE, CHAPLOT VINCENT. 1999 - Nitrate depletion during within-stream transport: effects of exchange processes between streamwater, the hyporheic and riparian zones - *Water, Air, and Soil Pollution*. 124: 95–112.
- GROUPE D'ETUDE DES INVERTEBRES ARMORICAINS (GRETIA), 2004. *Les invertébrés continentaux de Bretagne*. Biotope. Cahier naturaliste de Bretagne. Extrait : fiche n°1111510013: Ecrevisse à pattes blanches. Consultée sur le site de Bretagne Environnement le 9 août 2011.
- GUEGUEN JACQUES C., PROUZET PATRICK, 1994 – *Le saumon atlantique*. IFREMER. 330p.
- GOMI T., SIDLE R.C., RICHARDSON J.S., 2002. Understanding processes and downstream linkages in headwater systems. *Bioscience*. 52: 905-916.
- LASSALETTA LUIS, GARCIA-GOMEZ HECTOR, GIMENO BENJAMIN S., ROVIRA JOSE V. 2010 - Headwater streams: neglected ecosystems in the EU Water Framework Directive. Implications for nitrogen pollution control – *Elsevier*, 11p.
- LEBIHAN MIKAEL. 2009 – L'enterrement des cours d'eau en tête de bassin en Moselle (57) – *Rapport de stage*.
- LEDUC CATHERINE, ROY ANDRE G. 1990 - L'impact du drainage agricole souterrain sur la morphologie des petits cours d'eau dans la région de Cookshire, Québec - *Géographie physique et Quaternaire*, 44 (2) : 235-239.
- LEOPOLD L.B., 1994 – A view of the river - *Harvard University Press*. 298p.
- LIFE « RUISSEAUX ». 2007 – Rencontres nationales techniques : Gestion des ruisseaux de têtes de bassin et zones humides associées, recueil des interventions et compte rendu des débats. Dijon, 3-5 avril 2007.
- LIFE « RUISSEAUX ». 2009 – Colloque : De l'expérimentation à la gestion des ruisseaux de têtes de bassins Dijon, 9-11 juin 2009.
- LOWE WINSOR H., LIKENS GENE E. 2005 - Moving Headwater Streams to the Head of the Class - *BioScience*, 55(3): 196-197.
- MEYER JUDY L., KAPLAN LOUIS A., NEWBOLD DENIS, STRAYER DAVID L., WOLTEMADE CHRISTOPHER J., ZEDLER JOY B., BEILFUSS RICHARD, CARPENTER QUENTIN, SEMLITSCH RAY, WATZIN MARY C., ZEDLER PAUL H. 2003 - Where rivers are born: The Scientific Imperative for Defending Small Streams and Wetlands - *American Rivers and Sierra Club*. 23p.

- MEYER JUDY L., STRAYER DAVID L., WALLACE J. BRUCE, EGGERT SUE L., HELFMAN GENE S., LEONARD NORMAN E. 2007 - The contribution of headwater streams to biodiversity in river networks - *Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)* 43(1): 86-103.
- MINISTERE DE L'ECOLOGIE, DE L'ENERGIE, DU DEVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE. 2008 – *Le Génie végétal, un manuel technique au service de l'aménagement et de la restauration des milieux aquatiques* – La documentation française. 290p.
- MONTREUIL OLIVIER. 2008 - Relation entre l'ordre des bassins versants, l'organisation spatiale et le fonctionnement hydrologique et hydrochimique des zones humides riveraines – *Thèse de doctorat à l'institut national d'enseignement supérieur et de recherche agronomique et agro-alimentaire*. 242p.
- MONTREUIL OLIVIER, CUDENNEC CHRISTOPHE, MEROT PHILIPPE. 2011 - Contrasting behaviour of two riparian wetlands in relation to their location in the hydrographic network – *INRA*. 21p.
- MUSY A., 2005. Hydrologie Générale Section SIE et GC 4^{ème} semestre 2005 ; Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne. Disponible sur <http://echo2.epfl.ch/e-drologie/> [en ligne]. Consulté le 25 mars 2011.
- PETERSON BRUCE J., WOLLHEIM WILFRED M., MULHOLLAND PATRICK J., WEBSTER JACKSON R., MEYER JUDY L., TANK JENNIFER L., MARTI EUGÈNIA , BOWDEN WILLIAM B., VALETT H. MAURICE, HERSHEY ANNE E., MCDOWELL WILLIAM H., DODDS WALTER K., HAMILTON STEPHEN K., GREGORY STANLEY, MORRALL DONNA D. 2001 - Control of nitrogen export from watersheds by headwater streams – *Science* 82: 86-90.
- PEYRARD DIMITRI. 2008 – Un modèle hydrogéochimique pour décrire les échanges entre l'eau de surface et la zone hyporhéique de grandes plaines alluviales – *Thèse de doctorat en hydroécologie*. 277p.
- POWER G., BROWN R.S., IMHOF J.G., 1999. (in Meyer, 2007). Groundwater and fish - Insights from northern North America. *Hydrological processes*. 13: 401-422.
- POINTILLART A., 1994. Phytates, phytases : leur importance dans l'alimentation des monogastriques. *INRA Productions animales*. 7 (1): 29-39.
- SAUNDERS J.D., MEEUWIG J.J., VINCENT A.C.J., 2002 (in Lowe & Likens, 2005). Freshwater protected areas! Strategies for conservation. *Conservation biology*. 16: 30-41.
- STRAHLER A.N., 1952. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography, *Bulletin of the Geological Society of America*. 63: 1117-1142.

VANNOTE ROBIN L., MINSHALL G. WAYNE, CUMMINS KENNETH W., SEDELL JAMES R., CUSHING COLBERT E. 1980 – The river continuum concept – Canadian journal of fisheries and aquatic sciences, 37: 103-137.

VIGNERON THIBAUT, PERNET ARMELLE, 2000. *Réseau hydrologique et piscicole Loire Bretagne, synthèse des données 1998*. Conseil supérieur de la pêche. 72p.

WIPFLI MARK S., RICHARDSON JOHN S., NAIMAN ROBERT J. 2007 - Ecological linkages between headwaters and downstream ecosystems: transport of organic matter, invertebrates, and wood down headwater channels - *Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)* 43(1):72-85.

ANNEXES

- Annexe 1 : Extrait du SDAGE Loire Bretagne 2010-2015 : les têtes de bassin
- Annexe 2 : Définition des têtes de bassin versant à fort enjeux et observations de leurs pressions, selon les trois paramètres nitrates, phosphore et pesticides
- Annexe 3 : Enjeu physico-chimique : description des données des têtes prioritaires
- Annexe 4 : Enjeu biodiversité : description des données des têtes prioritaires
- Annexe 5 : Enjeu quantité : description des données des têtes prioritaires
- Annexe 6 : Enjeu morphologie : description des données des têtes prioritaires
- Annexe 7 : Carte des têtes de bassin du Haut Couesnon selon l'Agence de l'Eau Loire Bretagne
- Annexe 8 : Carte des bassins versants des cours d'eau de rang de Strahler 1 et 2 sur le Haut Couesnon
- Annexe 9 : Les espaces naturels sensibles (code de l'environnement)
- Annexe 10: La protection des biotopes (code de l'environnement)
- Annexe 11 : Bilan personnel du stage

Chapitre 11 – Préserver les têtes de bassin versant

A l'extrême amont des cours d'eau, les têtes de bassin représentent notre « capital hydrologique ». Elles constituent un milieu écologique à préserver, habitat d'une grande biodiversité et zone de reproduction de migrateurs. Elles conditionnent en quantité et en qualité les ressources en eau de l'aval mais sont insuffisamment prises en compte dans les réflexions d'aménagement en raison d'un manque de connaissance sur leur rôle.

Souvent de bonne qualité, ces zones sont cependant fragiles et peuvent très vite se dégrader en raison des activités économiques qui s'y installent. Les impacts des diverses activités humaines (agriculture, sylviculture, urbanisation, tourisme...) sont mal connus et souvent sous-estimés. La solidarité de bassin est donc essentielle, en particulier à l'amont de prises d'eau couvrant des besoins stratégiques pour l'alimentation en eau potable et dans les zones humides reconnues en termes de protection des milieux écologiques.

Les têtes de bassin s'entendent comme les bassins versants des cours d'eau dont le rang de Stralher est inférieur ou égal à 2 et dont la pente est supérieure à 1 %.

11A Adapter les politiques publiques à la spécificité des têtes de bassin.

La sensibilité des têtes de bassin et l'influence essentielle de ces secteurs dans l'atteinte des objectifs de bon état à l'aval justifient d'identifier précisément ces zones et de définir des mesures de restauration spécifiques lorsque c'est nécessaire. En application du principe de continuité amont-aval, les Sage veilleront à organiser une solidarité de l'aval vis à vis de l'amont des bassins.

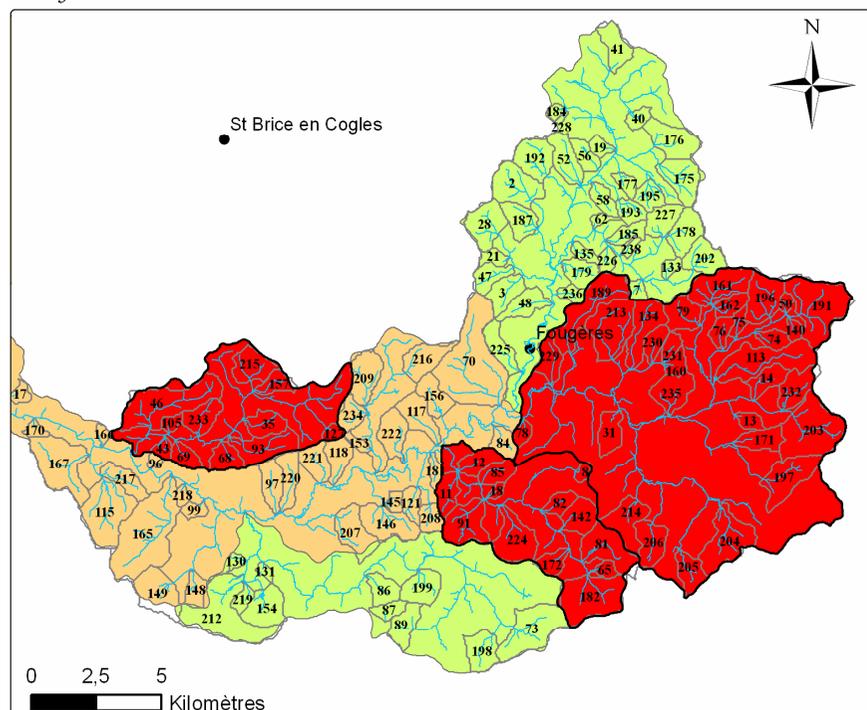
Dispositions

11A-1 Les Sage comprennent systématiquement un inventaire des zones têtes de bassin, une analyse de leurs caractéristiques, notamment écologiques et hydrologiques, et la définition d'objectifs et de règles de gestion adaptés de préservation ou de restauration de leur qualité.

11A-2 Les Sage veillent à une cohérence des financements publics mis en place pour tenir compte des caractéristiques particulières des têtes de bassin (aides spécifiques, bonifications...).

ANNEXE 2 : Définition des têtes de bassin versant à fort enjeu et observations de leurs pressions selon les trois paramètres N, P et pesticides

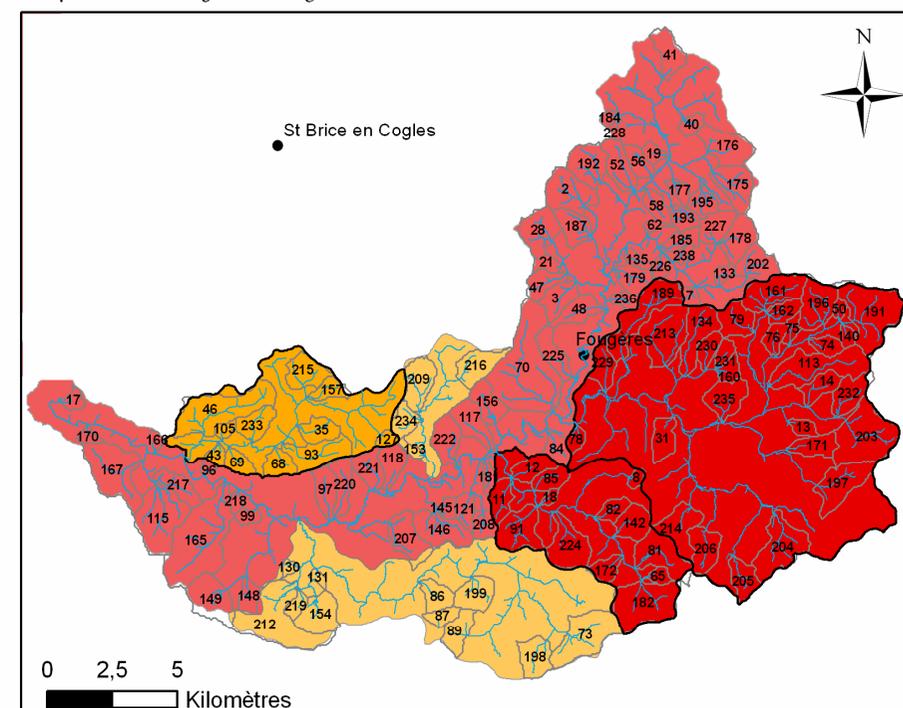
L'enjeu "nitrates" sur le Haut Couesnon



Légende

-  Cours d'eau
 -  Têtes de bassin et identifiant
 -  Villes principales
- Concentrations nitrates mesurées à l'exutoire de chaque masse d'eau
-  25 à 40mg/L
 -  40 à 50mg/L
 -  >50mg/L = ZONES A ENJEU

Les pressions azotées agricoles sur le Haut Couesnon

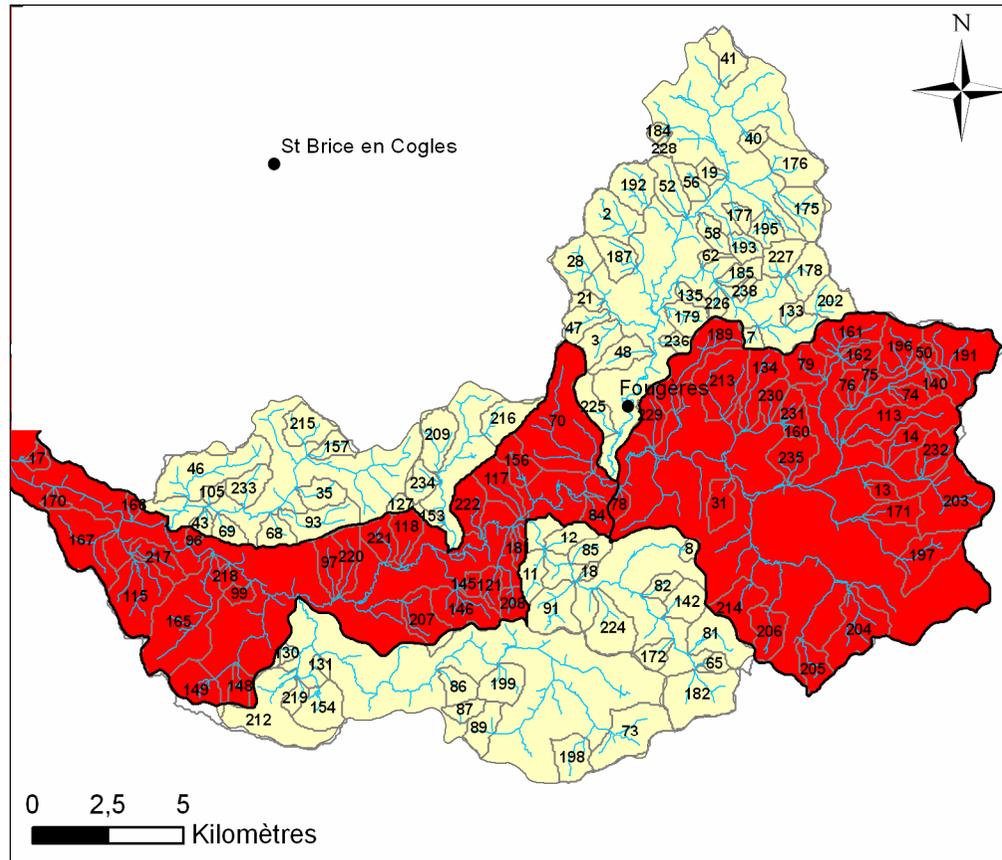


Légende

-  Cours d'eau
 -  Têtes de bassin et identifiant
 -  Villes principales
- Pression agricole azotée sur chaque masse d'eau
-  inférieure à 170 kg azote minéral / ha SAU / Note pression = -2
 -  supérieure à 170 kg azote minéral / ha SAU / Note pression = -4
 -  zones à enjeu

Figure 1: Définition des têtes de bassin versant à fort enjeu nitrates, données source : Hydro BD topo 2011

L'enjeu "phosphores" sur le Haut Couesnon



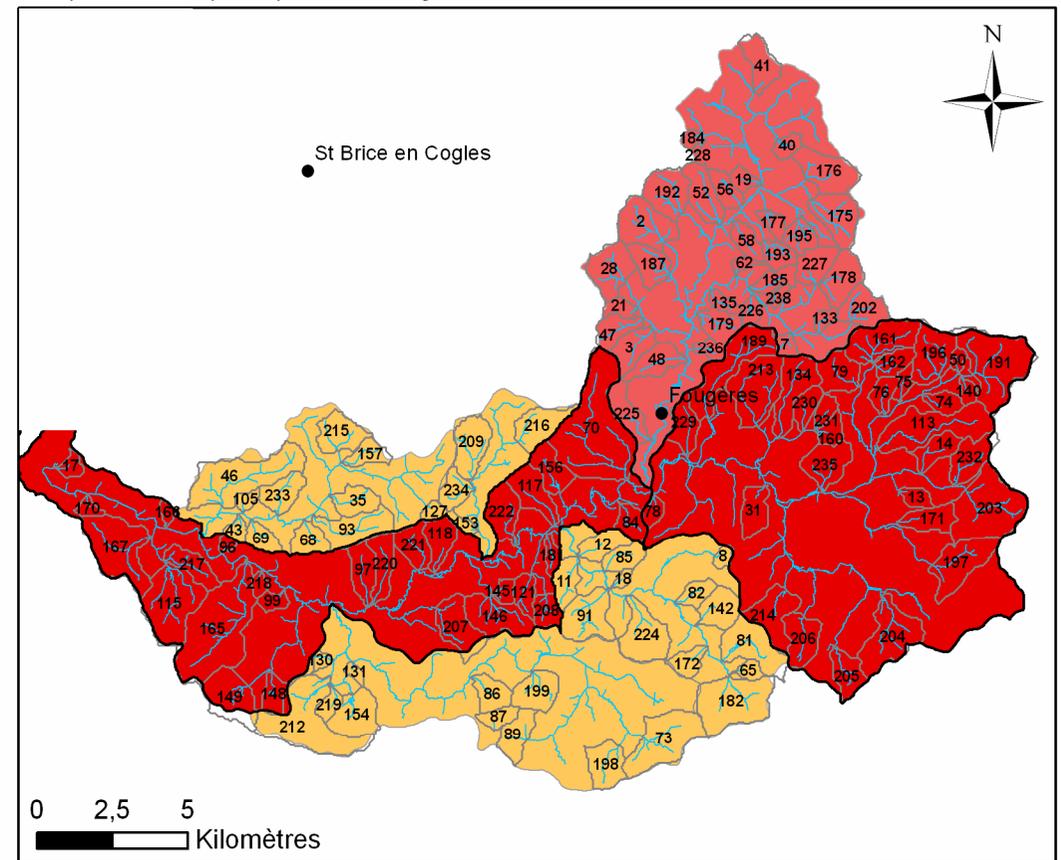
Légende

- Villes principales
- Cours d'eau
- Tête de bassin et identifiant

Concentration de phosphore mesurée à l'exutoire de chaque masse d'eau

- inférieure à 2mg/L
- supérieure à 2mg/L = ZONES A ENJEU

Les pressions phosphorées agricoles sur le Haut Couesnon



Légende

- Villes principales
- Cours d'eau
- Tête de bassin et identifiant

Pression agricole phosphorée sur chaque masse d'eau

- entre 60 et 80 kg / ha SAU / Note pression = -2
- supérieure à 80 kg / ha SAU / Note pression = -4
- zones à enjeu

Figure 2 : Définition des têtes de bassin versant à fort enjeu phosphore, *données source : Hydro BD topo 2011*

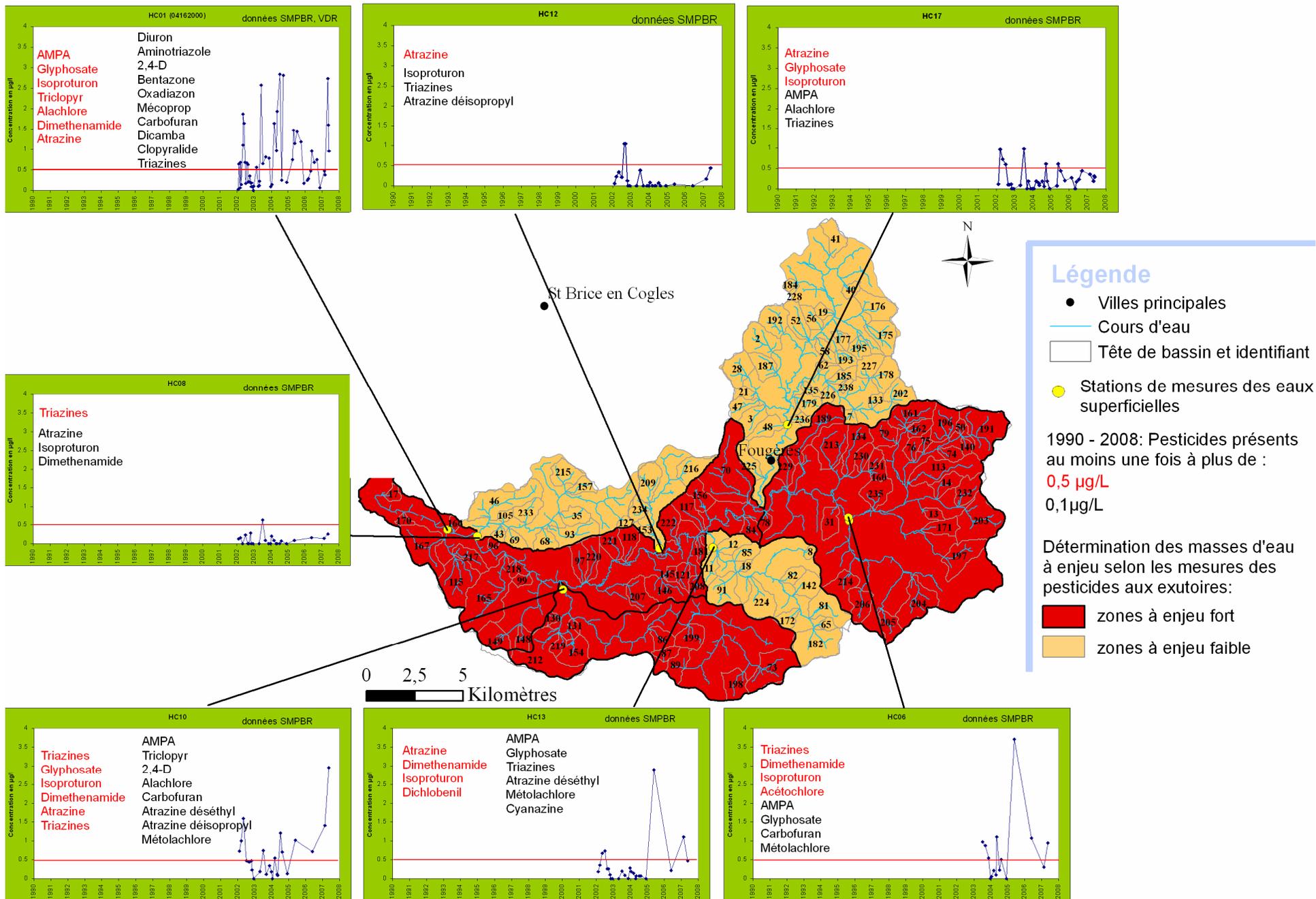


Figure 3 : Définition des têtes de bassin versant à fort enjeu pesticides, données source : Hydro BD topo 2011

ANNEXE 3 : Enjeu physico-chimique : description des données des têtes prioritaires

Tableau I : Description des données des têtes de bassin prioritaires pour l'enjeu qualité physico-chimique

code TBV	pression nitrates	pression phosphore	pression pesticides	Priorité	densité cours d'eau (ml/ha)	densité ZH totales % / TBV	densité ZH artificielles % dans % ZH	densité ZH dégradées "habitat" % dans % ZH	densité ZH dégradées "hydraulique" % / %ZH	densité bocage ml / ha	densité bosquet % / TBV	alea érosif
171	198	86	-2	Nitrates phosphore pesticides	6,94	3,67	3	77,11	0	43,28	1,79	alea élevé
78	198	86	-2	Nitrates phosphore pesticides	15,85	0,96	50	50	0	6,18	3,34	alea très élevé
14	198	86	-2	Nitrates phosphore pesticides	14,41	2,39	26,36	4,6	0	16,82	3,39	alea très faible
229	198	86	-2	Nitrates phosphore pesticides	13,93	0,2	0	100	95	11,16	0,39	alea moyen
235	198	86	-2	Nitrates phosphore pesticides	11,83	2,61	52,11	80,46	42,53	33,02	1,45	alea élevé
75	198	86	-2	Nitrates phosphore pesticides	19,13	4,72	1,69	69,92	1,69	14,38	0,64	alea très élevé
74	198	86	-1	Nitrates phosphore pesticides	11,13	3,64	17,31	42,31	26,1	21,88	0,63	alea moyen
31	198	86	-1	Nitrates phosphore pesticides	5,03	3,1	68,06	68,39	58,71	18,11	1,33	alea très faible
191	198	86	-1	Nitrates phosphore pesticides	11,73	3,05	21,64	71,15	48,52	21,74	0	alea très faible
13	198	86	-3	Nitrates phosphore pesticides	5,8	2,09	10,53	100	0	18,48	4,92	alea très faible
214	198	86	-2	phosphore pesticides	6,48	9,71	45,42	55,2	38,62	12,36	0,57	alea faible
76	198	86	-2	nitrates pesticides	14,48	0,68	17,65	79,41	0	63,68	13,42	alea très faible
113	198	86	-2	nitrates pesticides	12,42	3,56	33,15	24,72	21,91	27,19	0,56	alea élevé
197	198	86	-2	nitrates pesticides	11,75	2,96	43,58	81,08	27,03	34,19	1,39	alea très faible
162	198	86	-1	nitrates pesticides	20,15	4,29	27,74	79,25	65,97	81,04	5,46	alea moyen
134	198	86	-1	phosphore pesticides	15,48	10,91	60,13	64,89	64,89	19,65	8,38	alea très faible
160	198	86	-1	phosphore pesticides	15,09	11,37	45,29	45,29	45,29	44,91	3,72	alea moyen
50	198	86	-1	Nitrates pesticides	25,48	1,03		50,49	18,45	3,07	3,77	alea moyen
84	170	91	-2	phosphore pesticides	17,29	1,1	100	39,09	0	26,89	5,49	alea élevé
181	170	91	-2	phosphore pesticides	24,71	9,16	33,73	100	30,24	48,82	5,42	alea très faible
222	170	91	-2	phosphore pesticides	11,59	1,53	38,56	55,56	35,95	27,53	6,04	alea très faible
118	170	91	-2	phosphore pesticides	7,8	0,05	100	0	0	23,91	16,92	alea très faible
145	170	91	-2	phosphore pesticides	17,96	0,78	62,82	62,82	62,82	22,27	1,64	alea moyen
146	170	91	-2	phosphore pesticides	17,49	4,11	44,53	42,34	2,43	37,24	1,68	alea très faible
121	170	91	-2	phosphore pesticides	20,09	14,2	100	100	28,38	23,09	3,58	alea élevé
207	170	91	-1	phosphore pesticides	11,93	3,94	79,95	75,38	71,57	41,29	2,18	alea moyen
208	170	91	-1	phosphore pesticides	16,7	11,58	99,57	100	99,57	14,12	3,24	alea moyen
97	170	91	-1	phosphore pesticides	13,69	5,25	1,9	42,67	0	13,97	9,61	alea très faible
11	187	75	-2	nitrates	18,3	12,99	72,36	99,92	63,74	32,11	4,92	alea élevé
224	187	75	-2	nitrates	8,91	1,65	23,03	24,24	16,36	25,15	1,24	alea moyen
85	187	75	-2	nitrates	13,09	2,16	15,28	68,06	10,19	18,58	0,63	alea moyen
172	187	75	-2	nitrates	9,36	3,33	57,66	86,19	0	18,61	2	alea moyen
8	187	75	-2	nitrates	13,47	7,98	100	100	100	25,27	0,35	alea moyen
81	187	75	-2	nitrates	10,51	4,74	16,46	91,77	18,35	34,04	3,2	alea très faible
91	187	75	-2	nitrates	17,23	2,44	39,34	28,69	0	12,09	0,44	alea très faible
82	187	75	-1	nitrates	13,87	6,12	1,31	85,78	0	7,69	1,1	alea moyen
18	187	75	-1	nitrates	19,97	0,2	100	20	0	26,36	1,76	alea élevé
12	187	75	-3	nitrates	8,85	1,86	0	100	0	11,01	1,25	alea moyen
204	198	86	-2	pesticides	15,15	12,18	22,58	75,45	47,95	30,44	3,45	alea très faible
232	198	86	-2	pesticides	14,16	1,57	24,2	17,2	12,74	22,48	1,21	alea moyen
203	198	86	-2	pesticides	10,95	6,1	20,66	20,98	14,59	29,84	3,4	alea moyen
213	198	86	-2	pesticides	15,97	13,08	45,64	48,32	19,72	33,08	7,09	alea moyen
140	198	86	-2	pesticides	16,91	1,5	71,33	76	76	42,82	2,51	alea faible
130	164	70	-3	pesticides	21,61	14,86	94,41	100	94,41	20,34	3,67	alea très faible
221	170	91	-2	pesticides	13,3	4,65	66,24	72,9	48,39	27,86	0,5	alea moyen
156	170	91	-2	pesticides	14,87	5,16	7,36	7,36	7,36	17,99	2,54	alea très faible
70	170	91	-2	pesticides	14,08	5,98	8,86	68,23	16,05	26,67	0,53	alea très faible
220	170	91	-2	pesticides	15,93	4,7	21,49	22,55	20	29,47	2,73	alea très faible
166	170	91	-2	pesticides	18,25	0,62	1,61	0	0	29,64	3,06	alea très faible
17	170	91	-2	pesticides	12,47	4,09	12,71	0	0	21,48	1,08	alea très élevé
218	170	91	-1	pesticides	11,31	4,49	79,51	0	0	19,91	1,24	alea moyen
96	170	91	-1	pesticides	14,77	0,41	100	100	0	10,49	1,87	alea moyen
170	170	91	-1	pesticides	11,93	0	0	0	0	46,38	1,88	alea élevé
99	170	91	-1	pesticides	8,49	3,45	8,41	27,25	18,84	41,3	3,13	alea élevé
117	170	91	-3	pesticides	10,69	5,41	10,54	90,02	0	20,53	0	alea très faible
87	164	70	-2	pesticides	4,92	6,56	6,55	60,06	0	15,27	5,23	alea moyen
73	164	70	-2	pesticides	11,68	14,12	92,92	98,44	81,59	19,28	0,67	alea très élevé
219	164	70	-2	pesticides	15,42	13,92	0	0	0	14,74	0,77	alea moyen
86	164	70	-2	pesticides	10,33	17,7	8,42	7,46	0	14,64	1,51	alea très élevé
89	164	70	-1	pesticides	9,38	0,67	62,69	26,87	0	16	1,29	alea très faible
199	164	70	-1	pesticides	14,16	10,84	3,6	0,09	0,09	13,75	3,02	alea très élevé

ANNEXE 4: Enjeu biodiversité : description des données des têtes prioritaires

Tableau I : Description des données expliquant la forte biodiversité des têtes de bassin versant

code	surface TBV ha	Frayère potentielle	% ZH naturelles	% de ZH à habitats dégradés / % ZH	Réservoir Biologique	Note biodiversité
135	49,93	écrevisse, chabot, truite	6,27	0,00	Ecrevisse et Truite	5,5
178	166,00	écrevisse, chabot	7,16	47,48	Ecrevisse et Truite	5,0
179	118,25	écrevisse, chabot, truite	3,71	0,00	Ecrevisse et Truite	4,5
193	83,81	écrevisse, chabot, truite	1,38	0,00	Ecrevisse et Truite	4,5
115	368,19	chabot, truite	17,16	39,64	aucun	3,5
185	82,18	chabot, truite	2,37	0,00	Ecrevisse et Truite	3,5
196	222,25	chabot, truite	5,54	39,87	Truite	3,5
7	46,65	aucune	13,17	1,15	Ecrevisse et Truite	3,0
133	40,72	aucune	5,75	0,00	Ecrevisse et Truite	3,0
165	611,42	chabot, saumon, truite	11,78	44,87	aucun	3,0
202	157,25	chabot	3,38	37,01	Ecrevisse et Truite	3,0
226	49,29	écrevisse	2,94	86,70	Ecrevisse et Truite	3,0
227	130,59	aucune	7,22	35,58	Ecrevisse et Truite	3,0

ANNEXE 5 : Enjeu quantité : description des données des têtes prioritaires

Tableau I : Description des éléments composant les têtes de bassin prioritaires pour l'enjeu quantité

code	bocage ml/ha	Occupation du sol majeure dans la TBV	surface TBV ha	% ZH totales	% ZH dégradées hydrauliquement dans % ZH	note finale
8	19,28	Culture, gel industriel, divers	34	7,98	100,00	0
11	21,88	Culture, gel industriel, divers	114	12,99	63,76	1
12	14,38	Culture, gel industriel, divers	114	1,86	0,00	0
13	25,27	Culture, gel industriel, divers	55	2,09	0,00	1
18	6,18	Fourrage, gel sans production, prairie temporaire	26	0,20	0,00	1
31	11,01	Culture, gel industriel, divers	127	3,10	58,71	0
35	21,04	Fourrage, gel sans production, prairie temporaire	120	4,44	1,74	1
41	1,92	Fourrage, gel sans production, prairie temporaire	146	0,32	0,00	1
46	22,76	Culture, gel industriel, divers	418	4,82	50,03	1
48	17,60	zones urbanisées	135	1,12	8,40	-1
52	23,97	Culture, gel industriel, divers	164	4,72	20,51	1
58	0,34	zones urbanisées	86	6,50	0,00	1
74	18,48	Fourrage, gel sans production, prairie temporaire	74	3,64	26,26	1
75	16,82	Fourrage, gel sans production, prairie temporaire	46	4,72	1,65	0
76	34,19	Culture, gel industriel, divers	76	0,69	0,00	1
78	21,48	Culture, gel industriel, divers	51	0,96	0,00	1
84	13,75	zones urbanisées	92	1,10	0,00	0
85	14,64	maïs	98	2,16	10,10	0
89	12,09	Fourrage, gel sans production, prairie temporaire	134	0,67	0,00	1
91	10,49	Fourrage, gel sans production, prairie temporaire	222	2,44	0,00	0
96	13,97	prairies permanentes	25	0,41	0,00	1
113	30,44	Culture, gel industriel, divers	361	3,56	21,82	1
145	12,36	Culture, gel industriel, divers	42	0,78	62,50	0
146	19,91	Fourrage, gel sans production, prairie temporaire	223	4,10	2,48	1
153	48,83	maïs	36	1,13	97,84	1
166	20,34	Fourrage, gel sans production, prairie temporaire	29	0,62	0,00	1
170	19,65	prairies permanentes	38	0,00	0,00	1
171	26,36	Culture, gel industriel, divers	124	3,67	0,00	1
176	13,80	Fourrage, gel sans production, prairie temporaire	211	2,04	16,82	0
184	20,45	Fourrage, gel sans production, prairie temporaire	31	3,86	18,48	1
191	18,11	prairies permanentes	428	3,06	15,85	0
193	0,00	zones urbanisées	84	1,38	0,00	0
208	11,16	Fourrage, gel sans production, prairie temporaire	87	11,58	99,55	1
216	33,87	prairies permanentes	170	3,73	22,86	1
224	18,61	Culture, gel industriel, divers	229	1,65	16,63	0
225	37,12	Fourrage, gel sans production, prairie temporaire	133	1,54	22,11	1
228	17,94	Culture, gel industriel, divers	10	3,61	0,00	0
229	3,07	zones urbanisées	128	0,20	92,84	-1

ANNEXE 6 : Enjeu morphologie : description des données des têtes prioritaires

Tableau I : Description des notes morphologiques des têtes de bassin selon les six compartiments

code	Berges	Continuité	Débit	Ligne d'eau	Lit majeur	Lit mineur	Note moyenne	Hiérarchisation
2	0	0	2	2	1	1	1	bon
28	0	-1	2	2	1	0	1	bon
41	-1	2	2	2	0	-1	1	bon
46	1	0	1	1	2	1	1	bon
47	1	2	1	2	1	1	1	bon
68	1	-1	1	1	1	0	1	bon
69	0	0	1	2	1	0	1	bon
70	1	-1	2	2	1	0	1	bon
79	1	-1	1	2	2	0	1	bon
82	0	-1	2	2	1	-1	1	bon
161	1	0	1	2	2	-1	1	bon
165	0	2	0	2	2	0	1	bon
175	0	-1	2	2	1	0	1	bon
187	-1	2	2	2	2	0	1	bon
189	1	-2	0	2	2	1	1	bon
191	1	-2	2	2	1	1	1	bon
192	0	1	2	2	1	2	1	bon
196	0	0	1	2	2	0	1	bon
197	0	0	1	2	2	0	1	bon
203	0	1	0	2	2	0	1	bon
206	0	1	0	2	1	0	1	bon
209	0	0	1	2	2	0	1	bon
224	0	2	1	2	0	-1	1	bon
232	0	-2	1	2	2	0	1	bon
52	0	-1	1	1	1	0	0	moyen
81	0	0	-1	2	2	-1	0	moyen
113	0	-1	0	2	1	0	0	moyen
115	0	-1	0	2	1	0	0	moyen
117	-2	0	-1	2	0	-1	0	moyen
134	0	0	0	2	0	0	0	moyen
156	0	-1	0	2	1	0	0	moyen
167	-1	2	-1	2	1	-1	0	moyen
202	0	-1	-1	2	0	1	0	moyen
204	-1	1	0	2	0	-1	0	moyen
205	-1	0	0	2	1	-1	0	moyen
207	0	1	0	2	0	-1	0	moyen
212	0	-1	0	2	1	0	0	moyen
216	-1	-1	-1	2	0	-1	0	moyen
235	-1	0	-1	2	2	-2	0	moyen
48	-1	0	-1	1	-1	-2	-1	mauvais
50	-2	-2	-1	2	0	-2	-1	mauvais
146	-2	-2	-1	1	-1	-2	-1	mauvais
148	-2	-1	-1	2	0	-2	-1	mauvais
149	-2	-2	-1	2	0	-2	-1	mauvais
154	-2	0	-1	2	0	-2	-1	mauvais
182	0	-2	0	0	0	-1	-1	mauvais
222	-1	-1	-1	1	0	-1	-1	mauvais

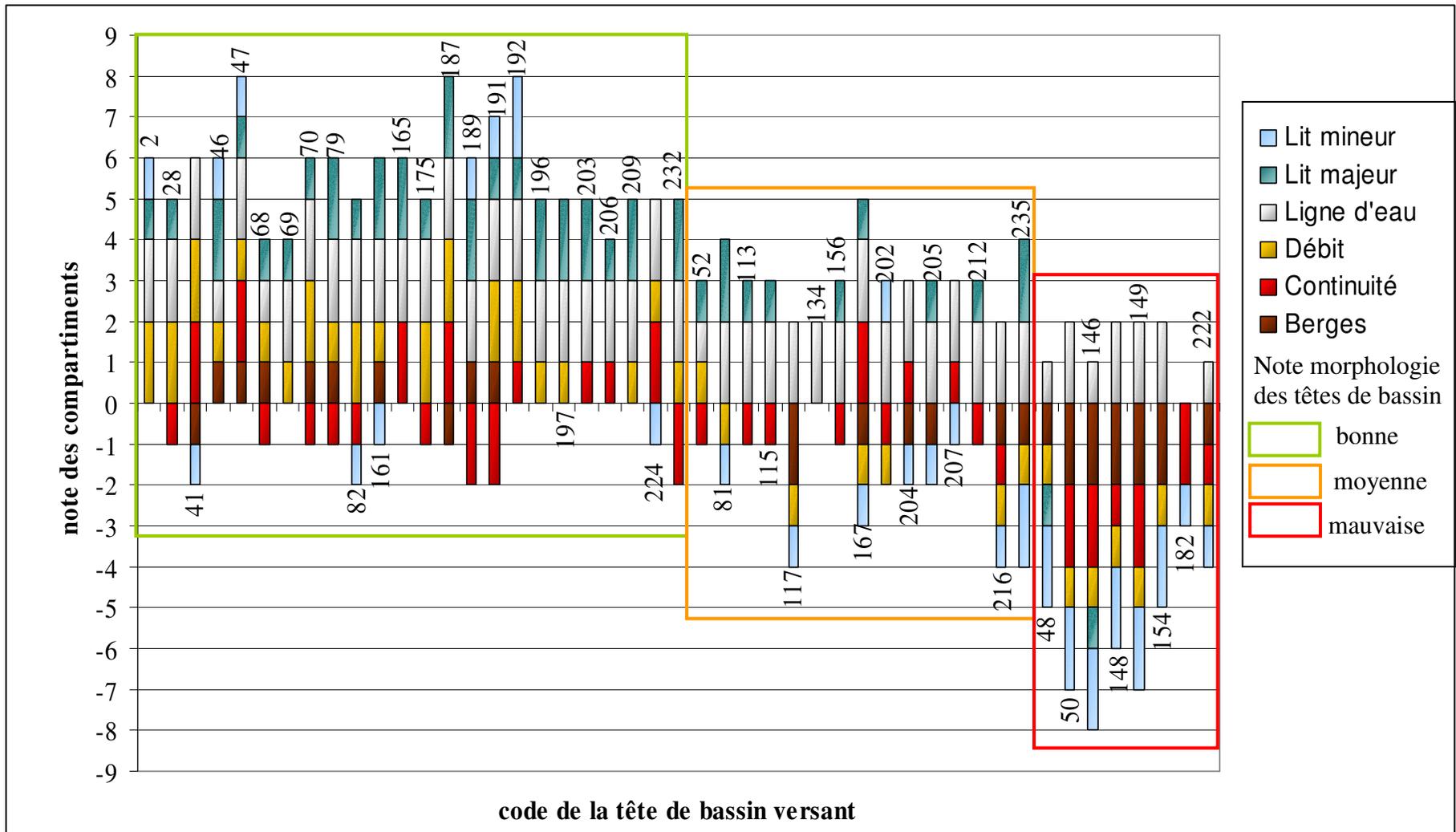


Figure 1 : Histogramme des notes morphologiques cumulées des têtes de bassin versant selon les compartiments (méthode REH)

ANNEXE 7 : Carte des têtes de bassin du Haut Couesnon selon l'Agence de l'Eau Loire Bretagne

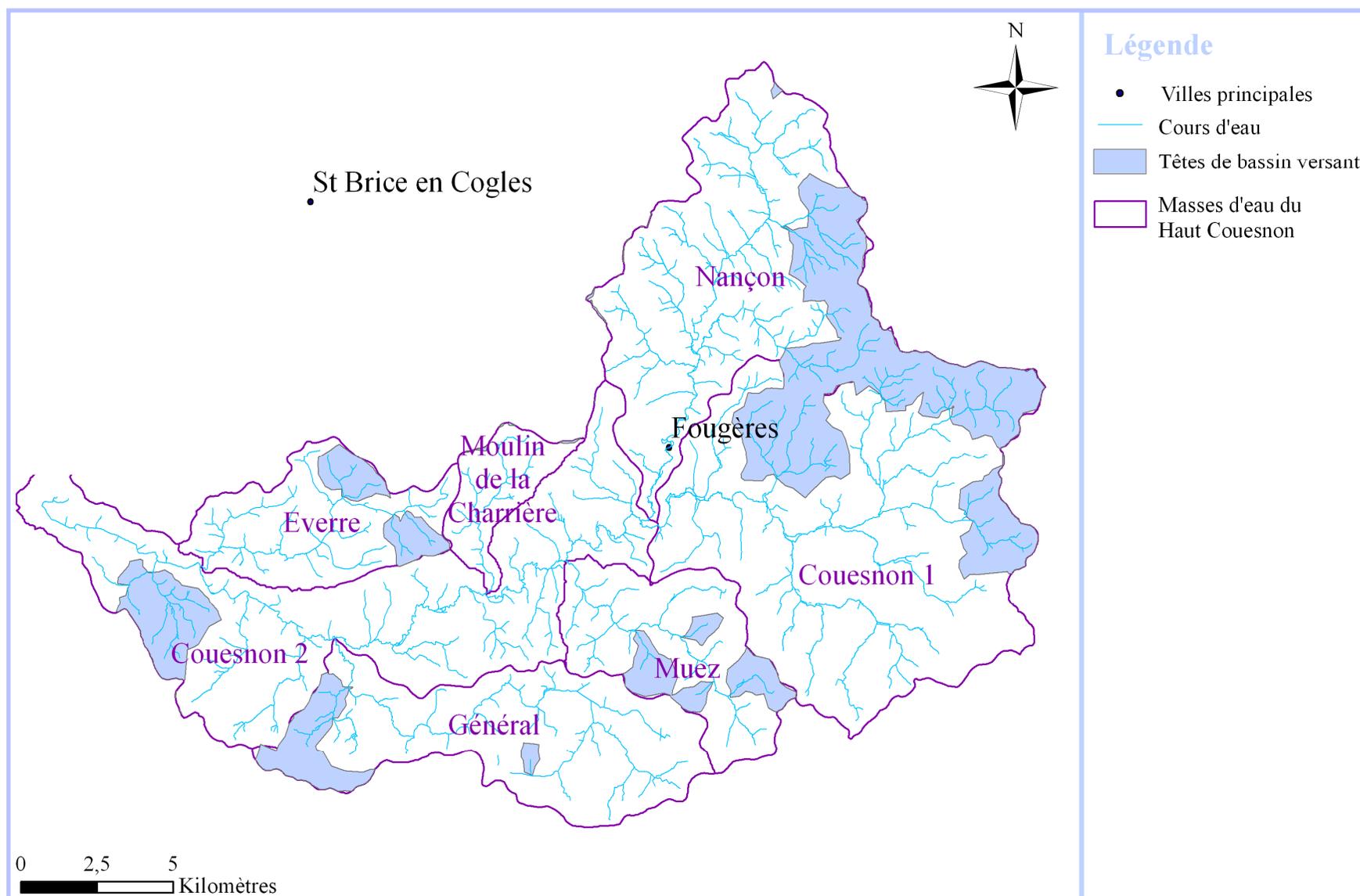


Figure 1 : Délimitation cartographique des têtes de bassin versant du Haut Couesnon selon l'Agence de l'Eau Loire Bretagne, *données source : Hydro BD topo 2011*

ANNEXE 8 : Carte des bassins versants des cours d'eau de rang de Strahler 1 et 2 sur le Haut Couesnon

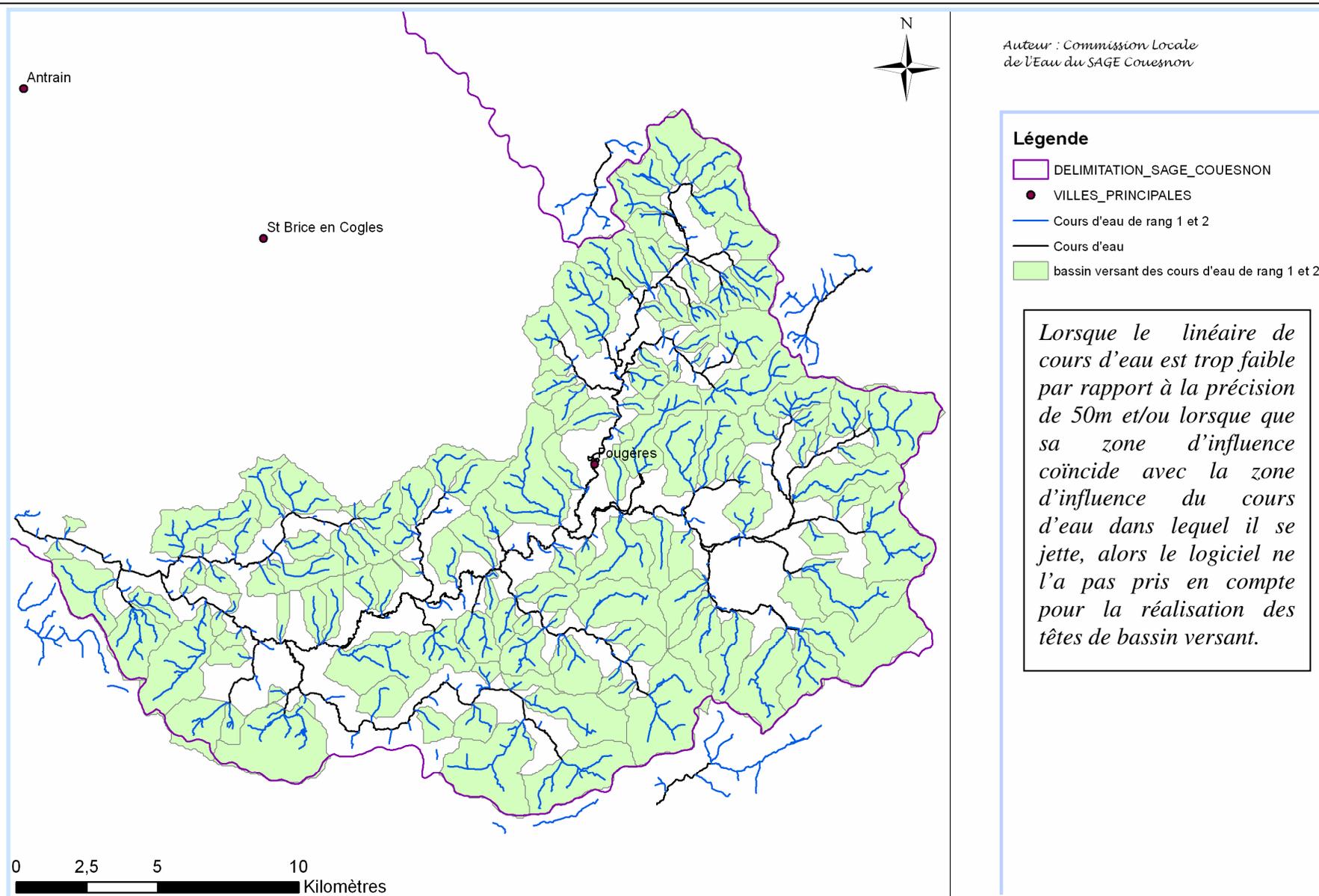


Figure 1 : Délimitation cartographique des bassins versants des cours d'eau de rang de strahler 1 et 2 sur le Haut Couesnon, *données source : Hydro BD topo 2011*

ANNEXE 9 : Les espaces naturels sensibles (code de l'environnement)

Extrait de conservation-nature

Les Espaces Naturels Sensibles (ENS) ont pour objectif de préserver la qualité des sites, des paysages, des milieux naturels et des champs d'expansion des crues et d'assurer la sauvegarde des habitats naturels ; mais également d'aménager ces espaces pour être ouverts au public, sauf exception justifiée par la fragilité du milieu naturel.

Toutefois l'accueil du public peut être limité dans le temps et/ou dans l'espace, voire être exclu, en fonction des capacités d'accueil et de la sensibilité des milieux ou des risques encourus par les personnes.

Les territoires ayant vocation à être classés comme Espaces Naturels Sensibles « doivent être constitués par des zones dont le caractère naturel est menacé et rendu vulnérable, actuellement ou potentiellement, soit en raison de la pression urbaine ou du développement des activités économiques et de loisirs, soit en raison d'un intérêt particulier, eu égard à la qualité du site, ou aux caractéristiques des espèces animales ou végétales qui s'y trouvent ».

Les terrains acquis par le département doivent être aménagés pour être ouverts au public, sauf exception justifiée par la fragilité du milieu naturel. Cet aménagement doit toutefois être compatible avec la sauvegarde des sites, des paysages et des milieux naturels : en conséquence, seuls des équipements légers d'accueil du public ou nécessaires à la gestion courante des terrains ou à leur mise en valeur à des fins culturelles ou scientifiques y sont tolérés, et ce, à l'exclusion de tout mode d'occupation du sol de nature à compromettre la préservation de ces terrains en tant qu'espaces naturels.

Législation

La création des ENS s'appuie sur les articles [L. 142-1](#) à [L. 142-13](#) et [R. 142-1](#) à [R. 142-19](#) du code de l'urbanisme et la circulaire du ministère de l'aménagement du territoire, de l'équipement et des transports n° 95-62 du 28 juillet 1995 relative aux recettes et emplois de la taxe départementale des espaces naturels sensibles.

ANNEXE 10: La protection des biotopes (code de l'environnement)

Extrait de Légifrance

Sous-section 3 : Protection des biotopes

Article R411-15

Afin de prévenir la disparition d'espèces figurant sur la liste prévue à l'article R. 411-1, le préfet peut fixer, par arrêté, les mesures tendant à favoriser, sur tout ou partie du territoire d'un département à l'exclusion du domaine public maritime où les mesures relèvent du ministre chargé des pêches maritimes, la conservation des biotopes tels que mares, marécages, marais, haies, bosquets, landes, dunes, pelouses ou toutes autres formations naturelles, peu exploitées par l'homme, dans la mesure où ces biotopes ou formations sont nécessaires à l'alimentation, à la reproduction, au repos ou à la survie de ces espèces.

Article R411-16

(Modifié par Décret n°2006-665 du 7 juin 2006 - art. 20 JORF 8 juin 2006)

- I Les arrêtés préfectoraux mentionnés à l'article R. 411-15 sont pris après avis de la commission départementale de la nature, des paysages et des sites, ainsi que de la chambre départementale d'agriculture. Lorsque de tels biotopes sont situés sur des terrains relevant du régime forestier, l'avis du directeur régional de l'Office national des forêts est requis.

- II Ces arrêtés sont, à la diligence du préfet :

1. Affichés dans chacune des communes concernées ;
2. Publiés au Recueil des actes administratifs ;
3. Publiés dans deux journaux régionaux ou locaux diffusés dans tout le département.

Article R411-17

Le préfet peut interdire, dans les mêmes conditions, les actions pouvant porter atteinte d'une manière indistincte à l'équilibre biologique des milieux et notamment l'écobuage, le brûlage des chaumes, le brûlage ou le broyage des végétaux sur pied, la destruction des talus et des haies, l'épandage de produits antiparasitaires.

ANNEXE 11 : Bilan personnel du stage

Ce stage réalisé à l'association du « bassin du Couesnon » a été une expérience enrichissante. J'ai apprécié travailler au sein d'une équipe soudée et dynamique qui est motivée pour faire avancer les discussions. De même, j'ai aimé découvrir le fonctionnement d'un SAGE et les diverses missions auxquelles est assignée la structure porteuse. J'ai pu assister aux réunions de la CLE, ce qui m'a permis d'observer la réalité du terrain et de discuter avec différents membres et élus aux avis parfois divergents. Je me suis rendue compte notamment de la difficulté de réunir les acteurs pour trouver un accord à propos de la gestion d'un bassin versant.

Travailler sur cette problématique récente des têtes de bassin versant a été assez complexe au début du stage. Les études et retours d'expériences sur le territoire français sont encore très peu nombreux. Toutefois, durant mes recherches bibliographiques, il a été captivant de découvrir les nombreuses fonctions qu'assurent ces écosystèmes. Après ces six mois de stage et suite à de nombreuses rencontres, je suis convaincue que les têtes de bassin versant sont déterminantes et nécessaires pour garantir une bonne qualité de l'eau et un bon fonctionnement d'un bassin versant.

Durant ce stage, j'ai notamment pu perfectionner mes compétences sur le logiciel cartographique Arcview. En effet, j'ai appris plusieurs techniques et astuces et acquis une grande autonomie d'utilisation. Par ailleurs, j'ai enrichi mes connaissances en agronomie ; ce qui a été très utile pour mon étude. Avoir des notions en agronomie est essentiel pour comprendre et gérer au mieux un bassin versant agricole.

Le seul point négatif de ce stage est la période trop importante consacrée à la rectification des données d'inventaires « cours d'eau » et la mauvaise surprise de devoir corriger le travail cartographique réalisé par les bureaux d'étude, prestataires pour les inventaires cours d'eau. Il aurait été préférable de disposer d'une base de cours d'eau définitive et correcte dès le début pour pouvoir cartographier les têtes de bassin versant rapidement. Cela aurait permis de consacrer une partie du temps à une prospection de terrain afin d'affiner la délimitation et de caractériser les têtes de bassin pour améliorer le système de notation.

TABLES DES ILLUSTRATIONS ET TABLEAUX

Figures

Figure 1 : Cartographie du bassin versant du Couesnon.....	3
Figure 2 : Classification des cours d'eau d'un bassin versant selon Strahler (Site Fluvial geomorphology)	4
Figure 3 : Tête de bassin de l'une des sources de la Motte d'Yné, <i>P.Choucard</i>	4
Figure 4 (a) : La zone hyporhéique d'un cours d'eau, traduit d' <i>Alley et al, 2002</i>	6
(b) : Circulation de l'eau dans la zone hyporhéique, d'après <i>Boulton 2000 in Brooks 2003</i>	6
Figure 5 : Espèces emblématiques des têtes de bassin : Moule perlière (Joel Berglund), Ecrevisse à pattes blanches (Remi Masson), Chabot (Site internet plongee-passion) et Lamproie de Planer (D. Florian)	8
Figure 6 : Carte des têtes de bassins versant du Haut Couesnon.	17
Figure 7 : Répartition des cours d'eau de tête de bassin selon leur classe de longueur.....	17
Figure 8 : Carte des têtes de bassin prioritaires pour l'enjeu qualité de l'eau	18
Figure 9 : Carte des têtes de bassin prioritaires pour l'enjeu biodiversité	19
Figure 10 : Carte des têtes de bassin prioritaires pour l'enjeu quantité	19
Figure 11 : Carte des têtes de bassin prioritaires pour l'enjeu morphologie	20
Figure 12 : Carte des premières actions à mener sur les têtes de bassin pour restaurer leur pouvoir épurateur	28
Figure 13 : Carte des premières actions à mener sur les têtes de bassin pour préserver la biodiversité présente.....	29

Tableaux

Tableau I : Données récoltées auprès des organismes agissant sur le Haut Couesnon.....	12
Tableau II : Notation des têtes de bassin pour les paramètres physico-chimiques	14
Tableau III : Notation des têtes de bassin pour l'enjeu biodiversité	15
Tableau IV : Notation des têtes de bassin pour l'enjeu quantité.....	15
Tableau V : Notation des têtes de bassin pour l'enjeu morphologie.....	16

RESUME

Malgré leurs innombrables services écologiques, les têtes de bassin sont peu considérées et fréquemment soumises à diverses perturbations. En réponse à la Directive Cadre sur l'Eau ainsi qu'à la Directive Nitrates, et dans un souci d'atteindre le bon état écologique des masses d'eaux d'ici 2015, le SDAGE Loire Bretagne intègre désormais les têtes de bassin dans ses orientations. Or la seule cartographie réalisée à sa demande révèle certaines imprécisions à l'échelle du bassin versant et n'incite guère à des propositions de gestion aux vues de l'ampleur du territoire concerné.

L'association du Bassin du Couesnon a donc entrepris la présente étude qui avait pour but de proposer une méthodologie pour faciliter l'appréhension des acteurs de gestion. Cela a consisté en une cartographie précise des têtes de bassin mais aussi en une hiérarchisation basée sur un principe de notation selon leur capacité à assurer leurs rôles.

Cette étude a permis de mettre à jour les connaissances sur les fonctionnements et rôles des têtes de bassin versant. Le résultat est une cartographie des premières actions de restauration à mener sur les têtes de bassin versant prioritaires dans le but de maximiser les potentialités et bienfaits qu'elles peuvent apporter à l'ensemble du bassin versant.

Mots clés : tête de bassin versant, services écologiques, cartographie, hiérarchisation.

ABSTRACT

Despite their many ecological services, headwater catchments are not enough considered and are frequently subjected to various disturbances. In response to Water Framework Directive (WFD) and Nitrates Directives, and for the aim of achieving good ecological status of water bodies by 2015, Loire Bretagne SDAGE now incorporates headwater watershed in its guidelines. However, the only map done reveal some vagueness at SDAGE scale and does not encourage management suggestions due to the important area concerned.

The organization "Bassin du Couesnon" has undertaken this present study which had for purpose to suggest a methodology in order to facilitate understanding of management actors. This consisted in an accurate map of headwater catchments and in a hierarchy based on a principle of rating their ability to perform their roles.

This studying allowed updating knowledge on these ecosystem and their functions. A map of first restoration actions to lead on priority headwater catchments is the result in order to maximize potentials and benefits that it bring to the entire watershed.

Keywords: Headwater watershed, ecological services, cartography, hierarchy.

