

Noémie Guillerme

Rapport de stage

M2 Gestion des Habitats et des Bassins Versants (GHBV)

**Caractérisation de la pression
« enterrement des cours d'eau » sur le
territoire Bretagne – Pays de la Loire**

Du 21 février 2015 au 21 août 2015

**A la délégation interrégionale Bretagne-Pays de la Loire
de l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques**

Sous la direction de Josselin Barry et Mikaël Le Bihan

Soutenu le 21 septembre 2015

Membres du jury :

Luc Aquilina

Jean-Marc Paillisson

Gabrielle Thiebaut

Correspondant universitaire : Luc Aquilina

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, un grand merci à mes maîtres de stage Josselin Barry et Mikael Le Bihan pour m'avoir permis de réaliser ce stage et avoir partagé leur intérêt pour les têtes de bassin versant. Merci infiniment pour votre encadrement, vos conseils avisés, votre confiance et votre bonne humeur. Votre implication a été un pilier sûr pour le bon déroulement de ce stage.

Je remercie aussi chaleureusement tous les agents des services départementaux qui m'ont accompagné sur le terrain à la recherche de ces cours d'eau disparus, pour leur aide et leur temps: Alain Baltardive, Dominique BouSSION, Stephan Boutroix, Fabrice Goubin, François Kolakowsky, Yvan Rouveure, Yann Tracz, Christine Verjus et Malcy de Wavrechin. Les missions sur le terrain furent pour moi une expérience enrichissante.

Mes remerciements vont également à l'ensemble des personnes travaillant à la Délégation interrégionale ONEMA Bretagne-Pays de la Loire, pour leur accueil et leur gentillesse. Une attention particulière est portée pour Pierre-Marie Bidal pour son implication dans la lourde tâche de vectorisation des cours d'eau sur SIG. Merci pour ton aide.

Enfin, je remercie mes camarades du master GHBV pour leur bonne humeur et leur motivation, dont la présence a été un soutien tout au long de ces deux années intenses et m'a permis d'aborder ce stage dans les meilleures conditions. En particulier, je remercie ma camarade de promo et stagiaire à l'ONEMA Marion Colin, sans qui ces 6 mois n'auraient pas été les mêmes ! Mes souhaits les meilleurs pour leur avenir professionnel.

PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL

L'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA) est un établissement public administratif créé par la Loi sur l'eau et les Milieux Aquatiques (Loi LEMA) du 30 décembre 2006 et le décret du 25 mars 2007. Il succède au Conseil Supérieur de la Pêche (CSP).

Placé sous la tutelle du ministère chargé de l'environnement, l'ONEMA emploie environ 900 personnes et disposait d'un budget annuel de 137 M€ en 2015, financé pour l'essentiel par un prélèvement sur la redevance sur l'eau perçue par les agences de l'eau. Il gère, par ailleurs, dans une comptabilité distincte, des crédits du plan « Ecophyto 2018 » de lutte contre les produits phytosanitaires financé par la redevance « pollutions diffuses » (41 M€ en 2015).

L'ONEMA joue un rôle central dans la politique publique de l'eau, en assurant notamment des missions de recueil et de diffusion des données sur l'eau et ses usages, de protection et de surveillance de l'eau et des milieux aquatiques, domaines dans lesquels des directives européennes imposent des obligations aux États membres.

Les quatre grandes missions de l'ONEMA sont :

- ✓ Mobiliser la recherche sur les enjeux de la gestion durable de l'eau et des milieux aquatiques
- ✓ Connaître l'état et les usages des eaux et des milieux aquatiques
- ✓ Protéger et surveiller les milieux aquatiques via son rôle de police de l'eau, de la pêche, et des milieux aquatiques
- ✓ Apporter un appui technique à la gestion territoriale de l'eau et à la restauration des milieux

L'ONEMA est présent sur l'ensemble du territoire avec une direction générale à Vincennes et 9 délégations interrégionales ainsi que les services départementaux.

La direction générale

La direction générale assure le pilotage de l'établissement, coordonne et appuie les délégations interrégionales et les services départementaux. Elle veille également à la coordination du Système d'Information sur l'Eau (SIE) et appuie les politiques publiques de gestion de l'eau.

Elle s'organise en trois directions :

- La Direction de l'Action Scientifique et Technique (DAST) ;
- La Direction de la Connaissance et de l'Information sur l'Eau (DCIE) ;
- La Direction du Contrôle des Usages et de l'Action Territoriale (DCUAT).

Les neuf délégations interrégionales

Neuf délégations interrégionales regroupent des ingénieurs et techniciens spécialisés dans le recueil et le traitement de données, l'appui technique aux politiques et actions de gestion de l'eau, l'animation des activités de surveillance des milieux aquatiques.

Les Services Départementaux

Les services départementaux, composés de techniciens et d'agents techniques, ont pour rôle le contrôle des usages et la police de l'eau et de la pêche. Ils contribuent au recueil de données sur l'état des milieux aquatiques et des espèces.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
1. LES COURS D’EAU DE TETE DE BASSIN VERSANT	2
1.1. Définitions	2
1.2. Une connaissance incomplète du réseau hydrographique des têtes de bassin versant.....	3
1.3. Importance des têtes de bassin versant	4
2. L’ENTERREMENT DES COURS D’EAU : UNE ALTERATION EXTREME	5
2.1. Méthodes d’enterrement.....	5
2.2. Impacts de l’enterrement.....	5
2.3. L’enterrement des cours d’eau dans le droit et la réglementation	7
2.3.1. La définition du cours d’eau comme base de sa protection.....	7
2.3.2. Application de la loi sur l’eau dans le cadre de l’enterrement des cours d’eau.....	7
2.4. Facteurs explicatifs de l’enterrement des cours d’eau	8
2.4.1. Occupation du sol et expansion urbaine	8
2.4.2. Remembrement	9
2.4.3. Densité de drainage	9
2.4.4. Perméabilité.....	9
3. METHODOLOGIE	10
3.1. Secteur d’étude	10
3.2. Analyse cartographique des secteurs à risque d’enterrement.....	10
3.2.1. Choix de l’échelle de représentation	11
3.2.2. Remembrement	11
3.2.3. Perméabilité.....	11
3.2.4. Occupation du sol.....	12
3.2.5. Densité de drainage	12
3.2.6. Expansion urbaine	12
3.2.7. Voies de transport.....	12
3.2.8. Zones arborées et haies.....	13
3.2.9. Carte de synthèse.....	13
3.3. Analyse cartographique des cours d’eau potentiellement enterrés	14
3.3.1. Choix et amélioration d’un référentiel hydrographique de référence.....	14
3.3.2. Echantillonnage des masses d’eau.....	14
3.4. Phase terrain	16

4. RESULTATS	16
4.1. Amélioration du référentiel hydrographique	16
4.2. Cartographie des secteurs à risque d'enterrement	17
4.2.1. Remembrement	17
4.2.2. Perméabilité.....	17
La perméabilité du sol (couches affleurantes) est représentée en Figure 9.	17
4.2.3. Typologie d'occupation du sol	18
4.2.4. Expansion urbaine	19
4.2.5. Densité de drainage	20
4.2.6. Voies de transport.....	20
4.2.7. Surfaces arborées et haies.....	21
4.2.8. Carte de synthèse.....	21
4.3. Pré-identification des cours d'eau enterrés et prospections de terrain	22
4.4. Corrélation entre les facteurs de risque et le pourcentage de linéaire enterré	24
5. DISCUSSION.....	25
5.1. Cartographie des risques	25
5.1.1. Expansion urbaine	25
5.1.2. Remembrement	25
5.1.3. Une cartographie de synthèse à améliorer.....	26
5.2. Un référentiel hydrographique incomplet amené à évoluer	26
5.3. Pré-localisation des cours d'eau enterrés	28
5.4. Phase terrain	28
6. PERSPECTIVES.....	29
6.1. Quelles possibilités pour une remise à ciel ouvert ?	29
6.2. Quelles pistes pour intégrer les têtes de bassin versant dans les politiques de l'eau ?	30
CONCLUSION	31
BIBLIOGRAPHIE	32
ANNEXES	39

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Classification du réseau hydrographique selon l'ordre de Strahler (Federal Interagency Stream Restoration Working Group, 2009)	2
Figure 2 : Méthodes d'enterrement de cours d'eau	5
Figure 3 : Impacts de l'enterrement d'un cours d'eau	5
Figure 4 : Départements et régions sur le territoire de la DIR 2 Bretagne – Pays de la Loire	10
Figure 5 : Localisation des masses d'eau échantillonnées au sein de la DIR 2	15
Figure 6 : Exemple de pré-identification de tronçons enterrés par comparaison d'orthophotographies avec le réseau complété à partir de la BD Topo, de la BD Carthage et du Scan 25 de l'IGN. Fond de carte : IGN, 2014.	15
Figure 7 : Proportion de linéaire supplémentaire à la BD topo 2012 par département, à partir du Scan 25, de la BD Carthage et de la BD topo 2006. Source : IGN	16
Figure 8 : Pourcentage de surface remembrée sur le territoire de la DIR2 à l'échelle du carroyage, d'après la base de donnée des opérations d'aménagement foncier entre 1945 et 2005 réalisée par Philippe M-A. & Polombo N. (2015).....	17
Figure 9 : Perméabilité du sol (entités affleurantes) sur le territoire de la DIR 2. Source : BD LISA (BRGM, 2013).....	18
Figure 10 : Typologie d'occupation du sol sur le territoire de la DIR2 à l'échelle du carroyage. Source : Corine Land Cover (2006)	18
Figure 11 : Proportion des différentes typologies de recouvrement du sol sur le territoire de la DIR 2. Source : Corine Land Cover (2006)	19
Figure 12 : Expansion urbaine sur le territoire de la DIR 2 à l'échelle du carroyage. Source : Corine Land Cover (2006)	19
Figure 13 : Densité de drainage (km / km ²) sur le territoire de la DIR 2 à l'échelle du carroyage. Source : BD Topo (2012)	20
Figure 14 : Pourcentage d'occupation par les voies de communication sur le territoire de la DIR 2 à l'échelle du carroyage. Source : BD Topo (2012)	20
Figure 15 : Pourcentage de surface boisée sur le territoire de la DIR 2 à l'échelle du carroyage. Source : BD Topo (2012)	21
Figure 16 : Cartographie du risque relatif d'enterrement sur le territoire de la DIR 2	21
Figure 17 : Réseau hydrographique d'après la BD TOPO, la BD Carthage et le Scan 25 et tronçons enterrés sur la masse d'eau de la Seiche (35). Fond de carte : Scan 25 IGN.....	22
Figure 18 : Proportion des rangs de Strahler sur le linéaire total	23
Figure 19 : Proportion des types d'enterrement observés. ND : non déterminé.....	23
Figure 20 : Proportion des différents types d'occupation du sol pour les cours d'eau enterrés	23
Figure 21 : Proportion de la présence des critères de qualification probable de cours d'eau à l'amont et/ou l'aval des tronçons enterrés	24
Figure 22 : Cours d'eau busé sous le campus de Beaulieu, Rennes (35). En pointillé, l'ancien tracé figurant sur les cartes d'état-major et absent des référentiels récents (Scan25, BD topo et BD Carthage). Source : IGN.	26

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Comparaison de trois référentiels hydrographiques Le SCAN 25®, la BD TOPO® et la BD CARTHAGE®.....	3
Tableau 2 : Synthèse des fonctions remplies par les cours d'eau en TDBV à l'échelle de l'hydrosystème	4
Tableau 3 : Description des impacts de l'enterrement.....	6
Tableau 4 : Comparaison des avantages et inconvénients de différentes échelles.....	11
Tableau 5 : Typologies d'occupation du sol et critères retenus.....	12
Tableau 6 : Pondération appliquée aux différents facteurs de risque d'enterrement retenus	13
Tableau 7 : Linéaire total et linéaire du réseau hydrographique enterré par masse d'eau	22
Tableau 8 : Linéaire et proportion des rangs de Strahler sur le linéaire total enterré	23
Tableau 9 : Linéaire et proportion des types d'enterrement observés. ND : non déterminé	23
Tableau 10 : Linéaire et proportion des différents types d'occupation du sol pour les cours d'eau enterrés	23

TABLE DES ABREVIATIONS

BD Carthage	Base de Données de CARTographie THématique des AGences de l'Eau
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
CE	Code de l'environnement
CTMA	Contrat Territorial Milieux Aquatiques
DCE	Directive Cadre sur l'Eau, 2000/60/CE
DIR2	Délégation Interrégionale Bretagne Pays-de-la-Loire de l'ONEMA
IGN	Institut Géographique National
IOTA	Installations, Ouvrages, Travaux et Activités
MAE	Mesures Agro-Environnementales
ONEMA	Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques
RNAOE	Risque de Non Atteinte des Objectifs Environnementaux des masses d'eau
SDAGE	Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SIE	Système d'Information sur l'Eau
SIG	Système d'Information Géographique
SYRAH-CE	SYstème Relationnel d'Audit de l'Hydromorphologie des Cours d'Eau
TDBV	Tête De Bassin Versant
ZNT	Zone Non Traitée

INTRODUCTION

La qualité de l'eau et les milieux aquatiques se sont progressivement dégradés avec l'industrialisation, le développement de l'agriculture intensive et la pression anthropique croissante de diverses activités (Reyjol *et al.*, 2012). Pour répondre aux enjeux de conservation et restauration des milieux aquatiques, la Directive Cadre sur l'Eau (DCE, directive 2000/60/CE) fixe comme objectif d'atteindre le « **bon état écologique** » de l'ensemble des masses d'eau continentales d'ici 2015 et 2021 (Parlement Européen et Conseil Européen, 2000 ; Vial *et al.*, 2010), avec un report possible à 2027 dans certains cas. Il existe cependant un risque important de ne pas atteindre le bon état.

Dans cette perspective, **les têtes de bassin versant jouent un rôle essentiel** de par leur position en amont du réseau hydrographique et leur abondance spatiale, et représentent un « **capital hydrologique** » (SDAGE Loire-Bretagne, 2009). En effet, elles conditionnent en qualité et en quantité les ressources de l'aval (Gomi *et al.* 2002 ; Meyer *et al.*, 2007 ; Baudoin, 2007 ; Alexander *et al.*, 2007). Ainsi, leur bon état fonctionnel est primordial pour l'ensemble du bassin versant. Cependant, la taille réduite des cours d'eau en tête de bassin versant les rend particulièrement vulnérables à l'action anthropique (Smiley *et al.* 2005 ; Meyer *et al.*, 2007 ; Bishop *et al.*, 2008 ; Nguyen Van, 2012). Ils ont pourtant suscité un intérêt moindre que des cours d'eau de plus grandes largeurs (Gomi *et al.*, 2002).

La sensibilité des têtes de bassin versant et l'influence essentielle de ces secteurs dans l'atteinte des objectifs de bon état à l'aval justifient d'identifier et améliorer la connaissance sur les facteurs de dégradation de ces milieux. En particulier, l'hydromorphologie des têtes de bassin versant est actuellement très altérée (Muotka & Laasonen, 2002 ; Rheinhardt *et al.*, 1999, Nguyen Van, 2012). Ainsi, près de 70% des masses d'eaux qualifiées en Risques de Non Atteinte des Objectifs Environnementaux des masses d'eau (RNAOE) le sont en raison de dégradations hydromorphologiques. Parmi les travaux hydrauliques les plus couramment réalisés au cours des dernières décennies (opérations de rectification, de recalibrage, enterrement de cours d'eau...), **les enterrements de cours d'eau constituent les plus hauts niveaux d'altération de l'hydromorphologie des cours d'eau** (Wasson *et al.*, 1998). Les publications scientifiques révèlent que ces altérations physiques impactent fortement leur fonctionnalité écologique et sont susceptibles de constituer des RNAOE. **Il est donc primordial d'étudier et de caractériser la pression « enterrement de cours d'eau »**. Pour cela, la délégation interrégionale Bretagne-Pays de la Loire de l'ONEMA (DIR2) souhaite étudier la répartition spatiale des linéaires de cours d'eau enterrés à l'échelle de son territoire, et appréhender les facteurs explicatifs de ce phénomène.

La première étape du travail est la réalisation d'une cartographie synthétique des risques d'enterrement à partir de facteurs dégagés de la bibliographie. La seconde étape consiste à obtenir un référentiel hydrographique le plus complet possible à partir de différentes sources existantes. Ce référentiel est comparé à des orthophotographies sur un échantillon de masses d'eau afin de pré-identifier des cours d'eau enterrés. Enfin, une phase terrain permet de vérifier ces cours d'eau sur un échantillon. Ces résultats sont discutés et analysés avec la cartographie des risques.

1. LES COURS D'EAU DE TÊTE DE BASSIN VERSANT

1.1. Définitions

Les têtes de bassin versant (TDBV) représentent les extrémités amont du réseau hydrographique. Toute la difficulté d'une définition plus précise repose sur la délimitation de cette partie du réseau.

L'une des plus anciennes définitions françaises définit les TDBV comme « **la partie la plus haute du bassin où naissent les principaux affluents et la rivière principale** » (Roche, 1986). Elles représentent ainsi **le début du river continuum concept** décrit par Vannote *et al.* en 1980. Différents critères ont par la suite été proposés afin de préciser cette première approche. Wipfli *et al.* (2007) proposent ainsi un critère de gabarit du lit mineur inférieur à 1m qui définirait les cours d'eau de TDBV. Uchida *et al.* (2005) définissent quant à eux les zones de TDBV comme celles à l'amont de la zone de sédimentation dominante. Enfin, d'autres auteurs retiennent le critère de la superficie du bassin versant. Adams et Spotila (2005) considèrent qu'une superficie inférieure à 2km² définit les TDBV.

D'autres auteurs ainsi que des acteurs de l'eau s'appuient sur la **classification de Strahler** (1952)¹ (Figure 1). Aux Etats-Unis, des auteurs définissent les cours d'eau en tête de bassin comme les cours d'eau de rang 1 vus à l'échelle 1 : 100 000 (Nadeau & Rains, 2007 ; Alexander *et al.*, 2007) tandis que d'autres auteurs incluent les sources et les cours d'eau de rangs 1 et 2 vus à l'échelle 1 : 24 000 (Meyer *et al.*, 2007). En France, selon le pôle-relais des zones humides intérieures, une tête de bassin est une « zone de source et zone générant l'écoulement, générant le cours d'eau : zone incluant les ruisseaux d'ordre 1, 2, voire 3 » (Touchart & Lhériter, 2009). Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) du bassin Loire-Bretagne 2010-2015 propose que « **les têtes de bassin versant s'entendent comme les bassins versants des cours d'eau dont le rang de Strahler est inférieur ou égal à 2 et dont la pente est supérieure à 1%** ». Ce dernier critère de pente est toutefois remis en cause dans la littérature. Certains chercheurs incluent dans la notion de TDBV les zones de sources, définies par le rang 0 (Benda *et al.*, 2005).

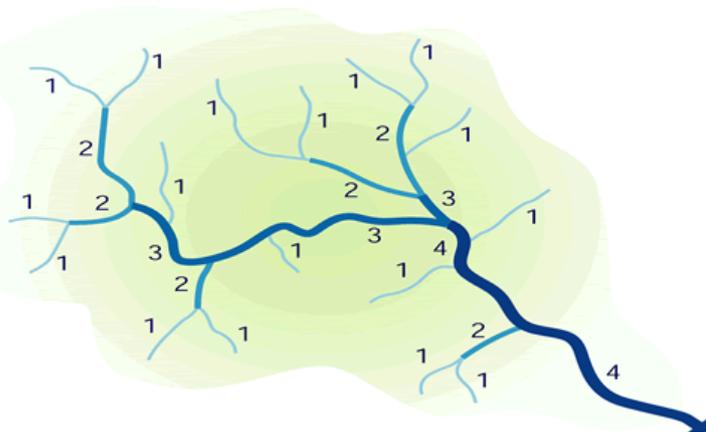


Figure 1 : Classification du réseau hydrographique selon l'ordre de Strahler (Federal Interagency Stream Restoration Working Group, 2009)

L'attribution d'un rang à un cours d'eau **dépend donc directement de la connaissance du réseau hydrographique et du référentiel utilisé**. Dans les faits, des cours d'eau de rang 1 pourraient être des cours d'eau de rang 2, par méconnaissance de la totalité du réseau hydrographique en tête de bassin versant. La définition théorique des têtes de bassin versant peut donc se heurter au manque de connaissances actuelles.

¹ Cette méthode permet de définir un ordre d'importance d'un cours d'eau en se basant sur le niveau de confluence. Deux segments d'ordre 1, c'est-à-dire compris entre la source et la première confluence, donnent naissance à un tronçon d'ordre 2. Deux cours d'eau d'ordre 2 se joignant donnent un ordre 3, mais si un cours d'eau rencontre un second d'ordre inférieur, alors celui-ci ne change pas (Strahler, 1952).

1.2. Une connaissance incomplète du réseau hydrographique des têtes de bassin versant

Les référentiels hydrographiques sont déterminants pour avoir une représentation précise des TDBV. En France, les **cartes de Cassini** sont au 18^{ème} les premières à faire figurer les cours d'eau au niveau national, mais avec une faible exhaustivité. Les **cadastres Napoléoniens** ont par la suite proposés un inventaire plus précis, complété par les **cartes d'Etat-major** au 19^{ème}. Aujourd'hui, plusieurs référentiels hydrographiques distincts existent en France : **la carte IGN² au 1 : 25000** (Scan 25) en format dit « raster » (plans), la **BD Carthage®** et la **BD TOPO®** «cours d'eau» en format dit « vecteur » (bases de données vectorielles, c'est-à-dire d'objets géométriques définis par leurs coordonnées dans un système de projection), toutes deux également éditées par l'IGN. Ces deux bases de données vectorielles présentent l'intérêt de pouvoir être traitées aisément sous un logiciel cartographique mais ne présentent néanmoins pas la même exhaustivité ni les mêmes informations (Tableau 1). Or la BD TOPO® est utilisée par l'IGN pour la mise à jour des cartes au 1 : 25000. Les dernières versions sont donc appauvries.

**Tableau 1 : Comparaison de trois référentiels hydrographiques
Le SCAN 25®, la BD TOPO® et la BD CARTHAGE®**

SCAN 25®	BD TOPO®	BD Carthage®
Le plus exhaustif (pour les versions dites non « BDtopo », avant 2010)	800 000 km de tronçons	510 000 km de tronçons
Non vectorisé	Vectorisé, peu d'attributs	Vectorisé, attributs riches (codification, type de nœuds)...
Pas directement exploitable sous SIG	Exploitable sous SIG, des discontinuités et écoulements erronés	Exploitable sous SIG, continuité et écoulement assuré sur les cours d'eau
/	Précision métrique	Précision décamétrique

Deux référentiels hydrographiques orientés existent également : le **Réseau Hydrographique Etendu** (RHE, issu d'un réseau simplifié à partir de la BD Carthage®, Pella *et al.*, 2008), et le **Réseau Hydrographique théorique** (RHT, élaboré à partir de la BD Alti® de l'IGN, Pella *et al.*, 2012). Tous deux présentent cependant un linéaire inférieur à celui de la BD Carthage, respectivement 221 007 km et 283 639 km. En outre, la plus-value d'un réseau orienté ne présente pas d'intérêt dans le cadre de cette étude.

En raison de leur abondance, la figuration cartographique des TDBV est très souvent incomplète (Meyer *et al.*, 2003 ; Meyer *et al.*, 2007 ; Bishop *et al.*, 2008), et ce de tout temps. Le principal obstacle à un inventaire exhaustif reste le coût en temps et en moyens humains. Aujourd'hui, le pourcentage de cours d'eau en tête de bassin non recensés sur les cartes IGN au 1 : 25000 (Scan 25) peut représenter **25 à 40% selon les secteurs**, en particulier dans les zones boisées où un inventaire terrain est nécessaire (Le Bihan & Therin, 2008). Dans le secteur du bassin versant de la Vilaine, des travaux d'inventaire menés sur l'Aff, le Trévelo et la Chère permettent de considérer que **plus de 30% des cours d'eau présents sur le terrain échappent à l'inventaire cartographique** (SAGE Vilaine, 2012). Ce manque de connaissances a justifié l'utilisation du qualitatif d' « *aqua incognita* » pour certains auteurs (Bishop *et al.*, 2008).

² L'origine des cartes actuelles au 1 : 25000 est hétérogène : elles sont pour partie issues d'un dessin cartographique manuel, et pour partie produites sur SIG à partir de la base de données topographiques de l'IGN (Blaquière, 2015).

1.3. Importance des têtes de bassin versant

Malgré les lacunes cartographiques des cours d'eau en tête de bassin versant, il est admis qu'ils constituent **une part très importante du réseau hydrographique**. Il a ainsi été démontré qu'aux Etats-Unis, les cours d'eau apicaux peuvent représenter entre 70 et 85% de la longueur totale du réseau hydrographique (Schumm, 1956 ; Shreve, 1969 ; Meyer & Wallace, 2001 ; Peterson *et al.*, 2001 ; Meyer *et al.*, 2003 ; Gomi *et al.*, 2002 ; Benda *et al.*, 2005). En France, des études ont montré que ces cours d'eau représentent entre 70% (en Moselle, Le Bihan, 2009) et 80% (Bassin Rhône-Méditerranée et Corse, Malavoi, 2009) du réseau hydrographique total, avec une représentation de 74% en Loire-Bretagne (Malavoi, 2009). En outre, ils contribuent de manière significative aux flux hydrauliques en aval : **50 à 70% de l'alimentation en eau des cours d'eau d'ordre supérieur** (ordre 3 à 7) **provient des têtes de bassin versant d'ordre 1 et 2** (Alexander *et al.*, 2007). Les cours d'eau de TDBV **remplissent ainsi de nombreuses fonctions** (Tableau 2), et ce à l'échelle de l'hydrosystème.

Tableau 2 : Synthèse des fonctions remplies par les cours d'eau en TDBV à l'échelle de l'hydrosystème

Fonctions	Description et références bibliographiques
Hydrologique	En lien avec leur petite taille, leur forme et leur rugosité : <ul style="list-style-type: none"> ⇒ Réduction des vitesses d'écoulement (Meyer <i>et al.</i>, 2007) ⇒ Régulation des régimes hydrologiques (Meyer <i>et al.</i>, 2007) ⇒ Ecrêtement des pointes de crues (Meyer <i>et al.</i>, 2007) ⇒ Prévention des inondations à l'aval (Meyer <i>et al.</i>, 2005 ; Sanford <i>et al.</i>, 2007) ⇒ Recharge des nappes phréatiques (Meyer <i>et al.</i>, 2003 ; Meyer <i>et al.</i>, 2005)
Hydro-morphologiques	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Zones de production et d'érosion, source de sédiments pour l'aval (Angelier, 2000 ; Sidle <i>et al.</i>, 2000 ; Adams & Spotila, 2005 ; Clarke <i>et al.</i>, 2008 ; Fassetta & Laganier, 2009)
Epuratrice	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Abattement des nitrates (Grimaldi <i>et al.</i>, 2000 ; Peterson <i>et al.</i>, 2001 ; Alexander <i>et al.</i>, 2007) : dénitrification plus importante en TDBV en raison d'une surface hyporhéique plus importante (Harvey & Wagner, 2000 ; Harvey <i>et al.</i>, 2003) et échanges hydrologiques plus importants grâce à une alternance de faciès et une rugosité plus importante (Souchon <i>et al.</i>, 2000)
Biologique	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Forte diversité des habitats en raison de la petite taille des cours d'eau de TDBV qui sont donc fortement influençables par les variations locales (Meyer <i>et al.</i>, 2007 ; Clarke <i>et al.</i>, 2008). ⇒ Forte biodiversité (Naiman & Decamps, 1997 ; Meyer <i>et al.</i>, 2007) ; ⇒ Continuité écologique : contribution des TDBV à la biodiversité de l'ensemble du réseau hydrographique (Paller, 1994, Meyer <i>et al.</i>, 2003 ; Meyer <i>et al.</i>, 2007)

La bibliographie met en évidence d'importantes fonctions remplies par les TDBV qui contribuent au bon fonctionnement de l'ensemble du réseau hydrographique et de la zone riparienne. Leur petite taille les rend cependant particulièrement vulnérables (Smiley *et al.*, 2005 ; Meyer *et al.* ; 2007, Bishop *et al.*, 2008 ; Nguyen Van, 2012), **et ces fonctions ne sont pleinement remplies qu'en l'absence d'altérations trop fortes, dont l'enterrement constitue le stade ultime.**

2. L'ENTERREMENT DES COURS D'EAU : UNE ALTERATION EXTREME

En grande majorité, ce sont des cours d'eau en tête de bassin versant qui sont concernés par la problématique de l'enterrement, en raison de leur taille réduite et de la faisabilité technique les prédisposant aux modifications anthropiques (Bishop *et al.*, 2008 ; Smiley *et al.*, 2005). Weitzell *et al.* (2012) ont ainsi montré dans le bassin du Potomac aux Etats-Unis que les cours d'eau enterrés étaient principalement des cours d'eau de rangs 1 et 2. Le Bihan (2009) a mis en évidence que 230 km de cours d'eau, essentiellement de rang 1 (97%), avaient été enterrés dans le seul département de la Moselle. Sur la masse d'eau de l'Euron en Meurthe-et-Moselle, c'est 4,1% du linéaire qui a été enterré, étant concernés uniquement des rangs 1.

2.1. Méthodes d'enterrement

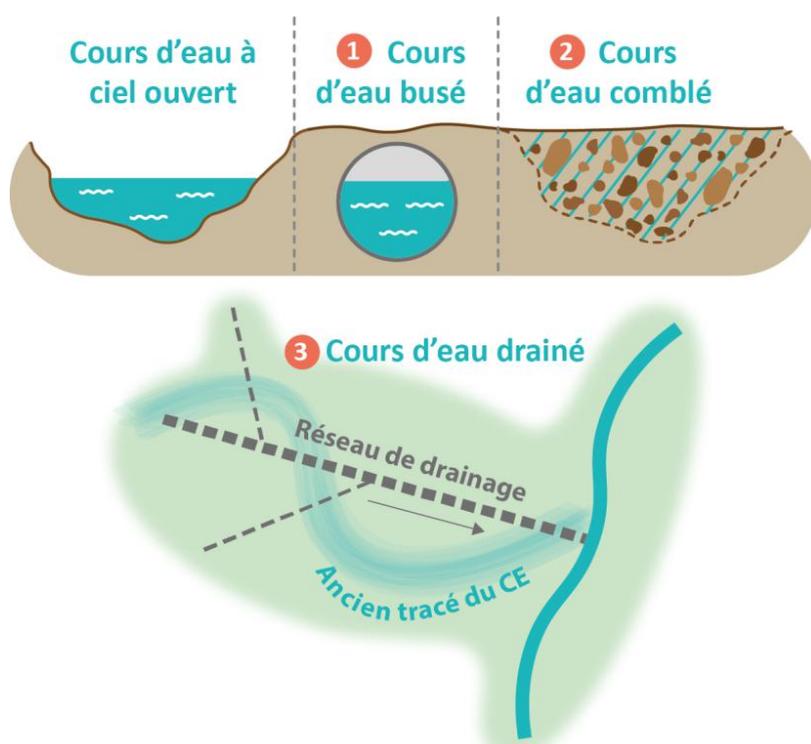


Figure 2 : Méthodes d'enterrement de cours d'eau

2.2. Impacts de l'enterrement

L'enterrement de cours d'eau est **le procédé le plus destructeur** car il cause entre autres la disparition de la totalité des habitats, de la diversité des faciès, de la ripisylve et des relations du cours d'eau avec la nappe et ses berges sur le tronçon concerné (Meyer *et al.*, 2005 ; Malavoi *et al.*, 2007 ; Goron, 2012). Un tronçon busé présente des conditions hydrauliques extrêmes (fortes vitesses, fond lisse, faibles profondeurs en étiage) et une absence de luminosité (BIOTEC, Malavoi J-R., 2007).

Cependant les impacts de l'enterrement **ne se limitent pas au seul linéaire enterré** ; il s'agit aussi

Le terme *enterrement* fait référence à plusieurs méthodes (Figure 2) :

- 1 Le **busage**, consistant à intercepter l'écoulement amont via des buses ;
- 2 Le **comblement**, consistant à remblayer le lit du cours d'eau par un apport de terres ou de gravats ;
- 3 Le **drainage**, visant à faciliter l'évacuation de l'eau et l'assèchement via un réseau de drains souterrains.

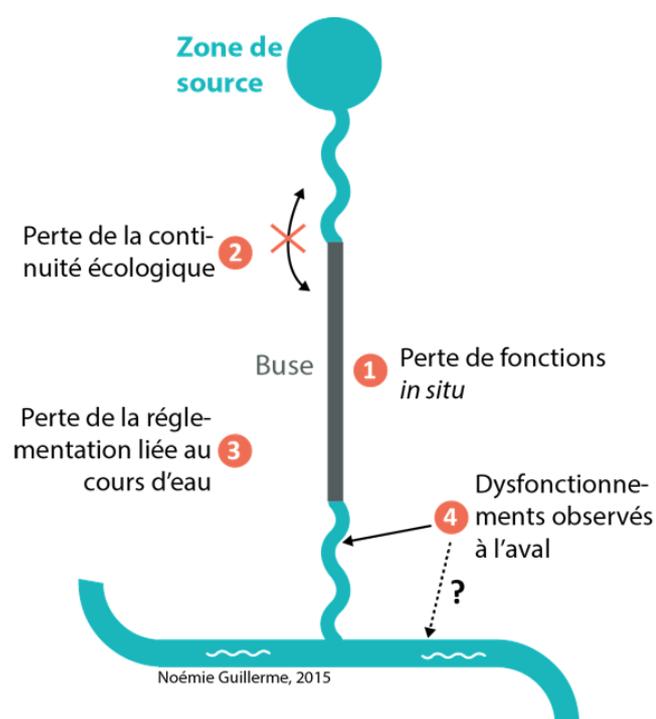


Figure 3 : Impacts de l'enterrement d'un cours d'eau

d'une discontinuité majeure sur le réseau hydrographique. **Ainsi, les conséquences concernent tant le linéaire *in situ* que l'amont et l'aval** (Figure 3 et Tableau 3)

Tableau 3 : Description des impacts de l'enterrement

Impacts	Description
Physico-chimique	<p>1 4 Perte de contact avec la ripisylve et la zone hyporhérique : dégradation de la qualité de l'eau (Pinkham, 2000) Exemple : augmentation de la concentration en nitrates (Baker & Johnson, 1981 ; Fenelon & Moore, 1998 ; David & Gentry, 2000 ; McIsaac & Hu, 2004 ; Alexander <i>et al.</i>, 2007) et en pesticides (Kreuger, 1998)</p>
Biologique	<p>1 Destruction de la totalité des habitats (Meyer <i>et al.</i>, 2005) 2 Altération de la continuité écologique (Larinier <i>et al.</i>, 199 ; Meyer <i>et al.</i>, 2005, Bourguigon, 2012, Arango <i>et al.</i>, 2015) 4 Diminution de la richesse spécifique et de l'abondance en aval (Meyer <i>et al.</i>, 2005, Charbonneau & Resh, 1992 ; Wallace <i>et al.</i>, 1997).</p>
Hydromorphologique	<p>4 Colmatage du lit des cours d'eau avals, augmentation de l'érosion progressive et /ou régressive (Pinkham, 2000)</p>
Hydrologique	<p>1 4 Réduction de la rugosité hydraulique Augmentation des débits de crue, réduction du temps de concentration Risque d'inondation augmentant avec la canalisation artificielle (Davy, 1990 ; Pinkham, 2000)</p>
Réglementaire	<p>3 Suppressions potentielles des règles de préservation : bandes enherbées, Zones Non Traitées, distance d'épandage... (Goron, 2012)</p>

D'un point de vue sociologique, les cours d'eau peuvent être perçus comme un simple obstacle gênant et qu'il est commode de faire disparaître. Outre cet aspect, un cours d'eau naturel, c'est-à-dire un cours d'eau qui remplira au mieux ses fonctions écologiques, est parfois perçu par le grand public comme mal entretenu, « sale ». Les cours d'eau et les zones humides qui y sont associées peuvent de plus être victimes d'une mauvaise image : inondations, nuisibles (rats, moustiques...), maladie. Ainsi, les riverains de cours d'eau peuvent être favorables par exemple au recalibrage ou à l'enterrement, par soucis esthétique ou pour réduire les nuisances au niveau local, comme les débordements du cours d'eau (Pinkham, 2000).

A l'inverse, les cours d'eau peuvent aussi remplir un rôle récréatif, notamment pour la pêche de loisir. Leur enterrement peut réduire l'attractivité d'un site pour la pêche, la promenade, etc.

Il est également important de considérer qu'au-delà de ces impacts, la résilience des cours d'eau de tête en bassin versant est faible en raison de leur faible énergie potentielle spécifique. En-dessous de 35W/m², les conséquences des aménagements, incluant l'enterrement, **sont jugées irréversibles, i.e. supérieures à 100 ans** (Wasson *et al.*, 1998). Les enterrements de cours d'eau peuvent par ailleurs avoir un effet cumulé entre eux ou avec d'autres ouvrages présents dans le lit du cours d'eau, importants sur l'état et le fonctionnement des milieux aquatiques.

2.3. L'enterrement des cours d'eau dans le droit et la réglementation

2.3.1. La définition du cours d'eau comme base de sa protection

Aucune réglementation particulière, qu'elle soit nationale ou Européenne, **ne distingue les têtes de bassin versant des autres milieux** (Rocle, 2007). La Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (LEMA, 2006) s'applique à tous les cours d'eau, incluant les TDBV.

Comment alors définir ce qu'est un cours d'eau, auquel le droit et la réglementation s'appliqueront ?

Jusqu'à cette année aucune définition législative ou réglementaire n'était précisée pour le terme de cours d'eau, laissant donc une part d'appréciation très large (Rocle, 2007) selon les contextes locaux (cours d'eau intermittents du sud-est français, cours d'eau de plaine...). Pour palier à ce manque, et dans le cadre d'une remise à plat de la cartographie des cours d'eau, **une définition officielle a été intégrée dans le projet de loi sur la biodiversité** voté le 24 mars 2015 en 1^{ère} lecture par l'Assemblée Nationale : « Art. L. 215-7-1 du code de l'environnement - Constitue un cours d'eau un écoulement d'eaux courantes dans un lit naturel à l'origine, alimenté par une source et présentant un débit suffisant la majeure partie de l'année. L'écoulement peut ne pas être permanent compte tenu des conditions hydrologiques et géologiques locales ». Cet amendement effectue la synthèse d'éléments jurisprudentiels. **Les critères de talweg, de berges, de granulométrie, de vie aquatique ou d'un écoulement établissant une continuité amont-aval ne sont pas directement retenus par cette définition.** Ce projet de loi devrait être examiné au Sénat à l'automne 2015, pour une entrée en vigueur en 2016.

Parallèlement, une instruction relative à la cartographie des cours d'eau tels que définis à l'article L. 215-7-1 du Code de l'Environnement a été transmise aux services de l'Etat le 3 juin 2015 (Annexe 1). Elle vise à une cartographie complète d'ici le 15 décembre 2015 dans les départements où les référentiels disponibles (notamment les cartes IGN 1 : 25000) sont « assez complets pour servir de base à une cartographie fiable » [sic]. Ces référentiels évoqués sont pourtant considérés comme très incomplets, en particulier en ce qui concerne les TDBV (cf. 1.2). Pour les autres départements où « une identification exhaustive n'est pas possible dans des délais acceptables », une démarche d'identification des cours d'eau dans un délai plus long est retenue. De cette cartographie dépendra l'application du droit et de la réglementation sur les cours d'eau. **La possibilité de retenir les critères précédents non retenus dans la définition de l'article L. 215-7-1 y est évoquée** : « En outre, ces critères jurisprudentiels [de l'article L. 215-7-1] sont parfois difficiles à apprécier à un instant donné. Dans ces cas, le juge administratif a pris en compte des indices complémentaires, tels que la présence d'une faune et d'une flore aquatique, pour caractériser si l'écoulement était un cours d'eau » (Ministre de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, 2015, Annexe 1).

2.3.2. Application de la loi sur l'eau dans le cadre de l'enterrement des cours d'eau

Les deux principaux décrets d'application de la LEMA sont ses décrets « nomenclature » et « procédures », désormais codifiés dans la partie réglementaire du code de l'environnement. Ces décrets, parus en juillet 2006, sont entrés en vigueur au 1^{er} octobre 2006 (Rocle, 2007).

Ainsi, l'enterrement d'un cours d'eau entre dans le cadre de différentes rubriques de la nomenclature « eau » annexées à l'article R.214-1 du code de l'environnement qui fixe la liste des opérations soumises à autorisation ou à déclaration en application de l'article L.214-3 de ce code (procédures « loi sur l'eau ») :

- ✓ 3.1.1.0 : Obstacle à l'écoulement et à la continuité
 - Obstacle à l'écoulement des crues : **Autorisation**
 - Obstacle à la continuité écologique :
 - Différence de niveau >20cm mais <50cm pour le débit moyen annuel de la ligne d'eau entre l'amont et l'aval de l'ouvrage ou de l'installation :
Déclaration
 - Différence de niveau > 50 cm : **Autorisation**
- ✓ 3.1.2.0 : Modification du profil en long ou en travers } **Déclaration : L < 100m**
- ✓ 3.1.3.0 : Impact sur la luminosité } **Autorisation : L > 100m**
- ✓ 3.1.5.0 : Destruction de frayères, zones de croissance ou d'alimentation
Déclaration : S < 200m² ; Autorisation : S>200m²
- ✓ 3.3.2.0 : Réalisation de réseaux de drainage permettant le drainage d'une superficie.
S > 20ha mais < 100ha : **déclaration**
S > 100ha : **autorisation**

Le fait qu'une Installation, Ouvrage, Travaux ou Activités (IOTA) entrant dans le cadre de la nomenclature codifiée dans le Code de l'Environnement ait été réalisé sans autorisation ou déclaration est une infraction au titre de la loi sur l'eau. Le défaut d'autorisation est considéré comme un délit et le défaut de déclaration comme une contravention de 5^{ème} classe (art. L.216-1-1, art. R.216-12 CE)

D'autres réglementations s'appliquant également sur les cours d'eau (bandes enherbées, zones non traitées) ne sont généralement respectées lors de l'enterrement des cours d'eau.

Cependant, après un enterrement dans l'illégalité d'un cours d'eau, **toute la difficulté est de retrouver le statut du tronçon en question** (localisation de la source et écoulement de l'ancien lit) afin de pouvoir y faire appliquer la réglementation.

2.4. Facteurs explicatifs de l'enterrement des cours d'eau

L'étude menée par Le Bihan (2009) a mis en évidence une relation entre l'enterrement des cours d'eau et le type d'occupation du sol, l'intensité du remembrement ainsi que la perméabilité du sol.

2.4.1. Occupation du sol et expansion urbaine

Dans les zones agricoles, les cours d'eau en tête de bassin versant sont enterrés pour augmenter le taux de terre arables disponibles (Sadler Richards, 2004). Dans l'étude menée par Le Bihan (2009), **87% des cours d'eau enterrés faisaient partie de masses d'eau caractérisées par un contexte agricole intensif**. Cela en faisait le premier facteur explicatif de l'enterrement des cours d'eau en Moselle.

De même, **les sols artificialisés** (bâties, revêtus ou stabilisés, Agreste, 2010) peuvent être un facteur important pour l'enterrement des cours d'eau, puisqu'ils sont **une contrainte majeure pour l'espace en milieu urbain**. Or, l'étalement périurbain connaît une augmentation importante depuis 1950 (Damette & Scheibling, 2003). En France, 490 000 hectares ont été artificialisés entre 2006 et 2014 (Agreste, 2015) et ce au détriment de terres agricoles (-334 milliers d'hectares entre 2006 et 2014, Agreste 2015) ou d'espaces naturels (-157 milliers d'hectares entre 2006 et 2015, Agreste 2015). La progression des surfaces artificialisées est 4 fois plus rapide que la croissance démographique (IFEN, 1996).

Or, lors d'aménagements fonciers, les cours d'eau peuvent représenter des obstacles et sont alors déplacés, chenalés ou enterrés. L'expansion urbaine a donc un **fort impact sur les petits cours d'eau**, et ces changements dans l'occupation du sol vont alors impacter les milieux aquatiques. Différentes études ont souligné cet impact. Aux Etats-Unis, Leopold (1994) a ainsi montré que dans le bassin de Rock Creek, l'urbanisation a conduit à la disparition de 59,5 km de cours d'eau, réduisant la densité de drainage (km de cours d'eau par km² de surface) par 58%. Similairement, Meyer & Wallace (2001) ont montré dans les bassins versants forestiers de la rivière Chattahoochee (Etats-Unis) que la densité de drainage dans les zones boisées est de 1,35 km/km² tandis qu'elle est seulement de 0,91 km/km² dans des zones plus urbanisées.

2.4.2. Remembrement

Depuis les années 50 et suite à l'intensification agricole et l'expansion des infrastructures, les remembrements successifs ont bouleversé les paysages, l'hydraulique et la voirie rurale (Philippe & Polombo, 2010). Les conséquences sur le maillage bocager et l'environnement ont été particulièrement conséquentes (Philippe & Polombo, 2010). L'impact le plus emblématique est la destruction du maillage bocager : plus de 800 000 km de haies ont été détruites entre 1945 et 1983 à la suite de remembrement (Philippe & Polombo, 2010). Mais ce n'est pas le seul : **l'impact hydraulique, lié aux travaux connexes, a été également important**. Cet impact est souligné dans la thèse de Marochini (1999), expliquant que « le remembrement, et notamment les travaux connexes qui lui sont associés, permettent ou engendrent une réorganisation des écoulements dans le périmètre remembré ». Il ajoute que ces remembrements ont notamment été accompagnés d'une augmentation des surfaces drainées.

Le remembrement apparaît donc comme un facteur explicatif possible de l'enterrement de certains cours d'eau.

2.4.3. Densité de drainage

La densité de drainage des cours d'eau, introduite par Horton, est la longueur totale du réseau hydrographique par unité de surface du bassin versant.

Densité de drainage (Dd) = linéaire cumulé de cours d'eau (km) / superficie du bassin drainé (km²)

Mécaniquement, l'hypothèse peut être émise que sur une surface donnée, plus cette densité est importante plus le nombre de cours d'eau susceptible d'être enterré sera important.

2.4.4. Perméabilité

Des sols imperméables vont considérablement réduire l'infiltration de l'eau dans le sous-sol et favoriser les zones humides et les cours d'eau. En conséquence, les terrains notamment agricoles sont susceptibles de rester gorgés d'eau, et ce parfois longtemps après les dernières pluies d'hiver. Les sols hydromorphes peuvent représenter une contrainte importante pour l'agriculture, contraignant la mécanisation, retardant les récoltes et impactant les rendements.

Des zones imperméables seront donc plus susceptibles de voir la mise en place de programmes d'assainissement agricole dont l'objectif est d'assécher les terres et faciliter l'intensification des pratiques agricoles, par le biais de drainages et de busages censés accélérer l'évacuation de l'eau.

Ainsi, le Syndicat Mixte Evre-Thau-St Denis a mené une étude sur les travaux d'assainissement agricole réalisés à partir de 1980 sur son territoire. Sur 500 km ainsi aménagés, 100 km ont fait l'objet d'enterrement (Fouillet, 2013). Par ailleurs, la majorité des travaux (>80%) ont été réalisés sur des têtes de bassin versant (Fouillet, 2013), soulignant leur vulnérabilité face aux aménagements anthropiques.

3. METHODOLOGIE

3.1. Secteur d'étude

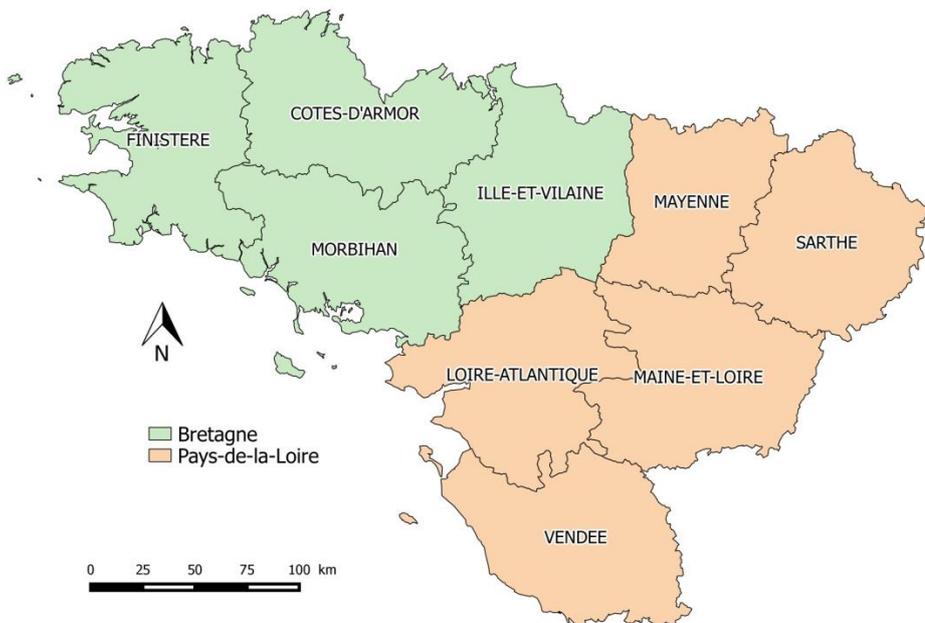


Figure 4 : Départements et régions sur le territoire de la DIR 2 Bretagne – Pays de la Loire

L'étude est réalisée sur le territoire de la DIR 2 ONEMA Bretagne – Pays-de-Loire (Figure 4). D'une superficie de 59 730 km², la DIR2 totalise près de 76 000 km de cours d'eau (donnée BD Topo) répartis sur 9 départements : l'Ille-et-Vilaine (35), les Côtes d'Armor (22), le Finistère (29), le Morbihan (56), la Loire-Atlantique (44), la Vendée (85), la Mayenne (53), la Sarthe (72) et le Maine-et-Loire (49).

Le territoire est sous l'influence d'un climat

tempéré océanique, caractérisé par des amplitudes thermiques annuelles peu marquées ainsi qu'une pluviométrie abondante et régulière. Le territoire est constitué de 3 hydroécocorégions de niveau 2 :

- Le Massif Armoricaïn Ouest et Nord : altitude inférieure à 400m avec des vallées de pente moyenne, relief marqué, géologie de type granitique, forte densité de drainage avec des cours d'eau de faible longueur avec des débits relativement soutenus et peu variables.
- Le Massif Armoricaïn Est et Sud : altitude inférieure à 100m avec des vallées de pente faible, géologie de type métamorphique (schistes, gneiss), débits d'étiage très faibles.
- Les Tables calcaires de la Loire : à l'Est de la Sarthe et du Maine et Loire, représentent une partie marginale d'un large ensemble calcaire du Bassin Parisien. Elle est caractérisée par un relief très aplani avec des pentes faibles, une faible densité de drainage.

3.2. Analyse cartographique des secteurs à risque d'enterrement

La réalisation d'une cartographie des risques implique 4 étapes :

- ✓ **Identification des facteurs de risques (cf. 2.4)**
- ✓ **Choix et acquisition des données géographiques, bases des indicateurs de risque, et choix de l'échelle de leur représentation**

- ✓ **Traduction de l'information géographique brute en indicateurs de risque d'enterrement**
- ✓ **Pondération de ces différents indicateurs et calcul d'un indice de risque global**

Ce travail est réalisé grâce au logiciel libre QGIS. A partir des facteurs explicatifs de l'enterrement dégagés grâce à la bibliographie, il est nécessaire de déterminer une échelle de représentation des risques ainsi que les référentiels cartographiques permettant d'illustrer au mieux les facteurs déterminants retenus.

3.2.1. Choix de l'échelle de représentation

Une échelle doit être choisie pour la représentation des données, selon les avantages et inconvénients de chacune (Tableau 4).

Tableau 4 : Comparaison des avantages et inconvénients de différentes échelles

	Masse d'eau	Commune	Carroyage
Avantages	Logique hydrographique	Plus précise	Plus précis Permet de gommer l'effet visuel de la texture d'une carte administrative, qui nuit à l'analyse géographique
Inconvénients	Peu précise	Pas de logique hydrographique	Possible déformation de la donnée Pixels associés à un risque mais possiblement sans cours d'eau -Pas de logique hydrographique

De par la plus grande précision qu'elle offre, il a été choisi de **privilégier la méthode de carroyage, à partir d'une maille de 1 km²**. L'agglomération des données a été faite en pondérant la somme des attributs par le ratio géométrique des valeurs des entités que la maille intersecte.

3.2.2. Remembrement

Les données utilisées sont celles compilées par Philippe et Palombo (2015). Elles concernent les opérations réalisées **entre 1945 et 2005 en France métropolitaine**. Il s'agit des données détenues par le bureau du remembrement du Ministère de l'agriculture et de la forêt. Elles ont été complétées et corrigées par des lissages au niveau des dates ou approximations au niveau des surfaces. Les DDAF et les départements ont été contactés par les auteurs pour mettre à jour et éventuellement corriger les opérations terminées entre 1995 et 2005. L'exhaustivité de cette base de donnée n'est donc pas garantie.

Ces données sont cumulées par commune et ensuite traitées sous QGIS par une jointure avec la couche spatiale communale de la BD CARTO® de l'IGN. **Un indice de remembrement, calculé en m² remembrés par m² de surface communale, est ainsi obtenu.**

3.2.3. Perméabilité

Le référentiel utilisé est la **BD LISA (Base de Données des Limites des Systèmes Aquifères)**, référentiel hydrogéologique édité par le BRGM et constituant l'un des jeux de données de référence du Système d'Information sur l'Eau (Seguin *et al.*, 2013). Les données exploitées sont celles de l'attribut « Nature » du niveau 3 (local) de la BD LISA. Trois valeurs sont associées à cet attribut :

- ✓ 5 : Unité aquifère, caractérisée par une perméabilité supérieure à 10^{-6}m.s^{-1}
- ✓ 6 : Unité semi-perméable, caractérisée par une perméabilité comprise entre 10^{-9} et 10^{-6}m.s^{-1}
- ✓ 7 : Unité imperméable, caractérisée par une perméabilité inférieure à 10^{-9}m.s^{-1}

La BD LISA prend en compte la profondeur en ordonnant les entités sur la verticale selon un ordre croissant. Seules les entités affleurantes sont prises en compte, considérant que c'est la perméabilité de ces entités qui influencera les écoulements de surface plutôt que celle des entités d'ordre supérieur.

3.2.4. Occupation du sol

La base de données CORINE Land Cover est un inventaire biophysique de l'occupation des terres. L'unité spatiale au sens de CORINE Land Cover est une zone dont la couverture peut être considérée comme homogène, ou être perçue comme une combinaison de zones élémentaires qui représente une structure d'occupation. Ces zones sont décrites selon une nomenclature européenne.

A partir de cette base de données, une typologie des sols est définie en retenant le recouvrement majoritaire selon différentes catégories retenues (Tableau 5), à l'échelle choisie.

Tableau 5 : Typologies d'occupation du sol et critères retenus

Typologie	Surface majoritaire
Semi-naturelle	Forêts et espaces semi-naturels
Mixte espaces semi-naturels et cultures	Cultures majoritaires mais avec espaces semi-naturels >25%
Prairies permanentes	Prairies permanentes, les temporaires étant exclues
Mixte prairies et cultures	Cultures majoritaires mais avec prairies permanentes >25%
Cultures	Cultures, incluant les prairies temporaires
Artificialisées	Tissu urbain et construit

3.2.5. Densité de drainage

La densité de drainage est exprimée en **km de linéaire par km²**. Elle est calculée à partir de la BD Topo, référentiel hydrographique vectorisé le plus complet disponible (cf 1.2).

3.2.6. Expansion urbaine

Le référentiel retenu est Corine Land Cover, **en comparant les données de 1990 et 2006. Sont prises en compte toutes les surfaces bâties et artificialisées**. Une surface artificialisée est ainsi calculée pour les deux années. Le taux d'évolution est calculé de la manière suivante :

Taux d'évolution = (Surface artificialisée en 2006 – surface artificialisée en 1990) / (surface artificialisée en 1990)

3.2.7. Voies de transport

Les référentiels retenus sont les **couches « réseau routier » des routes dites « primaires » (axes principaux) et « voies ferrées » de la BD Topo**. Le réseau routier primaire matérialise un

réseau principal sur des critères d'importance du trafic, incluant le réseau assurant les liaisons entre métropoles et agglomérations.

Pour estimer l'emprise du réseau, un premier buffer est réalisé sur le réseau routier. L'emprise retenue est de 20 m, considérant que les travaux hydrauliques annexes peuvent toucher les cours d'eau sur une portion assez large.

Un second buffer est réalisé sur les voies ferrées. Selon Réseau Ferré de France, l'emprise d'une voie ferrée en phase d'exploitation est d'environ 80 m, comprenant la plate-forme de la voie-ferrée, les voies d'accès localement aménagées et les protections acoustiques et les aménagements paysagers (Réseau Ferré de France, 2010). C'est cette emprise qui a été retenue pour réaliser le buffer.

Une surface d'emprise globale est ainsi calculée en m^2/m^2 à l'échelle du carroyage.

3.2.8. Zones arborées et haies

Le référentiel retenu afin d'obtenir une cartographie la plus précise possible du couvert arboré et des haies est la BD topo végétation. L'objectif est d'obtenir un pourcentage de recouvrement arboré le plus fin possible. Le traitement est théoriquement possible sous QGIS, mais a été compromis par sa lourdeur. Il a donc été réalisé sous le logiciel libre PostgreSQL, un système de gestion de base de données relationnelle et objet, associé avec le module spatial PostGIS.

La requête a été la suivante :

```
CREATE TABLE « nom de l'objet final » as
SELECT g.id, st_intersection(v.geom, g.geom) as geom, st_area(st_intersection(v.geom,
g.geom))
FROM « nom de la couche de carroyage » g, « nom de la couche BD Topo végétation » v
WHERE st_intersects(v.geom, g.geom)
```

Les couches spatiales utilisées ont du préalablement être converties en UTF8 pour assurer leur compatibilité avec PostgreSQL.

Une couche de calcul, avec les surfaces arborées par entité de surface (grille de carroyage), est ainsi obtenue. Les traitements, réalisés par département, ont ensuite été importés sous QGIS pour être exploités de manière classique. Un pourcentage de recouvrement est ainsi obtenu.

3.2.9. Carte de synthèse

La carte de synthèse est réalisée avec 2 niveaux de pondération : **intravariante et interfacteur** (Chakroun, 1998). Les pondérations appliquées figurent dans le Tableau 6. Les notes attribuées à chaque facteur sont normées afin de ne pas introduire une pondération supplémentaire artificielle qui biaiserait le résultat final.

Tableau 6 : Pondération appliquée aux différents facteurs de risque d'enterrement retenus

Variables paramètres	Echelle de risque pour chaque paramètre					Poids global
	Risque -	----->			Risque +	
Remembrement (%)	0-41% ou Nul	41-76%	76-112%	112-206%	206-397%	3
Valeur attribuée	0.1	0.25	0.5	0.75	1	
Expansion urbaine (m^2/m^2)	0	0-0.025	0.025-0.050	0.050-0.100	>0.100	3

Valeur attribuée	0	0.25	0.5	0.75	1	
Voies de transport	Pas de linéaire intersectant avec CE			Linéaire intersectant avec CE		1
Valeur attribuée	0			1		
Profil typologique	Forestier et		Agricole		Urbain	5
	ZH et SE	naturel	Prairie perma.	Culture		
Valeur attribuée	0	0.1	0.5	0.75	1	
Perméabilité (m/s)	Unité aquifère (>10 ⁻⁶)		Unité semi-perméable (10 ⁻⁶ -6/10 ⁻⁹)		Unité imperméable (<10 ⁻⁹)	2
Valeur attribuée	0		0.5		1	
Densité de drainage (km/km ²)	0	0-0,40	0,40-0,80	0,80-1,20	>1,20	2
Valeur attribuée	0	0.25	0.5	0.75	1	
Recouvrement forestier (%)	100	100-75%	75-50%	50-25%	0%	2
Valeur attribuée	0	0.25	0.5	0.75	1	

Un indice de risque global final est ensuite calculé pour chaque maille du carroyage :

$$\text{Risque global final} = \Sigma (\text{valeur attribuée} * \text{poids global})$$

3.3. Analyse cartographique des cours d'eau potentiellement enterrés

3.3.1. Choix et amélioration d'un référentiel hydrographique de référence

La BD TOPO® a été privilégiée à la BD CARTHAGE® car elle présente un linéaire plus complet, malgré ses manques dans les attributs (cf 1.2). Dans un souci de travailler avec un référentiel le plus complet possible, la BD TOPO® a été comparée sur l'ensemble du territoire de la DIR2 avec le SCAN 25 de l'IGN (carte rasterisée). **Les tronçons présents sur le SCAN 25 et absents de la BD TOPO ont été numérisés manuellement en données vectorielles à l'aide du logiciel QGIS.** L'édition choisie du SCAN 25 est celle de 2009, car une perte d'information de linéaire a été notée sur les éditions suivantes. Enfin, les tronçons de la BD Carthage ne figurant pas sur le référentiel ainsi obtenu sont ajoutés.

Il faut cependant noter que les mises à jour ne sont pas réalisées sur l'ensemble du SCAN 25 à chaque édition. Sur une même édition, il figure donc des zones qui n'ont pas été mises à jour la même année. Cela s'observe notamment par des différences de rendu et de typographie.

3.3.2. Echantillonnage des masses d'eau

En raison de contraintes de temps, il a été choisi de réaliser un inventaire non exhaustif du réseau hydrographique : **seuls les tronçons pré-identifiés comme potentiellement enterrés seront prospectés.** Cette approche apporte un gain de temps considérable et permet de prospecter un plus grand nombre de masses d'eau. Elle présente cependant deux inconvénients majeurs. Elle fait d'une part abstraction du réseau ne figurant ni sur la BD Topo, ni sur les cartes de l'IGN, ni sur la BD Carthage. D'autre part, l'identification de tronçons potentiellement enterrés ne peut se faire qu'en milieu ouvert, excluant *de facto* par exemple les milieux forestiers et les haies. Il est donc important de considérer qu'un tel inventaire sera donc certes bien plus rapide, mais que le linéaire total enterré pourrait être sous-estimé.

De cette façon, un à deux jours de prospections sont nécessaires par masse d'eau, selon l'étendue de leur réseau hydrographique et le linéaire de tronçons pré-identifiés (cf. 3.3.3). **Dix-neuf masses d'eau sont ainsi prospectées** (Erreur ! Source du renvoi introuvable.). Elles ont été

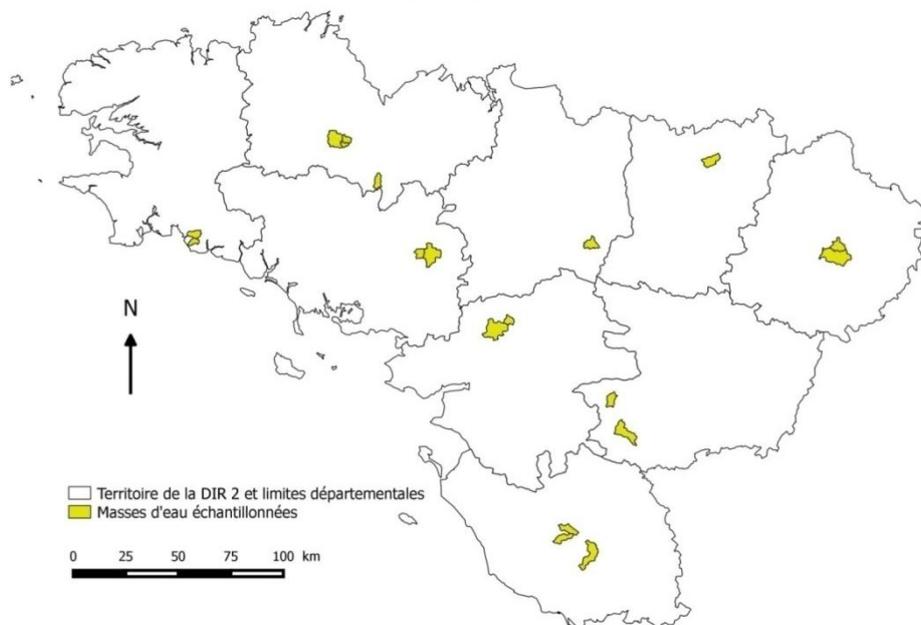


Figure 5 : Localisation des masses d'eau échantillonnées au sein de la DIR 2

choisies sur les 9 départements du territoire de la DIR 2, de manière à représenter les 4 classes de risque ressortant de la cartographie des risques d'enterrement (cf. 3.2), les 4 hydroécorégions représentées sur le territoire de la DIR2, ainsi que des masses d'eau en bon état et en mauvais état écologique au sens de la DCE. L'objectif est d'avoir une représentation la plus hétérogène possible du territoire.

3.3.3. Cartographie des cours d'eau potentiellement enterrés : comparaison référentiel-orthophotographies

Une fois le référentiel hydrographique finalisé, celui-ci est comparé par superposition aux orthophotographies de 2014 sur QGIS sur les masses d'eau échantillonnées. Si aucune trace visuelle du lit mineur du cours d'eau du référentiel n'apparaît sur l'orthophotographie, il est numérisé dans une nouvelle couche comme **cours d'eau potentiellement enterré** (Figure 6).



Figure 6 : Exemple de pré-identification de tronçons enterrés par comparaison d'orthophotographies avec le réseau complété à partir de la BD Topo, de la BD Carthage et du Scan 25 de l'IGN. Fond de carte : IGN, 2014.

3.4. Phase terrain

Les tronçons pré-identifiés comme potentiellement enterrés sont vérifiés sur les masses d'eau précédemment échantillonnées. L'enterrement est noté s'il est avéré, et la **méthode d'enterrement précisée** si elle est identifiable : busage, drainage, comblement ou cours d'eau dérivé. **Les critères de distinction entre cours d'eau et fossés sont si possibles répertoriés à l'amont et à l'aval afin de pouvoir qualifier le tronçon enterré** (cf 2.3.1). Le critère de l'écoulement n'est pas retenu pour qualifier le cours d'eau en raison de la période de la phase terrain (juillet) où certains cours d'eau sont asséchés, en particulier les ruisseaux de TDBV. Les critères de vie aquatique et de granulométrie sont privilégiés, considérant qu'ils sont des indices d'un écoulement une majeure partie de l'année. Ainsi, pour qualifier un tronçon aval ou amont comme cours d'eau, il faut qu'il y ait donc la présence de berges significatives (>10cm), de vie aquatique et de granulométrie dans le lit.

Il n'y a cependant pas toujours de référence amont si le cours d'eau est enterré dès sa source, ou aval si le cours d'eau a disparu jusqu'à sa confluence. La question de l'accessibilité est également posée. Dans ce cas-là, NR, pour non renseigné, est retenu.

4. RESULTATS

4.1. Amélioration du référentiel hydrographique

La proportion de linéaire supplémentaire apporté à la BD Topo 2012, à partir du Scan 25, de la BD Carthage et de la BD Topo 2006, varie de 4,62% pour la Vendée à 15,87% pour l'Ille-et-Vilaine (Figure 7). **Sur l'ensemble de la DIR2, le réseau hydrographique de la BD topo a ainsi été augmenté de près de 9%. Le référentiel ainsi obtenu représente un linéaire de 98 447 km sur l'ensemble du territoire de la DIR2.**

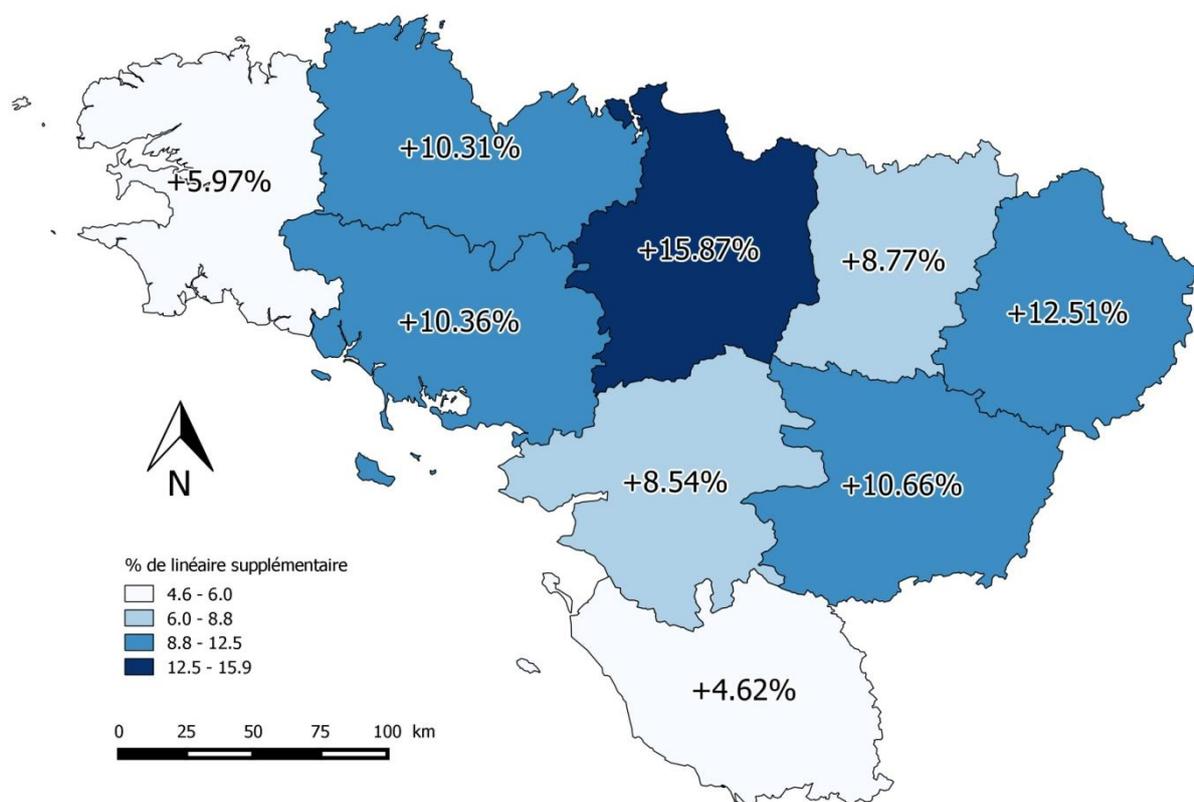


Figure 7 : Proportion de linéaire supplémentaire à la BD topo 2012 par département, à partir du Scan 25, de la BD Carthage et de la BD topo 2006. Source : IGN

4.2. Cartographie des secteurs à risque d'enterrement

4.2.1. Remembrement

Sur le territoire de la DIR 2, 1557 communes figurent comme ayant fait l'objet de remembrement, dont 10 pour lesquelles la surface concernée n'est pas connue, sur un total de 2772 communes. **La surface totale remembrée varie de 0 à 397% de surface remembrée** (Figure 8). Les valeurs supérieures à 100%, au premier abord surprenantes, s'expliquent par des remembrements successifs, et également par la réattribution de la surface de remembrements intercommunaux à une seule commune principale.

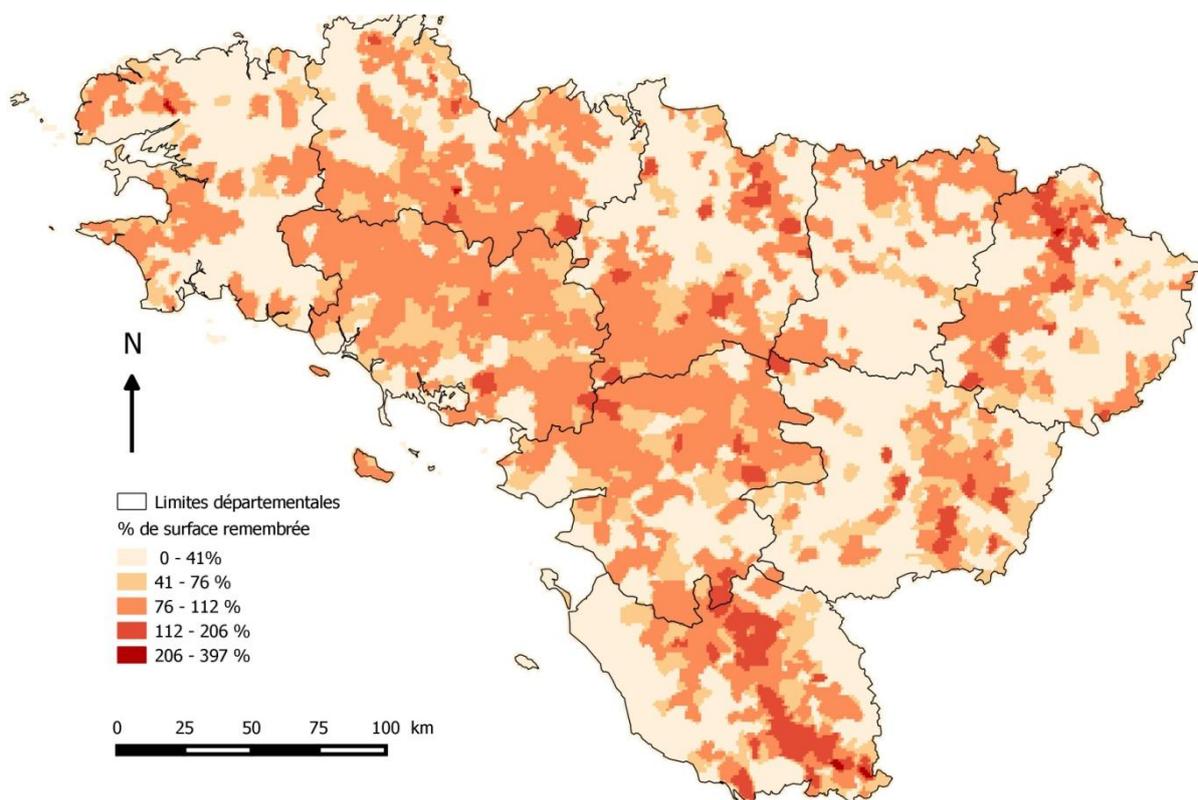


Figure 8 : Pourcentage de surface remembrée sur le territoire de la DIR2 à l'échelle du carroyage, d'après la base de donnée des opérations d'aménagement foncier entre 1945 et 2005 réalisée par Philippe M-A. & Polombo N. (2015)

4.2.2. Perméabilité

La perméabilité du sol (couches affleurantes) est représentée en Figure 9.

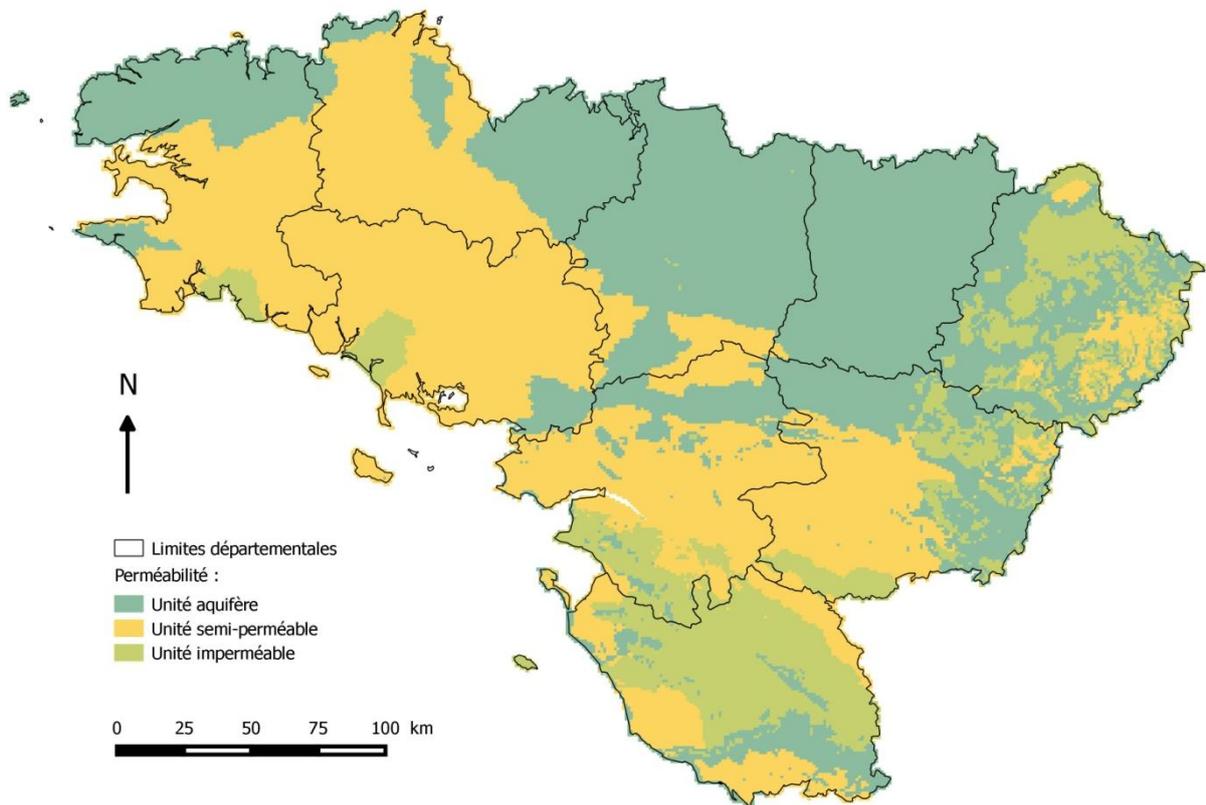


Figure 9 : Perméabilité du sol (entités affleurantes) sur le territoire de la DIR 2.
 Source : BD LISA (BRGM, 2013)

4.2.3. Typologie d'occupation du sol

Les typologies d'occupation du sol sont représentées en Figure 10 à l'échelle du carroyage sur l'ensemble du territoire de la DIR2.

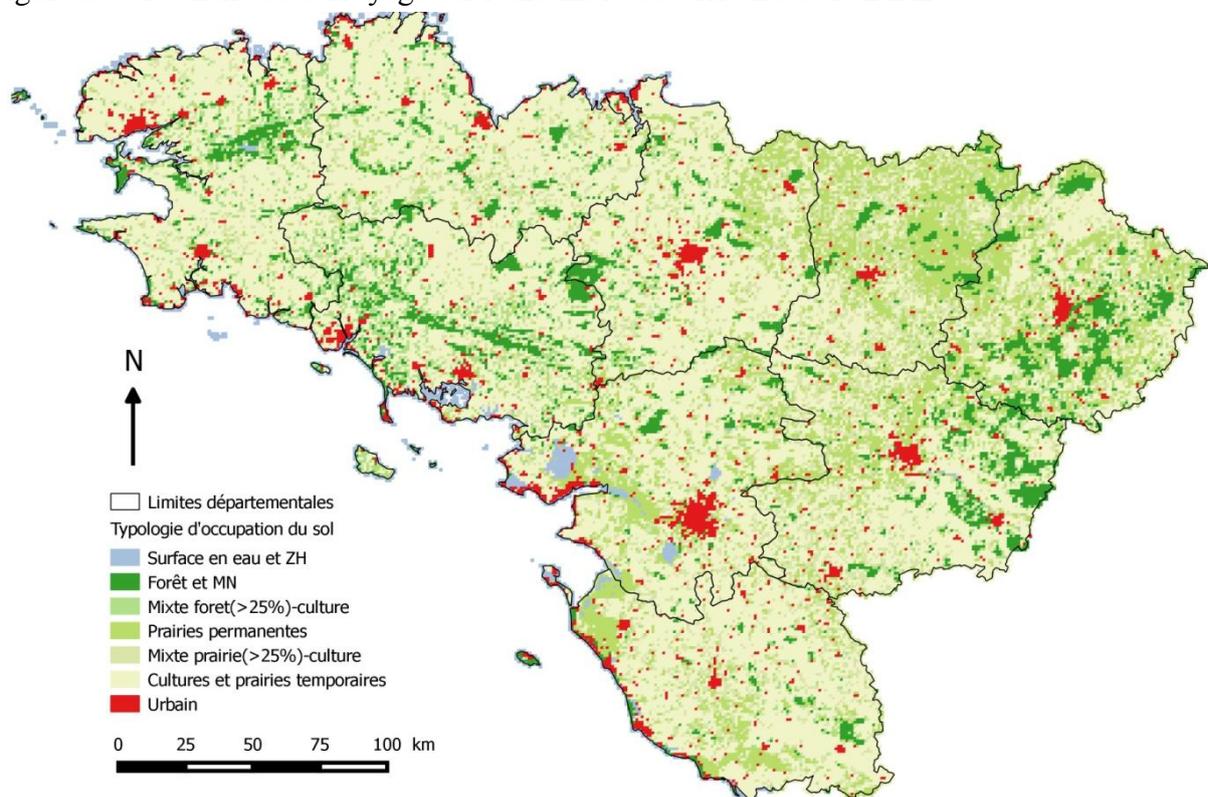


Figure 10 : Typologie d'occupation du sol sur le territoire de la DIR2 à l'échelle du carroyage. Source : Corine Land Cover (2006)

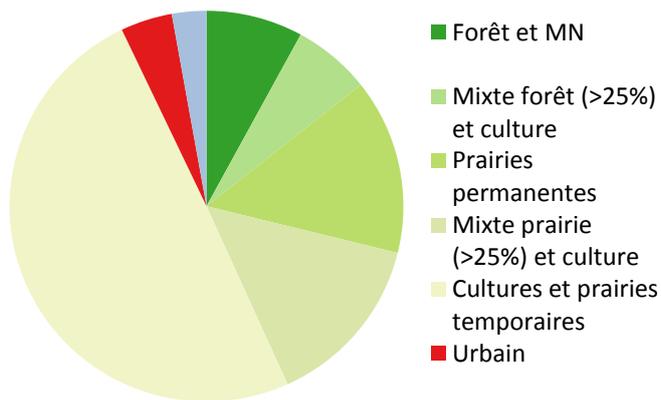


Figure 11 : Proportion des différentes typologies de recouvrement du sol sur le territoire de la DIR 2. Source : Corine Land Cover (2006)

La typologie majoritaire sur le territoire de la DIR2 est une occupation dominée par des cultures, temporaires ou permanente, et des prairies temporaires : elle représente 49,7% du territoire (Figure 11). Les typologies suivantes, caractérisées par des prairies permanentes ou de cultures associées à des prairies permanentes, représentent respectivement 14,5 et 14,4% du territoire. Les 21% restants sont caractérisés par des forêts et milieux naturels (7,9%), des cultures associées à des milieux naturels (6,3%), des milieux urbains (4,2%) et des surfaces en eau et zones humides (2,8%). Les espaces agricoles sont largement prédominants, et ce sur l'ensemble du territoire.

4.2.4. Expansion urbaine

L'expansion urbaine entre 1990 et 2006 de 0,00649 m²/m² urbanisé en moyenne sur l'ensemble de la DIR2, selon les données Corine Land Cover, soit une expansion urbaine de 0,649% entre 1990 et 2006. Elle se concentre logiquement vers les centres urbains : Nantes, Rennes, Vannes, Brest, Saint-Brieuc, Laval, Le Mans, Angers et la Roche-sur-Yon (Figure 12). Celle-ci est supérieure à la moyenne métropolitaine, qui est de 0,00521m²/m², soit 0,521%.

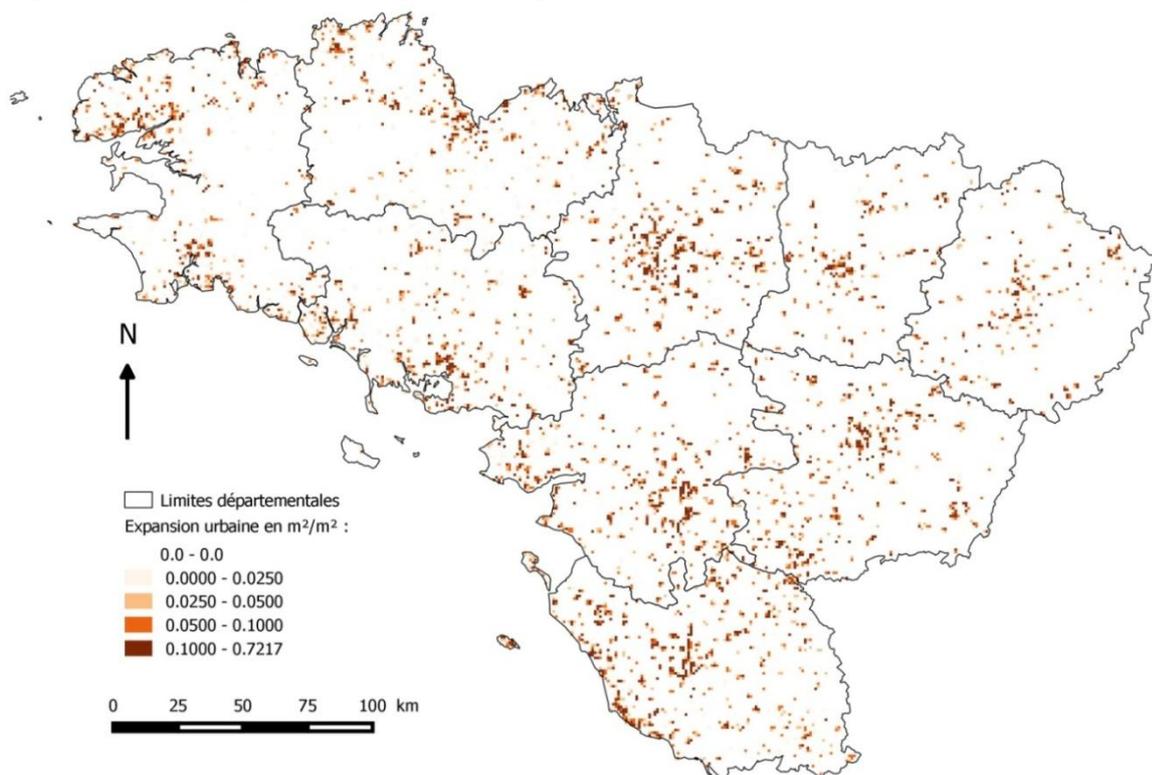


Figure 12 : Expansion urbaine sur le territoire de la DIR 2 à l'échelle du carroyage. Source : Corine Land Cover (2006)

4.2.5. Densité de drainage

La densité de drainage (de 0 à 35 km/km²) est présentée en Figure 13.

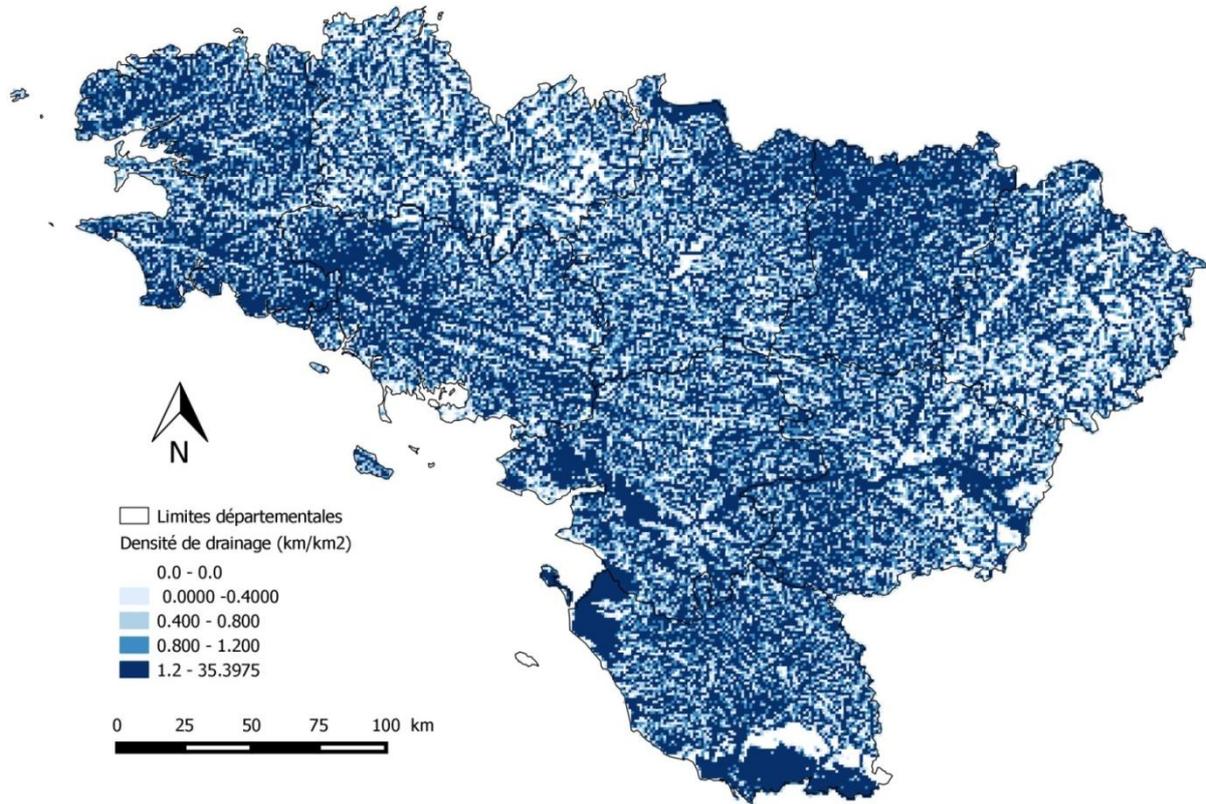


Figure 13 : Densité de drainage (km / km²) sur le territoire de la DIR 2 à l'échelle du carroyage. Source : BD Topo (2012)

4.2.6. Voies de transport

Le pourcentage d'occupation par les voies de transport (de 0 à 47,4%) est présenté en Figure 14.

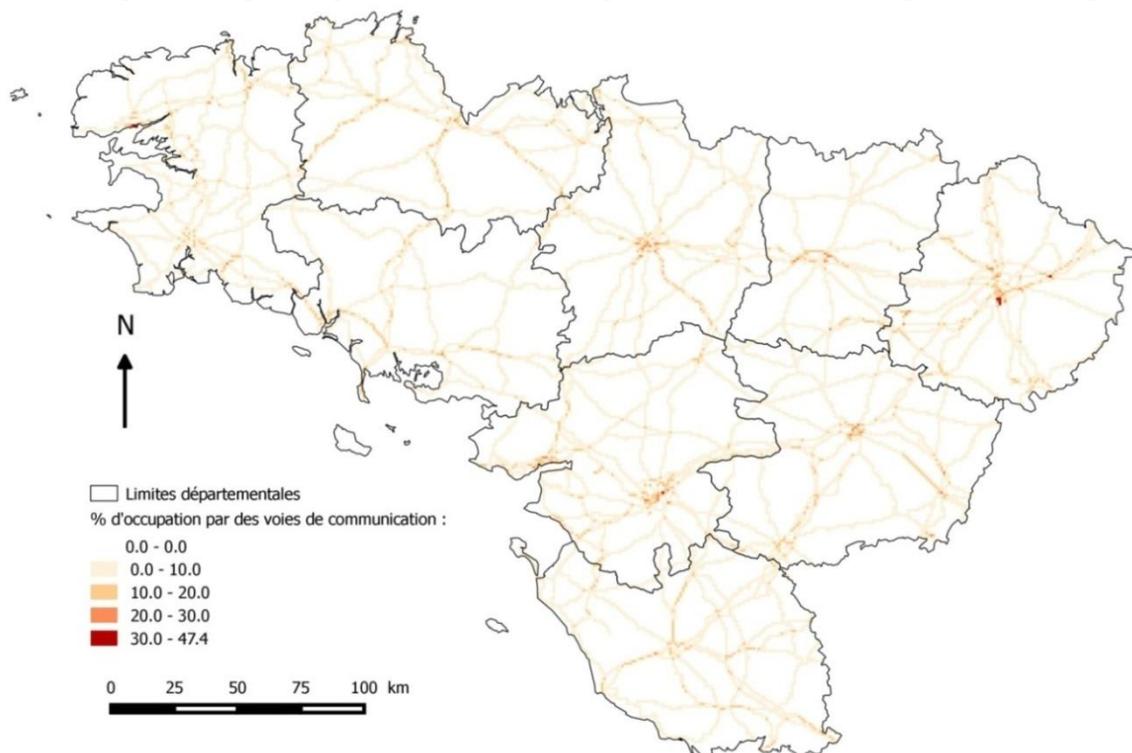


Figure 14 : Pourcentage d'occupation par les voies de communication sur le territoire de la DIR 2 à l'échelle du carroyage. Source : BD Topo (2012)

4.2.7. Surfaces arborées et haies

Le pourcentage de surface boisée (de 0 à 100% d'occupation) est présenté en Figure 15.

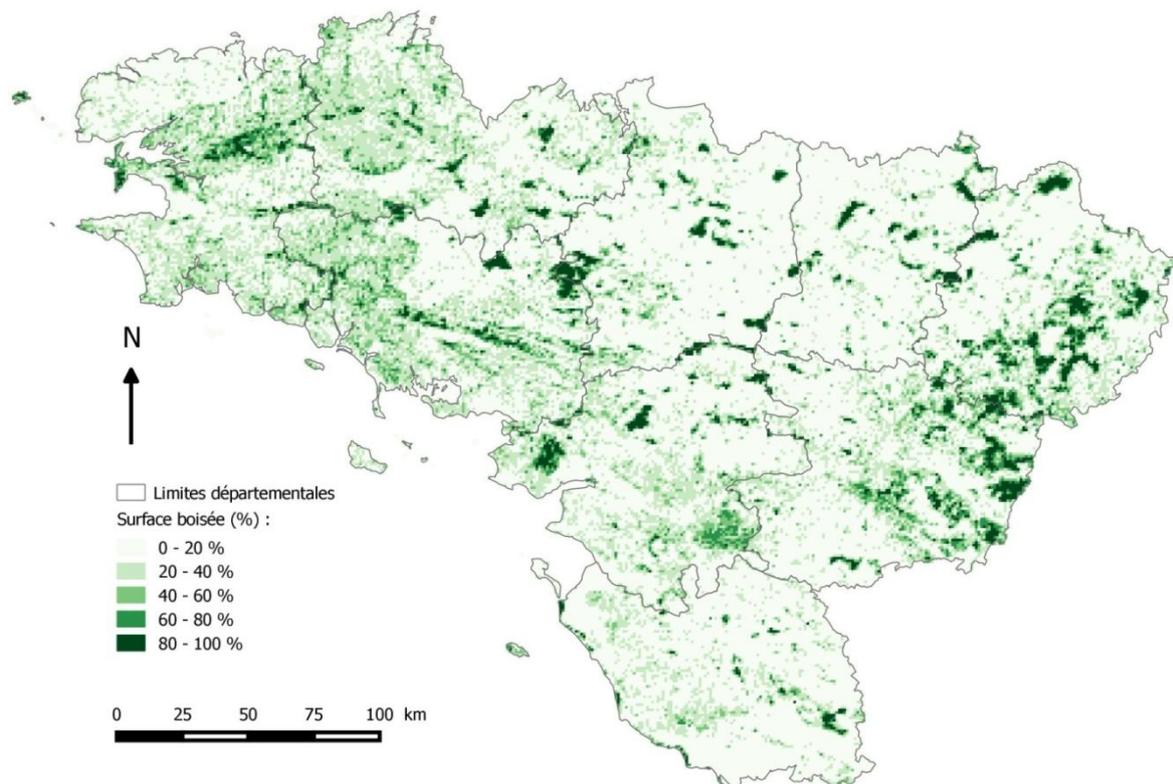


Figure 15 : Pourcentage de surface boisée sur le territoire de la DIR 2 à l'échelle du carroyage. Source : BD Topo (2012)

4.2.8. Carte de synthèse

La carte de synthèse du risque relatif d'enterrement est présentée en Figure 16.

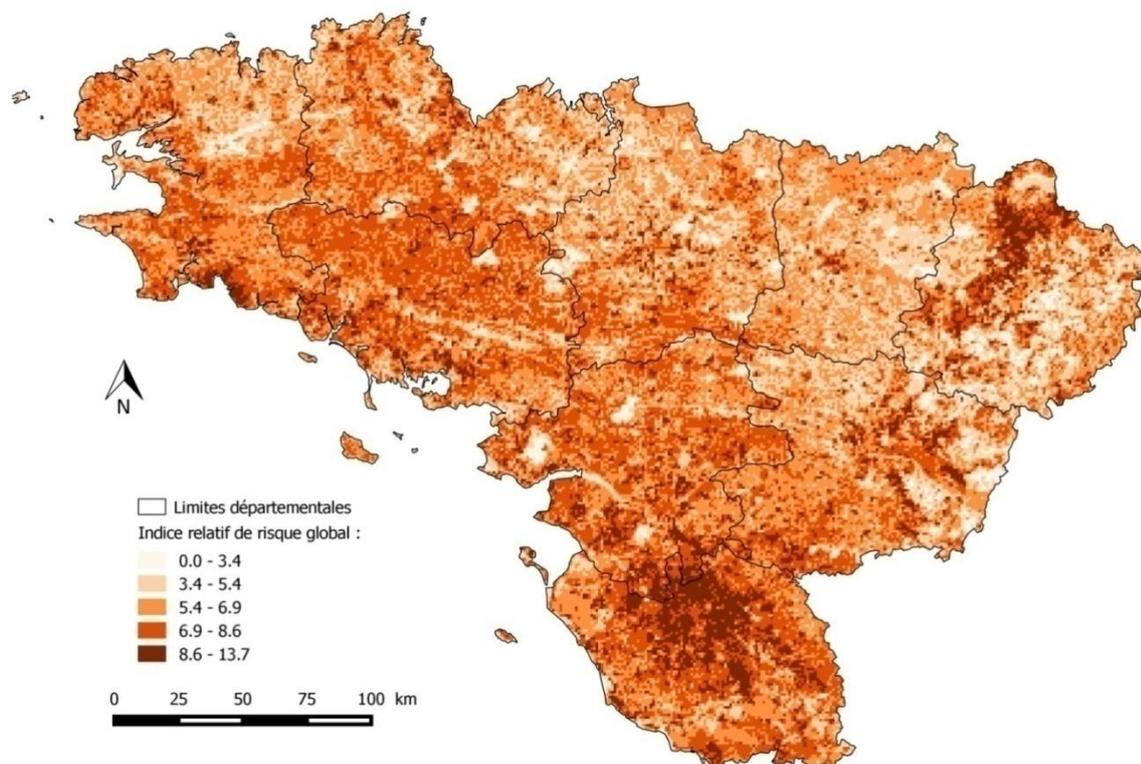


Figure 16 : Cartographie du risque relatif d'enterrement sur le territoire de la DIR 2

4.3. Pré-identification des cours d'eau enterrés et prospections de terrain

Tableau 7 : Linéaire total et linéaire du réseau hydrographique enterré par masse d'eau

ME	Dpt	Linéaire Tot(m)	Enterre(m)	%enterre
FRGR2179	49	36527	628	1.72
FRGR2120	49	86560	3988	4.61
FRGR1955	85	35101	395	1.13
FRGR1532	85	39654	1788	4.51
FRGR1383	22	9704	440	4.53
FRGR1368	53	57086	4312	7.55
FRGR1304	22	19040	467	2.45
FRGR1219	29	39686	343	0.86
FRGR1210	72	23918	88	0.37
FRGR1208	29	23449	520	2.22
FRGR1204	56	81279	3346	4.12
FRGR1196	56	16981	668	3.93
FRGR1073	44	16000	904	5.65
FRGR1061	44	102389	4257	4.16
FRGR0603	35	40429	6021	14.89
FRGR0576b	85	98630	4315	4.37
FRGR0482	72	82054	2737	3.34
FRGR0126a	22	49791	1850	3.72
FRGL015	22	7271	112	1.54
TOTAL		865 km	37 km	4,30%

Sur un linéaire échantillonné total de 865,549 km, 37,179 km se sont révélés, après pré-identification et vérification sur le terrain, être enterrés (Tableau 7). **Cela représente 4,30% de ce linéaire total et 80% du linéaire pré-identifié.**

La masse d'eau la plus touchée est celle de la Seiche (35) : **6021m ont été enterrés, soit près de 15% du linéaire total (Figure 17).**

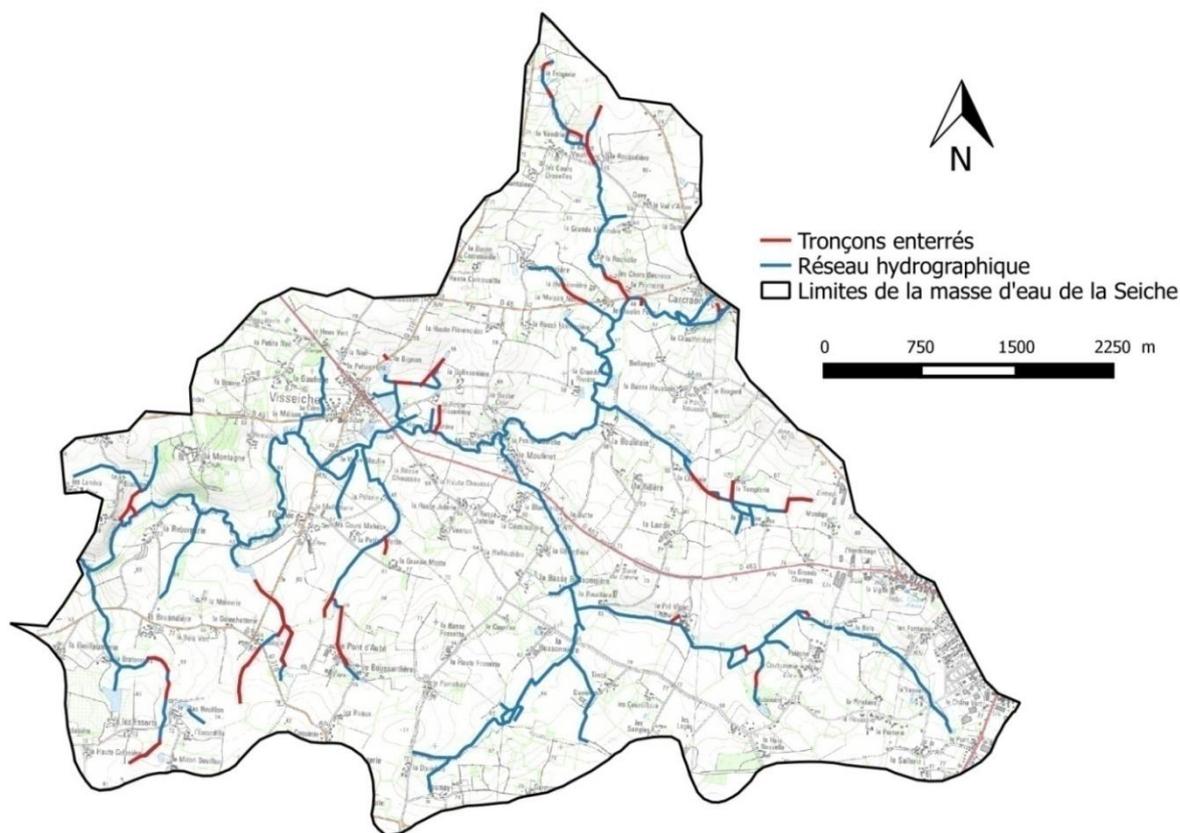


Figure 17 : Réseau hydrographique d'après la BD TOPO, la BD Carthage et le Scan 25 et tronçons enterrés sur la masse d'eau de la Seiche (35). Fond de carte : Scan 25 IGN

Le linéaire enterré est très majoritairement de rang 1 : il représente 32 km, soit 87% du linéaire total enterré (Figure 18, Tableau 8). A contrario, les rangs 3 ne représentent qu'1%. Aucun tronçon enterré n'a été relevé dans les rangs supérieurs. Les rangs 2 représentent 12%.

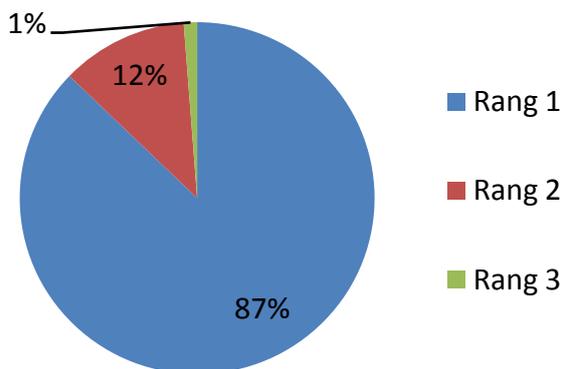


Figure 18 : Proportion des rangs de Strahler sur le linéaire total

Tableau 8 : Linéaire et proportion des rangs de Strahler sur le linéaire total enterré

Rang	Linéaire (m)	%
Rang 1	32289	87%
Rang 2	4425	12%
Rang 3	465	1%
Total	37179	

Le busage est la méthode d'enterrement majoritairement utilisée (49%) (Figure 19, Tableau 9). Le drainage représente 15% des enterrements constatés et le comblement 10%. Enfin, 10% des cas se sont révélés être des dérivation. En revanche, la méthode utilisée n'a pu être déterminée pour 16% des cas.

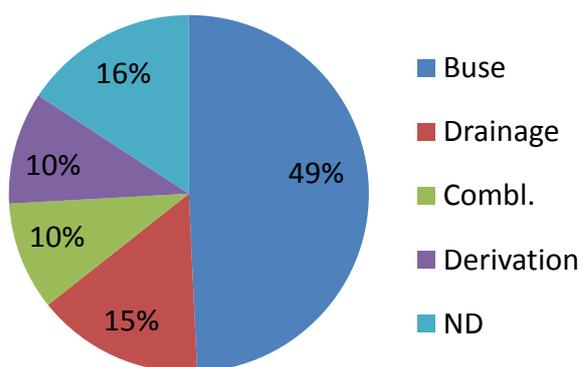


Figure 19 : Proportion des types d'enterrement observés. ND : non déterminé

Tableau 9 : Linéaire et proportion des types d'enterrement observés. ND : non déterminé

Type enter.	Linéaire (m)	%
Buse	18318	49
Drainage	5591	15
Combl.	3647	10
Dérivation	3776	10
ND	5848	16
TOTAL	37179	

La majorité des enterrements constatés se localisent en prairie (51%), 42% ont été constatés en culture, et seulement 7% en milieu urbain (Figure 20, Tableau 10)

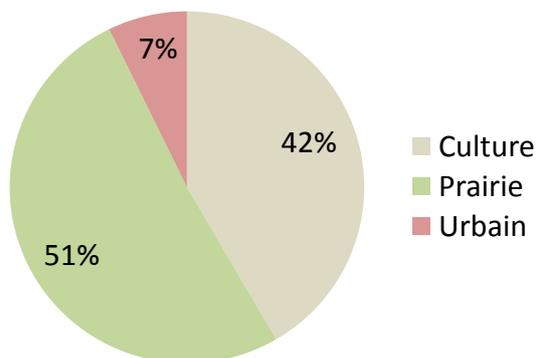


Figure 20 : Proportion des différents types d'occupation du sol pour les cours d'eau enterrés

Tableau 10 : Linéaire et proportion des différents types d'occupation du sol pour les cours d'eau enterrés

Occupation	Linéaire (m)	%
Culture	15468	42
Prairie	19018	51
Urbain	2691	7
Total	37178	

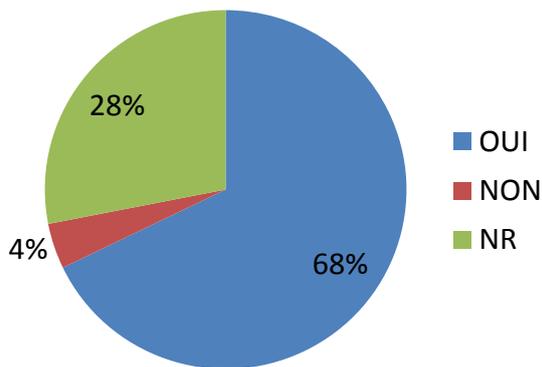


Figure 21 : Proportion de la présence des critères de qualification probable de cours d'eau à l'amont et/ou l'aval des tronçons enterrés

Pour 68% des tronçons identifiés comme enterrés, des berges ainsi que de la vie aquatique et/ou de la granulométrie ont été relevés à l'amont et/ou à l'aval, confirmant leur statut de cours d'eau. Ces critères n'étaient pas visibles pour 4% des tronçons disparus. Il n'existait pas de référence amont et aval ou leur prospection n'a pas été possible pour 28% des tronçons (Figure 21)

4.4. Corrélation entre les facteurs de risque et le pourcentage de linéaire enterré

- Remembrement

La P-value est égale à 0,366 au niveau de signification seuil $\alpha=5\%$.

Etant donné que la p-value calculée est supérieure au niveau de signification seuil $\alpha=5\%$ on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle H_0 . Il n'y a donc **pas de corrélation significative entre le taux de remembrement et le pourcentage de linéaire enterré.**

- Typologie d'occupation du sol

La P-value est égale à 0,03 au niveau de signification seuil $\alpha=5\%$.

Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification seuil $\alpha=5\%$, on doit rejeter l'hypothèse nulle H_0 , et retenir l'hypothèse alternative H_1 . Il y a donc **une corrélation significative entre la typologie d'occupation du sol et le pourcentage de linéaire enterré.**

- Expansion urbaine

La P-value est égale à 0,748 au niveau de signification seuil $\alpha=5\%$.

Etant donné que la p-value calculée est supérieure au niveau de signification seuil $\alpha=5\%$, on ne peut rejeter l'hypothèse nulle H_0 . Il n'y a donc **pas de différences significatives de pourcentage de linéaire enterré en fonction de l'expansion urbaine.**

- Perméabilité

La P-value est égale à 0,132 au niveau de signification seuil $\alpha=5\%$.

Etant donné que la p-value calculée est supérieure au niveau de signification seuil $\alpha=5\%$, on ne peut rejeter l'hypothèse nulle H_0 . Il n'y a donc **pas de différences significatives de pourcentage de linéaire enterré en fonction de la perméabilité.**

- Voies de transport

La P-value est égale à 0,696 au niveau de signification seuil $\alpha=5\%$.

Etant donné que la p-value calculée est supérieure au niveau de signification seuil $\alpha=5\%$, on ne peut rejeter l'hypothèse nulle H_0 . Il n'y a donc **pas de différences significatives de pourcentage de linéaire enterré en fonction du linéaire de voies de transport.**

- Densité de drainage

La P-value est égale à 0,008 au niveau de signification seuil $\alpha=5\%$.

Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification seuil $\alpha=5\%$, on doit rejeter l'hypothèse nulle H_0 , et retenir l'hypothèse alternative H_1 . Il y a donc **des différences significatives de pourcentage de linéaire enterré en fonction de la densité de drainage.**

- Zones arborées et haies

La P-value est égale à 0,0003 au niveau de signification seuil $\alpha=5\%$.

Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification seuil $\alpha=5\%$, on doit rejeter l'hypothèse nulle H_0 , et retenir l'hypothèse alternative H_1 . Il y a donc **une corrélation significative entre le pourcentage de recouvrement forestier et le pourcentage de linéaire enterré.**

- Carte de synthèse

La P-value est égale à 0,983 au niveau de signification seuil $\alpha=5\%$.

Etant donné que la p-value calculée est supérieure au niveau de signification seuil $\alpha=5\%$ on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle H_0 . Il n'y a donc **pas de corrélation significative entre le taux de remembrement et le pourcentage de linéaire enterré.**

5. DISCUSSION

5.1. Cartographie des risques

5.1.1. Expansion urbaine

L'expansion urbaine a été calculée à partir de Corine Land Cover. Cependant, l'Unité Minimale de Collecte (UMC) est de 25 ha, c'est-à-dire que seuls les objets d'une superficie supérieure à 25 ha sont représentés, ce qui peut nuire à la précision. Des corrections sont apportées pour compenser le biais en termes de surface. Dans une étude sur la consommation de l'espace en Auvergne (Gely *et al.*, 2015), les auteurs ont utilisé la BD Topo® du bâti, à partir de laquelle ils ont obtenu une tâche urbaine par buffer. Ils ont ainsi obtenu des résultats plus précis qu'avec Corine Land Cover (Gely *et al.*, 2015). Il serait intéressant de réaliser un comparatif afin de déterminer quelle serait la plus-value éventuelle de la BD Topo par rapport à CLC dans le cadre de l'expansion urbaine sur la DIR2, selon la même méthode.

5.1.2. Remembrement

Deux biais peuvent être relevés sur la base de donnée établie par Philippe et Polombo (2010) :

- Seule la commune principale de l'opération de remembrement est citée, ce qui induit certaines incohérences dans la base de données. Par exemple, sur la commune de St Thonan (29), la base de donnée indique que 4216 ha ont été remembrés en 1960... sur une commune de 1129 ha !

- L'exhaustivité des données ne peut être évaluée : combien de données remembrements n'ont pas été correctement archivées ou transmises ?

Le problème de la fiabilité des données, tenant à leur exhaustivité, apparaît visuellement sur la carte. Sont par exemple visibles des différences sur le taux de remembrement de part et d'autres des limites départementales, comme entre le Morbihan et le Finistère. Ces différences paraissent plus tenir des limites administratives artificielles et des différences de gestion des archives plutôt qu'à une réalité de terrain. De plus, après discussion avec un spécialiste ayant une connaissance précise du territoire, il semble que la donnée soit sous-évaluée sur un certain nombre de secteurs (Nihouarn, comm.perso).

Travailler sur les coûts des travaux connexes, qui incluent les travaux hydrauliques et de voiries, permettrait d'être plus précis : plus ces coûts sont élevés, plus les travaux d'aménagements hydrauliques l'ont été, indépendamment de la surface remembrée. Ces données ne sont cependant renseignées qu'à 6 % dans la base de données. Une recherche auprès de la Direction Départementale de l'Agriculture (DDA), des départements, des communes, des archives départementales ou de géomètres pour compléter ces données pourrait être intéressante. Cette recherche reste cependant compliquée, certains Conseils Généraux ayant demandé aux auteurs de la base de données de leur transmettre les données les concernant sur le remembrement car ils ne les avaient pas (Polombo, 2015, comm.perso.).

5.1.3. Une cartographie de synthèse à améliorer

La carte obtenue est une carte des risques relatifs : il est important de rappeler que les coefficients attribués aux secteurs (carroyage) n'ont pas de valeur absolue ; ce sont des indicateurs relatifs qui permettant de réaliser des comparaisons. Un risque nul ou faible ne signifie pas pour autant qu'aucun enterrement ne devrait être présent sur ce secteur : il signifie que la probabilité d'un enterrement est plus faible que dans une zone avec un risque plus élevé. Elle permet de définir des zones prioritaires. Le choix des pondérations des différents critères comprend une part de subjectivité, et peut faire l'objet de discussions et de réajustements. Par ailleurs, cette carte réalisée en première partie de cette étude est amenée à être modifiée et complétée selon les observations terrain, des commentaires apportés de spécialistes et l'évolution des données, afin notamment de tenir compte des perfectionnements possibles en termes d'acquisition et de précision des données. Les tests statistiques montrent qu'elle n'est pas suffisamment pertinente en l'état pour dégager des secteurs à risque d'enterrement.

5.2. Un référentiel hydrographique incomplet amené à évoluer

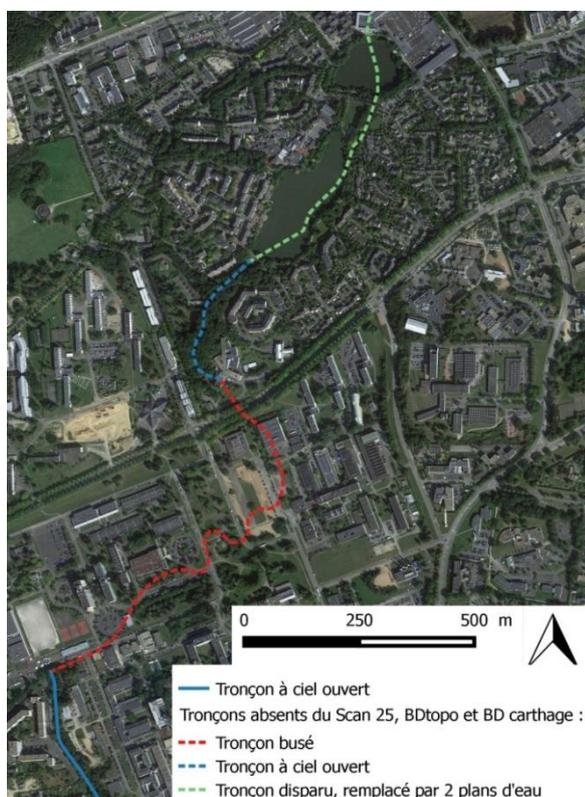


Figure 22 : Cours d'eau busé sous le campus de Beaulieu, Rennes (35). En pointillé, l'ancien tracé figurant sur les cartes d'état-major et absent des référentiels récents (Scan25, BD topo et BD Carthage). Source : IGN.

La pré-identification des cours d'eau enterrés repose sur un inventaire des cours d'eau en général. Le référentiel obtenu à partir de la BD Topo, de la BD Carthage et du SCAN 25 n'est pas exhaustif.

A titre d'exemple, un cours d'eau busé passe sous le campus universitaire de Beaulieu, à Rennes (35) (Figure 22). Sa partie amont a également disparu, remplacée par deux plans d'eau. Cet écoulement ne figure ni sur le Scan25, ni sur la BD topo, ni sur la BD Carthage. Il présente cependant tous les critères de cours d'eau, en amont et en aval, et figure également sur les cartes d'Etat-major établies au 19^{ème}. Cet enterrement date probablement des années 1960, lors de la construction du campus. Cette ancienneté peut expliquer son absence des référentiels récents.

Le référentiel ainsi obtenu mériterait donc d'être complété. La méthode la plus fiable et la plus précise consisterait évidemment **en un inventaire**

terrain, qui nécessiterait cependant des moyens trop importants pour être réalisé sur l'ensemble du territoire de la DIR 2 par l'ONEMA. Il est possible de s'appuyer sur les différents acteurs locaux. Certains sont déjà engagés dans cette démarche d'inventaire. Le SAGE Blavet (2005) a ainsi initié un inventaire participatif des cours d'eau sur son territoire. Ce type de démarche permet en plus de l'inventaire proprement dit une appropriation locale. Cependant, cette méthode peut conduire à omettre des affluents ne figurant sur aucune cartographie et qui sont enterrés de leur source à leur confluence (Le Bihan, 2009).

Une autre méthode consisterait à utiliser des **Modèles Numériques de Terrain (MNT)** qui sont des représentations de la topographie, afin de modéliser un réseau hydrographique théorique. Cette modélisation peut notamment être réalisée à l'aide du logiciel GRASS (Nguyen Van, 2012). L'outil Spatial Analyst, une extension du logiciel ArcGIS, permet également de modéliser un réseau théorique. Cependant les écarts à la réalité peuvent être importants, notamment en fonction de la nature géologique des sols (par exemple dans des zones karstiques) et l'application moins évidente en zones de plaine.

Enfin, **l'analyse par télédétection**, en étudiant les réponses spectrales enregistrées sur les images aériennes ou satellitaires, permet d'effectuer des classifications ou d'utiliser des indicateurs en fonction de certaines longueurs d'onde (comme le NDVI ou Normalized Difference Vegetation Index) (Nguyen Van, 2012). Elle peut être utilisée dans le cadre de l'inventaire de cours d'eau.

Les réseaux théoriques ainsi obtenus avec les deux dernières méthodes peuvent cependant présenter des erreurs par rapport à la réalité. Ils doivent être vérifiés sur le terrain.

Une meilleure connaissance du réseau hydrographique est essentielle car elle constitue une base pour la protection et la gestion des têtes de bassin versant. Les cours d'eau enterrés pré-identifiés doivent être intégrés à cet inventaire afin de pouvoir être à minima pris en compte et avoir le statut de cours d'eau, et éventuellement être remis à ciel ouvert pour certains. Cependant, la cartographie et l'identification des cours d'eau telle que voulue dans l'Instruction du Gouvernement du 3 juin 2015 (Ministre de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, 2015) soulève deux problèmes : d'une part, le délai précisé (15 décembre 2015) ne semble pas réaliste compte-tenu des manques de connaissances du réseau hydrographique **et pourrait aboutir à une cartographie à minima, et donc une protection en conséquence, des cours d'eau, en contradiction avec les objectifs de bon état de la DCE.** D'autre part, des divergences pour classer un tronçon ou non en tant que cours d'eau sont probables et risquent de complexifier d'avantage la tâche. En particulier, l'instruction du ministère prévoit la possibilité de prendre en compte des indices supplémentaires aux critères retenus par la définition de cours d'eau établie dans l'article L. 215-7-1 : présence de berges et de substrat différencié, présence de vie aquatique, continuité amont-aval. Le monde agricole, fortement impliqué dans la cartographie des cours d'eau par le biais de ses syndicats, s'y oppose et réclame une application stricte de l'article L. 215-7-1 (Coordination Rurale, 2015 ; FNSEA, 2015).

Les référentiels hydrographiques existants sont amenés à être améliorés. Sous l'égide de l'ONEMA et de l'IGN, avec les Agences de l'Eau et DREAL, **la BD Topage devrait voir le jour à l'horizon 2018, associant la BD TOPO et la BD Carthage. Ce sera le référentiel hydrographique national** dans le cadre du Référentiel à Grande Echelle (RGE), une Infrastructure de Données Géographiques actuellement composée de la BD TOPO, la BD

CARTO, la BD ALTI, la BD PARCELLAIRE et la BD ADRESSE. Elle devrait fiabiliser la donnée géométrique (continuité du réseau, précision) et améliorer la qualité de certains attributs. Elle devrait également être conforme à la Directive INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in the European Community) de l'Union Européenne. **Mais qu'en est-il des autres cours d'eau non référencés ?**

5.3. Pré-localisation des cours d'eau enterrés

Le premier biais de la méthode est, comme cela a déjà été abordé, l'exhaustivité du référentiel hydrographique utilisé. Seuls les tronçons connus ont été traités par SIG, et il est difficile d'estimer le linéaire enterré qui aurait ainsi été non référencé sur les masses d'eau échantillonnées. Ce biais peut être d'autant plus important qu'il concerne principalement les têtes de bassin mal cartographiées, et donc les cours d'eau les plus susceptibles d'avoir été enterrés.

Il est également important de considérer que la pré-identification dépend de l'occupation du sol. Les cours d'eau enterrés en culture sont visuellement facilement repérables, et ce de manière fiable. L'identification est moins aisée en prairie, et conduit à de faux positifs. Enfin, cette identification est impossible sous couvert arboré. Sur ce dernier point, il peut cependant être raisonnablement estimé que les enterrements sont peu fréquents sous couvert arboré, puisque leur intérêt dans ce cas-là est peu évident (Le Bihan, 2009 ; Stammler *et al.*, 2013)

Si cette méthode ne permet pas d'apporter une information exhaustive quant à l'enterrement réel des cours d'eau, elle apporte un gain de temps considérable. En 17 jours de terrain, il a été possible de vérifier plus de 860 km de linéaire. Un tel inventaire, s'il avait été exhaustif, aurait requis au moins 57 jours de terrain, pour une moyenne de 15 km parcourus par jour. Cette méthode est donc efficace pour identifier le plus rapidement possible un certain nombre de tronçons enterrés, mais elle ne permet pas une identification totalement exhaustive, et il est difficile d'estimer à quel degré le linéaire enterré est sous-estimé.

5.4. Phase terrain

La méthode de pré-identification s'est révélée pertinente puisque 80% des tronçons pré-identifiés étaient enterrés. Les faux positifs étaient tous en milieu prairial. Les faux positifs ont été plus importants sur les premières masses échantillonnées, l'expérience de l'observateur peut donc diminuer le nombre de faux positifs.

Le linéaire enterré est très majoritairement de rang 1 : il représente 87% du linéaire total enterré. A contrario, les rangs 3 ne représentent qu'1%. Aucun tronçon enterré n'a été relevé dans les rangs supérieurs. Cela tend à démontrer que l'enterrement des cours d'eau est une problématique inhérente aux têtes de bassin versant, comme la bibliographie le soulignait (Bishop *et al.*, 2008 ; Smiley *et al.*, 2005), de par leur vulnérabilité certainement, mais aussi du peu d'importance qui peut leur être accordé. Ces résultats doivent cependant être nuancés dans leur précision : les rangs ont été attribués à partir du référentiel complété, référentiel qui n'en demeure pas moins certainement incomplet. La proportion de rang 1 est peut alors être surestimée.

En considérant que les têtes de bassin versant représentent environ 70% du réseau hydrographique total (Schumm, 1956 ; Shreve, 1969 ; Meyer & Wallace, 2001 ; Benda *et al.*, 2005 ; Le Bihan, 2009), il peut être estimé que sur les masses d'eau échantillonnées, au moins 6,1% des TDBV ont été enterrés.

Le busage est la méthode d'enterrement majoritairement utilisée (49%). Cela peut s'expliquer par le fait que c'est la méthode la plus simple à mettre en œuvre. Elle est également, avec le drainage, une méthode efficace pour enterrer un cours d'eau et pouvoir exploiter la surface. *A contrario*, dans le cas de comblement, il n'est pas rare que le sol reste très humide et donc non exploitable.

En revanche, la méthode utilisée pour l'enterrement n'a pu être déterminée pour 16% des cas. Il n'est en effet pas toujours évident de trouver la sortie de buse ou du collecteur de drain, et si dans ces cas il n'y a pas de traces de comblement, il est difficile de conclure. Les sorties de la buse ou de collecteurs de drains peuvent être facilement masquées par la végétation ou comblées par la terre.

Le type d'occupation du sol des enterrements constatés est à nuancer, car il faut prendre en compte la proportion d'occupation du sol en générale. Les résultats montrent cependant que les prairies sont tout autant concernées par la problématique de l'enterrement des cours d'eau. Cela s'explique par le fait qu'elles peuvent souvent faire l'objet d'une exploitation intensive et être régulièrement fauchées et retournées. Dans certains cas, ce peut être des prairies permanentes, qui font aussi l'objet d'une exploitation céréalière par exemple. Le milieu urbain est sous représenté (7%), mais cela s'explique plus par le fait que c'est une occupation du sol minoritaire comparé aux cultures et aux prairies. Le milieu forestier est absent car la méthode de télédétection ne permet pas de détecter des cours d'eau enterrés sous couvert arboré (cf.5.3), mais il est de fait peut concerné par la problématique de l'enterrement des cours d'eau dans la réalité.

Pour 68% des tronçons identifiés comme enterrés, des berges ainsi que de la vie aquatique et/ou de la granulométrie ont été relevés à l'amont et/ou à l'aval, confirmant leur probable statut de cours d'eau. Cependant, si les deux critères de vie aquatique et de granulométrie n'ont pas été tous les deux relevés, cette qualification ne peut être certaine et des investigations supplémentaires sont nécessaires. Pour les 28% des tronçons où il n'y avait pas de référence amont ou aval, leur qualification en cours d'eau est problématique. Seule une enquête plus approfondie, notamment sur la base de données historiques, pourrait permettre de défendre leur statut de cours d'eau.

6. PERSPECTIVES

6.1. Quelles possibilités pour une remise à ciel ouvert ?

Suite au constat de l'enterrement d'un cours d'eau, deux types de poursuites peuvent être engagées : les poursuites pénales et les poursuites administratives. Les poursuites administratives sont, selon l'article L.216-1 du CE, indépendantes des poursuites pénales. Elles peuvent donc être menées en parallèle (Goron, 2012)

D'après ce même article, lorsque des travaux sont réalisés sans avoir fait l'objet de l'autorisation ou de la déclaration requise par l'article R.214-1 du code de l'environnement, le Préfet doit mettre en demeure l'exploitant ou, à défaut, le propriétaire de régulariser sa situation dans un délai qu'il détermine. L'intérêt majeur de la procédure administrative par rapport aux procédures pénales est l'absence de délai de prescription pour engager des poursuites. Un enterrement de

cours d'eau, sans autorisation ou sans déclaration, pour lequel il y a prescription, peut ainsi être sanctionné par l'autorité administrative. Il existe plusieurs types de procédures pénales, certaines aboutissant à une sanction (poursuites classiques, alternatives aux poursuites, transaction pénale) (Goron, 2012)

La voie réglementaire n'est cependant pas la seule option, et présente des limites. D'autres possibilités ne doivent donc pas être écartées : projets globaux entre différents acteurs, par exemple par le biais de contrats territoriaux (CTMA), maîtrise foncière, conventions avec les agriculteurs, Mesures Agro-Environnementales (MAE) et subventions des agences de l'eau, permettant d'aboutir à la réouverture des cours d'eau (Goron, 2012).

La remise à ciel ouvert peut également être intégrée à des mesures compensatoires (Goron, 2012). Cela a été le cas près de Guerche de Bretagne (35) où un tronçon busé a été remis à ciel ouvert à l'occasion de la construction d'une déviation routière (Annexe 3).

Les cas anciens peuvent cependant poser problème s'il n'y a plus de référence amont ou aval, et peuvent nécessiter un long travail d'enquête pour mettre en évidence leur statut de cours d'eau.

6.2. Quelles pistes pour intégrer les têtes de bassin versant dans les politiques de l'eau ?

La promulgation de la loi Grenelle II ou loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement souligne les services rendus des têtes de bassin. Le SDAGE Bretagne – Pays de la Loire a intégré en 2009 la protection des têtes de bassin versant dans son programme de mesures pour prendre en compte les objectifs et les dispositifs de la DCE. Cette mise en œuvre du SDAGE peut s'appuyer sur différents outils : le SAGE, les contrats territoriaux milieux aquatiques (CTMA) et les contrats de restauration, en impliquant les maîtres d'ouvrage locaux. La problématique des TDBV reste cependant encore insuffisamment prise en compte par ces outils. Pourtant, la communauté scientifique semble s'accorder depuis plusieurs années sur le rôle déterminant des cours d'eau de TDBV sur la qualité du réseau hydrographique aval, et ce point a été souligné par un séminaire sur les TDBV : comment concilier les enjeux sur ces territoires hors du commun ? organisé le 4 et 5 mars 2015 et réunissant les différents acteurs et scientifiques impliqués dans la gestion des milieux aquatiques (ONEMA et OIEau, 2015). Il semble alors primordial d'en faire une orientation importante des politiques de l'eau.

Les actions doivent se porter à la fois sur :

- ✓ **L'inventaire de ces têtes de bassin versant** dans le cadre de l'inventaire des cours d'eau, leur intégration dans un référentiel hydrographique national et dans les documents d'urbanisme locaux. **On ne peut protéger que ce que l'on connaît.** Ce travail ne peut être réalisé par les seuls services de l'Etat à l'échelle de la France et devrait donc s'appuyer sur les acteurs locaux tels que les SAGE, les Fédérations Départementales de Pêche, ...;
- ✓ **La définition d'objectifs et de règles de gestion** pour ces milieux, tenant compte de leurs caractéristiques particulières ;
- ✓ **La restauration** des têtes de bassin versant dégradées en appui avec des intercommunalités, notamment syndicats de bassins et de rivières ;
- ✓ **Le suivi scientifique** de ces sites.

La problématique de l'enterrement des cours d'eau doit être appréhendée à l'échelle de la masse d'eau ou du bassin versant, car c'est le cumul des enterrements et de leurs impacts qui

constituent une menace pour la qualité du milieu aquatique (Goron, 2012). Notamment, le suivi des IOTAs à ces échelles doit être amélioré afin de limiter l'impact cumulé. Ils doivent ainsi pouvoir être intégrés aux cartographies des cours d'eau dans la mesure du possible. Ce dernier point peut être compliqué, en particulier pour les cas anciens d'enterrement, où un travail d'enquête est nécessaire pour retrouver des traces historiques du cours d'eau et le responsable.

Quel sera l'avenir des cours d'eau déjà enterrés dans le projet de cartographie des cours d'eau porté par le ministère de l'écologie ? Quelle sera la protection des cours d'eau qui ne figureront pas dans cet inventaire ? Pourront-ils être busés, drainés, comblés en toute légalité ? Leur défense semble compromise, et le peu de publications scientifiques sur la disparition de toute une partie du chevelu hydrographique semble pointer un manque d'intérêt pour cette problématique.

CONCLUSION

L'étude menée a permis d'établir que sur les masses d'eau échantillonnées, 4,30% du linéaire hydrographique avait été enterré. Ce sont en grande majorité des cours d'eau de rang 1 (87%), démontrant que ce sont bien les têtes de bassin versant qui sont touchées par ce phénomène.

Pourtant, la communauté scientifique semble s'accorder depuis plusieurs années sur le rôle déterminant des cours d'eau apicaux sur la qualité du réseau hydrographique aval. Il semble donc primordial d'enrayer la disparition de ces petits cours d'eau et de travailler sur leur remise en état afin d'améliorer la qualité des milieux aquatiques. Les têtes de bassin versant doivent être intégrées dans la pratique aux politiques de l'eau en prenant en compte leur spécificité. Si la remise à ciel ouvert de certains cours d'eau peut et doit être envisagée, leur préservation avant leur dégradation semble la priorité, car alors qu'il est facile d'enterrer un cours d'eau, le rouvrir peut être complexe, et les cours d'eau ainsi dégradés peuvent ne pas retrouver toutes leurs fonctions initiales.

Cependant, une meilleure connaissance du réseau hydrographique est essentielle car elle constitue une base pour la protection et la gestion des têtes de bassin versant. Les politiques de l'eau n'auront de sens que si elles s'appliquent à un réseau hydrographique bien connu, sans en omettre toute une partie qui serait considérée comme négligeable. En ce sens, il paraît tout aussi important de sensibiliser sur l'importance des têtes de bassin versants et leur disparition progressive tant cette problématique semble soulever peu d'intérêt. Le peu d'étude sur le sujet ne facilite pas ce travail (Stammler *et al.*, 2013)

Le travail de complétement de la BD Topo avec la BD Carthage et le Scan 25 de l'IGN a permis de l'augmenter de près de 9%. L'analyse cartographique des secteurs à risque reste un point à améliorer. Notamment, la question des facteurs retenus et des données utilisées est importante et doit être ajustée par des travaux complémentaires. Cet outil pourrait permettre de dégager des secteurs où agir en priorité et renforcer l'efficacité des actions à mener pour préserver les têtes de bassin versant.

BIBLIOGRAPHIE

- ADAMS R.K. & SPOTILA J.A. (2005)** The form and function of headwater streams based on field and modeling investigations in the Southern Appalachian Mountains, *Earth Surface Processes and Landforms*, **30**, 1521-1546.
- AGRESTE (2015)** L'artificialisation des terres de 2006 à 2014 : pour deux tiers sur des espaces agricoles, *AGRESTE Primeur*, 326, 6 pages.
- ALEXANDER, R.B., E.W. BOYER, R.A. SMITH, G.E. SCHWARTZ, AND R.B. MOORE (2007)** The Role of Headwater Streams in Downstream Water Quality. *Journal of the American Water Resources Association* 43, DOI: 10.1111/j.1752-1688.2007.00005.x.
- ANGELIER E. (2000)** Ecologie des eaux courantes, Ed. Tec et Doc, p11-12,37, 45, 115-116, 199p.
- ARANGO C.P., JAMES P.W., HATCH K.B. (2015)** Rapid ecosystem response to restoration in an urban stream, *Hydrobiologia* 749 :197-211.
- BAKER J.L., H.P. JOHNSON (1981)** Nitrate Nitrogen in Tile Drainage as Affected by Fertilization. *Journal of Environmental Quality* **10**: 519-522
- BAUDOIN J.M. (2007)** Biodiversité et fonctionnement de cours d'eau forestier en tête de bassin : Effet de l'acidification anthropique et d'une restauration, Thèse, *Université Paul Verlaine – Metz*, 258 p.
- BENDA L., HASSAN M.-A., CHURCH M. & MAY C.- L. (2005)** Geomorphology of steep-land headwaters: the transition from hillslopes to channels, *Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)*, p835-851.
- BLAQUIERE D. (2015)** Quelles sont les méthodes et les critères de classement des cours d'eau et des fossés en traits continus ou discontinus sur les cartes IGN au 1:25 000 ? *IGN Magazine* 78, p.15
- BOURGUIGON D. (2012)** Caractériser l'importance des discontinuités écologiques et leurs impacts sur les têtes de bassins du département des Vosges. Rapport de stage de licence professionnelle, Université de Nancy et ONEMA, 69p.
- BISHOP K., BUFFAM I., ERLANDSSON M., FOLSTER J., LAUDON H., SEIBERT J. AND TEMNERUD J. (2008)** Aqua Incognita : the unknown headwaters, *Hydrol. Process.* 22, 1239–1242
- CHAKROUN H. (1998)** Contexte spatial et modèles de pondération de données multisources : apport de la segmentation et des diagrammes de Voronï. PhD, Département de Géographie et télédétection, Université de Sherbrooke, p.158.

- CHARBONNEAU R., RESH V.H. (1992)** Strawberry Creek on the University of California, Berkeley Campus: A case history of urban stream restoration. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 2 : 293-307.
- CLARKE A., R. MAC NALLY, N. BOND & P.S. LAKE (2008)** Macroinvertebrate diversity in headwater streams: a review. *Freshwater biology*. 53,1707-1721.
- COORDINATION RURALE (2015)** Définition des cours d'eau : lettre ouverte à S. Royal
- DAMETTE F. & SCHEIBLING J. (2003)** Le territoire français, Permanences et mutations, Hachette Supérieur, 2ème édition, 256 pages (collection Carré Géographie).
- DAVID, M.B. AND L.E. GENTRY (2000)** Anthropogenic inputs of nitrogen and phosphorus and riverine export for Illinois, USA. *Journal of Environmental Quality* 29:494-508.
- FASSETTA G.A., LAGANIER R. (2009)** Les géographies de l'eau-Processus, dynamique et gestion de l'hydrosystème, L'Harmattan, p. 14, 298p.,
- FEDERATION NATIONALE DES SYNDICATS D'EXPLOITANTS Agricoles (2015)** Guide d'appui identification des cours d'eau, 10p
- FENELON J.M., R.C. MOORE (1998)** Transport of Agrichemicals to Ground and Surface Water in a Small Indiana Watershed. *Journal of Environmental Quality* 27: 884-894
- FOUILLET M. (2013)** L'assainissement agricole sur le SAGE Evre – Thau –St Denis. Rapport de stage de Master 1, Université Catholique de l'Ouest et SMib Evre-Thau-St Denis, 44p.
- GELY P., MAJOREL Y., POUYET J-Y. (2015)** BD TOPO-SITADEL 2.0 pour l'étude de la consommation d'espace en Auvergne, DREAL Auvergne, 27p.
- GOMI T., SIDLE R.C., RICHARDSON J.S. (2002)** Understanding processes and downstream linkages of headwater systems. *Bioscience* 52:905-916
- GORON E. (2012)** Enterrement des cours d'eau en tête de bassin : quelles voies réglementaires pour arriver à la remise à ciel ouvert et comment anticiper le risque d'enterrement ? Rapport de stage de Master 2, Université Aix-Marseille et ONEMA, 84p.
- GRIMALDI C., CHAPLOT V., BIDOIS J. (2000)** Conditions de transfert dans la zone hyporhéique et épuration naturelle des ruisseaux en nitrate, Enregistrement scientifique n°611, symposium n°8, INRA Science du sol, 7 p.
- HARVEY J.W., WAGNER B.J. (2000)** Quantifying hydrologic interactions between streams and their subsurface hyporheic zones, *Streams and Groundwaters*, J.A. Jones, P.J. Mulholland (Editors). Academic Press, New York, 3-44.

- HARVEY J.W., CONKLIN M.H., KOELSCH R.S. (2003)** Predicting changes in hydrologic retention in an evolving semi-arid alluvial stream, *Advances in Water Resources*, 26, 939-950.
- HENNER R. (2013)** Les têtes de Bassin Versant, des espaces à considérer pour une gestion durable et intégrée de la ressource en eau, Rapport de stage de Master 2, Université de Caen Basse-Normandie et Institution Interdépartementale du Bassin de la Sarthe, 128p.
- IFEN (1996)** La régression des milieux naturels, 25% des prairies ont disparu depuis 1970, *Les données de l'environnement*, 25, 4 pages.
- KREUGER, J. (1998)** Pesticides in stream water within an agricultural catchment in southern Sweden, 1990-1996. *The Science of the Total Environment* 216: 227-251.
- LARINIER M., TRAVADE F., PORCHER J.P., GOSSET C. (1994)** Passes à poissons : expertise et conception des ouvrages de franchissement, collection. Mise au point, CSP, ISBN 2-11-088083-X, 336p.
- LE BIHAN M. & THERIN E. (2008)** Méthodologie d'inventaire des cours d'eau, Syndicat mixte de la Côte du Goëlo, Rapport de stage M1, Université Paul Verlaine de Metz, 46 p.
- LE BIHAN M. (2009)** L'enterrement des cours d'eau en tête de bassin en Moselle (57). Rapport de stage ONEMA/Université de Metz, 86p.
- LEOPOLD L.B. (1994)** A View of the River, *Harvard University Press*, 298 pages.
- MCISAAC, G.F., AND X. HU. (2004)** Net N input and riverine N export from Illinois agricultural watersheds with and without extensive tile drainage. *Biogeochemistry* 70:251-271
- MALAVOI J-R., ADAM P., DEBIAIS N. (2007)** Manuel de restauration hydromorphologique des cours d'eau. Eau Seine Normandie, 64p
- MALAVOI J-R. (2009)** Ouvrages transversaux sur les cours d'eau : impacts hydromorphologiques et écologiques et principes de restauration globale, *88ème congrès de l'ASTEE*, 15p.
- MAROCHINI E. (1999)** Les remembrements en Moselle entre économie, environnement et société, *Thèse mention Géographie*, Université Paul Verlaine de Metz, UFR Sciences Humaines, 600 pages.
- MEYER J.L. & WALLACE J.B. (2001)** Lost Linkages and Lotic Ecology: Rediscovering Small Streams, *Ecology: Achievement and Challenge*, 295-317
- MEYER J.L., KAPLAN L.A., NEWBOLD J.D., STRAYER D.L., WOLTEMADE C.J., ZELDER J.B., BEILFUSS R., CARPENTER Q., SEMLITSCH R., WATZIN M.C., ZELDER P.H. (2003)** Where rivers are born : the scientific imperative for defending small streams and wetlands. Washington DC : American Rivers, Sierra Club.

- MEYER J.L., POOL G.C., JONES K.L. (2005)** Buried alive : potential consequences of burying headwater streams in drainage pipes, *Proceedings of the 2005 Georgia Water Resources Conference*, held April 25-27, 2005, at the University of Georgia. Kathryn J. Hatcher, editor, Institute of Ecology, The University of Georgia, Athens Georgia.
- MEYER, JUDY L., DAVID L. STRAYER, J. BRUCE WALLACE, SUE L. EGGERT, GENE S. HELFMAN, AND NORMAN E. LEONARD, (2007)** The Contribution of Headwater Streams to Biodiversity in River Networks. *Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)* 43(1):86-103. DOI: 10.1111/j.1752-1688.2007.00008.x
- MINISTRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ÉNERGIE (2015)** Instruction du Gouvernement du 3 juin 2015 relative à la cartographie et l'identification des cours d'eau et à leur entretien. NOR : DEVL1506776J. Texte non paru au *Journal Officiel*.
- MUOTKA T. & LAASONEN P. (2002)** Ecosystem recovery in restored headwater streams: the role of enhanced leaf retention. *Journal of Applied Ecology* **39**, 145–156
- NADEAU T.L. & RAINS M.C. (2007)** Hydrological connectivity between headwater streams and downstream waters: how science can inform policy, *Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)*, **43** (1), 118-133.
- NAIMAN R.J. & DECAMPS H. (1997)** The ecology of interfaces: riparian zones, *Annual Review of Ecology and Systematics*, **28**, 621–658.
- NGUYEN VAN R. (2012)** Les altérations physiques en têtes de bassin versant sur les régions Bretagne-Pays de la Loire – À la recherche de « d'aqua incognita », rapport de stage master2– Université Paris Diderot, 86 p.
- ONEMA (2010)** Pourquoi rétablir la continuité écologique des cours d'eau ? 28p
- ONEMA & OIEAU (2015)** Séminaire sur les Têtes de Bassin Versant : Comment concilier les enjeux sur ces territoires hors du commun ? Paris, espace Saint Martin, 4 et 5 mars 2015.
- PALLER, M.H (1994)** Relationships Between Fish Assemblage Structure and Stream Order in South Carolina Coastal Plain Streams. *Transactions of the American Fisheries Society* 123:150-161.
- PARLEMENT EUROPEEN ET CONSEIL EUROPEEN (2000)** Directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau, *Journal officiel* n° L 327 du 22/12/2000 p. 0001 – 0073
- PELLA H., SNELDER T., LAMOUREUX N., VANDERBECQ A., SHANKAR U., ROGERS C. (2008)** .®– Réseau hydrographique naturel étendu (RHE) construit à partir de la BD Carthage, *Ingénierie-EAT*, 55-56, 15-28.

PELLA H, LEJOT J, LAMOUREUX N, SNELDER T (2012) Le réseau hydrographique théorique (RHT) français et ses attributs environnementaux », *Géomorphologie* 3/2012 (n° 3) , p. 317-336

PETERSON, B.J., W.M. WOLLHEIM, P.J. MULHOLLAND, J.R. WEBSTER, J.L. MEYER, J.L. TANK, E. MARTI, W.B. BOWDEN, H. MAURICE VALETT, A.E. HERSHEY, W.H. MCDOWELL, W.K. DODDS, S.K. HAMILTON, S. GREGORY & D.D. MORRALL (2001) Control of Nitrogen export from watersheds by headwater streams. *Science*. **292**; 86-90.

PHILIPPE M.A., POLOMBO N. (2010) Soixante années de remembrement. Etudes foncières, ADEF, deuxième révision, pp.43-49.

PINKHAM R. (2000) Daylighting: New life for buried streams, Rocky Mountain Institute, 73 p.

UCHIDA T., ASANO Y., ONDA Y. & MIYATA S. (2005) Are headwaters just the sum of hillslopes ?, *Hydrological processes*, **19**, 3251–3261

RESEAU FERRE DE FRANCE (2010) Fiche thématique Emprise d'une ligne nouvelle, 2p.

REYJOL YORICK, SPYRATOS VASSILIS, BASILICO LAURENT (2012) Bioindication : des outils pour évaluer l'état écologique des milieux aquatiques - Perspectives en vue du 2^e cycle DCE – Eaux de surface continentales - Synthèse des journées « DCE et bioindication » du séminaire « Méthodes d'évaluation de l'état des eaux – Situation et perspectives dans le contexte de la directive cadre sur l'eau », Paris 19 et 20 avril 2011, complétée des réflexions du groupe de travail DCE-ESC durant l'année 2012. ISBN : 979-10-91047-12-8

RHEINHARDT R.D., CRAIG RHEINHARDT M. , BRINSON M.M., FASER K.E. (1999) Application of Reference Data for Assessing and Restoring Headwater Ecosystems. *Restoration Ecology* Vol. 7 No. 3, pp. 241–251.

ROCHE M. (1986) Dictionnaire français d'hydrologie de surface, Paris, Masson, 288p

ROCLE N. (2007) « Point sur la réglementation relative aux zones humides et ruisseaux de tête de bassin » in Gestion des ruisseaux de tête de bassin et zones humides associées. Saint-Brisson, PNR du Morvan, et pôle-relais zones humides intérieures, actes des rencontres nationales techniques, non paginé.

SADLER RICHARDS, J. (2004) A review of the enclosure of watercourses in agricultural landscapes and river headwater functions. Ailsa Craig, ON: Cordner Science.

SAGE VILAINE (2012) Les têtes de bassin – Rapport pour la Commission Locale de l'Eau (CLE) du 18 décembre 2012 – Révision de SAGE Vilaine, 10p.

SANFORD S.E., CREEDI. F., TAGUE C.L., BEALL F.D. & BUTTLE J.M. (2007) Scale dependence of natural variability of flow regimes in a forested landscape, *Water Resources Research*, **43**.

SDAGE Loire-Bretagne 2010-2015 (2009) ISBN 978-2-916869-12-4, 252p.

- SEGUIN J.J., MARDHEL V., AVEC LA COLLABORATION DE SHOMBURGK S., ALLIER D. (2013)** Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA-version V0. Présentation du référentiel, principes de construction et mise en œuvre. Rapport final. BRGM/RP-62261-FR. 156p., 57 ill., 2 ann.
- SCHUMM S.A. (1956)** Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Bulletin of the Geological Society of America*, 67 : 597-646.
- SHREVE R.W. (1969)** Stream lengths and basin areas in topologically random channel networks. *Journal of Geology*, 77 : 397-414.
- SIDLE R.C., TSUBOAMA Y., NOGUCHI S., HOSODA I., FUJIEDA M. & SHIMIZU T. (2000)** Stormflow generation in steep forested headwaters: a linked hydrogeomorphic paradigm. *Hydrological Processes*, 14, 369–385.
- SMILEY P.C. Jr., DIBBLE E.D., SCHOENHOLTZ S.H. (2005)** Fishes of first order streams in north-central Mississippi, *Southeastern Naturalist*, 4, 219-236.
- SOUCHON Y., ANDRIAMAHEFA H., COHEN P., BREIL P., PELLA H., LAMOUREUX N., MALAVOI J.-R., WASSON J.-G. (2000)** Régionalisation de l'habitat aquatique dans le bassin de la Loire. Synthèse, Agence de l'Eau Loire-Bretagne, 297 p.
- STAMMLER K.L., YATES A.G., BAILEY R.C (2013)** Buried streams : Uncovering a potential threat to aquatic ecosystems. *Landscape and Urban Planning* 114:37– 41
- STRAHLER, A.N. (1952)** Hypsometric (are-altitude) analysis of erosional topography. *Bulletin of the Geological Society of America*, 63: 1117-1142.
- TOUCHART L. & LHÉRITIER N. (2009)** « Ruisseaux, têtes de bassin et risques : l'exemple des plateaux limousins (France) » *Riscuri și catastrofe*. Cluj-Napoca, Casa Cărții de Stință, vol. 7, an VIII, 254 p. : 23-41.
- VANNOTE R.L., MINSHALL G.W., CUMMINS K.W., SEDELL J.R., CUSHING C.E. (1980)** The River Continuum Concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 37:130-137.
- WALLACE J.B, S.L. EGGERT, J.L. MEYER, J.R. WEBSTER (1997)** Multiple trophic levels of a forest streams linked to terrestrial litter inputs. *Science*, 277: 102-104.
- WASSON J.G., MALAVOI J.R., MARIDET L., SOUCHON Y. & PAULIN L. (1998)** Impacts écologiques de la chenalisation des rivières, *Etudes du CEMAGREF série Gestion des milieux aquatiques*, 14, 158 pages.
- WEITZELL R, GUINN S, ELMORE A.J. (2012)** Spatial and temporal patterns of stream burial and its effect on habitat connectivity across headwater stream communities of the Potomac River Basin, USA, *American Geophysical Union*, Fall Meeting 2012

WIPFLI M.S., RICHARDSON J.S. & NAIMAN R.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.

❖ Logiciels :

QGIS Development Team (2015) QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. Version utilisée : 2.6.1 - Brighton <http://qgis.osgeo.org>
Extension supplémentaire utilisée : RealCentroid

PostgreSQL Global Development Group (2015) PostgreSQL 9.4.2

❖ Référentiels et bases de données utilisés :

Base des opérations d'aménagement foncier entre 1945 et 2005 (2015) Philippe M-A. & Polombo N.
Disponible sur data.gouv.fr ; téléchargé le 24/03/2015

BD CARTO® (2012) – IGN
Source interne

BD LISA version 0 (2013) – BRGM
Disponible sur le Service d'Administration National des Données et Référentiels sur l'Eau ; <http://www.sandre.eaufrance.fr> ; téléchargé le 20/03/2015

BD TOPO® (2014) – IGN
Source interne

CORINE Land Cover (1990 et 2006) - Union européenne – SOeS, CORINE Land Cover.
Source interne

Scan 25® édition 2009 - IGN
Source interne

Scan Etat-major® 10K – IGN
Source interne

ANNEXES

Annexe 1 : Instruction du Gouvernement du 3 juin 2015 relative à la cartographie des cours d'eau et à leur entretien.....	I
Annexe 2 : Fiche terrain pour l'inventaire des cours d'eau potentiellement enterrés	X
Annexe 3 : Remise à ciel ouvert au lieu dit du Bois Rougemont à la Guerche de Bretagne (35)	XII

Annexe 1 : Instruction du Gouvernement du 3 juin 2015 relative à la cartographie des cours d'eau et à leur entretien

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ministère de l'écologie, du développement durable et
de l'énergie

Direction générale de l'aménagement, du logement
et de la nature

Direction de l'eau et de la biodiversité

Sous-direction de l'action territoriale et de la
législation de l'eau

Bureau des polices de l'eau et de la nature

E00

Instruction du Gouvernement du 3 juin 2015 relative à la cartographie et l'identification des cours d'eau et à leur entretien

NOR : DEVL1506776J
(Texte non paru au *Journal officiel*)

Le ministre de l'écologie, du développement durable et de l'énergie

à

Pour exécution :

Préfets de région

- Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DREAL)
- Direction régionale et interdépartementale de l'environnement et de l'énergie (DRIEE)

Préfets de département

- Direction départementale des territoires (DDT)
- Direction départementale des territoires et de la mer (DDTM)

Pour information :

- Secrétariat général du Gouvernement
- Secrétariat général du MEDDE et du MLETR
- Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA)
- Direction de l'environnement de l'aménagement et du logement (DEAL)
- Direction générale de l'aménagement, du logement et de la nature / Direction de l'eau et de la biodiversité (DGALN/DEB)

Résumé : Afin de mieux faire connaître les parties du réseau hydrographique qui doivent être considérées comme des cours d'eau, les services établiront des cartographies complètes dans les zones où cela est techniquement faisable dans des délais raisonnables. Dans les autres zones, ils préciseront la méthodologie d'identification des cours d'eau. En complément, ils déclineront localement des guides d'entretien des cours d'eau.

Catégorie : directive adressée par la ministre aux services chargés de leur application, sous réserve, le cas échéant, de l'examen particulier des situations individuelles.	Domaine : Ecologie, développement durable
Type : Instruction du Gouvernement et /ou OUI <input checked="" type="checkbox"/> NON <input type="checkbox"/>	Instruction aux services déconcentrés OUI <input checked="" type="checkbox"/> NON <input type="checkbox"/>
Mots clés liste fermée : Environnement, Police	Mots clés libres : cours d'eau, cartographie, entretien
Texte de référence : Code de l'environnement	
Circulaire abrogée :	
Date de mise en application : immédiate	
Pièces annexes : - Annexe 1 : Éléments de cadrage pour identification des cours d'eau - Annexe 2 : Logigramme de mise en œuvre de la méthode d'identification à partir d'une demande d'avis	

N° d'homologation Cerfa :			
Publication	BO <input checked="" type="checkbox"/>	site circulaires.gouv.fr <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Présente dans plusieurs codes, la notion de cours d'eau n'a cependant été définie ni par la loi, ni par le règlement, mais a été laissée à l'appréciation du juge, s'adaptant à la diversité des situations géographiques et climatiques rencontrées.

Si l'identification des principaux cours d'eau est partagée par l'ensemble des usagers, la différence entre certains cours d'eau et des fossés ou des canaux est parfois plus délicate. Or, cette distinction emporte des conséquences administratives substantielles. Ainsi une intervention sur un fossé pourra se faire sans démarche administrative particulière au titre de la loi sur l'eau alors qu'une intervention sur un cours d'eau allant au-delà de l'entretien courant par le propriétaire riverain (modification du profil en long ou en travers du cours d'eau), ne pourra se faire que dans le cadre d'une déclaration ou d'une autorisation « loi sur l'eau ». Cela peut entraîner des tensions avec certains usagers, et notamment le monde agricole ou les collectivités.

Pour l'application des dispositions des articles L. 214-1 à L. 214-6 du code de l'environnement, on s'appuiera sur la jurisprudence du 21 octobre 2011¹ du Conseil d'État : « constitue un cours d'eau, un écoulement d'eaux courantes dans un lit naturel à l'origine, alimenté par une source et présentant un débit suffisant une majeure partie de l'année ».

Trois critères cumulatifs doivent ainsi être retenus pour caractériser un cours d'eau :

1. la présence et permanence d'un lit, naturel à l'origine ;
2. un débit suffisant une majeure partie de l'année ;
3. l'alimentation par une source.

Néanmoins, ces critères généraux, valables sur l'ensemble du territoire national, doivent s'apprécier en fonction des conditions géographiques et climatiques locales. Les caractéristiques d'un ruisseau de la plaine de Beauce, d'un torrent de montagne ou d'un cours d'eau méditerranéen ayant des assècs, seront très différentes.

En outre, ces critères jurisprudentiels sont parfois difficiles à apprécier à un instant donné. Dans ces cas, le juge administratif a pris en compte des indices complémentaires, tels que la présence d'une faune et d'une flore aquatique, pour caractériser si l'écoulement était un cours d'eau.

Une approche locale pragmatique, tenant compte des usages locaux et largement partagée est donc adaptée pour faire connaître si les écoulements sont des cours d'eau ou non.

Dans les départements dans lesquels l'établissement d'une cartographie complète des cours d'eau est possible sans difficultés majeures, je vous demande d'y procéder dans les meilleurs délais.

Il s'agit des cas où les référentiels disponibles, et notamment les cartographies au 1/25000^e de l'IGN, sont assez complets pour servir de base à une cartographie fiable, réalisée dans un délai raisonnable, et en tout état de cause avant le 15 décembre 2015. Il s'agit également des départements où une démarche partenariale a permis de définir des bases consensuelles pour une telle cartographie. Le cas échéant, la finalisation de la cartographie pour certains cas résiduels complexes fera l'objet d'une approche partenariale visant à clarifier la situation. Vous vous engagerez fermement dans cette démarche, les services de l'État disposant d'une connaissance des cas faciles et des cas complexes. Les cartographies produites feront l'objet d'un échange technique avec les parties prenantes concernées. Vous vous appuyerez sur les éléments de cadrage et de méthode présentés en annexe 1.

Cependant, dans certains départements, pour des raisons de complexité et de coût notamment, par exemple en tête de bassin, où le chevelu des écoulements peut être à la fois dense et diffus, une identification exhaustive n'est pas possible dans des délais acceptables. Dans ce cas, les services

¹ N°334322 MEDDTL c.EARL Cintrat

pourront réaliser des cartographies complètes des cours d'eau sur une partie seulement du département, sur laquelle les conditions de faisabilité précisées ci-dessus auront été réunies, et recourir à une méthode d'identification des cours d'eau dans les autres territoires.

Cette méthode permettra de clarifier une démarche d'identification de cours d'eau, explicite et partagée par l'ensemble des usagers, et réservée aux territoires où une cartographie complète des cours d'eau n'aura pas pu être élaborée. Dans ces cas, en vous appuyant sur les éléments de cadrage et de méthode fournis par la direction de l'eau et de la biodiversité, je vous demande de déterminer, en lien avec les partenaires locaux, une méthode d'identification des cours d'eau, fondée sur les critères jurisprudentiels et adaptée aux contextes évoqués.

Cette méthode d'identification des cours d'eau développée localement dans les territoires où une cartographie complète des cours d'eau n'aura pas pu être élaborée, prendra en compte les spécificités géo-climatiques et précisera les modalités d'identification des cours d'eau suite à une demande particulière. Elle précisera les modalités de mise à disposition du public des avis déjà rendus, sous la forme d'une cartographie progressive.

Je vous demande d'informer la direction de l'eau et de la biodiversité (bureau des polices de l'eau et de la nature), via l'échelon régional chargé de l'animation et du pilotage de la police de l'eau et de la nature, des territoires qui feront l'objet d'une cartographie complète et de ceux qui feront l'objet de la méthode d'identification des cours d'eau et de la cartographie progressive, pour le 29 juin 2015.

Je vous demande de transmettre, selon la même voie, les cartographies une fois élaborées, ainsi que, le cas échéant, la méthode d'identification des cours d'eau, pour le 15 décembre 2015.

J'attends que deux tiers du territoire métropolitain soient couverts par une cartographie complète des cours d'eau d'ici le 15 décembre et compte sur votre engagement et celui de vos services dans cette démarche essentielle de clarification. L'objectif à terme est de couvrir la totalité du territoire métropolitain, à l'exception de 5 à 10% en raison de difficultés spécifiques de terrain. Une évaluation au niveau national de la mise en œuvre de la démarche me sera présentée au premier trimestre 2016.

L'échelon régional s'assurera de la cohérence d'ensemble de la démarche, tant pour l'identification des territoires où une cartographie complète est élaborée, que pour l'élaboration des méthodes d'identification des cours d'eau développée dans les territoires où une cartographie complète des cours d'eau n'aura pas pu être élaborée.

Vous ferez part à la direction de l'eau et de la biodiversité des difficultés que vous pourriez rencontrer dans l'application de la présente instruction, et notamment les cas dans lesquels la démarche adoptée ne fait pas l'objet d'un consensus local.

Par ailleurs, des incompréhensions subsistent sur le terrain sur l'entretien courant de cours d'eau que doit réaliser le propriétaire riverain, sans procédure préalable, et sur ce qui relève des procédures préalables au titre de la police de l'eau. En complément de l'identification des cours d'eau, j'attends des services qu'ils déclinent un guide à l'attention des propriétaires riverains de cours d'eau sur leurs obligations et sur les bonnes pratiques qu'il convient de mettre en œuvre afin de garantir la préservation des milieux aquatiques, d'ici le 15 décembre 2015. À cet effet, un modèle de guide est disponible sur le site intranet de la direction générale de l'aménagement, du logement et de la nature. Les services veilleront à l'adapter aux conditions et pratiques locales en partenariat avec les parties prenantes concernées et à lui assurer une large diffusion. Dans les départements ou régions dans lesquelles une telle démarche a déjà été menée en associant les parties prenantes concernées, cette déclinaison locale du guide sera mise en œuvre si elle apporte un complément utile aux documents déjà élaborés.

La présente instruction n'est pas applicable aux départements d'outre-mer, dans lesquels les cours d'eau sont domaniaux.

La présente instruction sera publiée au bulletin officiel du ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie.

Fait le 3 juin 2015.

Ségolène ROYAL

Annexe 1 : Éléments de cadrage pour identification des cours d'eau

Plusieurs réglementations font référence à certains cours d'eau sur lesquels elles sont applicables. Ces catégories ne constituent cependant pas l'ensemble des cours d'eau au titre de la police de l'eau. Ils sont rappelés à titre d'exemple :

- cours d'eau pour les bonnes conditions agricoles et environnementales (BCAE) ;
- points d'eau pour les zones non traitées (ZNT) ;
- cours d'eau pour la mise en œuvre de la Directive nitrates ;
- cours d'eau Grenelle ;
- cours d'eau au titre de la continuité.

PLAN D'ACTION POUR LES SERVICES

1. La cartographie des cours d'eau

Dans un premier temps, les services identifieront les zones dans lesquelles ils établiront une cartographie complète des cours d'eau, et ce avant le 29 juin 2015. Les cartographies seront mises en œuvre dans les zones dans lesquelles les référentiels disponibles, et notamment les cartographies au 1/25000e de l'IGN et les bases de données géoréférencées, sont assez complets pour servir de base à une cartographie exhaustive, réalisée pour le 15 décembre

Sur la base de ces référentiels, les services déconcentrés identifieront les écoulements qui peuvent être considérés comme des cours d'eau au regard des critères jurisprudentiels (cf. § 2.20). Ils s'appuieront sur l'expertise technique des services départementaux de l'ONEMA. Les cartographies devront comprendre a minima les masses d'eau identifiées au titre de la directive cadre sur l'eau et les cours d'eau déjà identifiés dans les réglementations, notamment celles instaurant des catégories de cours d'eau. Les cartographies ainsi produites feront l'objet d'un échange technique avec les parties prenantes concernées (représentants d'élus, syndicats de rivière, organisations professionnelles agricoles et sylvicoles, représentants de propriétaires, associations de protection de l'environnement, fédérations départementales de pêche, etc.). Lorsqu'elles existent, les commissions locales de l'eau (CLE) seront consultées sur les cartographies produites.

Cette cartographie permettra à tout usager de connaître la position des services de l'État.

2. Les critères issus de la jurisprudence à adapter au contexte local

La jurisprudence a reconnu trois critères cumulatifs pour l'identification de cours d'eau : un débit suffisant une majeure partie de l'année, l'alimentation par une source et l'existence d'un lit naturel à l'origine.

Un débit suffisant une majeure partie de l'année

Un écoulement d'eau est souvent directement dépendant de précipitations. Le cours d'eau est un milieu caractérisé par un écoulement non exclusivement alimenté par des épisodes pluvieux locaux. Ainsi, on peut proposer un critère de présence d'écoulement après une période où la pluviosité aura été non significative. Un tel critère a donc vocation à éliminer de l'inventaire les fossés recueillant les eaux de ruissellement et où se manifestent temporairement des écoulements après les pluies.

Le critère d'écoulement devra être précisé en fonction des caractéristiques géo-climatiques locales. Ainsi la durée de la période sans précipitation significative et le niveau qualifiant une précipitation significative devront être précisés. On considère généralement des précipitations significatives au-delà de 10 mm.

Par ailleurs, certains cours d'eau ont des écoulements naturellement intermittents. Il s'agit entre autres de cours d'eau à régime torrentiels, de cours d'eau méditerranéens ou de cours d'eau en outre-mer. Suivant les zones géographiques concernées, la méthode d'identification précisera les conditions d'observation de l'écoulement pour la qualification du cours d'eau.

L'alimentation par une source

Un cours d'eau, même s'il ne coule pas toute l'année, doit donc être alimenté par au moins une autre source que les seules précipitations. L'alimentation par une source permet ainsi de préciser la notion de « débit suffisant une majeure partie de l'année ». Le cours d'eau se distingue du fossé ou de la ravine qui ne font qu'évacuer le ruissellement issu des précipitations.

Cette source n'est pas nécessairement localisée. Elle peut être ponctuelle, à l'endroit où la nappe jaillit, mais ce peut aussi être l'exutoire d'une zone humide diffuse, notamment en tête de bassin, ou un affleurement de nappe souterraine.

Comme pour le critère de débit suffisant une majeure partie de l'année, il faut prendre en considération que certaines sources peuvent se tarir à certaines périodes. Il conviendra donc de préciser les conditions de l'année dans lesquelles ce critère doit s'apprécier.

L'existence d'un lit naturel à l'origine

La jurisprudence a reconnu comme critère l'existence d'un lit naturel à l'origine. De fait, les cours d'eau fortement anthropisés (tels que les cours d'eau canalisés ou recalibrés) doivent être considérés comme des cours d'eau, même si la modification substantielle a pu lui faire perdre sa vie aquatique ou un substrat spécifique.

Ce critère ne doit pas par ailleurs faire perdre de vue que, en fonction des usages locaux, des bras artificiels (tels que des biefs) laissés à l'abandon et en voie de renaturation peuvent être considérés comme des cours d'eau. De même si un bras artificiel capte la majeure partie du débit, au détriment du bras naturel (et remettant en cause le critère de permanence de l'écoulement) le bras artificiel pourra être considéré comme cours d'eau.

Dans les cas résiduels dans lesquels les trois critères majeurs énoncés ci-dessus ne permettent pas de statuer avec certitude sur la qualification ou non de l'écoulement en cours d'eau, un faisceau d'indices tel qu'il a pu être mobilisé par la jurisprudence, pourra également être considéré. Ce faisceau d'indices peut aider à caractériser indirectement les critères jurisprudentiels majeurs.

La présence de berges et d'un lit au substrat spécifique

Le passage répétitif et privilégié de l'eau, caractéristique d'un débit suffisant une majeure partie de l'année, donne naissance à un lit marqué, typique des ruisseaux. Ce lit se caractérise par un dénivelé suffisant qui le distingue de certains écoulements érosifs, pouvant générer des ravines et dont l'emplacement varie d'une année à l'autre. En outre, l'écoulement possède une dynamique de transport solide qui confère au support de l'écoulement un substrat caractéristique et différencié du sol de la parcelle adjacente. Les phénomènes d'érosion, de dépôt, de charriage, de transport de matière en suspension ont ainsi des conséquences visibles, notamment sur le fond du lit des ruisseaux.

L'indice retenu précisera le cas échéant le dénivelé entre le fond de l'écoulement (en point bas du talweg) et le niveau moyen du sol de la parcelle à considérer pour caractériser la présence de berges. On pourra également considérer comme indice une nature du fond de l'écoulement (sable, gravier, vase organique...) notablement distincte de la nature du sol de la parcelle adjacente.

La présence de vie aquatique

Lorsque le débit est suffisant une majeure partie de l'année, il permet le développement d'organismes spécifiques, caractéristiques de milieux aquatiques. Des communautés floristiques et faunistiques typiques sont donc régulièrement présentes dans ou aux abords des ruisseaux.

La présence de vie aquatique pourra donc être un indice. Elle pourra se caractériser par la présence de macro-invertébrés benthiques (vivants dans le fond du lit) ayant un cycle de vie complet en milieu aquatique (larves de chironomes, oligochètes, copépodes...), ainsi que par des traces évidentes de vie : crustacés et mollusques (coquilles vides ou non), vers (planaires, achètes), coléoptères, trichoptères (fourreaux vides ou non).

La continuité amont-aval

Un cours d'eau est caractérisé par une continuité de l'écoulement d'amont en aval. Un élément d'appréciation pour identifier le cours d'eau pourra donc être l'identification à l'amont et à l'aval de l'écoulement comme un cours d'eau.

Cet indice devra cependant prendre en compte les interruptions que peuvent constituer les plans d'eau, certaines zones humides ou marais ou encore les pertes intervenant en milieu karstique. De même, le cas particulier des bras artificiels devra être pris en compte dans la mobilisation de cet indice.

Cette liste pourra être complétée par d'autres indices ayant une pertinence technique et au regard des caractéristiques locales des écoulements d'eau, et permettant de caractériser indirectement les critères jurisprudentiels principaux.

3. La méthode de caractérisation des cours d'eau

Outre la contextualisation des critères jurisprudentiels et des indices complémentaires aux conditions géographiques et climatiques, la méthode indiquera comment parvenir à une décision, l'identification comme cours d'eau ou non, ou éventuellement à opter pour une analyse plus approfondie, en cas d'indétermination.

La méthode consistera à identifier pour les trois critères jurisprudentiels, différentes modalités – soit le critère est confirmé, soit il est infirmé, soit un doute subsiste – et de préciser pour chacune le raisonnement à suivre et aboutir ainsi à une décision.

Comme les critères jurisprudentiels sont cumulatifs, un écoulement sera considéré comme un cours d'eau si chacun des trois critères est confirmé.

Si au moins un des critères est infirmé, alors l'écoulement ne sera pas considéré comme un cours d'eau.

Si un doute subsiste sur au moins un des critères, les autres étant confirmés, alors on sera en présence d'un cas indéterminé. Dans ces cas indéterminés, une analyse complémentaire, fondée sur un faisceau d'indices, tenant compte des usages locaux, et en cas de besoin d'une expertise sur le terrain sera nécessaire. Par exemple, si les critères d'un écoulement permanent une majeure partie de l'année et de l'alimentation par une source ne peuvent être tranchés, la présence de berges et d'un substrat de fond de lit différencié et la présence de traces de vie aquatique pourront constituer un faisceau d'indices probant pour caractériser un cours d'eau.

La continuité amont-aval constituera un élément d'appréciation complémentaire : si le cours d'eau a été caractérisé à l'amont et à l'aval, et sauf cas particulier (tels que plan d'eau, bras de dérivation artificiel, zone humide, perte dans une zone karstique), l'écoulement sera considéré comme un cours d'eau.

LA MISE EN ŒUVRE DE LA CARACTERISATION

Les services mettront à disposition du public les informations nécessaires pour identifier les cours d'eau. Ils indiqueront les zones dans lesquelles une cartographie complète des cours d'eau est disponible et la ou les adresses à laquelle elle peut être consultée.

Pour les zones où la cartographie complète des cours d'eau n'aura pas pu être mise en œuvre, les services préciseront les modalités de mise en œuvre d'une décision pour caractériser un écoulement. Ils indiqueront notamment les modalités de saisine des services déconcentrés (service police de l'eau de la DDT-M) par le demandeur, les modalités d'échange entre les services et les agents dont l'expertise de terrain peut être mobilisée et les modalités d'enregistrement des avis donnés par l'administration suite aux demandes. Ils mettront à disposition du public sous la forme d'une cartographie progressive l'information capitalisée sur les écoulements qui ont déjà fait l'objet d'une caractérisation comme cours d'eau ou comme n'étant pas des cours d'eau.

1. Coordination des services et fiche navette

Afin de structurer les demandes de caractérisation et de faciliter les échanges entre les services chargés de caractérisation des cours d'eau, la méthode d'identification des cours d'eau proposera une fiche navette et un logigramme d'intervention suite à une demande d'identification. Elle précisera les renseignements à fournir par le demandeur qui devront accompagner une demande de caractérisation et les critères à analyser par les services de l'État pour établir l'identification. La structure de cette fiche navette qui pourra contenir des photographies, facilitera la bancarisation des demandes et des réponses apportées par l'administration.

Par ailleurs, sur la base de la méthode ainsi définie, les services établiront un modèle de courrier d'identification de cours d'eau suite à une demande d'avis.

2. Bancarisation des avis rendus et cartographie progressive

Afin de capitaliser les expertises effectuées, les services enregistreront dans une base de données géo-référencées les avis argumentés qu'ils auront rendus relatifs à l'identification des cours d'eau, assurant à l'ensemble des services de l'État la traçabilité des caractérisations effectuées.

Les services mettront à disposition du public des cartographies progressives qui indiqueront les tronçons qui auront été identifiés comme cours d'eau, ceux qui auront été identifiés comme n'étant pas des cours d'eau et ceux n'ayant pas encore fait l'objet d'un diagnostic au cas par cas.

Dans le cas où un tronçon devrait être identifié et ne figurerait pas sur la cartographie, la personne intéressée demandera l'avis de l'administration locale (service police de l'eau) selon les modalités définies ci-dessus.

CONCERTATION, COMMUNICATION ET PROCEDURE EN CAS DE DIVERGENCE

Les services sont invités à associer l'ensemble des parties prenantes à la mise au point et à la mise en œuvre de la démarche d'identification des cours d'eau. Il est en effet essentiel que la cartographie et, le cas échéant, la méthode d'identification des cours d'eau soient discutées en amont et in fine bien connues de l'ensemble des acteurs pour en faciliter l'appropriation et donc une bonne application.

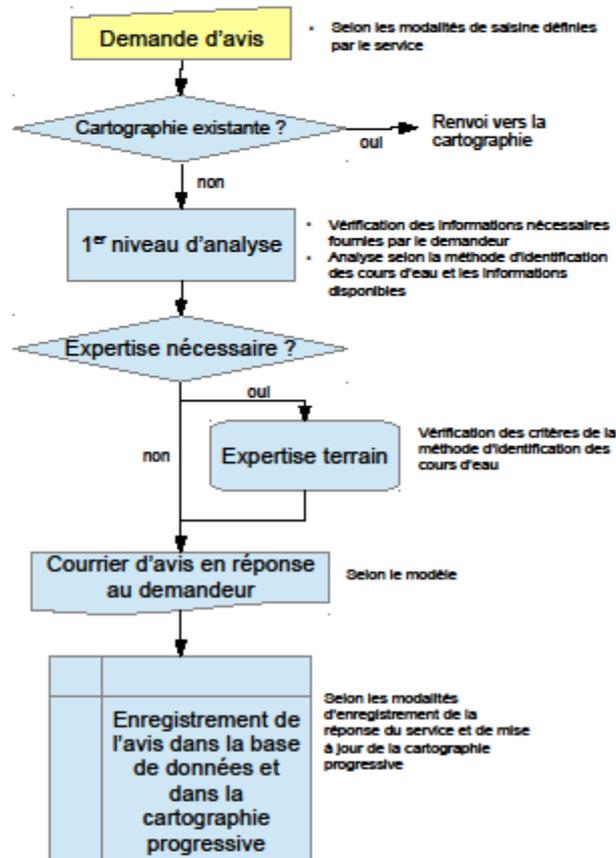
La démarche fera l'objet d'une publication sous format électronique et de communications complémentaires ciblées vers les acteurs les plus concernés selon les moyens les plus efficaces (réunions publiques, communications lors de journées techniques, plaquettes, articles dans la presse locale spécialisée, etc.). Les associations d'élus locaux, les chambres consulaires et les établissements publics concernés seront tout particulièrement associés à l'ensemble de la démarche.

Les services associeront également les parties prenantes concernées pour la révision périodique des cartographies produites, afin qu'elles intègrent les corrections d'erreurs qui auront pu être relevées sur le terrain.

Afin de traiter les cas particuliers de divergence d'appréciation, qui devraient être très limités dans la mesure où la cartographie et/ou la méthode d'identification des cours d'eau auront été des démarches partenariales, les services définiront une procédure opérationnelle et proportionnée. Elle ne se substituera évidemment pas à la décision éventuelle des tribunaux mais permettra, le cas échéant, de préciser l'interprétation de la méthode.

À titre d'exemple, une commission « cours d'eau » pourrait être instaurée, et associer des personnes qualifiées et représentants des usagers. Elle comprendra *a minima* un représentant de la chambre d'agriculture, un agent de l'ONEMA, un représentant de la fédération de pêche et un élu local. Cette commission pourrait être consultée sur la cartographie et l'identification des cours d'eau, selon les modalités retenues dans la déclinaison de cette instruction. Sur les territoires couverts par un SAGE, cette « commission cours d'eau » pourra être assurée par la CLE.

Annexe 2 : Logigramme de mise en œuvre de la méthode d'identification à partir d'une demande d'avis



Annexe 2 : Fiche terrain pour l'inventaire des cours d'eau potentiellement enterrés



FICHE Inventaire des cours d'eau potentiellement enterrés

Nom observateur : _____

Date : ____ / ____ / _____ Département : _____

Commune : _____

Nom du cours d'eau (ou lieu-dit) : _____

Et/ou : coord. amont X : _____ Y : _____

coord. aval X : _____ Y : _____

Masse d'eau : _____ ID SIG: _____

Référence(s) :

- avis d'expert
- carte IGN (date : _____)
- BD TOPO
- autres documents faisant état d'un cours d'eau ou d'une source en amont :

Occupation du sol :

- culture
- prairie
- forêt
- plan d'eau
- industrie
- urbain

Enterrement :

- OUI ⇒ Voir A
- NON ⇒ Voir B

A. Cours d'eau enterré :

Linéaire concerné : _____ m

Et/ou : coord. amont X : _____ Y : _____

coord. aval X : _____ Y : _____

Type de disparition :

- assèchement
- comblement
- drainage
- couverture
- busage
- non identifié

Réglementaire :

- autorisé
- non autorisé

B. Cours d'eau non enterré :**Élément constaté :**

- cours d'eau du référentiel
- cours d'eau dérivé
- zone humide (selon critère tarière)
- fossé

Commentaire (texte libre) :

Annexe 3 : Remise à ciel ouvert au lieu dit du Bois Rougemont à la Guerche de Bretagne
(35)



RÉSUMÉ

Les cours d'eau en tête de bassin versant (rangs 1 et 2 de la classification de Strahler) ont un rôle essentiel dans le fonctionnement des hydrosystèmes, mais sont particulièrement vulnérables aux modifications anthropiques. Les enterrements de cours d'eau constituent les plus hauts niveaux d'altération de l'hydromorphologie des cours d'eau. L'objectif de l'étude est de caractériser la pression « enterrement de cours d'eau » sur le territoire Bretagne-Pays de la Loire. Une carte de synthèse du risque d'enterrement est établie à partir de différents facteurs de risques. Le référentiel hydrographique BD Topo est complété avec la BD Carthage et le Scan 25 de l'IGN, est ainsi augmenté de près de 9%. Ce référentiel est comparé à des orthophotos sur un échantillon de masses d'eau afin de pré-identifier des tronçons potentiellement enterrés qui sont ensuite vérifiés sur le terrain. Ainsi, plus de 37 km de linéaires enterrés ont été recensés, soit 4,30% du linéaire total. Ce sont essentiellement des cours d'eau de rang 1 (87% du linéaire enterré). Le busage et le drainage sont les méthodes les plus couramment utilisées (49 et 15%). Les tests statistiques ne montrent pas de corrélation entre la carte des secteurs à risque et les résultats de l'échantillonnage. Cette carte est amenée à être améliorée. La protection de ces cours d'eau de TDBV reste problématique car leur linéaire est mal connu.

Mots-clés : tête de bassin versant, cours d'eau enterré, busage, drainage, référentiel hydrographique.

ABSTRACT

Headwaters streams (first-order and second-order of Strahler classification) have an essential role in hydrosystems functioning, but are particularly vulnerable to human-induced changes. Streams' burials are the highest levels of hydromorphological degradations of streams. The objective of the study is to characterize the pressure "stream burial" on the Brittany-Pays de la Loire area. A burial chance synthesis map is drawn up from various risk factors. Hydrographic reference BD Topo is completed with BD Carthage and Scan 25 from IGN, and is thus increased by almost 9%. This reference is compared with orthophotos on a sample of water bodies in order to pre-identify potentially buried sections which are then verified in the field. Thus, more than 37km of buried linear are noted, that isto say 4.30% of total linear. These are mainly first-order streams (87% of buried linear). Water pipe and drainage are the most commonly used methods (49 and 15%). Statistical tests show no correlation between burial chance map and field results. This map will be led to be improved. Protection of these rivers remains problematic because of headwaters streams linear is poorly known.

Key-words : headwaters, buried streams, water pipe, drainage, hydrographic reference