



Inventaire régional Haute-Normandie des bétoires, itinéraires souterrains des eaux (traçages) et des exutoires

Rapport final Année 1

BRGM/RP-57188-FR
Mars 2009



Inventaire régional Haute-Normandie des bétaires, itinéraires souterrains des eaux (traçages) et des exutoires

Rapport final Année 1

BRGM/RP-57188-FR
Mars 2009

Étude réalisée dans le cadre des projets
de Service public du BRGM 07EAU127

P.-Y. David
Avec la collaboration de
M. Branellec



Vérificateur :

Nom : Y. Noël

Date : 24 mars 2009

Signature :
p/o J.-F. Pasquet

Approbateur :

Nom : J.-F. Pasquet

Date : 25 mars 2009

Signature :

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2000.



Mots clés : base de données, inventaire, aquifère de la craie, karst, perte, bétoire, engouffrement rapide, entonnoir d'absorption, traçage, traceur, exutoire, source, AEP, turbidité, Haute-Normandie, Eure, Seine-Maritime.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante : David P-Y. (2009) – Inventaire régional Haute-Normandie des bétoires, itinéraires souterrains des eaux (traçages) et des exutoires – Rapport final Année 1. Rap. BRGM/RP-57188-FR, 130 p., 71 ill., 3 ann.

© BRGM, 2009, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

L'Agence de l'Eau Seine Normandie, la Région Haute-Normandie, les Départements de l'Eure et de la Seine-Maritime en partenariat avec le Service Géologique Régional de Haute-Normandie du BRGM ont décidé de se doter d'une base de données recensant les informations historiques des phénomènes karstiques de la région Haute Normandie.

Suite à une phase pilote réalisée en 2003 et qui avait montré la faisabilité de ce projet, l'inventaire régional des Bétoires, Exutoires et itinéraires souterrains mis en évidence par Traçage, a débuté en 2008 et a pour objectif de :

- récupérer toutes les données concernant le karst de la craie en Haute-Normandie, et les archiver au sein d'un même réservoir numérique (support papier associé) ;
- pouvoir utiliser ces données dans un système d'information géographique (SIG) ;
- mieux comprendre le fonctionnement du système karstique et ainsi améliorer la prévention contre les dégradations de la qualité chimique de l'aquifère crayeux (turbidité, nitrates, pesticides), notamment pour les captages AEP.

Compte-tenu, de l'ampleur estimée du travail d'inventaire, la bancarisation des données historiques archivées dans les différentes collectivités ou administrations est étalée sur 4 années.

Au terme de l'Année 1 de cet inventaire, la consultation et le dépouillement des fonds d'archives prévus (BRGM et DIREN) sont réalisés pour le BRGM et s'achèveront le 15 avril 2009 pour la DIREN.

Le dépouillement des archives du BRGM et de la DIREN a déjà permis la bancarisation de 7586 points (5235 bétoires, 1494 exutoires (sources), 748 points de suivi (hors exutoires), 109 points d'injection (hors bétoires) et 382 opérations de traçages représentant 1232 circulations souterraines tracées.

Des tests de validation terrain ont été réalisés pour les trois bassins Versants test de l'Année 1 (l'Andelle, l'Austreberthe et l'Iton). Ils ont été réalisés sur deux périodes, en hiver et en été, et ont permis de définir une méthodologie pour la validation sélective des données.

Les données acquises lors de cette première année de déstockage ont permis de mettre en avant des pistes de valorisation de ces données. Les résultats sur les trois bassins versants ont plus particulièrement été étudiés.

Lors de l'Année 1, a également été réalisé un outil de saisie par Internet pour cette base de données. Ce dernier permettra, à l'issue de ces 4 années de rattrapage des données, une saisie en continu et partagée par toutes les collectivités, administrations et acteurs de l'eau (mise en place d'un système d'identifiant/mot-de-passe).

La réalisation de cet outil de saisie par Internet a également nécessité la création d'une base Oracle qui remplacera l'ancienne base Access au cours de l'Année 2.

La poursuite du dépouillement des archives des autres administrations et collectivités (Départements, DDAF, DDE, Région, AESN, Université, Syndicats de Bassin Versants,...), la validation sélective des données sur le terrain et la mise en ligne de cette banque de données sur Internet sont prévus au cours des 3 prochaines tranches de ce projet.

Sommaire

1. Introduction	11
2. Présentation de l’inventaire	13
2.1. DEFINITIONS	13
2.2. OBJECTIFS	13
2.2.1. Etat actuel des données en Haute-Normandie	13
2.2.2. Objectif de l’inventaire bétoires	14
2.2.3. Application d’un tel inventaire	15
2.3. BASE DE DONNEES.....	16
2.3.1. Présentation	16
2.3.2. Architecture et champs	17
2.4. CAHIER DES CHARGES DU PRESENT INVENTAIRE	19
3. Nature des travaux réalisés lors de l’Année 1	21
3.1. CHOIX D’UNE METHODOLOGIE DE BANCARISATION	21
3.2. BILAN DE LA BANCARISATION	24
3.2.1. Bilan Bibliographique - rapports consultés et bancarisés	24
3.2.2. Bétoires, Exutoires et traçages bancarisés	27
3.2.3. Limites de la bancarisation	29
3.3. MISE EN PLACE D’UNE METHODOLOGIE DE VALIDATION TERRAIN DES DONNEES BANCARISEES.....	30
3.3.1. Tests méthodologiques	30
3.3.2. Bilan de ces tests méthodologiques de validation terrain.....	37
3.4. CONSOLIDATION DE LA BASE DE DONNEES	40
3.5. CREATION D’UN APPLICATIF DE SAISIE DISTRIBUE (SAISIE PAR INTERNET) ET D’UNE NOUVELLE BASE ORACLE.....	40
3.5.1. Objectif d’un applicatif de saisie par Internet.....	40
3.5.2. Travail de conception réalisé en Année 1	41
3.5.3. Principe de la saisie.....	41
3.6. PRISE DE CONTACT AVEC LES BUREAUX D’ETUDES.....	44

4. Analyse des résultats de la bancarisation	45
4.1. BETOIRES	45
4.1.1. Localisation des bétoires en Haute Normandie	45
4.1.2. Type de perte	52
4.1.3. Etat des bétoires	53
4.1.4. Contexte géomorphologique des bétoires	55
4.1.5. Environnement des bétoires et qualité des eaux d'engouffrement	56
4.1.6. Etat de renseignement des champs caractérisant les bétoires.....	61
4.2. SOURCES (EXUTOIRES)	62
4.3. TRAÇAGES.....	69
4.3.1. Etat de la connaissance des circulations souterraines en Haute-Normandie.....	69
4.3.2. Type de traceur	74
4.3.3. Date de réalisation des divers traçages	75
4.3.4. Fiabilité des résultats de traçage	75
4.3.5. Type d'équipement et type d'analyse.....	78
4.3.6. Traçages par famille de vitesse	80
4.3.7. Traçages doublon	83
5. Quelques applications	85
5.1.1. Base de référence régionale des bétoires / traçages.....	85
5.1.2. Carte de vulnérabilités des AEP	85
5.1.3. Vers la redéfinition des bassins versants hydrogéologiques	90
5.1.4. Vers la mise en place de préconisations régionales de protocoles de traçages	93
5.1.5. Applications scientifiques	94
6. Bilan pour les trois Bassins versants « tests »	95
6.1. ITON	95
6.2. ANDELLE	101
6.3. AUSTREBERTHE	105
7. Conclusion	111
8. Bibliographie	113

Liste des illustrations

Illustration 1 : Schéma de principe des données bancarisées dans la base de données Bétoires / Traçages / Exutoires	15
Illustration 2 : Page d'accueil de l'applcatif de saisie de la base de données Betoires/Traçages/Exutoire dans son format actuel (Access)	17
Illustration 3 : Principales tables de la base de données Bétoires / Traçages /Exutoires	18
Illustration 4 : Organigramme des différentes étapes de la bancarisation dans la base de données Bétoires / Traçages / Exutoires	21
Illustration 5 : Exemple de renseignement d'une fiche papier de saisie à partir d'une référence bibliographique et d'outils SIG	22
Illustration 6 : Bilan du destockage des archives DIREN et BRGM, en terme de nombre de rapports consultés et exploités, en date du 04/04/09	24
Illustration 7 : Bilan des fonds documentaires bancarisés (régroués par organisme auteur)	25
Illustration 8 : Bilan du destockage des archives DIREN et BRGM en termes de bétoires, d'exutoires et de traçages bancarisés en date du 04/04/09	28
Illustration 9 : Zones parcourues sur le Bassin Versant de l'Austreberthe (août 2008)	31
Illustration 10 : Zones parcourues sur le Bassin Versant de l'Andelle (août 2008 et mars-avril 2009)	31
Illustration 11 : Statistiques des tests de validation terrains d'août 2008	33
Illustration 12 : Zones parcourues sur le Bassin Versant de l'Iton (février 2009)	34
Illustration 13 : Statistiques des tests de validation terrains de février-Avril 2009.....	35
Illustration 14 : Répartition des différentes observations de terrain pour les 2 campagnes (en % du nombre total des observations de chaque campagne).....	35
Illustration 15 : Bétoires observées le lendemain de fortes précipitations.....	36
Illustration 16 : Méthodologie de validation terrain mise en place au cours de l'Année 1	39
Illustration 17 : Page d'accueil du nouvel applicatif de saisie par Internet	42
Illustration 18 : Page d'accueil de l'Etape 1	42
Illustration 19 : Etape 2 : saisie des points.....	43
Illustration 20 : Etape 3 : saisie d'un traçage	43
Illustration 21 : Carte de répartition des bétoires pour la région Haute-Normandie sur fond de carte avec Modèle Numérique de Terrain- Etat de la bancarisation au terme de l'Année 1	47
Illustration 22 : Carte de répartition des bétoires pour la région Haute-Normandie sur fond de carte géologique- Etat de la bancarisation au terme de l'Année 1 (bétoires classées par type de perte).....	49
Illustration 23 : Densité de bétoires par bassin versant hydrologique	51
Illustration 24 : Typologie des bétoires	52
Illustration 25 : Répartition des pertes par nature	52

Illustration 26 : Répartition des bétoires par état.....	53
Illustration 27 : Répartition des bétoires par état.....	53
Illustration 28 : Répartition des bétoires par état et par nature	54
Illustration 29 : Type d'aménagement des bétoires.....	55
Illustration 30 : Répartition des bétoires par géomorphologie.....	56
Illustration 31 : Environnement immédiat des bétoires.....	57
Illustration 32 : Nature des eaux d'engouffrement des bétoires.....	57
Illustration 33 : Localisation des bétoires recevant des eaux d'origine routière.....	59
Illustration 34 : Localisation des bétoires recevant des eaux d'origine agricole	60
Illustration 35 : Taux de renseignement de certains champs décrivant les caractéristiques des bétoires.....	61
Illustration 36 : Classes de débits des exutoires	63
Illustration 37 : Utilisation des exutoires	63
Illustration 38 : Carte de répartition des sources (exutoires) pour la région Haute-Normandie	64
Illustration 39 : Carte de répartition des sources en fonction de leur débit	65
Illustration 40 : Taux de renseignement de certains champs décrivant les caractéristiques des sources	67
Illustration 41 : Nombre de points de suivi par traçage	69
Illustration 42 : Carte de répartition des itinéraires souterrains traçés (traçages positifs) pour la région Haute-Normandie	71
Illustration 43 : Carte de répartition des traçages négatifs pour la région Haute-Normandie (le trait en rouge représente l'association du point d'injection et du point de suivi où le traceur n'est pas réapparu)	72
Illustration 44 : Localisation des 210 bétoires ayant fait l'objet de traçage	73
Illustration 45 : Type de traceurs utilisés	74
Illustration 46 : Répartition des traçages par date d'injection du traceur	75
Illustration 47 : Notes de fiabilité des 212 traçages positifs déjà cotés	77
Illustration 48 : Notes de fiabilité des 24 traçages négatifs déjà cotés.....	77
Illustration 49 : Type d'équipement de suivi utilisé pour les traçages	78
Illustration 50 : Type d'analyses réalisées pour les traçages.....	79
Illustration 51 : Répartition des différents itinéraires tracés positivement par classe de vitesse de restitution du traceur entre le point d'injection et le point de suivi.....	80
Illustration 52 : Familles de vitesses pour les traçages positifs.....	81
Illustration 53 : Nombre de traçages réalisés sur les points d'injection et les points de restitution de la zone d'étude.....	83

Illustration 54 : Bétoires à fort impact potentiel : bétoires tracées positivement en relation avec un AEP et signalement des AEP ayant des problèmes de turbidité	Prioritisation des aménagements de bétoires.....	87
Illustration 55 : Base de données servant à prioriser les aménagements en fonction de la vitesse des eaux reliant une bétoire à un AEP		89
Illustration 56 : Cas d'une bétoire dont les eaux d'engouffrement sont restituées dans au moins 5 bassins versants hydrogéologiques		91
Illustration 57 : Traçages trans-bassins versants hydrogéologiques.....		92
Illustration 58 : Nombre de traçages réalisés en Haute-Normandie avec une dose caractéristique inférieure ou supérieure à la dose préconisée par Ph Gombert [3]		93
Illustration 59 : Résultats des traçages en fonction de la quantité de traceur injectée (supérieure ou inférieure à la dose caractéristique de la fluorescéine)		94
Illustration 60 : Carte de localisation des bétoires dans le bassin versant de l'Iton.....		97
Illustration 61 : Carte de localisation des traçages positifs dans le bassin versant de l'Iton. Pour la vallée de l'Iton, les pertes sont préférentiellement situées dans les sections orientées N145 tandis que les sources de karst préférentiellement dans les sections orientées N65.....		98
Illustration 62 : Détail de l'inventaire bétoires / traçages sur une section de l'Iton, mettant en évidence des pertes sur une section orientée N145 (zone du sec Iton) ayant fait l'objet de nombreux traçages qui montrent une restitution de ces pertes dans la section de la rivière orientée N45 plus au nord		99
Illustration 63 : Trois traçages montrant un drainage de l'Iton par l'Eure (restitution au niveau des sources de Cailly sur Eure)		100
Illustration 64 : Carte de localisation des bétoires dans le bassin versant de l'Andelle		102
Illustration 65 : Carte de localisation des traçages positifs dans le bassin versant de l'Andelle.....		103
Illustration 66 : Carte de localisation des traçages négatifs dans le bassin versant de l'Andelle.....		104
Illustration 67 : Zones du bassin versant ayant fait l'objet de terrain dans le cadre des études hydrauliques d'INGETEC et des validations terrain du BRGM.....		105
Illustration 68 : Carte de localisation des bétoires dans le bassin versant de l'Austreberthe par rapport aux axes de talweg		107
Illustration 69 : Carte de localisation des traçages positifs dans le bassin versant de l'Austreberthe		108
Illustration 70 : Carte de localisation des traçages négatifs dans le bassin versant de l'Austreberthe		109

Liste des annexes

Annexe 1 - Généralités sur le contexte hydrogéologique haut normand.....	115
Annexe 2 - Fiches de bancarisation de l'Inventaire Bétoires / Traçages / Exutoires.....	121
Annexe 3 - Fiche de validation terrain des Bétoires	131

1. Introduction

Le karst haut-normand¹ génère en surface des effondrements naturels² qui constituent des points d'engouffrement (bétoires) des eaux superficielles vers la nappe phréatique de la craie sans filtration naturelle par le sol.

Ce karst est à l'origine de la turbidité : les eaux souterraines en Haute-Normandie sont soumises à de fortes contraintes, liées aux phénomènes d'érosion des sols sur les plateaux, qui altèrent fréquemment leur qualité (notamment pour l'Alimentation en Eau Potable). En effet, lors des épisodes pluvieux, les bétoires servent de vecteurs aux matières en suspension provenant des terres mises à nu ainsi qu'aux polluants type phytosanitaires issus des terres agricoles et les restituent à grande vitesse [5] dans les drains karstiques et donc dans les captages d'eau potable qui les captent.

Pour tenter de résoudre les problèmes posés par ce karst, les différents opérateurs du domaine de l'eau (collectivités, syndicats de bassin versant, administrations, bureaux d'études, etc.) réalisent de nombreuses études sur ces bétoires : leur impact sur la qualité des eaux souterraines, leurs liens avec des forages ou des sources (exutoires).

Les informations obtenues ne sont pas centralisées ni « capitalisées ». En particulier, il n'est pas rare de voir recommencer des traçages déjà réalisés mais oubliés. De plus, aucune étude de synthèse d'envergure ne peut être engagée sans la mise à disposition préalable de ces données de base.

L'enjeu est pourtant fort : les bétoires mettant en contact direct les eaux de ruissellement avec la nappe de la craie, celle-ci devient alors très vulnérable à la turbidité, aux pollutions type phytosanitaires ainsi qu'aux pollutions accidentelles. Les ressources en eau souterraine de Haute-Normandie (soit plus de 95 % de l'alimentation en eau potable) sont sensibles à de tels événements qui peuvent induire des coupures de l'alimentation en eau de collectivités. Par ailleurs, tout projet d'aménagement doit nécessairement tenir compte de ces phénomènes (du moins ceux qui sont déjà connus) qui prennent place sur les plateaux comme dans les vallées, en raison des mouvements de terrain qu'ils provoquent et de la vulnérabilité de la nappe phréatique.

C'est ainsi que la Région Haute-Normandie, les Départements de l'Eure et de la Seine-Maritime en partenariat avec l'Agence de l'Eau Seine Normandie et le BRGM ont décidé de se doter d'une base de données recensant les informations historiques des phénomènes karstiques de la région Haute-Normandie : les points d'entrée du karst

¹ Le « karst de la craie » constitue des écoulements dans des fissures élargies dans ce calcaire, voire de véritables réseaux pénétrables par des spéléologues.

² Différents par essence des effondrements de « marnières », d'origine anthropique.

(Bétoires), les points de sortie (Exutoires ou sources) ainsi que les itinéraires liant les entrées et les sorties par traçage.

Suite à une phase pilote réalisée en 2003 et qui avait montré la faisabilité de ce projet, l'inventaire régional en Haute-Normandie des éléments connus du karst de la craie a débuté en 2008 et a pour objectif de :

- récupérer toutes les données concernant le karst de la craie en Haute-Normandie, et les archiver au sein d'un même réservoir numérique (support papier associé) ;
- pouvoir utiliser ces données dans un système d'information géographique (SIG) ;
- mieux comprendre le fonctionnement du système karstique et ainsi améliorer la prévention contre les dégradations de la qualité chimique de l'aquifère crayeux (turbidité, nitrates, pesticides), notamment pour les captages AEP.

Compte tenu, de l'ampleur estimée du travail d'inventaire, la bancarisation des données historiques archivées dans les différentes collectivités ou administrations est étalée sur 4 années.

Le présent rapport constitue le rapport de fin travaux de l'Année 1.

Remarques :

1. *Un rappel sur le contexte hydrogéologique haut normand est proposé en Annexe 1 ;*
2. *Lors de la rédaction de ce rapport, le déstockage des données de la DIREN était encore en cours. Les résultats indiqués sont donc valables à la date de la rédaction de ce rapport ;*
3. *Bien qu'aucune valorisation des données n'était demandée dans le cadre du rapport de l'Année 1, des premiers traitements de données ont été réalisés (cf. paragraphes « 4. Analyse des résultats de la bancarisation », « 5. Quelques applications » et « 6. Bilan pour les trois Bassins versants tests » afin de donner un aperçu des possibilités qu'offre une telle base de données. Ces traitements ne constituent que des pistes de valorisation des données. En effet, ils ont été réalisés à partir des données déstockées au cours de la première année du projet seulement (données du BRGM et de la DIREN) ; ces résultats de bancarisation sont donc provisoires.*

2. Présentation de l'inventaire

2.1. DEFINITIONS

Bétoire : le mot bétoire, appelé « bois-tout » en cauchois, désigne un orifice naturel qui perce le sol, et dans lequel s'engouffrent les eaux de surface. Une bétoire favorise la pénétration rapide des eaux de ruissellement de surface vers les eaux souterraines, assurant une communication directe entre la surface et le réseau karstique sous-jacent. Il s'agit d'une perte karstique adaptée à la géologie régionale : la bétoire traverse souvent une forte épaisseur de formations superficielles (limons, argiles à silex, ...), avant d'atteindre la craie elle-même.

Traçage : les traçages consistent à injecter un traceur (colorant, chimique, radioactif, isotopique, bactérien, naturels) dans un point d'entrée du karst et de suivre l'éventuelle réapparition du traceur en différents points (points de suivi ou de restitution). Le but est de qualifier et quantifier un lien hydrogéologique entre deux points. Outre la mise en évidence des relations karstiques entre deux points, les traçages permettent d'obtenir des informations sur la direction de l'écoulement, la vitesse de transfert des eaux entre les deux points, la dispersion,...

2.2. OBJECTIFS

2.2.1. Etat actuel des données en Haute-Normandie

Des inventaires bétoires ont été réalisés dans le passé dans le cadre de différents types d'études (plan d'épandage des boues de station d'épuration, études d'impact, projet de travaux de drainage, études environnementales pour l'instauration des périmètres de protection, études hydrauliques de bassins versants, etc.). Ces informations sont aujourd'hui dispersées dans les archives des différentes administrations, collectivités ou bureaux d'études.

De même, les traçages des circulations d'eaux souterraines sont réalisés généralement pour étudier les relations souterraines qui peuvent exister entre une bétoire, un rejet de station d'épuration et des captages AEP. La plupart des traçages sont réalisés par des bureaux d'études sur la base de cahiers des charges hétérogènes parfois sommaires. Il n'existe pas de règles de validation des protocoles de traçage. Il est ainsi probable que certains traçages négatifs soient en réalité de « faux négatifs » à cause d'une quantité trop faible de traceur injectée, d'une durée de suivi trop courte, d'une méthode analytique insuffisamment sensible, ou d'une période d'exécution de trop basses eaux [3]. Cette situation peut en partie être imputable à une absence de retour d'expérience à grande échelle de la réalisation de traçages dans le contexte karstique particulier de la Haute-Normandie.

Ainsi, sans réel recul sur les résultats des traçages déjà réalisés, aucune règle de l'art pour leur réalisation n'a pu être mise en place dans la région.

En définitive, l'information des inventaires de bétoires et des rapports de traçages est actuellement épars et non mobilisable facilement. A chaque nouvelle étude, une recherche importante de fond bibliographique doit être menée et s'avère souvent incomplète provoquant la réalisation d'études existantes. Aucune visibilité régionale des données acquises n'est actuellement disponible.

2.2.2. Objectif de l'inventaire bétoires

L'Inventaire Bétoires/Traçages/Exutoires consiste à créer pour la Haute-Normandie, un outil :

- de capitalisation des connaissances,
- de gestion des phénomènes karstiques et notamment des phénomènes d'infiltration rapide des eaux de surfaces dans les eaux souterraines.

Le but est de disposer d'une connaissance la plus complète possible (Illustration 1):

- **des bétoires** (points d'engouffrement rapide), géolocalisation et synthèse des informations existantes pour chaque point (localisation, fonctionnement, anthropisation...),
- **des circulations souterraines mises en évidence par traçages.** *Les opérations de traçage permettent par exemple de prouver la liaison entre une bétoire et un captage AEP et apportent des données indispensables à une bonne gestion de l'exploitation de la ressource :*
 - *durée du transport du polluant,*
 - *direction d'écoulement,*
 - *pourcentage de restitution d'un polluant, etc...*
- **des exutoires naturels** (sources) de la nappe de la craie ainsi que les informations associées (débits, problèmes de qualités observés,...).

Le but étant également de mettre à disposition des collectivités, des administrations, des acteurs de l'eau et du public, ces données via un site de consultation.

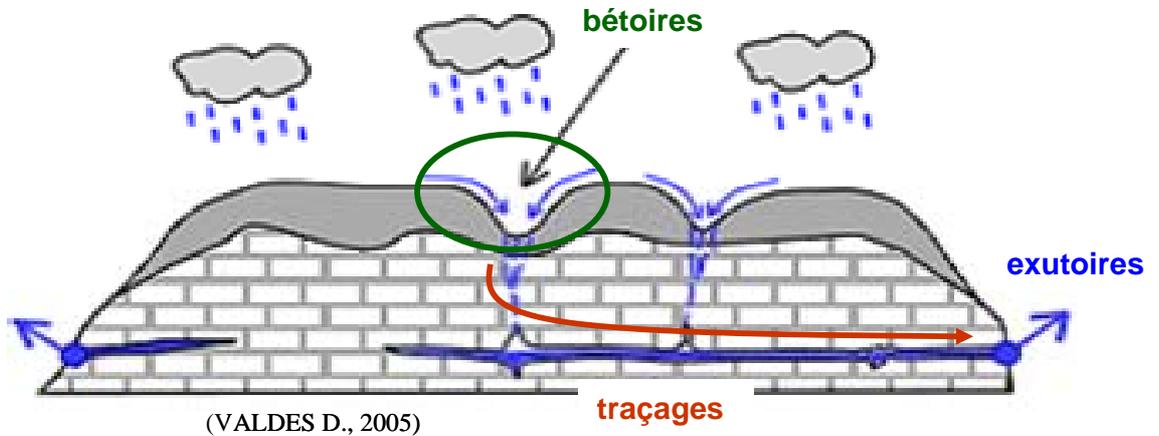


Illustration 1 : Schéma de principe des données bancarisées dans la base de données Bétoires / Traçages / Exutoires

2.2.3. Application d'un tel inventaire

Cette Base de Données permettra entre autres :

1. de disposer d'une base de référence centralisée pour tous les acteurs de l'eau de la région, permettant notamment :
 - a. de faciliter l'accès à l'information et le transfert des connaissances acquises vers les collectivités et bureaux d'études, à l'aide de fichiers et de cartes facilement accessibles par Internet (données utiles pour les SAGE, la mise en place de périmètres de protection (notamment les périmètres satellites), les études de bassins d'alimentation de captage, etc...),
 - b. d'augmenter progressivement la fiabilité des données bancarisées en intégrant les résultats des observations terrain de chaque étude réalisée dans la région,
 - c. de mieux comprendre le fonctionnement du système karstique et ainsi d'améliorer la prévention contre les dégradations de la qualité chimique de l'aquifère crayeux (turbidité, nitrates, pesticides), notamment pour les captages AEP ;
2. de mettre en place des plans d'action pour la lutte contre les problèmes de qualité des AEP vulnérables en hiérarchisant les risques : aménagement des bétaires représentant le plus grand risque pour les ressources ;

3. de programmer des traçages à réaliser (zones à bétoires jamais encore investiguées, zones d'AEP vulnérables...) aux vues des lacunes de données qui seront ainsi mises en évidence ;
4. de réaliser des économies substantielles :
 - a. en réduisant le temps de réalisation des travaux sur ce sujet (cet inventaire est actuellement effectué localement en préalable à toute étude : il sera fait une fois pour toute,
 - b. en évitant de réaliser des études redondantes (traçages) ;
5. enfin, l'énorme masse d'informations ainsi rassemblée constituera un échantillon enfin représentatif pour avancer dans la compréhension de ces phénomènes (cf. travaux avec l'Université de Rouen). La valorisation de ces données pourrait avoir des retombées dans d'autres domaines : par exemple, la compréhension de la répartition des bétoires permettrait de mieux distinguer cavités naturelles (« bétoires ») et anthropiques (« marnières ») avec des conséquences importantes sur l'urbanisme ...

2.3. BASE DE DONNEES

2.3.1. Présentation

L'outil de bancarisation est une base de données spécialement conçue pour le projet dans le cadre de la phase pilote de 2003. Le détail de la conception et de l'architecture de cette base est détaillé dans le rapport BRGM/RP-52423-FR de 2003 [1]. Le paragraphe qui suit constitue une présentation succincte de cette base.

Il s'agit d'une base Access construite dans la perspective d'un transfert vers Oracle. La réalisation de la base Oracle et d'un applicatif de saisie par Internet a fait partie des travaux de l'Année 1.

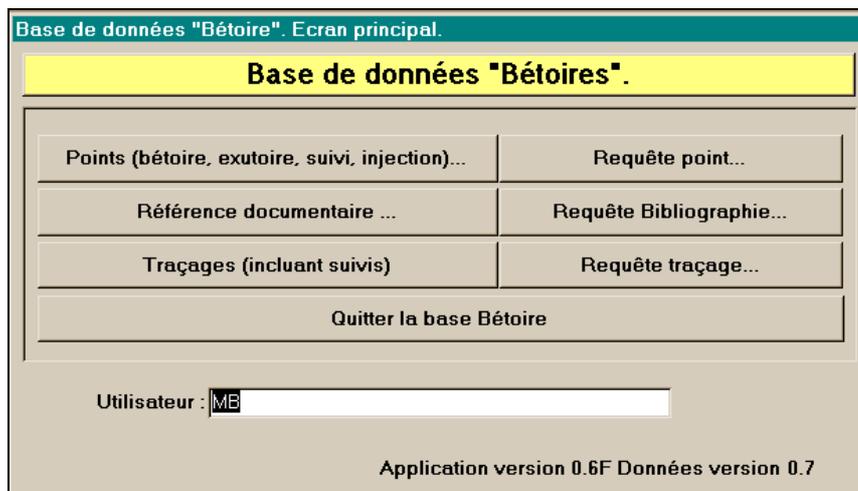


Illustration 2 : Page d'accueil de l'appliquatif de saisie de la base de données Bétoires/Traçages/Exutoire dans son format actuel (Access)

Un guide d'utilisation de cet outil informatique a été rédigé en mars 2003 et a fait l'objet du rapport BRGM/RP-52343-FR [2]. Ce guide est mis à jour régulièrement.

2.3.2. Architecture et champs

L'architecture simplifiée de la base est présentée sur l'illustration 3.

La base informatique considère trois types d'objets différents (et 3 sous-menus correspondants), chacun faisant l'objet d'une numérotation séquentielle simple :

- les références bibliographiques,
- les points (les points d'entrée du karst : bétoires, les points de sortie : les sources (exutoires), les points d'injection et de suivi des traceurs (quand il ne s'agit pas de bétoires ou de sources)),
- les traçages.

C'est dans cet ordre que les données doivent être saisies : on entre en premier lieu les références bibliographiques du document en cours de déstockage, puis les différents points, et s'il y a lieu, les données du traçage sur les différents points concernés par l'opération.

La saisie informatique dans la base est précédée du renseignement de fiches papiers reprenant l'ensemble des champs disponibles dans la base. Ces fiches papier sont présentées en Annexe 2.

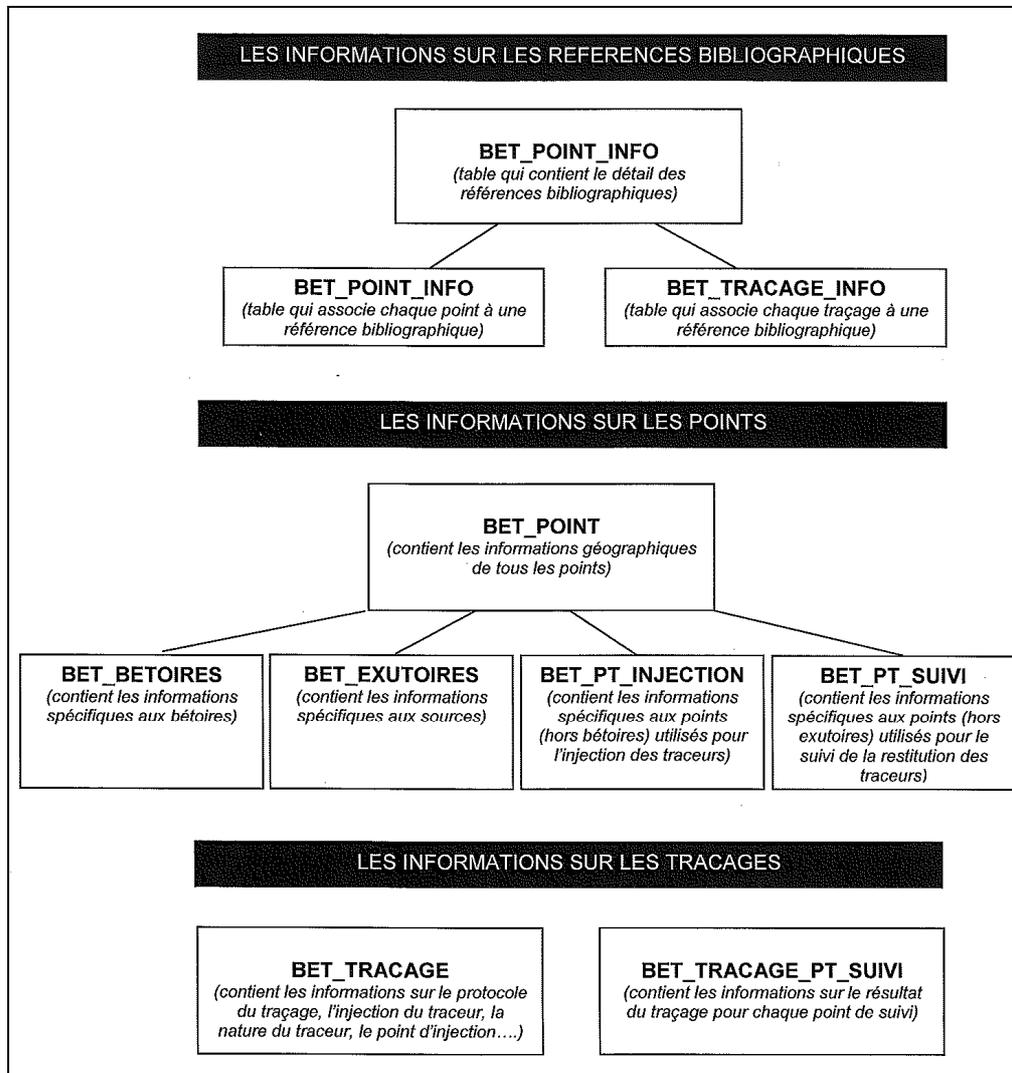


Illustration 3 : Principales tables de la base de données Bétoires / Traçages / Exutoires

2.4. CAHIER DES CHARGES DU PRESENT INVENTAIRE

La durée totale du projet est de 4 années. Le phasage prévu est le suivant :

Année 1 :

- Déstockage des archives du BRGM et de la DIREN,
- Compilation des données sous format papier et saisie dans la base de données,
- Elaboration d'une méthodologie de validation terrain,
- Tests méthodologiques de validation de terrain ciblés sur 3 Bassins Versants : Andelle, Austreberthe et Iton,
- Consolidation de la base de données Access,
- Création d'un applicatif de saisie distribué (saisie par Internet) et d'une nouvelle base Oracle.

Année 2 :

- Poursuite du déstockage et de la saisie : documents bibliographiques issus de la DDAF 27, la DDAF 76, la DDE 27, la DDE 76, le CG 27 et le CG 76,
- Réalisation de tests méthodologiques de validation de terrain sur les bassins versants de la Risle Aval, de la Lézarde et de l'Oudale,
- Finalisation de la base de données Oracle,
- Fin de la création de l'applicatif de saisie distribuée et mise en service,
- Rédaction d'un rapport d'avancement.

Année 3 et 4 :

Les années 3 et 4 seront consacrées :

- à la fin du déstockage des archives des partenaires (Conseil Régional, AESN, Université de Rouen) ainsi qu'éventuellement au déstockage de données détenues par des organismes extérieurs (bureaux d'études, CETE, Syndicats de Bassin versant),
- à la validation sélective des données sur le terrain,
- à la réalisation d'un site de consultation des données,
- à l'analyse statistique et à la valorisation des données.

Lors de la dernière année et avant la mise en service du site de consultation des données, un travail important de « nettoyage » et de compléments de la base sera nécessaire et comprendra notamment l'analyse des doublons de la base, l'éventuel complément par traitement SIG et calculs informatisés, lorsque cela sera possible, de champs non renseignés (calcul de l'impluvium de chaque bétoire si possible) et un travail important de validation terrain sur la base des méthodologies définies lors des années 1 et 2.

3. Nature des travaux réalisés lors de l'Année 1

3.1. CHOIX D'UNE METHODOLOGIE DE BANCARISATION

L'Année 1 a nécessité le choix d'une méthodologie pour la bancarisation des données. Celle-ci est présentée sur l'illustration 4 :

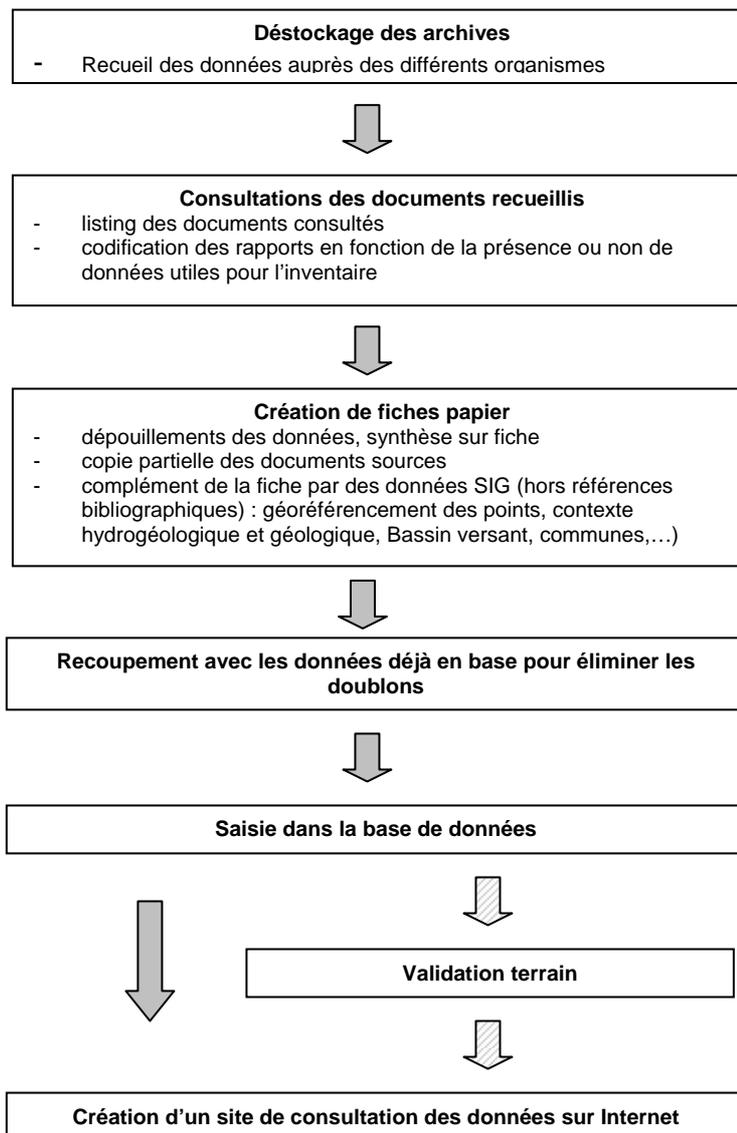


Illustration 4 : Organigramme des différentes étapes de la bancarisation dans la base de données Bétoires / Traçages / Exutoires

Le travail comprend à la fois :

a. **Un tri des rapports** pour ne sélectionner que ceux comportant des données sur les événements qui intéressent l’Inventaire (Bétoires, Sources et Traçages),

b. **Le dépouillement de chaque rapport** pour en extraire les données présentes et les synthétiser sur les fiches papier (cf. Annexe 2 et Illustration 5),

c. **Un complément de données (hors référence bibliographique) en utilisant des outils SIG** : géo-référencement de chaque point (calcul des coordonnées sans un système de projection Lambert), données de localisation, contexte géologique, hydrogéologique, géomorphologique, bassins versants hydrologique et hydrogéologiques.... (Illustration 5),

N° intermédiaire :
N° identifiant :
N° BSS :

I – IDENTIFICATION	
Commune :	Numéro INSRE : Département :
Lambert kilométrique : ... X :	Y : Précision : +/- m Mode d'obtention :
Altitude : m	Précision : +/- m
Désignation locale courante :	
Lieu dit :	
Points de repère :	
Carte IGN n° :	Nom :
Bassin versant hydrographique :	Bassin versant hydrogéologique :
II – DESCRIPTION	
CARACTERISTIQUES DE LA PERTE	
Type d'engouffrement : <input type="checkbox"/> perte pouce <input type="checkbox"/> doline bétoires <input type="checkbox"/> affaissement de bétoires <input type="checkbox"/> zone d'infiltrat diffuse <input type="checkbox"/> indice non validé de perte	
Diamètre : m	Profondeur : m
Etat : <input type="checkbox"/> naturel <input type="checkbox"/> anthropisé <input type="checkbox"/> indéterminé	
Si anthropisée : <input type="checkbox"/> dérivation des flux <input type="checkbox"/> apport de flux <input type="checkbox"/> transformation en puit d'injection <input type="checkbox"/> recharge	
<input type="checkbox"/> obstruction (mise H. S.) <input type="checkbox"/> rebouchage (mise versant) <input type="checkbox"/> remblaiement (règle de l'air) <input type="checkbox"/> autres	
Engouffrement fonctionnel : <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/> incertain	
Si engouffrement fonctionnel : <input type="checkbox"/> permanent <input type="checkbox"/> actif <input type="checkbox"/> peu actif <input type="checkbox"/> occasionnel	
Commentaires :	
HYDROGÉOLOGIE	
Implan (km ²) : Profondeur de la nappe (m) :	
Débit d'engouffrement (l/s) moyen : maximal : Capacité maximale d'entrée (l/s) :	
Nature des eaux d'engouffrement : <input type="checkbox"/> pluvial <input type="checkbox"/> eaux d'eau	
<input type="checkbox"/> effluents industriels <input type="checkbox"/> effluent d'assainissement <input type="checkbox"/> eaux usées non traitées	
<input type="checkbox"/> routier <input type="checkbox"/> domestique <input type="checkbox"/> agricole	
<input type="checkbox"/> nature de labours <input type="checkbox"/> culture permanente <input type="checkbox"/> élevage <input type="checkbox"/> drainage	
<input type="checkbox"/> Eaux turbides (oui/non)	
Commentaires :	
ENVIRONNEMENT DU SITE	
Contexte géomorphologique : <input type="checkbox"/> plateau <input type="checkbox"/> dialweg <input type="checkbox"/> anorece de versant <input type="checkbox"/> versant <input type="checkbox"/> fond de vallée sèche <input type="checkbox"/> fond de vallée humide	
<input type="checkbox"/> lit de rivière	
Environnement immédiat : <input type="checkbox"/> culture <input type="checkbox"/> prairie <input type="checkbox"/> bois <input type="checkbox"/> habitation <input type="checkbox"/> voirie <input type="checkbox"/> industrie	
Stratigraphie de la crête :	
Autres pertes fonctionnant en parallèle :	
Commentaires :	

Champs renseignés à partir des données collectées sur MapInfo®

Champs renseignés à partir des données du rapport

Illustration 5 : Exemple de renseignement d'une fiche papier de saisie à partir d'une référence bibliographique et d'outils SIG

d. L'élimination des doublons :

Une attention particulière est portée pour éviter la création de doublons (point créé en base alors qu'il est déjà bancarisé). La présence de doublons est favorisée par :

- la localisation parfois approximative sur carte, des bétoires dans les rapports d'études,
- le rebouchage fréquent des bétoires par les riverains, et leur réouverture possible à quelques mètres de la zone rebouchée,
- l'évolution permanente du karst au cours du temps.

Ainsi, lorsque deux rapports d'études (réalisées sur une même zone géographique mais à des décennies d'intervalle), signalent la présence de bétoires à des positions proches, une incertitude réside dans le fait de savoir s'il s'agit de la même bétoire avec une localisation approximative ou s'il s'agit de 2 bétoires distinctes (l'ancienne ayant pu être rebouchée et une nouvelle ayant pu apparaître).

Pour traiter cette incertitude récurrente, les règles de saisies suivantes ont été fixées :

	Point à créer	Point à ne pas créer
Règles fixées pour éviter les doublons	<ul style="list-style-type: none"> - Distance supérieure à 50 m des autres points - Distance inférieure à 50 m mais analyse des doublons favorable (comparaison fiabilité localisation des points = échelle carte de situation, situation géographique clairement différente) 	<ul style="list-style-type: none"> - Distance inférieure à 50 m pour données issues de carte au 50 000e ou plus - Représentation cartographique ne permettant pas le doute

e. Saisie en base

Un guide d'utilisateur de la base de données a été réalisé en 2003 et est mis à jour régulièrement.

Il comporte la description et un éclairage de chacun des champs de la base ainsi que des règles de gestion des incertitudes.

Il compile ainsi toutes les règles de saisie afin d'avoir une méthode de bancarisation la plus homogène possible et ce, quelque soit l'utilisateur.

3.2. BILAN DE LA BANCARISATION

3.2.1. Bilan Bibliographique - rapports consultés et bancarisés

a) Rappel de la méthodologie retenue pour la consultation des rapports

La méthodologie retenue pour le déstockage des archives a été d'attribuer un code à chaque rapport d'archives déstocké :

- Code 1 : rapport consulté et possédant des données utiles à l'inventaire ;
- Code 2 : rapport consulté mais sans donnée intéressante ;
- Code 3 : le rapport ne concernant pas l'inventaire, non consulté.

Un fichier Excel contenant la liste des rapports consultés (code 1 + code 2) est renseigné afin de pouvoir garder une trace du travail de consultation réalisé et afin d'éviter de réitérer inutilement ce travail lors de la consultation des archives de chaque organisme.

Seuls les rapports de Code 1 ont été bancarisés dans la base de données.

b) Bilan de bancarisation

A la date du 04/04/09, le déstockage des archives BRGM et DIREN a nécessité la consultation de 5466 rapports (code 1 + code 2) – à noter que le déstockage de la DIREN était à cette date en cours-. Sur ces 5466 rapports consultés, seuls 497 contenaient des données utiles à l'inventaire et ont été bancarisés (code 1).

BILAN (en date du 04/04/09)	Nombre de rapports consultés	Nombre de rapports exploités
BRGM (phase pilote)	129	64
BRGM (Année 1)	3323	159
DIREN (Année 1 à la date du 04/04/09)	2014	274
TOTAL (BRGM +DIREN)	5466	497

Illustration 6 : Bilan du destockage des archives DIREN et BRGM, en terme de nombre de rapports consultés et exploités, en date du 04/04/09

Ainsi, parmi l'ensemble des rapports qui ont été consultés, seuls 8% comportaient des informations utiles à l'inventaire et ont été saisis en base.

La liste des rapports bancarisés, regroupés par organismes est présentée dans l'illustration qui suit :

ORGANISMES	Nombre de rapports bancarisés	% du total des rapports bancarisés
BRGM	217	49,1%
AVIS D'HYDROGEOLOGUES AGREES	35	7,9%
SOGETI	26	5,9%
INGETEC	21	4,8%
HORIZONS	20	4,5%
SODEREF	19	4,3%
DDAF	13	2,9%
GAUDRIOT et GAUDRIOT GEOTHERMA	13	2,9%
UNIVERSITE DE ROUEN, PIERRE MARIE CURIE PARIS, DE CAEN, DE PICARDIE, FACULTE POLYTECHNIQUE DE MONS	10	2,3%
ANTEA	8	1,8%
AQUA - SOL PROJETS	7	1,6%
CHAMBRE D'AGRICULTURE SEINE-MARITIME	6	1,4%
AMETER	4	0,9%
BURGEAP	4	0,9%
SOGREAH	4	0,9%
DDASS	3	0,7%
G2C environnement	3	0,7%
BET SOGETI	2	0,5%
HYDROEXPERT	2	0,5%
SAFEGE	2	0,5%
SCETAUTOROUTE	2	0,5%
SEDE	2	0,5%
Autres (AREAS, ASTER, BETURE, CETE, CPGF, DDE, DRIRE, ECO-ENVIORNMENT, GINGER,OYO, SANEF, SAUNIER,SYDAR,....)	19	4,3%

Illustration 7 : Bilan des fonds documentaires bancarisés (régrouvés par organisme auteur)

Les rapports du BRGM représentent à l'heure actuelle la moitié des rapports mis en base. A l'issue du déstockage de l'Année 1, quatre bureaux d'études (BE) se distinguent en termes de nombre de rapports bancarisés : SOGETI, INGETEC, HORIZON et SODEREF.

Les rapports du BRGM, des hydrogéologues agréés et de ces 4 BE représentent 75% du nombre total de rapports bancarisés.

Pour le BRGM, les données bancarisées peuvent se résumer de la façon suivante :

- Cartes géologiques (seules les cartes n°77, 123, 148, 149, 178, 179 et 215 contenaient des données de Bétoires pour la Haute-Normandie),
- Rapports du BRGM (de 1960 à aujourd'hui),
- Notes du BRGM (de 1960 à aujourd'hui),
- Rapports d'hydrogéologues agréés (bétoires extraites dans le cadre du projet POLLAC),
- Bétoires recensées dans les fiches POLLAC des captages AEP de Haute-Normandie,
- 5 thèses dont Rico, Calba, Masseï,
- Données bétoires inventoriées et compilées dans le cadre du rapport Aléa-Erosion (après examen, seules les données issues des cartes géologiques se sont avérées fiables et ont été récupérées),
- Les données AEP et sources de la BSS numérique (déversement automatique),
- Quelques rapports de Bureaux d'études isolés,

Un travail de préparation au basculement des données de bétoires de la base Cavité Souterraine pour la Seine-Maritime a également été réalisé. Ce travail a consisté à étudier la compatibilité de ces deux bases pour effectuer des basculements automatiques de données.

Pour la DIREN, les rapports qui contenaient des données sont principalement ceux issus de bureaux d'études ou du BRGM et ayant traités aux thématiques suivantes (liste non exhaustive) :

- Etudes d'impact dans le cadre de la réalisation :
 - d'ouvrages de lutte contre les inondations
 - de stations d'épuration
 - de retenue ou rejet d'eaux pluviales
 - de création de puits filtrants
 - d'aménagements routiers/autoroutiers

- Plans d'épandage des boues de station d'épuration
- Projets de travaux de drainage (assainissement/ hydraulique agricole)
- Etudes environnementales pour l'instauration des périmètres de protection, DUP
- Etudes hydrauliques de bassins versants,
- Inventaires communaux des cavités,
- Etc.....

A noter que nous avons également procédé au basculement de la base Access « Sources » de la DIREN qui comportait des données de débits pour les sources de Haute-Normandie.

Les données transférées de cette base vers la base Bétoires/Traçages/Exutoires concernaient les champs de température de l'eau, du débit moyen et de commentaires.

3.2.2. Bétoires, Exutoires et traçages bancarisés

A la date du 04/04/09, le dépouillement des archives du BRGM et de la DIREN a déjà permis la bancarisation de 8704 points et 394 opérations de traçages, se répartissant comme suit :

- 6320 bétoires,
- 1495 exutoires (sources),
- 753 points de suivi (hors exutoires),
- 136 points d'injection (hors bétoires),
- 1251 circulations souterraines tracées (par 394 injections de traceurs).

La répartition par archive d'origine est présentée dans l'illustration suivante :

BILAN (en date du 04/04/09)	Nombre de bétoires	Nombre d'exutoires	Nombre de points de suivi	Nombre de points d'injection	Nombre de traçages (injection de traceur)	Nombre de circulations souterraines tracées
BRGM (phase pilote)	2594	1449	706	15	144	1251
BRGM (Année 1)	749	12	28	82	187	
DIREN (Année 1 en cours)	2977	34	19	39	63	
TOTAL (BRGM +DIREN)	6320	1495	753	136	394	1251

Illustration 8 : Bilan du destockage des archives DIREN et BRGM en termes de bétoires, d'exutoires et de traçages bancarisés en date du 04/04/09

A noter que sur les 6320 bétoires bancarisées, 1565 sont issues des cartes géologiques, les autres sont issues de rapports isolés. Concernant les exutoires, sur les 1494 bancarisées, 1354 proviennent de la BSS.

Ainsi en excluant les données déversées de la BSS ou les données des cartes géologiques, on aboutit en moyenne à des densités d'évènements par rapports d'études de :

- 8 bétoires / rapport,
- 0,2 source / rapport,
- 0,9 traçage / rapport.

A noter que de nombreuses bétoires sont citées dans plusieurs rapports différents. Les fiches ainsi créées ne sont pas prises en compte dans les statistiques. Le nombre moyen de bétoires évoqué ci-dessus est largement sous-estimé.

Lorsqu'un rapport apporte une nouvelle information sur une bétoire déjà bancarisée, sa référence bibliographique est associée à la bétoire en question. Si aucune information complémentaire n'est apportée par ce rapport, sa référence n'est pas associée.

3.2.3. Limites de la bancarisation

Les informations récoltées proviennent de fonds bibliographiques très variés. Toutes les références bibliographiques n'apportent pas la même qualité ni le même détail de données.

La base de données comporte de nombreux champs pour essayer de qualifier la qualité des données bancarisées comme l'imprécision des coordonnées, le type de traçage (qualitatif/quantitatif,...). La qualité des données est aussi visible par le nombre de champs renseignés par point.

Il apparaît parfois, pour certaines références bibliographiques, que la seule information disponible pour une bétoire est sa position géographique (cas de certains inventaires de bétoires, cartes géologiques, études d'impact....).

Des statistiques ont été réalisées pour rendre compte des taux de renseignement des principaux champs disponibles dans la base (cf. §4).

3.3. MISE EN PLACE D'UNE METHODOLOGIE DE VALIDATION TERRAIN DES DONNEES BANCARISEES

La validation intégrale sur le terrain de toutes les bêtaires bancarisées n'étant pas envisageable pour des raisons de temps et de budget, l'un des objectifs des années 1 et 2 du projet est de mettre en place une méthodologie de validation terrain sélective des bêtaires.

Cette sélection passe nécessairement par la mise en place d'une priorisation des données à vérifier.

Ce travail méthodologique a débuté par une prise de contact avec l'Université de Rouen. Une convention a été signée pour notamment bénéficier de leur retour d'expérience dans ce domaine.

Deux séries de tests méthodologiques ont ensuite été réalisées, l'une en période d'été (août 2008) et l'autre en période d'hiver (février 2009), sur les trois bassins versants définis par les partenaires : l'Andelle, l'Austreberthe et l'Iton.

L'ensemble de ces expériences de terrain ont permis d'établir des critères de priorisation pour la validation sur le terrain des données de bêtaires.

3.3.1. Tests méthodologiques

a) Partenariat avec l'Université de Rouen

2 journées de terrain ont été réalisées avec l'université de Rouen sur trois zones correspondant aux secteurs d'études de 3 thésards de l'université : Fontaine-sous-Préaux, Bouville et les sources de Radicatel.

Ces journées ont été l'occasion de bénéficier du retour d'expérience terrain de l'université.

b) Test méthodologique d'été - Bassin Versant de l'Austreberthe et de l'Andelle - Août 2008

13 journées de test méthodologique pour la validation terrain ont été effectuées en période d'été (Août 2008), principalement sur le bassin versant de l'Austreberthe et une partie sur le bassin versant de l'Andelle.

Le terrain parcouru est présenté sur les Illustration 9 et Illustration 10.

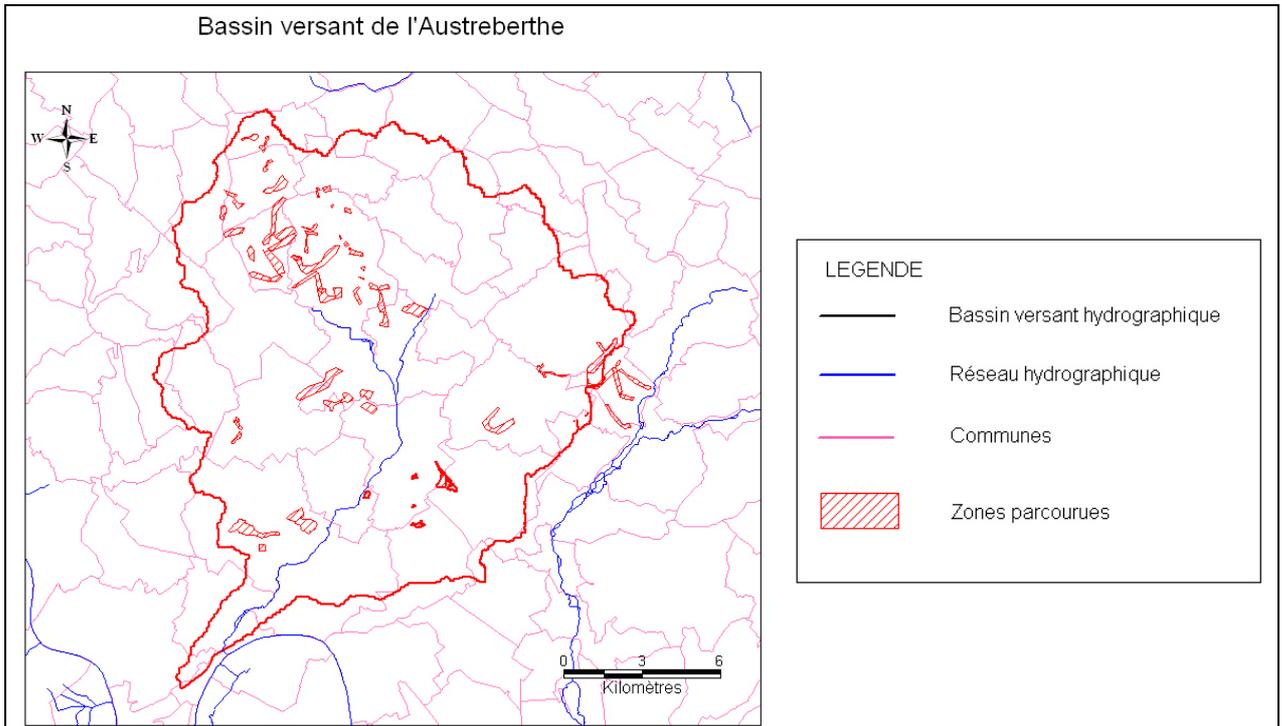


Illustration 9 : Zones parcourues sur le Bassin Versant de l'Austreberthe (août 2008)

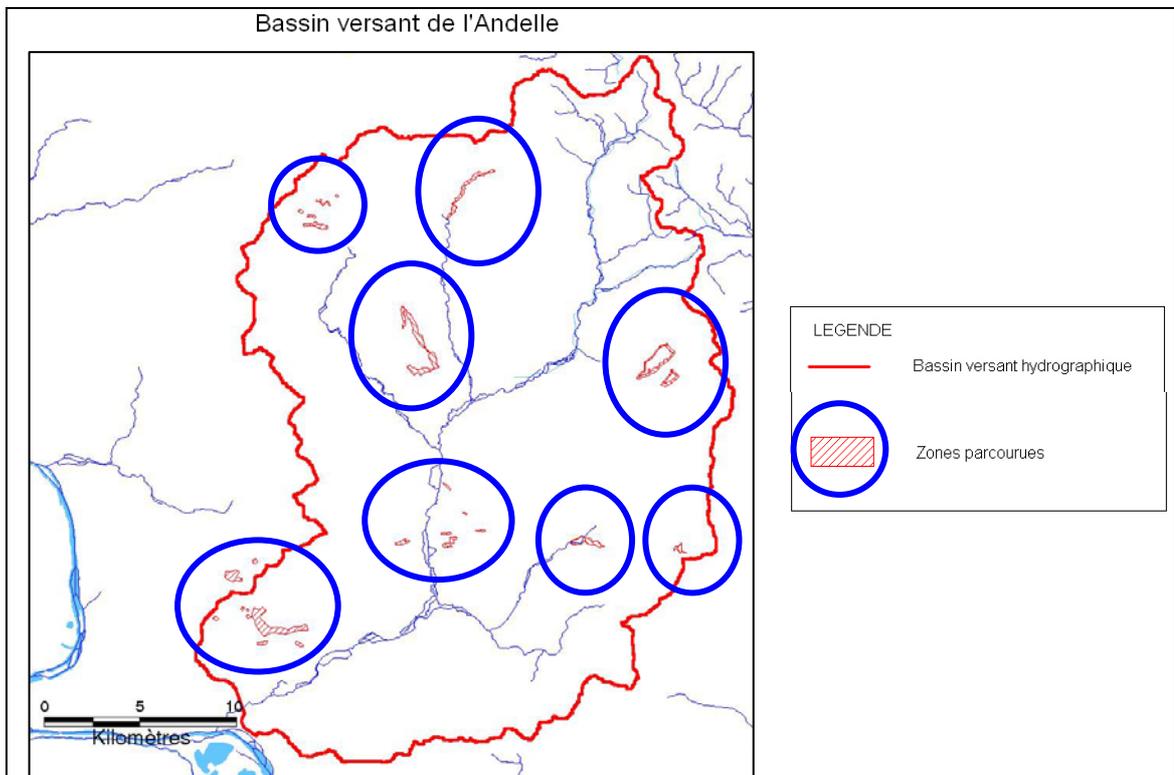


Illustration 10 : Zones parcourues sur le Bassin Versant de l'Andelle (août 2008 et mars-avril 2009)

Pour la campagne de terrain d'été, le choix des communes sur lesquelles a porté la validation a été déterminé comme suit :

Ordre de priorité	
n°1	Communes n'ayant pas d'inventaire communal existant <i>Remarque : les communes ayant un inventaire communal existant mais non saisi dans la BD Cavité ont été exclues de la sélection pour le terrain</i>
n°2	Communes ayant un nombre de doublons importants à vérifier sur le terrain
n°3	Communes ayant un nombre important d'Indices non validés de pertes (bétoire/marnière indiff�renci�e, anomalie photo aérienne,...), de points douteux (incertitude sur la réalisation des aménagements préconisés sur les b�toires,...)
n°4	Communes n'ayant pas de b�toires recensées (afin de vérifier s'il s'agit d'une lacune d'étude ou d'un facteur géologique)

Pour les communes retenues, le terrain a consisté principalement à :

- Parcourir les vallées sèches en quête de nouvelles b toires,
- Valider les b toires déjà recensées dans la base.

Des fiches pour chaque observation de terrain ont été systématiquement r alis es (cf. Annexe 3). Au cours de ces 13 jours, 283 fiches ont été r alis es.

Différents types de fiches ont pu être effectu es :

- B toires de la Base retrouv es sur le terrain,
- B toires de la Base non retrouv es sur le terrain,
- B toires nouvelles observ es,
- B toires à supprimer de la Base,
- Indices nouveaux non bancarisés (indices peu fiables).

Cette répartition des observations pour la campagne d'été est pr sent e sur l'illustration 11.

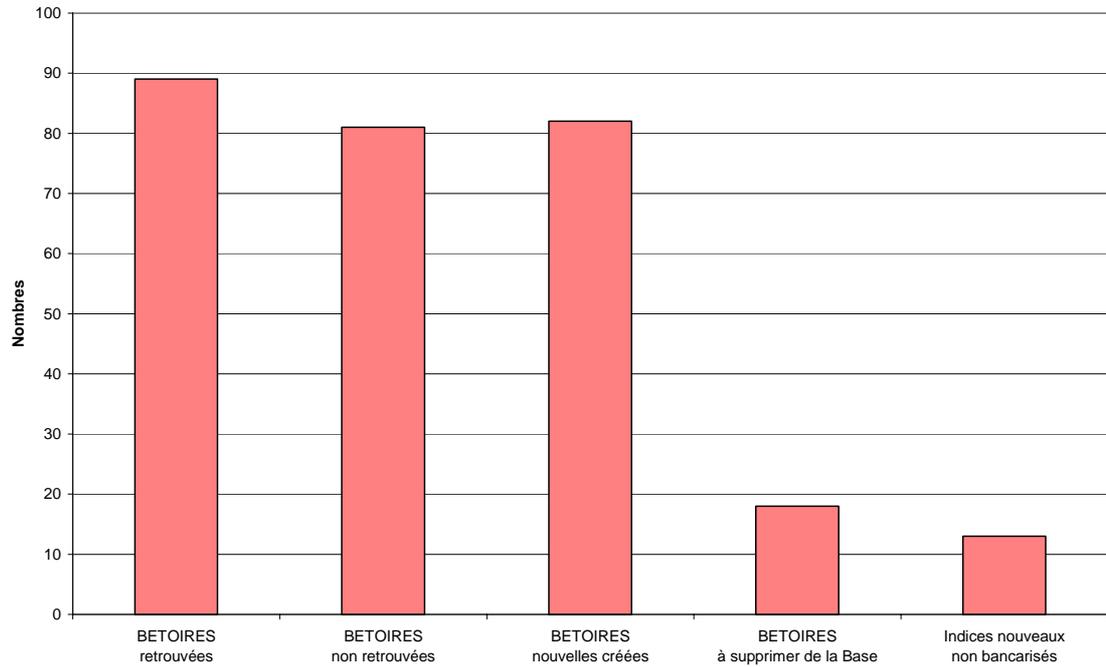


Illustration 11 : Statistiques des tests de validation terrains d'août 2008

c) Test méthodologique d'hiver - Bassin Versant de l'Iton - Février 2009

En période d'hiver (Février-Avril 2009), 9 journées de tests méthodologiques ont été effectuées sur le bassin versant de l'Iton.

Le terrain parcouru est présenté sur l'illustration 12 et Illustration 10.

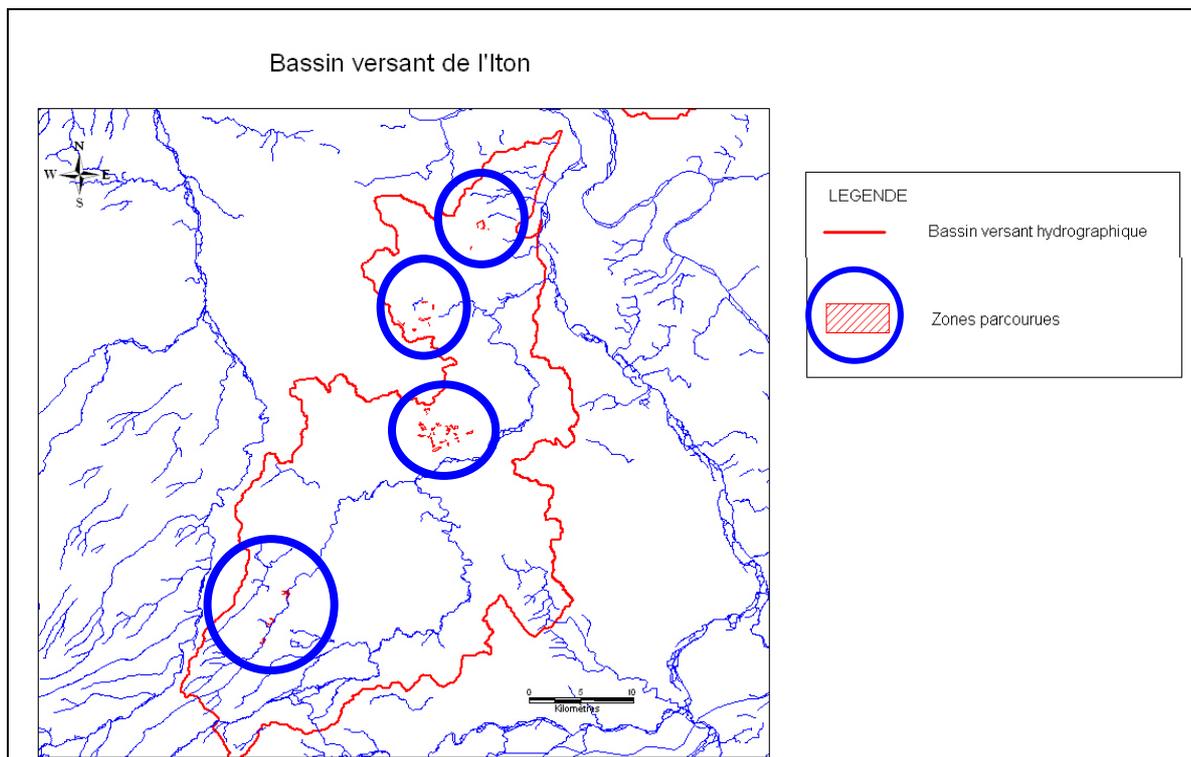


Illustration 12 : Zones parcourues sur le Bassin Versant de l'Iton (février 2009)

Pour cette deuxième série de test, d'autres critères ont été appliqués pour le choix des zones à valider :

- Bétoires situées dans les périmètres de protection éloignés et rapprochés de captages ayant des problèmes récurrents de turbidité,
- Test de différents contextes géomorphologiques : zone de plateau, zone de vallée sèche, zone de vallée humide, zone de plateau avec nombreux talwegs.

Pour les zones retenues, le terrain a consisté principalement à :

- Parcourir les talwegs en quête de nouvelles bétoires,
- Valider les bétoires déjà recensées dans la base,
- Eliminer les doublons entre les bétoires recensées dans les bases Bétoires/Traçages/Exutoire, BD Cavité et SAGE ITON.

Les différentes observations réalisées lors de cette campagne d’hiver se répartissent comme suit (Illustration 13) :

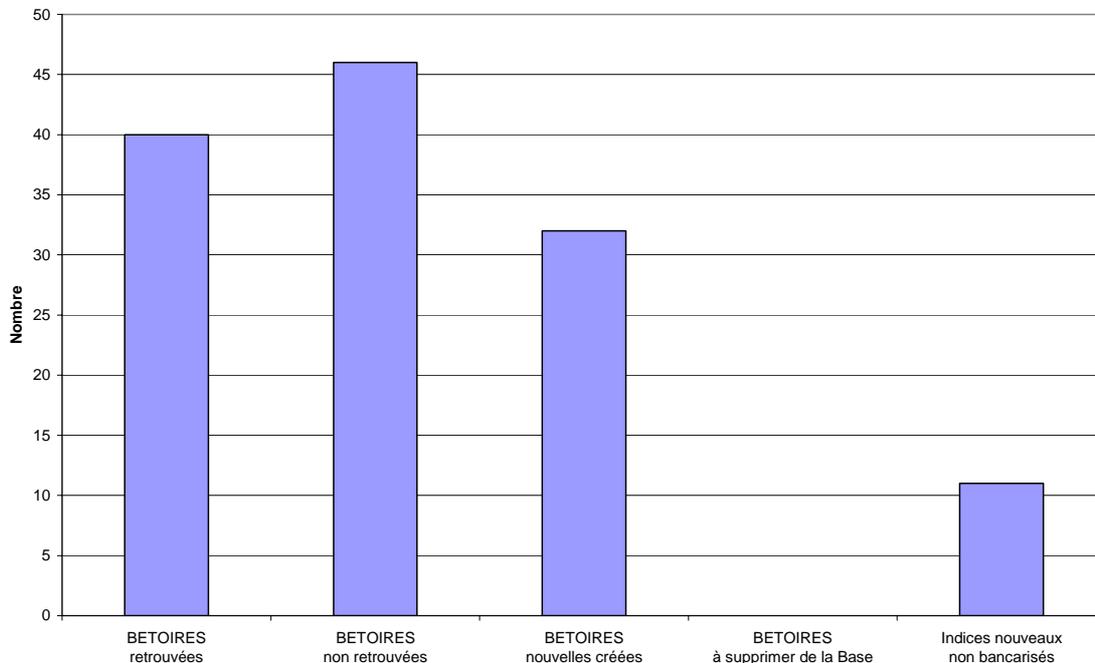


Illustration 13 : Statistiques des tests de validation terrains de février-Avril 2009

Ces tests de validation terrain ont également permis l’identification de 168 points des bases Bétoires/Traçages/Exutoire, BD Cavité et SAGE ITON, à fusionner.

La comparaison des différents cas observés lors des deux campagnes (été/hiver) est présentée sur l’Illustration 14 :

	BÉTOIRES de la Base de données retrouvées sur le terrain	BÉTOIRES de la Base de données non retrouvées sur le terrain	BÉTOIRES nouvelles observées	BÉTOIRES à supprimer de la Base	Indices nouveaux non bancarisés (indices peu fiables)
ETE	31%	29%	29%	6%	5%
HIVER	31%	36%	25%	0%	9%

Illustration 14 : Répartition des différentes observations de terrain pour les 2 campagnes (en % du nombre total des observations de chaque campagne)

Le nombre moyen de bétoires retrouvées par jour, plus important en été qu'en hiver (4 bétoires / jour en hiver contre 6/jour en été) ne doit pas être interprété comme un avantage à réaliser les validations en périodes d'été, pour les raisons suivantes :

- les deux campagnes de terrain n'ont pas porté sur les mêmes zones géographiques (contextes géologique et géomorphologique différents),
- la faible pluviométrie de l'hiver 2008/2009 n'a pas permis l'activation de nombreuses bétoires sur les zones de terrains parcourues,
- enfin, la campagne d'hiver a porté sur une zone dont la majorité des bétoires bancarisées provenaient des cartes géologiques (indices, dont l'observation est ancienne, pas toujours retrouvés sur le terrain) expliquant le fort pourcentage de bétoires non retrouvées sur le terrain (36% du total des fiches réalisées).

Au terme de ces tests, il apparaît que l'un des facteurs les plus favorables pour l'observation de nouvelles bétoires est une forte pluviométrie comme le montrent les observations faites dans le pays de Caux au lendemain de fortes précipitations (Illustration 15).



2 bétoires nouvellement formées dans l'axe d'un talweg dans le secteur de Fontaine-le-Dun le lendemain de fortes précipitations (janvier 2009)



Ruissellements se dirigeant vers une bétoire



Orifice d'une bétoire située dans le fossé creusé dans le fond d'un Talweg – vue sur une bouteille de soda se dirigeant vers l'orifice

Illustration 15 : Bétoires observées le lendemain de fortes précipitations (Secteur Fontaine-le-Dun - janvier 2009)

3.3.2. Bilan de ces tests méthodologiques de validation terrain

Ces campagnes de terrain ont permis de mettre en place et de tester une méthodologie de validation (cf. Illustration 16).

Ces premiers tests méthodologiques montrent que la validation sur le terrain peut être utile :

- pour éliminer les doublons de la base,
- pour rechercher de nouvelles bétoires en parcourant les vallées sèches notamment,
- pour lever les Indices non validés de perte (à condition que la validation terrain se fasse en période de pluie : ruissellements observables dans la bétoire),
- pour vérifier la réalisation des aménagements de bétoires préconisés par les hydrogéologues agréés,
- pour vérifier l'état (naturel ou anthropisé) des bétoires ; les tests ont permis de relever de nombreuses bétoires comblées par du tout venant voir des déchets ou encore faisant l'objet de rejets,
- pour préciser les coordonnées géographiques des points au GPS,
- pour compléter les caractéristiques des bétoires (contexte géomorphologique, environnement du site, dimensions de la perte, etc...)

L'efficacité de la validation terrain paraît plus limitée :

- pour lever les incertitudes entre une marnière et une bétoire,
- pour lever les indices non validés (observation d'une dépression, cuvette) par temps sec (pas de constat possible d'engouffrement des eaux),
- dans le cas des bétoires se situant dans les champs agricoles ; les bétoires de faibles profondeurs sont rebouchées à chaque labour et non observables en l'absence de fortes pluies. L'accessibilité des bétoires dans les champs cultivés constitue une autre limite,
- pour la validation de nombreux points : certaines observations de bétoires indiquées dans des rapports anciens ne sont pas retrouvées sur le terrain. Une incertitude demeure : s'agissait-il d'un véritable point d'engouffrement rapide aujourd'hui inactif et rebouché ou d'une erreur de localisation voire d'interprétation ? Pour ces cas, les bétoires non retrouvées sur le terrain sont conservées dans la base de données mais l'absence de perte visible à la date de la validation est précisée dans la base.

Les périodes les plus adaptées pour la réalisation des validations terrain semblent être :

- après une succession de jours pluvieux, afin de pouvoir constater l'activité des bétoires (orifices récents observables, observations de sous-tirage des formations superficielles par les pertes, d'effondrements récents...),
- les jours de pluie afin de pouvoir constater les engouffrements des ruissellements superficiels dans les bétoires.

Les zones prioritaires sur lesquelles peuvent être réalisées le terrain sont :

- les Bassins d'alimentation ou les Périmètres de Protection des Captages, notamment pour lesquels des problèmes de turbidités sont connus,
- les vallées sèches, talwegs et zones de failles hors vallées sèches,
- les communes n'ayant pas d'inventaire communal réalisé,
- les communes ayant un nombre important d'indices non validés de perte.

Préparation de la journée terrain

- Préparation des cartes des secteurs à parcourir faisant apparaître à la fois les bétoires de la base ainsi que les cavités anthropiques de la base BD Cavité afin d'éviter la confusion entre bétoires et marnières sur le terrain,
- Lister les doublons à vérifier dans le secteur d'études (un traitement informatique permet de dresser cette liste (*tous les points dont la distance qui les séparent est inférieure à la somme des incertitudes de leurs coordonnées*),
- Listes des points douteux (incertitude marnière ou bétoire, réalisation des aménagements à vérifier,...)
- Les points de la base à vérifier sont mémorisés dans le GPS afin de faciliter leur localisation sur le terrain,
- Préparation d'un classeur des fiches papier des bétoires à valider sur le terrain

Journée de terrain

Vérification des points existants

- Renseignement systématique d'une fiche spécifique aux observations terrain (bétoires retrouvées ou non, nouvelles,...),
- Prise des coordonnées de chaque point au GPS avec notation de leur incertitude,
- Mesure du diamètre et profondeur,
- Complément de la fiche : Etat (naturel, anthropisé, ...), Engouffrement fonctionnel ou non, Environnement du site, Contexte géomorphologique, Nature des eaux d'engouffrement,...
- Prise de photos de la bétoire et de son environnement
- Sondage de la population si possible

Recherche de nouvelles bétoires

- En remontant les vallées sèches et les talwegs
- En poursuivant les talwegs dans lesquels une bétoire est déjà recensée
- Sondage de la population

Au retour de la journée de terrain

Dépouillement des données de terrain : les informations acquises sur le terrain sont ajoutées aux informations des rapports préexistants ; il n'y a pas écrasement des données (notion d'historisation cf. §3.4).

- Bétoires retrouvées
 - o mise à jour des coordonnées
 - o mise à jour et complément des caractéristiques de la bétoire
 - o fusions de différents points en doublons si nécessaire
- Bétoires non retrouvées
 - o point conservé, avec mention « non retrouvé lors des validations terrain »
- Nouvelles bétoires

Illustration 16 : Méthodologie de validation terrain mise en place au cours de l'Année 1

3.4. CONSOLIDATION DE LA BASE DE DONNEES

Le retour d'expérience de la saisie des données de l'Année 1 a permis de réaliser des améliorations sur la base de données à savoir :

- le complément de certains lexiques (contexte géomorphologique, appareil d'analyse, type d'équipement pour les traçages...),
- la mise en place d'un nouveau champ avec lexique pour préciser la typologie des points d'injection (en complément du champ en texte libre initialement présent),
- l'ajout de certains champs concernant la qualité des exutoires,
- la mise en place d'une évaluation de la pertinence des résultats des traçages. La grille proposée par Michel LEPILLER (hydrogéologue et enseignant-chercheur à l'Université d'Orléans) et améliorée par P.-H. MONDAIN (CALLIGEE) et P. MUET (GINGER environnement) a été utilisée (cf. §4.3),
- Enfin, la plus importante amélioration apportée concerne l'historisation des caractéristiques des bétoires. Cette amélioration permettra de prendre en compte l'évolution au cours du temps des caractéristiques des bétoires (modification des dimensions, de l'état naturel/anthropique etc...). Les caractéristiques de chaque bétoire seront dorénavant associées à une date. Ainsi pourront être bancarisées les différentes observations faites pour un même point au cours du temps sans écraser l'observation faite par un rapport d'étude antérieur.

Toutes ces modifications seront opérationnelles dans la nouvelle base Oracle réalisée au cours de l'année 1 (cf. §3.5).

3.5. CREATION D'UN APPLICATIF DE SAISIE DISTRIBUE (SAISIE PAR INTERNET) ET D'UNE NOUVELLE BASE ORACLE

3.5.1. Objectif d'un applicatif de saisie par Internet

L'objectif du présent inventaire est d'effectuer un rattrapage en capitalisant les données acquises dans le passé. Au terme de ces 4 années de travail, la base de données ainsi constituée devra être mise à jour en continu.

Pour ce faire, une base de données Oracle a été réalisée (sur le modèle de la base Access existante), accompagnée d'un applicatif de saisie par Internet.

Cet applicatif de saisie par Internet permettra au terme de ces 4 années de rattrapage, une saisie de la base de données en continu et partagée par toutes les collectivités, administrations et acteurs de l'eau via la mise en place d'un système d'identifiant/mot-de-passe.

3.5.2. Travail de conception réalisé en Année 1

La réalisation de ce nouvel applicatif de saisie par Internet a constitué une part majeure du travail réalisé lors de l'Année 1. Il a été réalisé avec la technologie FLEX et AIR permettant respectivement une saisie web et une saisie déconnectée.

Le projet d'inventaire des Bétoires, Traçages et Exutoires en Haute Normandie a été retenu comme démonstrateur opérationnel (Proof Of Concept ou POC) dans le cadre des réflexions pour identifier de nouvelles solutions technologiques pour la saisie d'informations géoscientifiques du BRGM. Il a ainsi pu bénéficier d'une part de financements complémentaires apportés par le BRGM.

La conception de la base de données Oracle et de l'applicatif de saisie Internet s'est échelonnée de juin 2008 à septembre 2008.

S'agissant d'une nouvelle technologie, une phase importante de tests a été mise en œuvre de septembre 2008 à février 2009, nécessitant de nombreux allers-retours entre le Service géologique Régional et les services informatiques.

Des développements complémentaires sont en cours de réalisation en mars/avril 2009.

Le basculement de la base Access vers la base Oracle est prévu pour le mois d'avril 2009.

3.5.3. Principe de la saisie

Une saisie linéaire et cadrée a été retenue pour la conception de cet applicatif Internet afin de simplifier la saisie qui sera effectuée par des utilisateurs variés.

Le principe retenu est le suivant : la saisie s'effectue en trois étapes :

1. Etape 1 : Saisie de la référence documentaire (rapport, visite terrain,...),
2. Etape 2 : Saisie des points associés à la référence documentaire (bétoires, sources, points d'injection de traçage (hors bétoire), point de suivi de traçage (hors sources)),
3. Etape 3 : Saisie des traçages

Une attention particulière a été portée sur la question des droits à attribuer aux différents utilisateurs dans la gestion des données de la base.

Les copies d'écran des principales étapes sont présentées de l'illustration 17 à l'illustration 20.

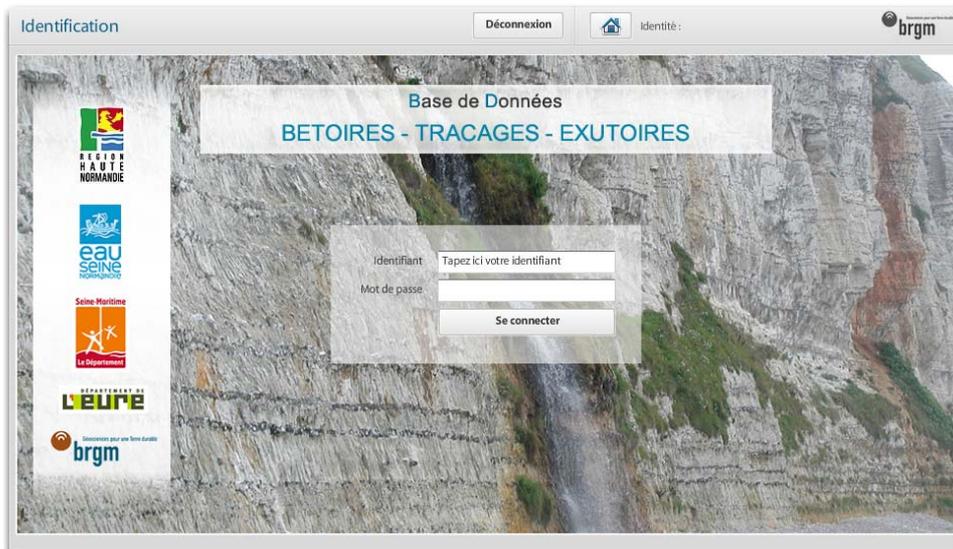


Illustration 17 : Page d'accueil du nouvel applicatif de saisie par Internet

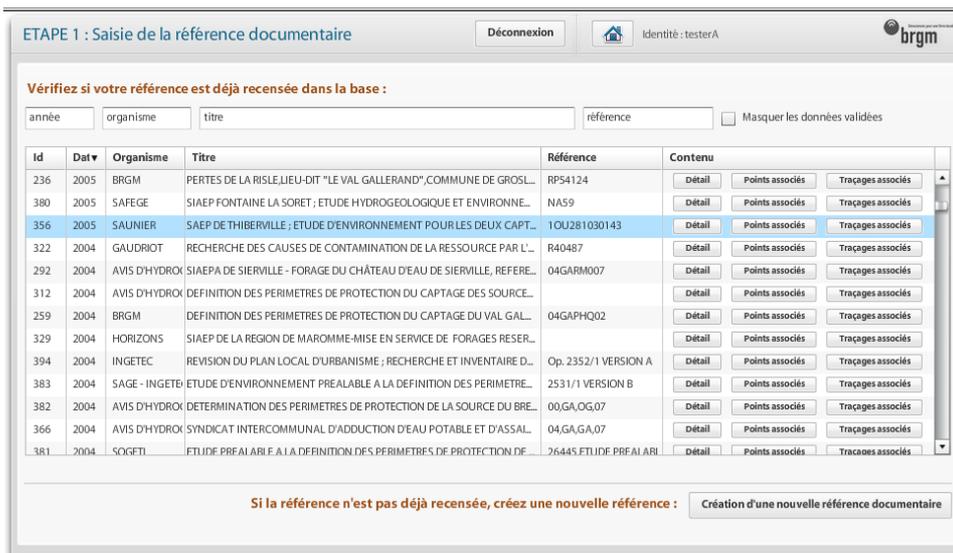


Illustration 18 : Page d'accueil de l'Etape 1

ETAPE 2 : saisie des points

Déconnexion  Identité : testerA 

Type du point à créer :

Note:
 Un point d'injection est un point autre qu'une bétoire dans lequel a été injecté un traceur (exemple : puits, forage, fossé, sondage...)
 Un point de suivi est un point autre qu'une source sur lequel a été suivi la restitution éventuelle d'un traceur (exemple : forage, puits, eau de surface...)

Illustration 19 : Etape 2 : saisie des points

Etape 3 : Description d'un traçage

Déconnexion  Identité : testerA 

Source d'information principale

Nature du document : document texte Titre : RECHERCHE DES CAUSES DE CONTAMINATION DE LA RESSOURCE PAR
Référence : R40487 Organismes : GAUDRIOT
Localisation de la source : DIREN

Point d'injection	Date	Nombre de points	Identifiant BD ▼	Contenu
Point d'injection - P686	02/12/2007 17:00	1	T390	<input type="button" value="Détail"/>
Bétoire - B6560	01/04/1980 01:00	1	T360	<input type="button" value="Détail"/>
Bétoire - B6573	11/03/2004 00:00	2	T359	<input type="button" value="Détail"/>
Point d'injection - P686	11/03/2004 00:00	2	T358	<input type="button" value="Détail"/>

Illustration 20 : Etape 3 : saisie d'un traçage

3.6. PRISE DE CONTACT AVEC LES BUREAUX D'ETUDES

Dans le cadre du déstockage partiel des données de traçages pour les trois bassins versants de l'Andelle, Austreberthe et Iton, des contacts ont été pris avec quelques bureaux d'études de la région.

Cette prise de contact a été l'occasion d'informer ces bureaux d'études (principaux créateurs actuels de données terrain) de la réalisation de cet inventaire à dimension régionale.

13 Bureaux d'études ont été contactés (Alise, Antea, Burgeap 76 et 92, G2C Environnement, Ginger, Hydrogéconsult, Iddea, Ingetec, Safege, Hydroexpert, Sogeti, Sogreah et 2EMA).

Sur les 13 Bureaux d'études contactés :

- 3 déclaraient avoir des données pour ces trois bassins versants,
- 10 déclaraient ne pas avoir de données ou des données inaccessibles.

Un certain nombre semble néanmoins très intéressé par la réalisation d'une telle base de données.

4. Analyse des résultats de la bancarisation³

4.1. BÉTOIRES

4.1.1. Localisation des bétoires en Haute Normandie

La répartition des bétoires bancarisées, au terme de l'Année 1, est présentée sur l'illustration 21.

On observe que les bétoires sont inégalement réparties sur les différents Bassins versant hydrologiques de Haute-Normandie (Illustration 21 et Illustration 23).

On remarque en particulier :

- L'absence de Bétoires sur les bassins versants de la Béthune (contexte géologique non crayeux), de la Sainte-Geneviève, de la Bordure Seine Rive Droite de la Boucle de Canteleu ainsi que de la Yères.
- Une densité de bétoires plus forte à l'ouest d'un axe Dieppe-Rouen.

A noter toutefois que les fortes densités observées dans le sud-ouest de l'Eure (La Charentonne et partie amont de la Risle) sont en partie due à la prise en compte des entonnoirs d'absorption indiqués sur les cartes géologiques de ce secteur et bancarisés dans la base en tant qu'indices non validés de pertes.

³ Les résultats présentés dans les paragraphes 4., 5. et 6. ont été réalisés à partir de traitement des données de la base en date du 13/02/2009. Toutes les données bancarisées après cette date n'apparaissent pas dans ces résultats.

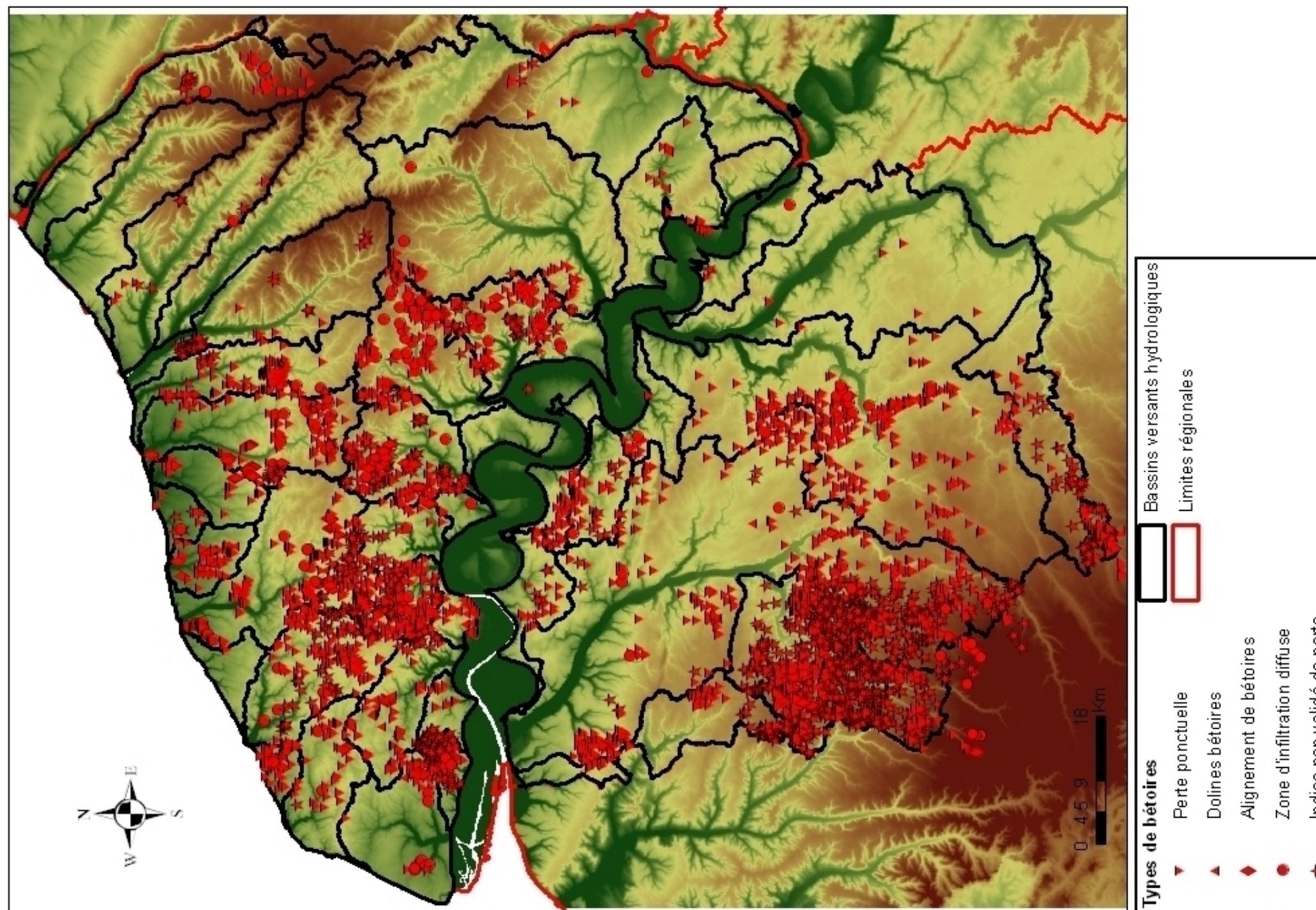


Illustration 21 : Carte de répartition des bêtoires pour la région Haute-Normandie sur fond de carte avec Modèle Numérique de Terrain- Etat de la bancarisation au terme de l'Année 1 (bêtoires classées par type de perte)

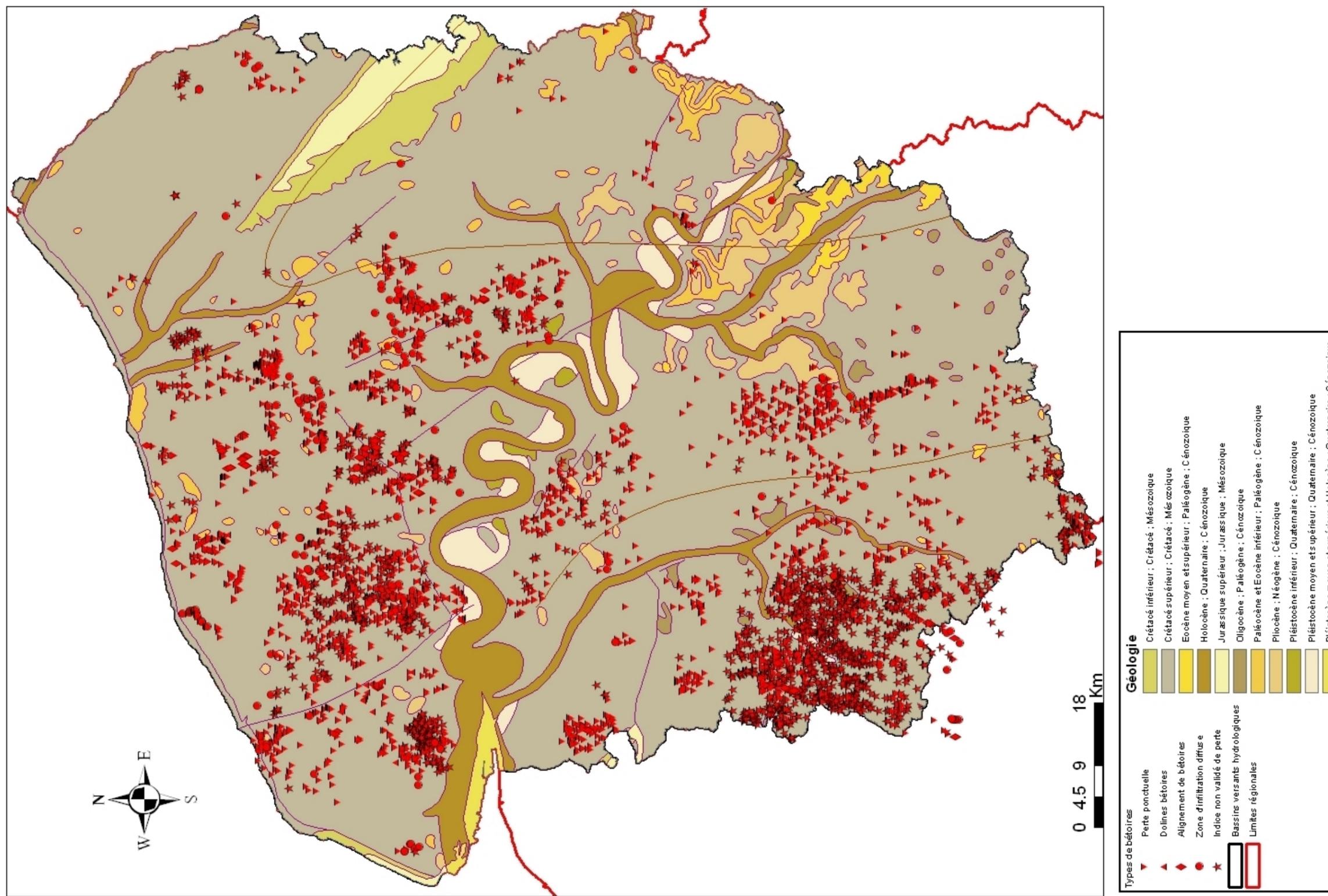


Illustration 22 : Carte de répartition des bêtoires pour la région Haute-Normandie sur fond de carte géologique- Etat de la bancarisation au terme de l'Année 1 (bêtoires classées par type de perte)

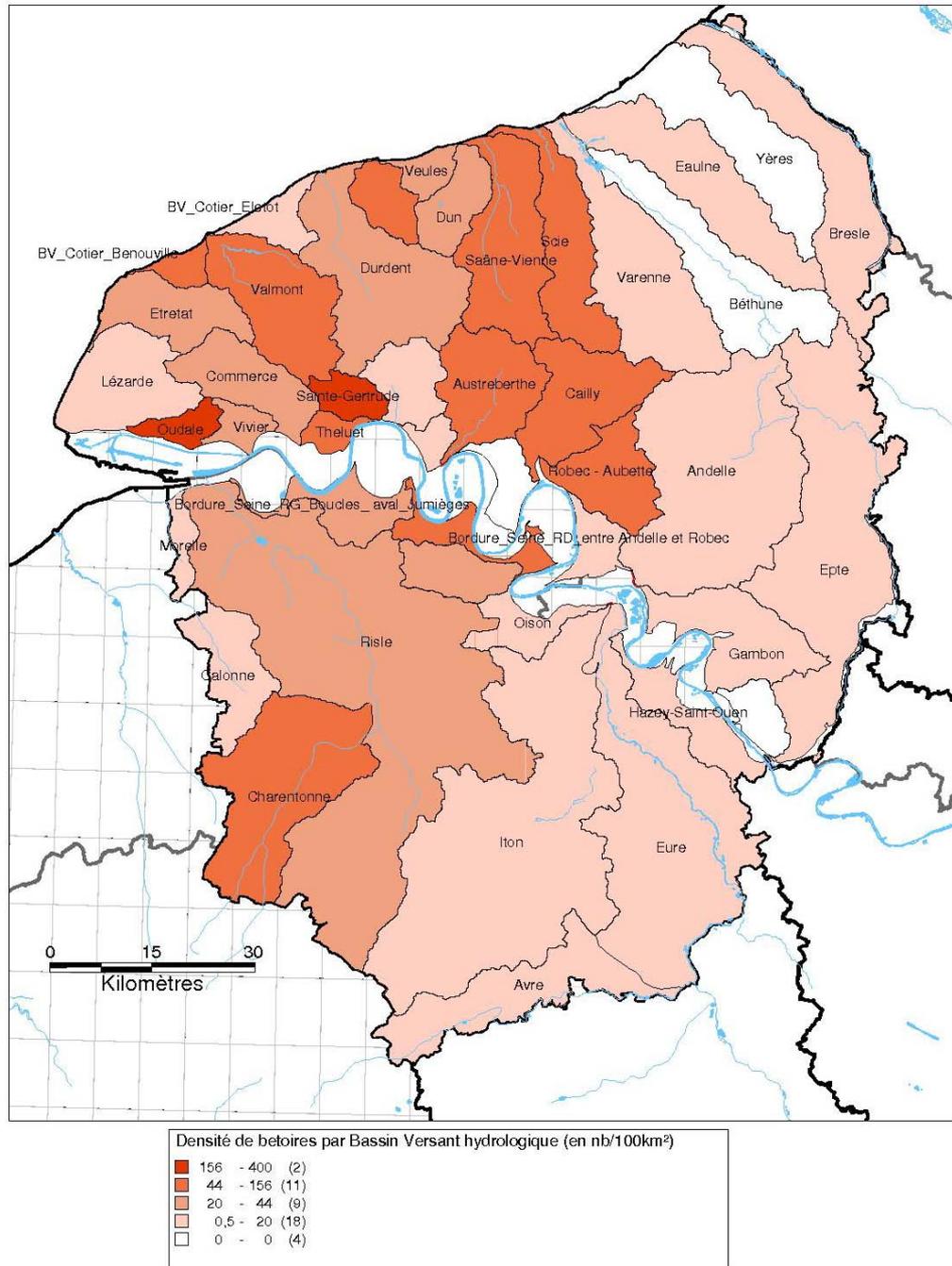


Illustration 23 : Densité de bétaires par bassin versant hydrologique

4.1.2. Type de perte

La base de données distingue différents types de pertes (bétoires). La typologie est détaillée sur l'illustration ci-dessous :

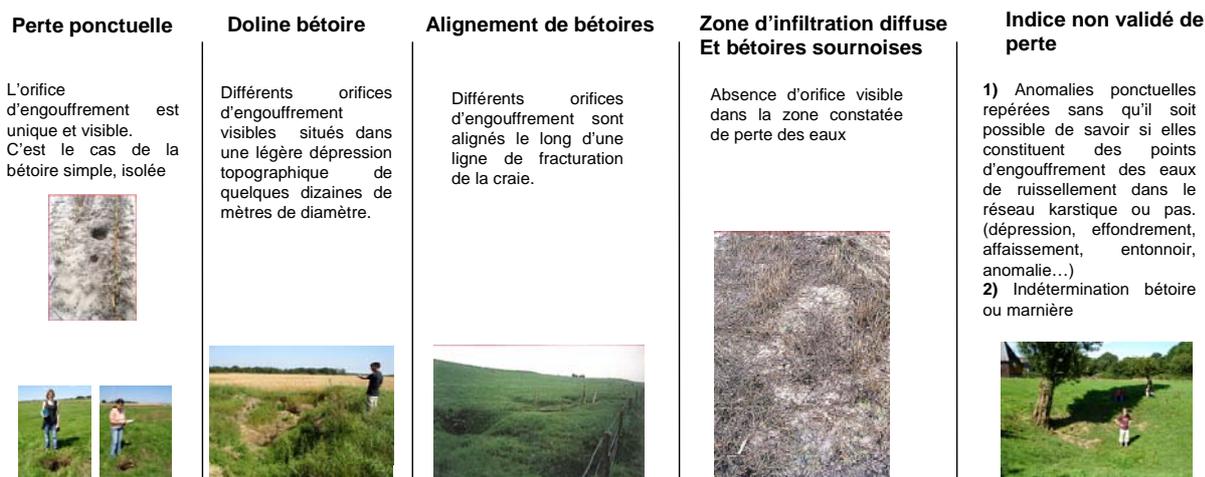


Illustration 24 : Typologie des bétoires

La répartition en termes de types de perte est présentée sur l'illustration 21 et l'illustration 25.

Type de perte	Nombre	en %
Perte ponctuelle	2756	55,2%
Dolines bétoires	84	1,7%
Alignement de bétoires	137	2,7%
Zone d'infiltration diffuse	196	3,9%
Indice non validé de perte ponctuelle	1822	36,5%
TOTAL	4995	100

Illustration 25 : Répartition des pertes par nature

Sur 4995 bétoires recensées dans la base, 55,2% sont des pertes ponctuelles, 36,5 % des indices non validés de perte, 3,9 % des zones d'infiltration diffuse et 1,7% des dolines bétoires. Ce taux élevé pour les indices non validés vient essentiellement des cartes géologiques et des inventaires terrains, où les anomalies de surfaces (bétoires, points en effondrement,...) sont souvent assimilées et apparaissent ainsi indifférenciées.

Le pourcentage d'« alignements de bétoires » (2,7%), paraît sous estimé. En effet, des bétoires observées isolées dans un rapport apparaissent alignées après superposition

des données de divers rapports d'inventaires bétoires réalisés sur cette même zone à différentes dates. Ainsi, la répartition géographique des bétoires (Illustration 21) laisse apparaître, que certaines bétoires, considérées individuellement comme ponctuelles et isolées, pourraient en fait être en relation (alignement selon des diaclases, axes de vallées, linéaments.....).

Une correction concernant le type de bétoires sera à réaliser à l'issue des 4 années de saisie afin de corriger les types de bétoires (alignées ou non).

Une modification du champ « type de perte » est d'ores et déjà envisagée afin que la disposition en alignement des bétoires soit un champ indépendant du type de perte.

4.1.3. Etat des bétoires

L'état est le plus souvent renseigné par inconnu (66%). En effet de nombreuses bétoires sont saisies à partir d'une simple carte sans plus de précision sur leurs caractéristiques. Au total, 27% de bétoires sont classées comme « naturelles » et 7% sont classées comme « anthropisées ».

	Nombre de bétoires	Pourcentage du nombre total de bétoires
Naturel	1343	27%
Anthropisé	349	7%
Indéterminé	3303	66%
Somme	4995	100%

Illustration 26 : Répartition des bétoires par état

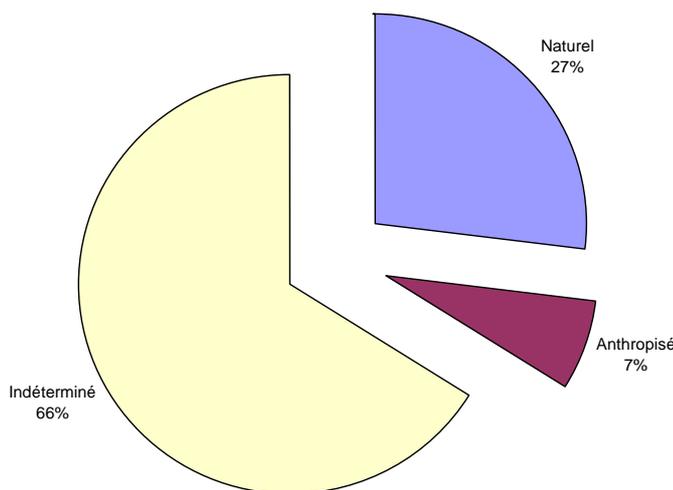


Illustration 27 : Répartition des bétoires par état

Le pourcentage de bétoires aménagées (anthropisées) est plus important (9%) si l'on exclut les indices non validés de perte (Illustration 28) :

	Nombre de bétoires (hors indices non validés de perte)	En %
Naturel	1274	40%
Anthropisé	290	9%
Indéterminé	1609	51%
Total	3173	100

Illustration 28 : Répartition des bétoires par état et par nature

Le nombre de bétoires anthropisées est actuellement sous-estimé. De nombreux rapports signalent en effet des projets d'aménagement de bétoires. Ces derniers ne sont donc pas comptabilisés dans ces chiffres mais sont listés pour d'éventuelles validations terrain.

Concernant le type d'aménagement des bétoires, il apparaît que 39,2% des anthropisations (145 bétoires) concernent des rebouchages tout venant (ajout de tout-venant inerte, déchets divers, terre agricole par les propriétaires agriculteurs), et seulement 2,2% sont des rebouchages dans les règles de l'art. 13,9% sont des rejets ou des apports de flux (fossés, canalisations...) et 10% des aménagements consistant à empêcher les eaux superficielles de s'infiltrer dans la perte (dérivation de flux) (Illustration 29).

Remarques : chaque site pouvant avoir plusieurs anthropisations, les pourcentages sont basés non pas sur les sites mais sur les anthropisations elles-mêmes.

Le rechemisage des bétoires constitue une possibilité d'aménagement qui ne s'est pas présentée durant le déstockage de l'Année 1.

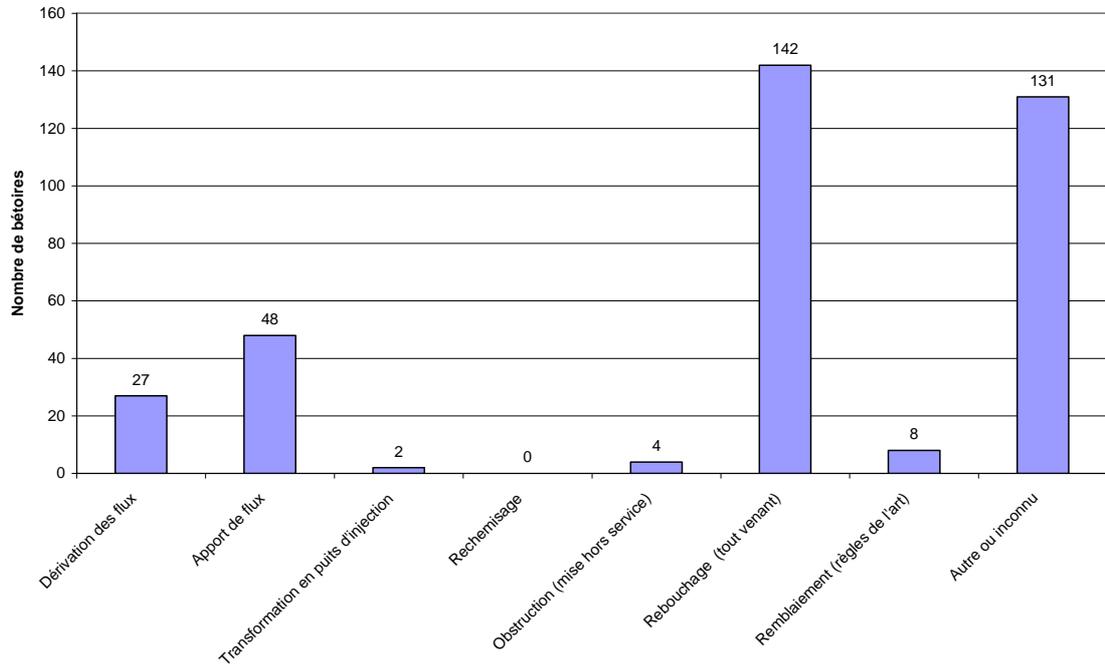


Illustration 29 : Type d'aménagement des bétoires

4.1.4. Contexte géomorphologique des bétoires

On remarque sur l'illustration 30 que 67% des bétoires se situent hors plateau (fond de vallée, talweg, versant ou rivière).

Ce champ est renseigné lors du dépouillement des rapports par lecture des cartes topographiques (consultées de manière systématique pour permettre entre autres la détermination des coordonnées X, Y, Z). Cependant, ce champ est assez subjectif.

Afin de dépasser l'incertitude liée à la subjectivité de la personne qui réalise le rapport ou qui le bancarise, une requête SIG a été réalisée afin de calculer le pourcentage de bétoires situées dans les axes de talweg. Ainsi il apparaît qu'au moins 54% des bétoires sont situées dans une zone tampon de 150 m autour des axes d'écoulements des eaux superficielles (talweg).

Un traitement informatique permettra en fin de projet de déterminer les bétoires situées en fond de talweg.

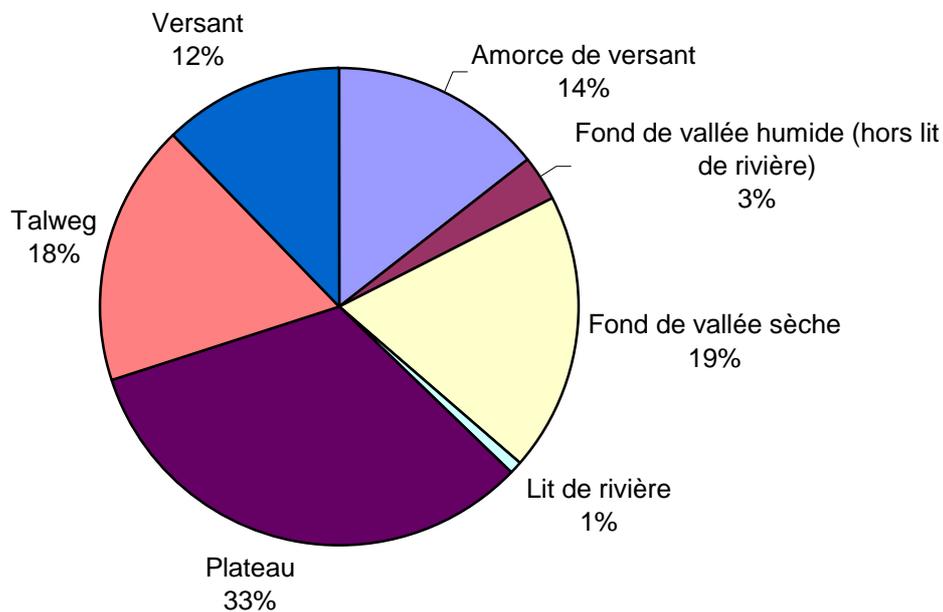


Illustration 30 : Répartition des bétoires par géomorphologie

4.1.5. Environnement des bétoires et qualité des eaux d'engouffrement

Concernant les environnements immédiats « à risque », sur les 4995 bétoires recensées (en date du 13/02/2009) :

- 1836 bétoires sont situées à proximité de voiries,
- 1148 à proximité de cultures,
- 939 à proximité d'habitations,
- et 35 à proximité d'une industrie.

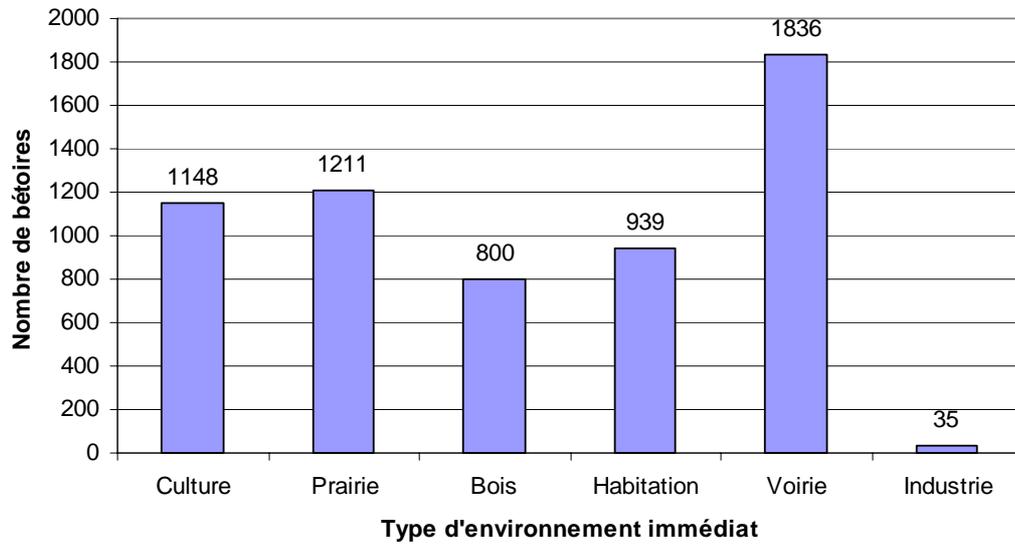


Illustration 31 : Environnement immédiat des bétoires

Remarques : chaque bétoire peut avoir plusieurs types d'environnement.

Pour certaines de ces bétoires, la nature des eaux d'engouffrement a été clairement identifiée (Illustration 32):

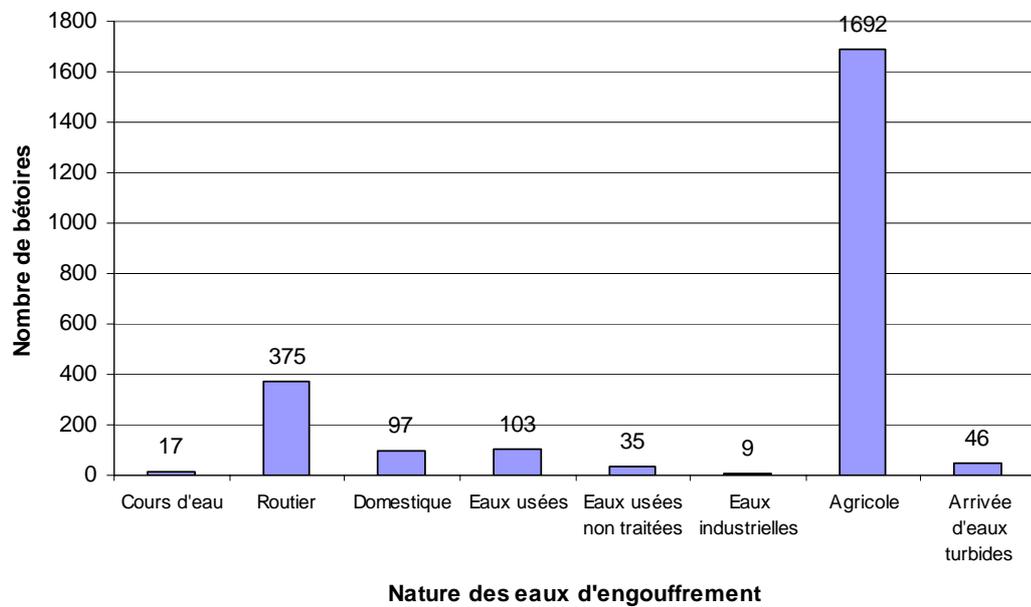


Illustration 32 : Nature des eaux d'engouffrement des bétoires

La grande majorité de ces bétoires reçoivent des eaux d'origines agricoles (1692). 375 bétoires reçoivent des eaux d'origine routières et 200 des eaux usées ou domestiques, 35 des eaux usées non traitées et enfin 9 bétoires reçoivent des eaux industrielles.

La cartes de répartition de ces bétoires par nature d'eaux d'engouffrement sont présentées sur les Illustrations qui suivent. On note que les bétoires concernées par les eaux d'origine agricole couvrent tout le territoire régional.

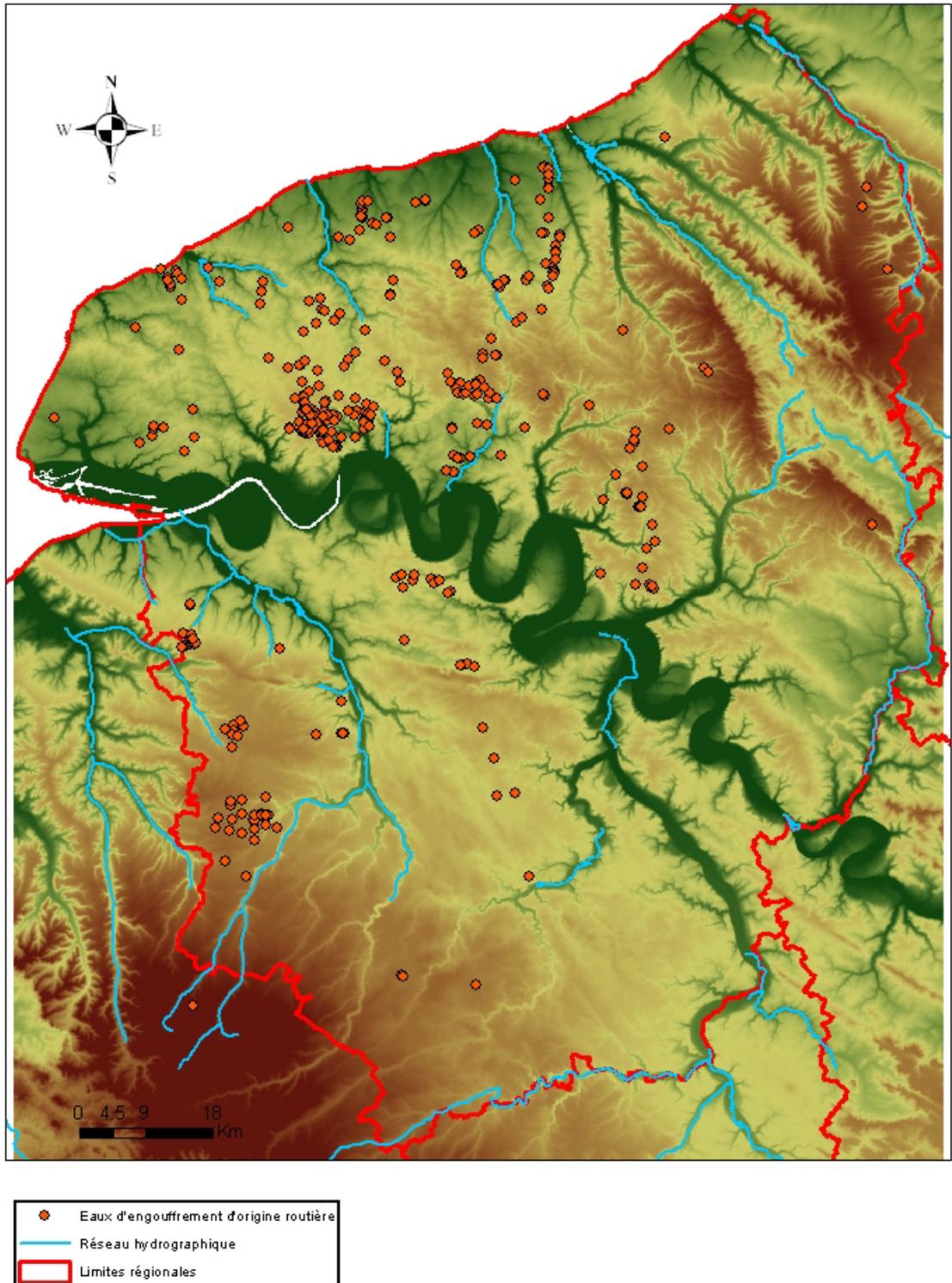


Illustration 33 : Localisation des bétoires recevant des eaux d'origine routière

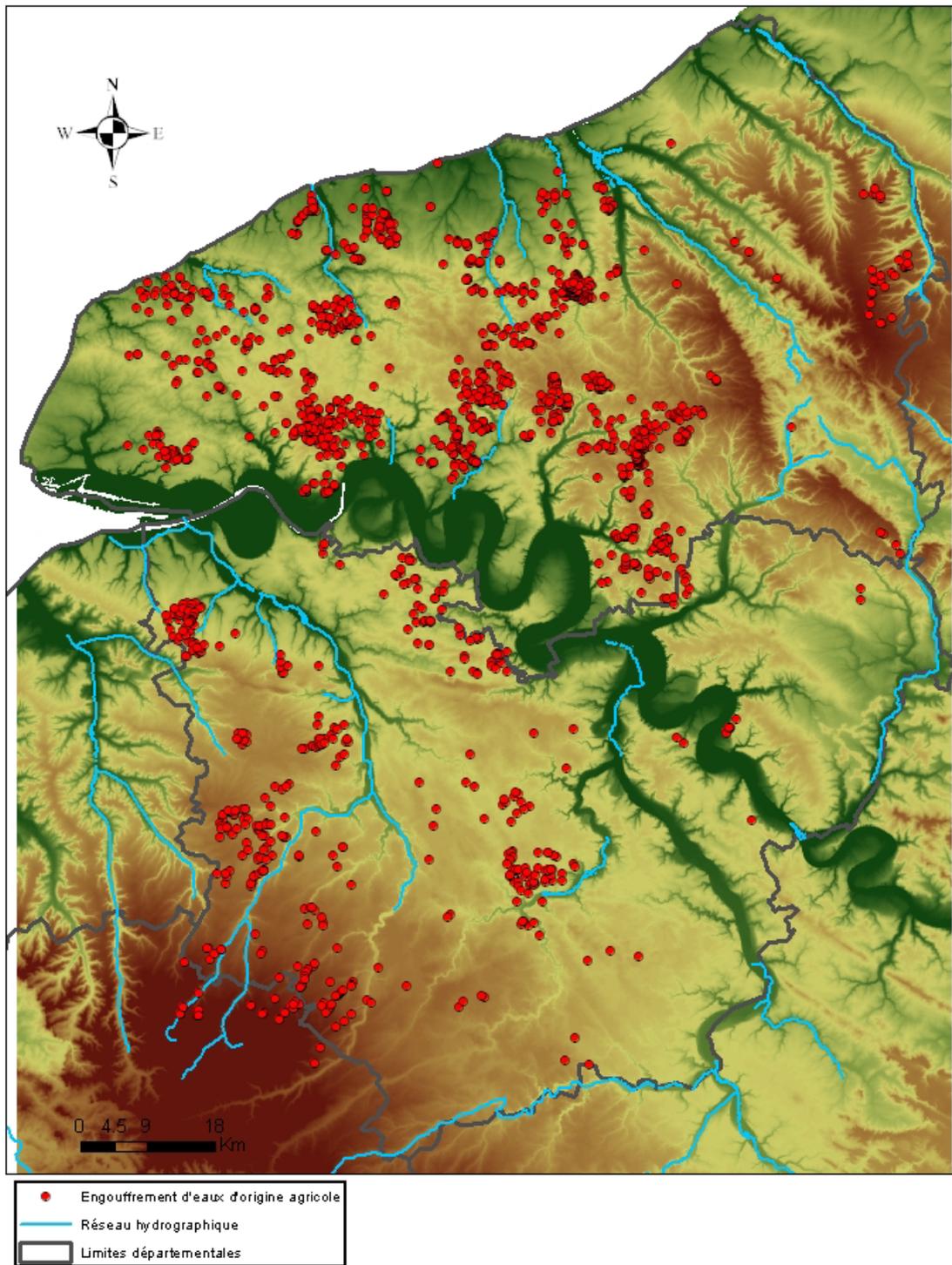


Illustration 34 : Localisation des bêtoires recevant des eaux d'origine agricole

4.1.6. Etat de renseignement des champs caractérisant les bétoires

Pour certains champs caractérisant les bétoires, il est possible de calculer, par traitement informatique, leur taux de renseignement dans la base de données. Les résultats sont présentés sur l'illustration ci-dessous :

Champs Caractéristiques des Bétoires	Taux de renseignement
Informations géographiques	
Commune	100%
Lieu dit ou désignation locale	30%
Coordonnées géographiques	100%
Altitude	71%
N° de la carte IGN de situation	64%
Bassin versant hydrologique	60%
Bassin versant hydrogéologique	61%
Caractéristiques de la bétoire	
Type de perte	100%
Diamètre de la bétoire	8%
Profondeur de la bétoire	6%
Etat de la bétoire	34%
Perte fonctionnelle	20%
Type d'eau d'engouffrement	19%
Commentaires sur les caractéristiques	70%
Impluvium de la bétoire	1%
Profondeur de la nappe	1%
Débit moyen d'engouffrement	1%
Commentaire sur le contexte hydrogéologique	13%
Contexte géomorphologique	69%
Stratigraphie de la craie	6%
Pertes fonctionnement en parallèle	6%
Commentaire sur l'environnement de la bétoire	9%

Illustration 35 : Taux de renseignement de certains champs décrivant les caractéristiques des bétoires

Les informations géographiques principales (communes, coordonnées) sont toujours renseignées (100%). En revanche il apparaît que certaines informations sont rarement disponibles dans les rapports d'inventaire des bétoires et notamment les champs liés à l'hydrologie des bétoires (débits d'engouffrement des eaux, impluvium).

4.2. SOURCES (EXUTOIRES)

La plupart des sources (1354 sur 1494) saisies dans la base proviennent d'un déversement automatique des données numériques de la BSS. Ces données numériques sont souvent pauvres alors que les champs disponibles dans la base de données sont beaucoup plus riches.

Le dépouillement des rapports du BRGM et de la DIREN a permis la localisation de 140 nouvelles sources qui n'étaient pas recensées en BSS. Ces sources ont été intégrées dans la base BÊTOIRES/TRACAGES/EXUTOIRES et ont également fait l'objet de l'attribution d'un numéro BSS.

La carte de localisation des sources est présentée sur l'illustration 38.

Des compléments d'information ont été réalisés pour les sources ayant servi de suivi à des traçages. Les données ont alors été obtenues dans les dossiers papiers de la banque du sous-sol (données de qualité notamment) ou dans les rapports du traçage.

Par ailleurs, un complément important a été apporté à ces données au cours de l'Année 1, grâce au transfert de la base de données « Sources » de la DIREN Haute Normandie. Ces données de débits et de température avaient été acquises lors de la réalisation des inventaires des sources par le BRGM ; une mesure quasi-systématique du débit avait été entreprise (sur 1191 sources). Non saisies en BSS, la DIREN HNO avait bancarisé ces données en 2002.

A l'issue du basculement de la base « Sources » de la DIREN HNO, 1235 sources de la base BÊTOIRES/TRACAGES/EXUTOIRES ont ainsi des données de débits.

Les principaux résultats sont présentés sur l'illustration 36 et l'illustration 39. 35% des sources dont le débit est connu, ont un débit inférieur à 1 l/s ; 56% ont un débit inférieur ou égal à 5 l/s et 85% inférieur ou égal à 50 l/s.

Concernant l'utilisation qui est faite des sources (Illustration 37), on remarque que 71% des exutoires ne sont pas captés, que 10% sont captés pour l'Alimentation en eau Potable et 8% pour l'irrigation.

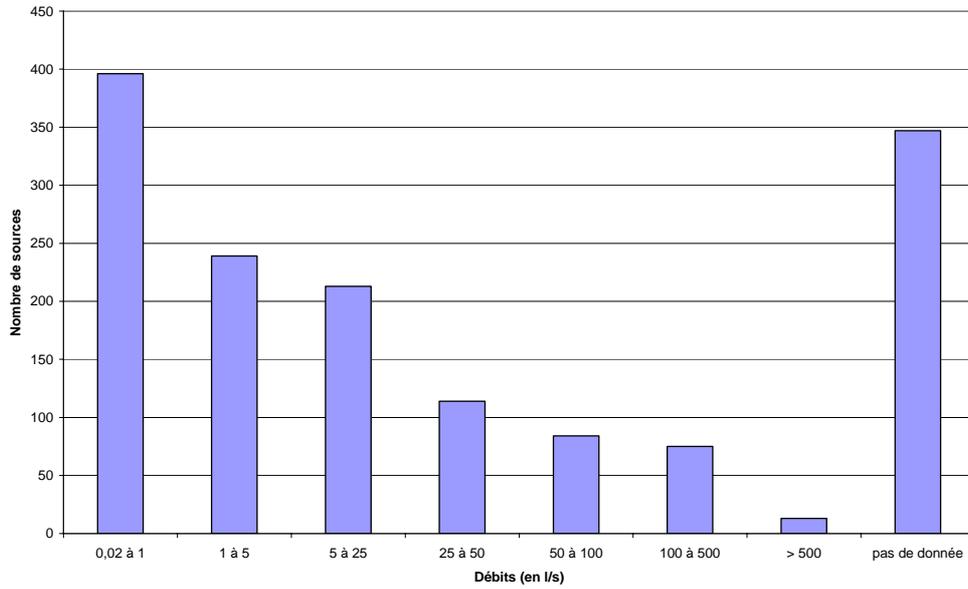


Illustration 36 : Classes de débits des exutoires

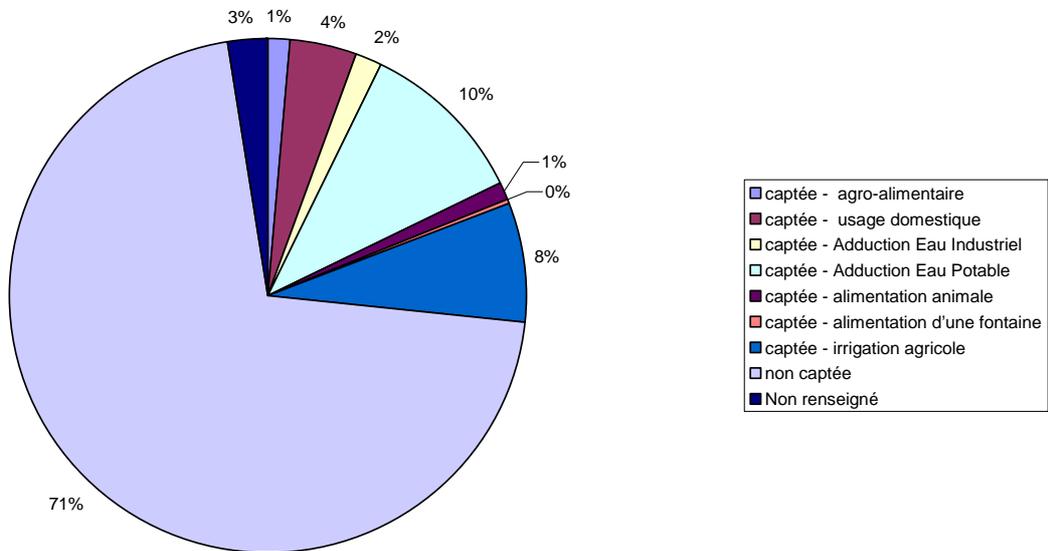


Illustration 37 : Utilisation des exutoires

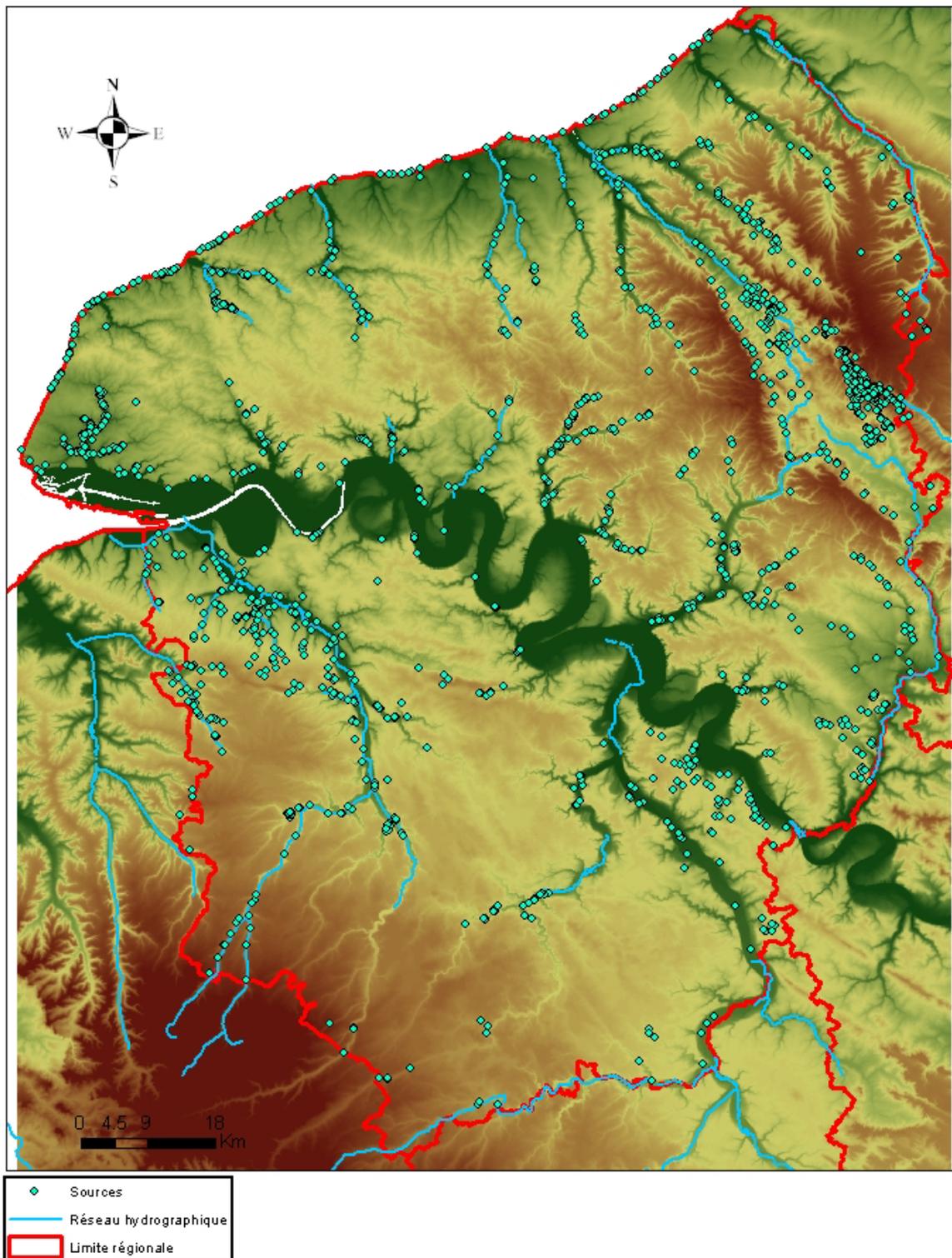


Illustration 38 : Carte de répartition des sources (exutoires) pour la région Haute-Normandie

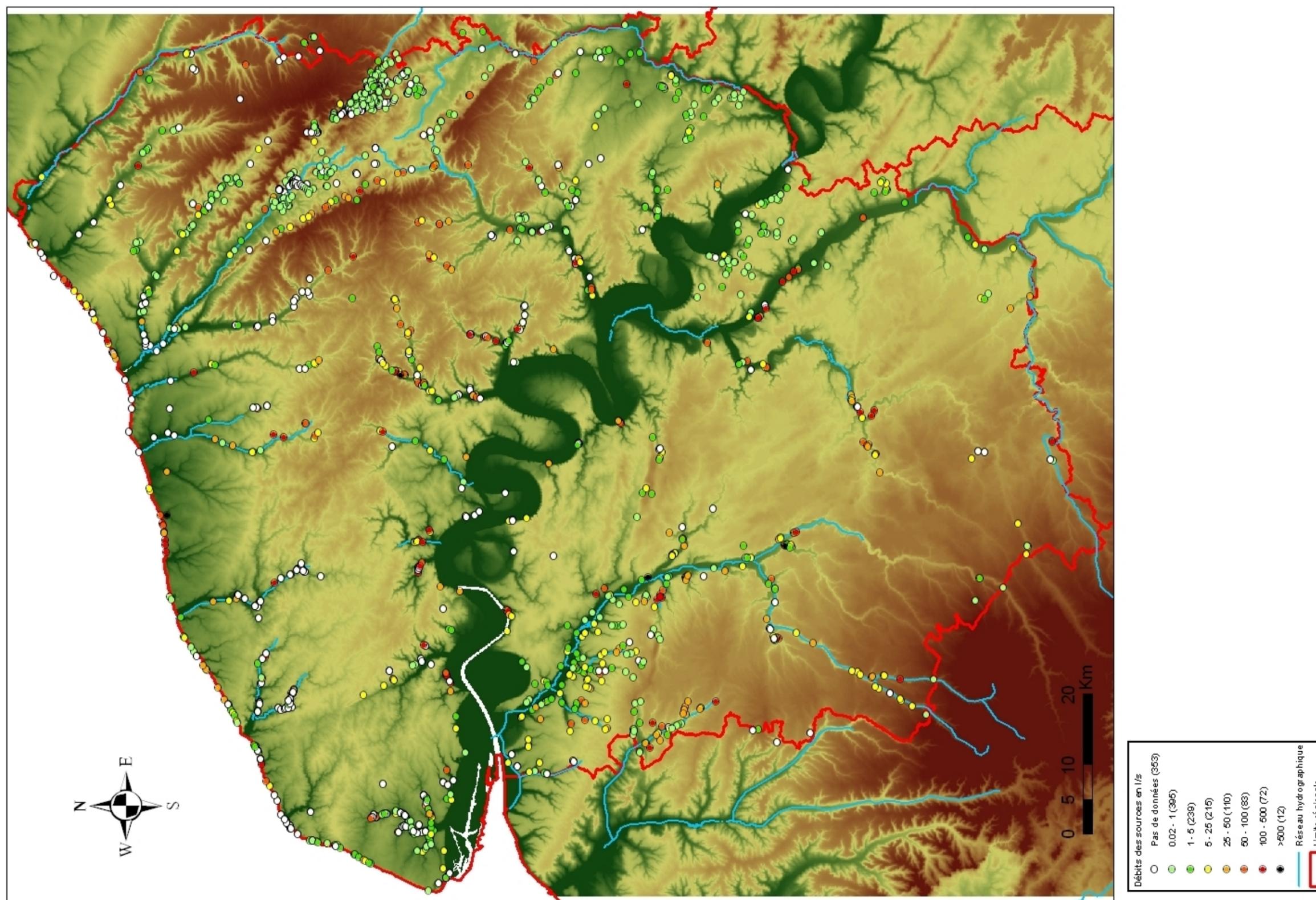


Illustration 39 : Carte de répartition des sources en fonction de leur débit

Etat de renseignement des champs caractérisant les sources

Pour certains champs caractérisant les sources, il est possible de calculer leur taux de renseignement dans la base de données. Les résultats sont présentés sur l'illustration ci-dessous :

Champs Caractéristiques des Sources	Taux de renseignement
Informations géographiques	
Commune	100%
Désignation locale	85%
Coordonnées géographiques	100%
Mode d'obtention des coordonnées	100%
Altitude	53%
N° de la carte IGN de situation	17%
Bassin versant hydrologique	29%
Bassin versant hydrogéologique	17%
Numéro BSS	98%
Caractéristiques des sources	
NATURE_EMERGENCE	100,0%
UTILISATION_RESSOURCE	97,5%
AUTRES_OBSERVATIONS	83,2%
MOYENNE_DEBITS	76,7%
COMMENTAIRE_DESCRIPTION	48,6%
TEMPERATURE_EAU	35,7%
CONTEXTE_GEOMORPHO	16,4%
ISOLE_GROUPE	14,2%
NATURE_GEOL_EMERGENCE	12,6%
FONCTIONNALITE_EXUTOIRE	12,3%
AVAL_EXUTOIRE	11,2%
ETAT_EXUTOIRE	10,3%
CLASSE_HYDRO_SOURCE	8,0%
TYPE_REGIME	8,0%
COULEUR	7,7%
EQUILIBRE_CHIMIQUE	7,7%
ODEUR	7,5%
RYTHME_MESURE_DEBIT	7,5%
SAVEUR	6,5%
TROUBLE	6,0%
COMMENTAIRE_PHYSICOCHIMIQUE	5,3%
TEMPERATURE_AIR	4,3%
PH	3,5%
BASSIN_ALIMENTATION	3,2%
CHLORURE	2,4%
CONTEXTE_EMERGENCE	2,2%
EQUIPEMENT_MESURE	2,2%
DURETE	2,1%
AUTRES_DEPOTS	1,8%
CONDUCTIVITE	1,1%
TURBIDITE_MESUREE	1,0%
AUTRES_MESURES	1,0%

Illustration 40 : Taux de renseignement de certains champs décrivant les caractéristiques des sources

Comme pour les bétoires, les informations géographiques principales (communes, coordonnées) sont toujours renseignées (100%). Les informations concernant les caractéristiques des sources sont en revanche renseignées de façon variable en fonction de la disponibilité ou non de l'information.

4.3. TRAÇAGES

4.3.1. Etat de la connaissance des circulations souterraines en Haute-Normandie

274 opérations de traçage ont été bancarisées (à la date du 13/02/09). La restitution de ces 274 injections de traceurs a été suivie sur 1175 points de suivi.

Parmi ces 274 traçages, 80% comportent 4 points de suivi ou moins et 98% 10 points de suivi ou moins (Illustration 41). La moyenne étant de 4 points de suivis par traçage.

Au total, la base compte déjà **1175 circulations souterraines tracées sur la Haute-Normandie**.

La moitié des traçages (49,7%) se sont révélés positifs (le traceur est réapparu au point de suivi).

Les cartes de localisation des traçages positifs et traçages négatifs sont présentées sur l'illustration 42 et l'illustration 43.

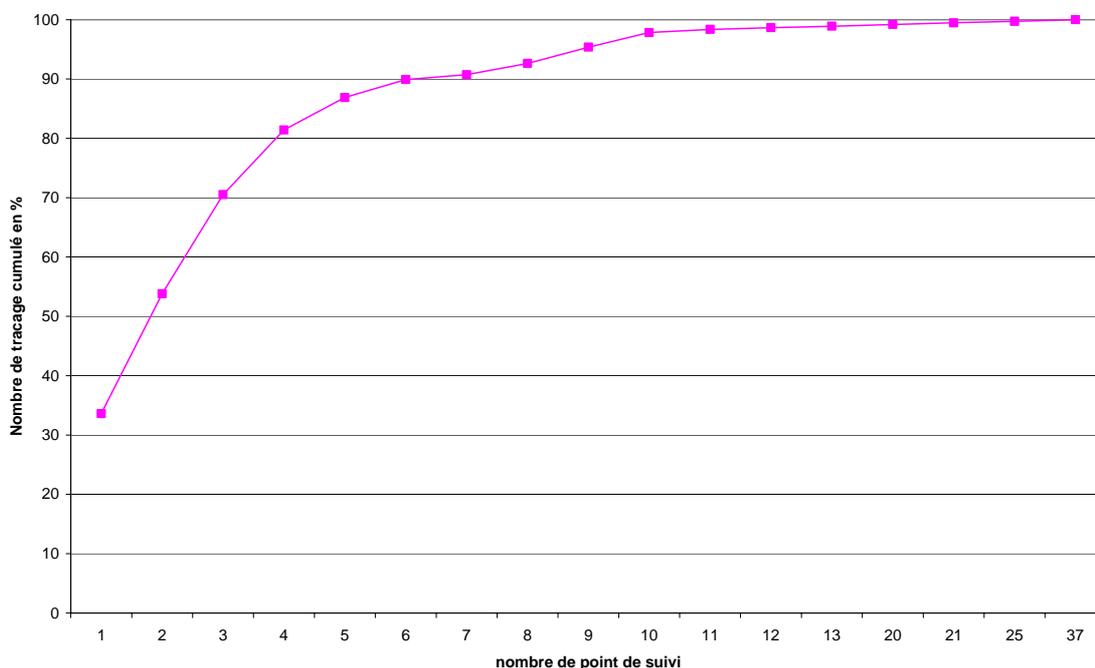


Illustration 41 : Nombre de points de suivi par traçage

Parmi les 274 opérations de traçages, 56% (210) ont été réalisées sur des bétoires et 44% (164) sur des points autres que des bétoires.

Ces 210 bétoires tracées ne représentent que 4% de l'ensemble des bétoires recensées (4995). La localisation de ces 210 bétoires tracées est présentée sur l'illustration 44.

Les 164 points, autres que des bétoires, ayant servis à l'injection d'un traceur sont :

⇒ un plan d'eau :	1,9%
⇒ un cours d'eau :	10,5%
⇒ un puits/forage/piézomètre :	24,8%
⇒ un puits filtrant, puisard :	24,8%
⇒ un sondage pelle mécanique, une fosse :	5,7%
⇒ un fossé, talweg :	15,2%
⇒ une marnière :	3,8%
⇒ autres :	9,5%
⇒ inconnu :	3,8%

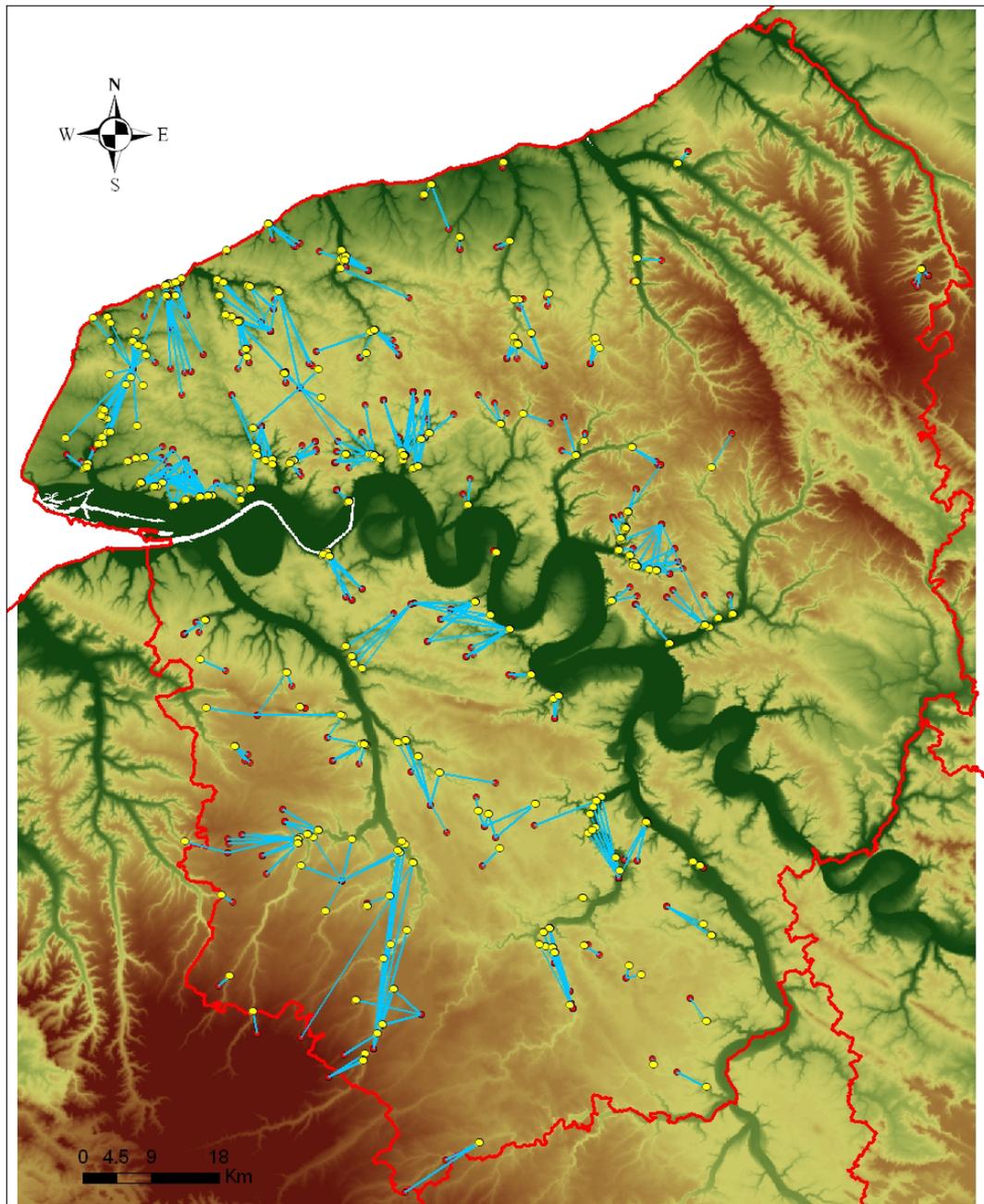


Illustration 42 : Carte de répartition des itinéraires souterrains traçés (traçages positifs) pour la région Haute-Normandie

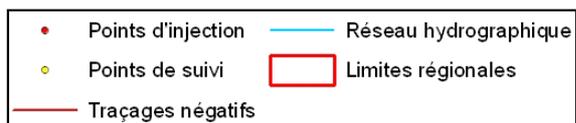
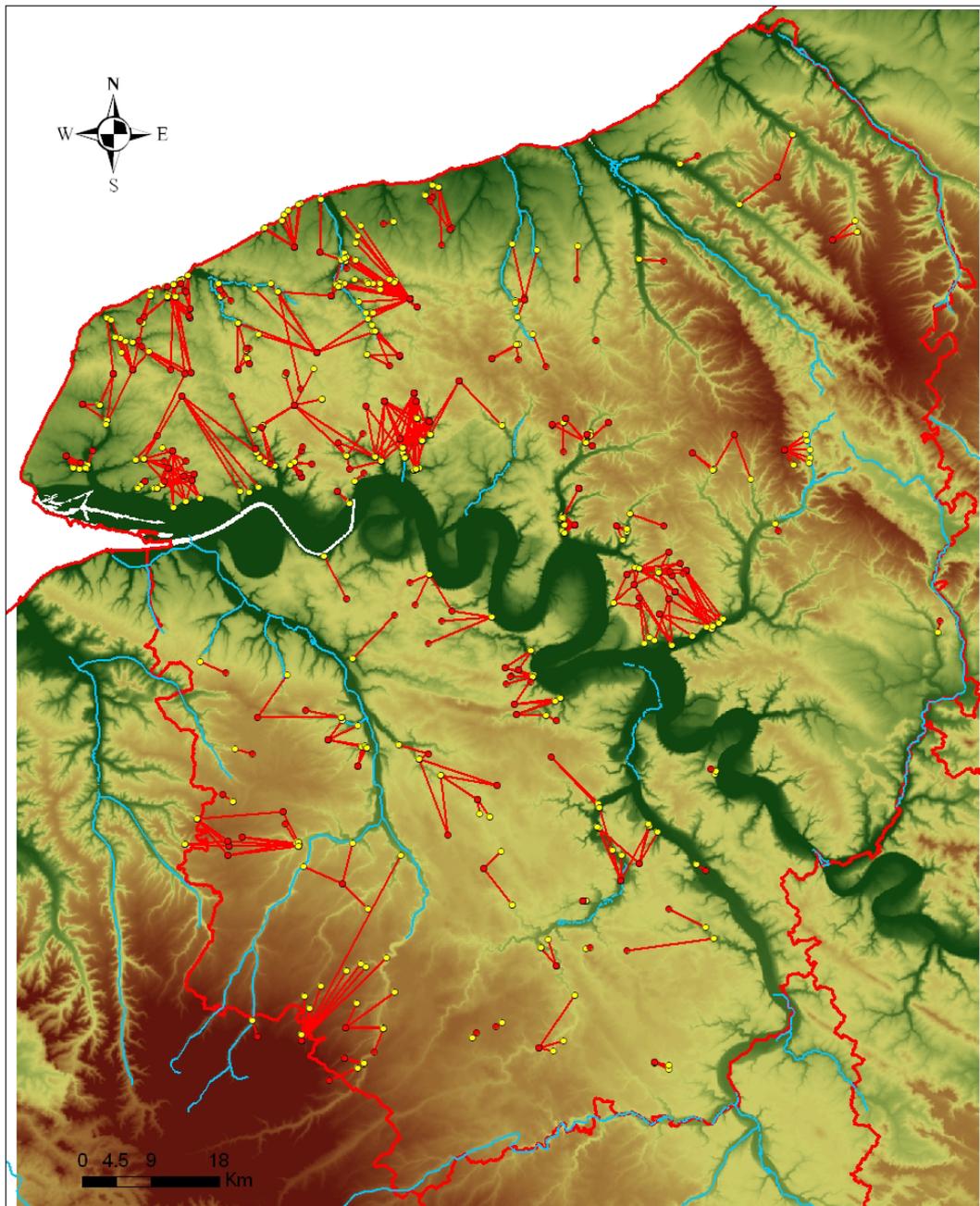


Illustration 43 : Carte de répartition des traçages négatifs pour la région Haute-Normandie (le trait en rouge représente l'association du point d'injection et du point de suivi où le traceur n'est pas réapparu)

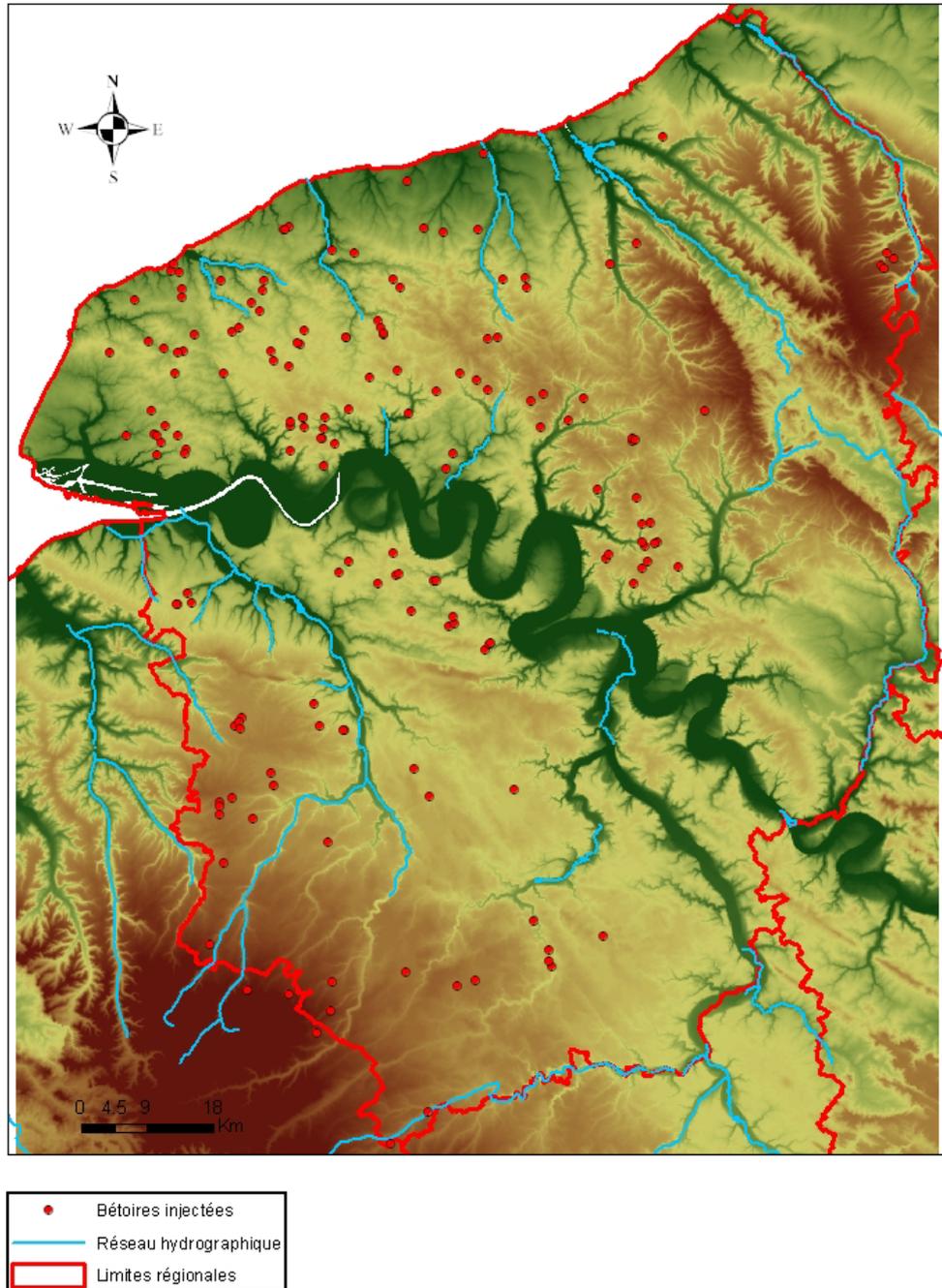


Illustration 44 : Localisation des 210 bétoires ayant fait l'objet de traçage

4.3.2. Type de traceur

La grande majorité des traçages bancarisés a été réalisée avec des traceurs fluorescents (87,4%) :

- fluorescéine (82%) (très utilisée entre autre par le BRGM lors des grandes campagnes de traçage),
- Rhodamine et sulforhodamine (3,8%).

Les traceurs ioniques arrivent en deuxième position (5,1%) avec essentiellement le chlorure de lithium, l'iodure de sodium et l'iodure de potassium.

La part des traceurs bactériens et particuliers reste marginale dans le total des traçages bancarisés à ce jour (Illustration 45).

Nature du traceur	Nombre de traçages	%
Amidon	1	0,3
Amino G acid	1	0,3
Autre	6	1,6
Autres sels d'iodures	1	0,3
Chlorure de lithium	9	2,4
Escherichia Coli	4	1,1
Fluorescéine	306	81,8
Fluorescéine S	6	1,6
Indéterminé	16	4,3
Iodure de potassium	3	0,8
Iodure de sodium	6	1,6
Rhodamine	4	1,1
Rhodamine B	5	1,3
Rhodamine WT	1	0,3
Sulforhodamine	1	0,3
Sulforhodamine B	3	0,8
Uranine	1	0,3
TOTAL	374	100

Illustration 45 : Type de traceurs utilisés

4.3.3. Date de réalisation des divers traçages

285 des 374 opérations de traçage bancarisées (soit 75%) sont issues de rapports du BRGM. Très peu ont été réalisées avant 1970 (Illustration 46).

50% des traçages bancarisés ont été réalisés de 1980 à 1990, période où le BRGM a lancé plusieurs grandes campagnes de traçage pour aider à la caractérisation de la vulnérabilité de l'aquifère de la craie et évaluer l'impact des rejets des stations d'épuration.

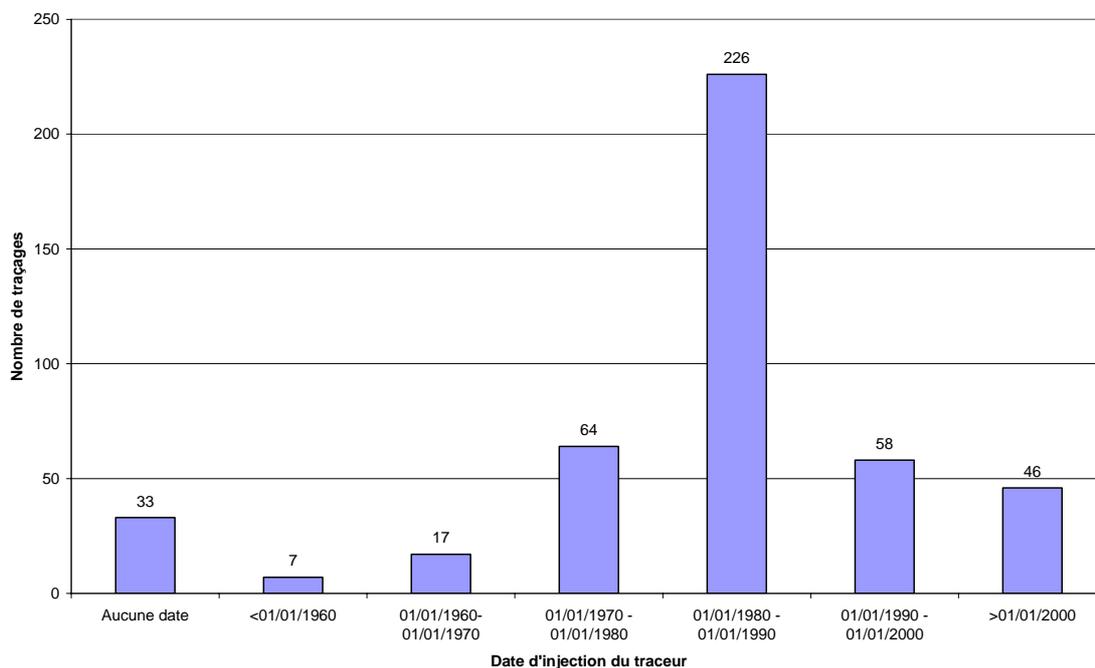


Illustration 46 : Répartition des traçages par date d'injection du traceur

4.3.4. Fiabilité des résultats de traçage

Jusque dans les années 1985, la plupart des traçages avaient pour objectif d'évaluer une relation de type OUI/NON entre le point d'injection et le point de restitution, sans qualifier le lien hydrodynamique de manière fiable et précise. Les données qu'on déduisait, notamment la vitesse, n'étaient ni très fiables, ni très précises.

Ainsi, sur la période 1900-1985, on note seulement 6% de traçages quantitatifs. Les pratiques des traçages semblent s'améliorer ; en effet sur la période 1985-2009, on compte près de 12% de traçages quantitatifs.

Au total, 89% des traçages bancarisés sont qualitatifs (pas de courbe de restitution réalisée par mesure de concentration du traceur au point de suivi).

Un travail important doit donc être entrepris pour améliorer les pratiques de traçages sur le terrain.

La fiabilité des résultats de traçage est primordiale. En effet :

- si l'expérience de traçage est positive et conclut à une restitution du traceur, il convient de s'assurer que les moyens de détection du traceur utilisés permettent d'affirmer sans ambiguïté que le signal observé au point de restitution est bien dû à la présence du traceur ;
- si l'expérience de traçage est négative et conclut à une absence de restitution du traceur, il convient alors de se demander si la période de surveillance de la restitution et la fréquence des échantillonnages étaient bien adaptées, ou bien si la technique de détection était appropriée pour détecter de faibles concentrations de traceur à l'exutoire. Ces questions se posent encore avec plus d'acuité si le traceur injecté n'a été retrouvé sur aucun des exutoires surveillés [4].

Afin d'évaluer la fiabilité des traçages bancarisés, nous avons entrepris depuis juin 2008, de noter chaque résultat de traçage fluorescent bancarisé en suivant les grilles proposées par Paul-Henri Mondain et Philippe Muet [4]. L'intérêt de cette notation est de pouvoir évaluer, pour chaque expérience de traçage, la fiabilité du résultat par rapport à la méthode de détection des traceurs employée. Cette notation permet de mettre en évidence les résultats de traçage peu fiables. Cela permet en particulier de donner un poids différent à des traçages dont les résultats seraient éventuellement contradictoires.

L'analyse de ces notes pourra notamment aboutir au choix de rééditer à nouveau un traçage peu fiable en ayant recours à des méthodes de détection plus fiables.

212 traçages de circulations souterraines (sur 1175) ont déjà été notés dont 184 traçages positifs et 24 traçages négatifs.

Les résultats de ces notes sont présentés sur l'illustration 47 et l'illustration 48. Que ce soit pour les traçages positifs ou négatifs, un tiers seulement (respectivement 28% et 29%) ont une note supérieure ou égale à 5/10.

A noter que ces grilles de notation pourront être améliorées afin :

- d'intégrer d'autres paramètres tels que les conditions hydrogéologiques de réalisation des traçages : hautes eaux / basses eaux,...
- d'être étendues à l'ensemble des traçages ; elles ne concernent actuellement que les traçages fluorescents.

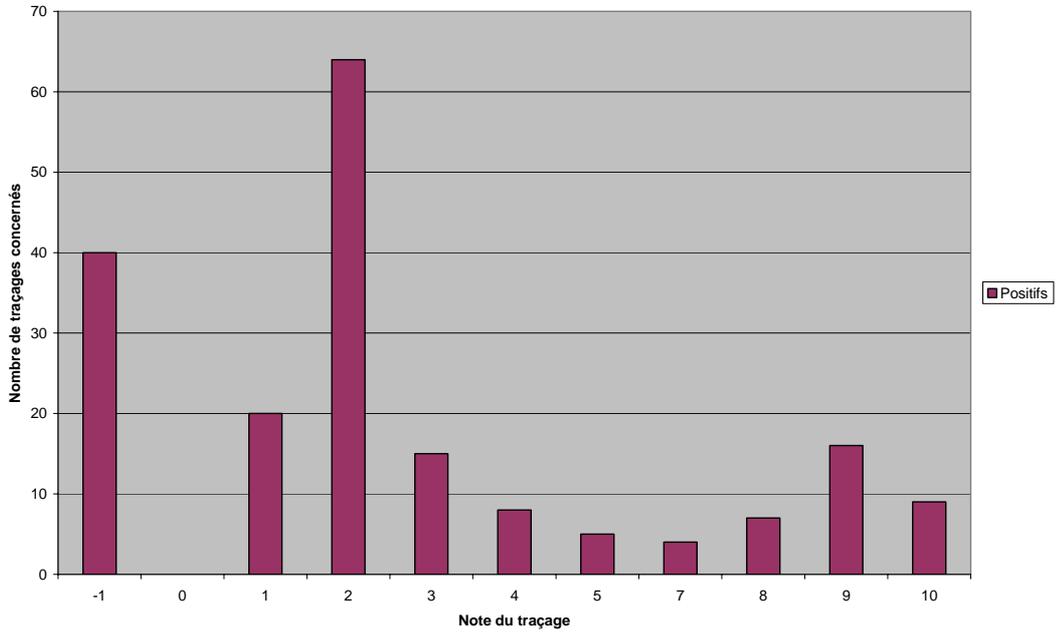


Illustration 47 : Notes de fiabilité des 212 traçages positifs déjà cotés

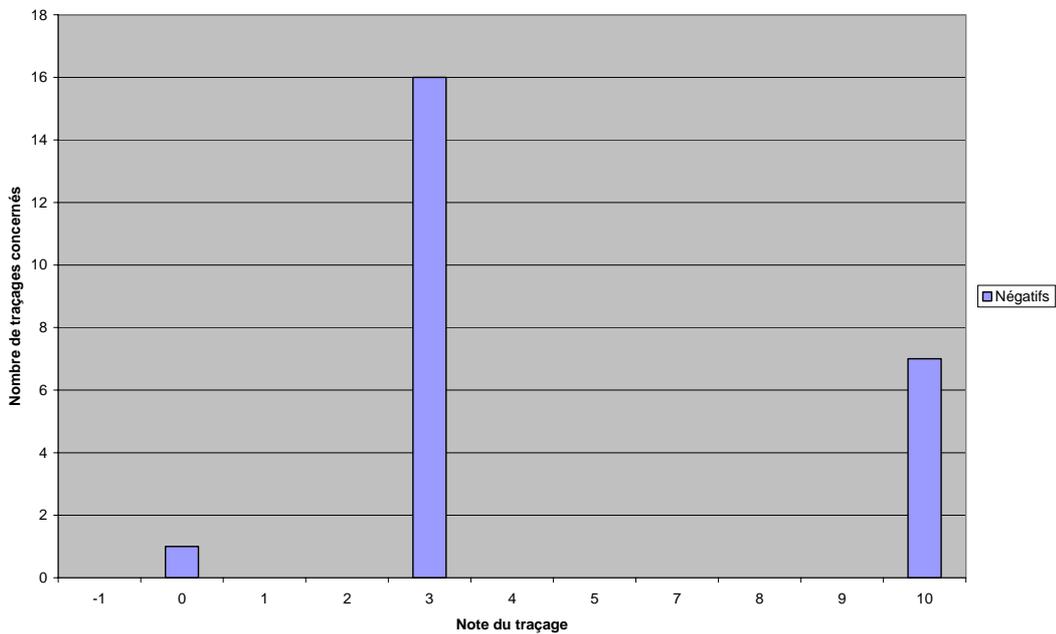


Illustration 48 : Notes de fiabilité des 24 traçages négatifs déjà cotés

La fiabilité des traçages est en partie due aux équipements de détection du traceur (équipement utilisé sur le terrain et appareil d'analyse), à la durée de surveillance de la

restitution, à la fréquence des échantillonnages et à la situation hydrogéologique de la réalisation du traçage.

La base de données permet la bancarisation de tous ces paramètres mais ces derniers sont rarement renseignés, notamment dans les anciens rapports d'opérations de traçage.

4.3.5. Type d'équipement et type d'analyse

Concernant le type d'équipement mis en œuvre pour assurer le suivi du traçage, on constate que les fluocapteurs sont le principal équipement utilisé (57,3%). Les autres équipements les plus fréquents sont : les prélèvements manuels et les préleveurs automatiques.

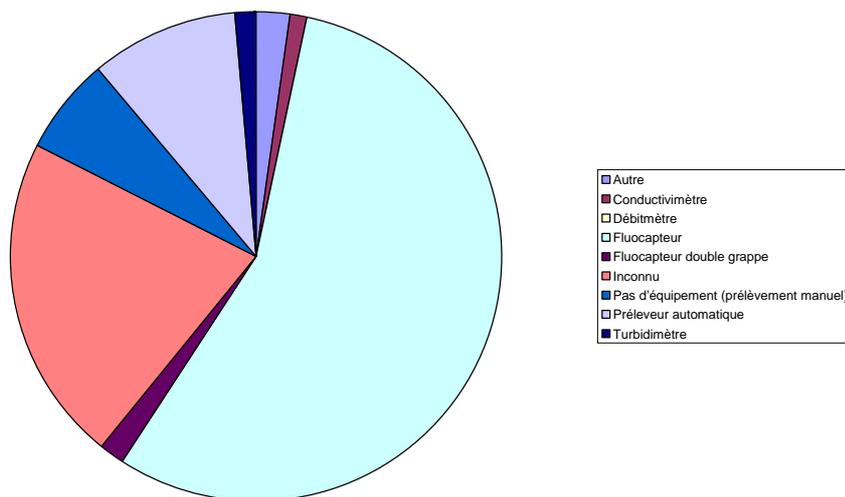


Illustration 49 : Type d'équipement de suivi utilisé pour les traçages

A noter que les fluocapteurs seuls ne permettent pas l'obtention d'une courbe de restitution. La valorisation de traçages réalisés uniquement avec ce type de matériel de suivi se cantonne donc à l'indication de la restitution du traceur ou non.

A l'inverse, l'utilisation d'un préleveur automatique est synonyme d'un nombre élevé d'échantillons. La détermination de l'arrivée du traceur est alors plus précise. Des valorisations plus importantes de ces données sont envisageables (détermination des vitesses des circulations souterraines, etc...).

Remarque : il peut y avoir plusieurs équipements pour un point de suivi.

Le type d'analyses réalisées pour déterminer la présence du traceur, voire sa concentration est le plus souvent non précisé dans les rapports de traçage anciens (64.5%). Les fluorimètres et spectrofluorimètres représentent 24,5% des appareils d'analyse utilisés tandis que l'analyse visuelle a été utilisée pour 6,1% des suivis. Viennent ensuite la photométrie d'absorption atomique (2%) et le dosage colorimétrique (1,3%). Les autres moyens d'analyse représentent à l'heure actuelle moins de 1% des données bancarisées (Illustration 50).

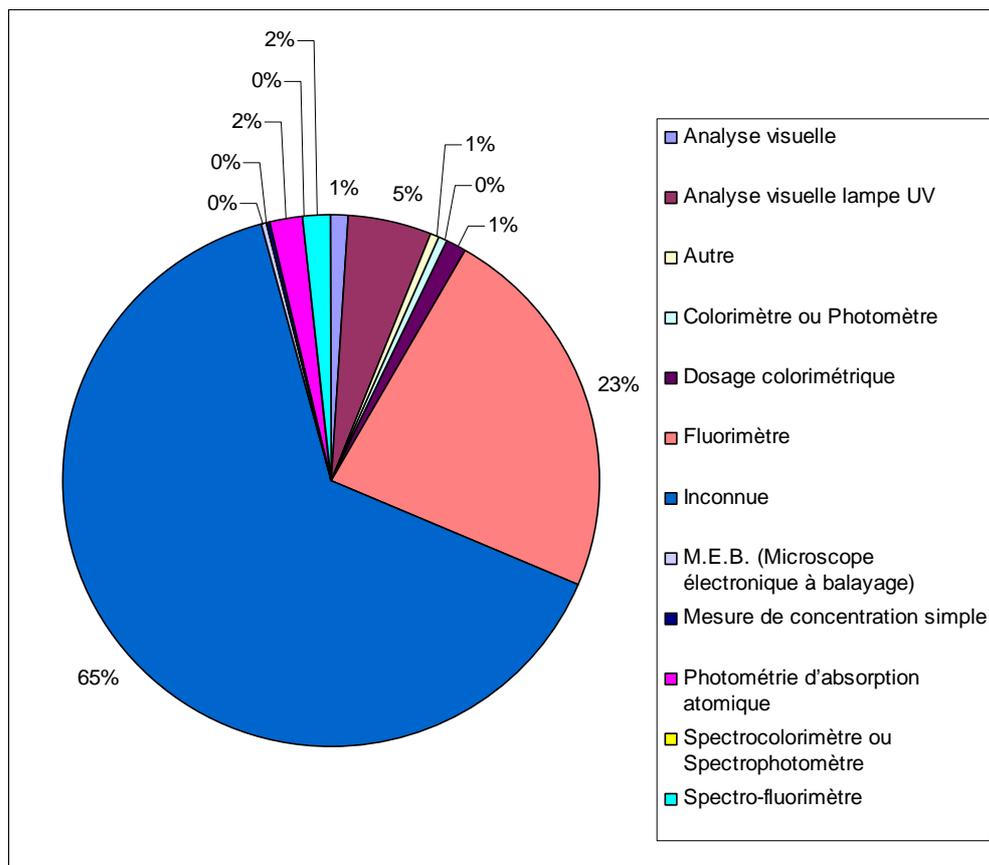


Illustration 50 : Type d'analyses réalisées pour les traçages

4.3.6. Traçages par famille de vitesse

Pour 312 des 584 itinéraires souterrains tracés positivement, il est possible d'évaluer la vitesse de première restitution. Les résultats sont présentés sur l'illustration 51 et l'illustration 52.

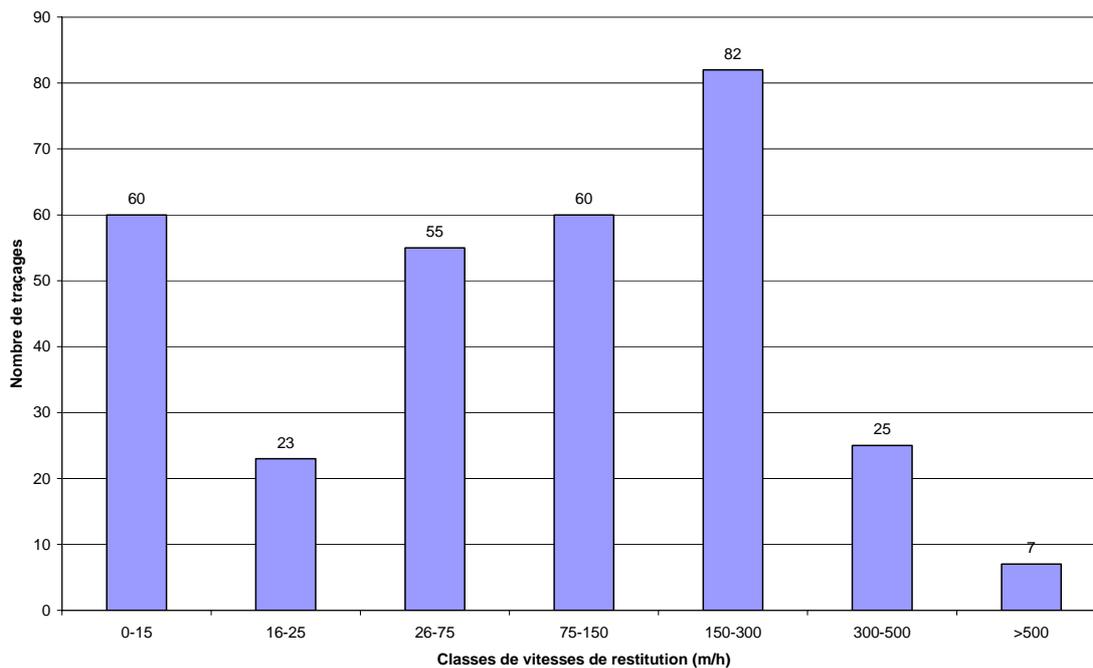


Illustration 51 : Répartition des différents itinéraires tracés positivement par classe de vitesse de restitution du traceur entre le point d'injection et le point de suivi

56% des traçages positifs (et dont la vitesse de restitution a pu être déterminée) ont une vitesse supérieure à 75m/h et reflète donc des écoulements de type clairement karstique.

19% des circulations souterraines présentent une vitesse inférieure à 15m/h et reflètent dans ce cas des écoulements moins représentatifs d'un karst.

Les vitesses peuvent atteindre des valeurs très importantes, avec un record de 925 m/h (près d'1 km/h) observé entre le forage 00568X0004 et la source 00568X0007 à Yport.

Carte des traçages par familles de vitesse de restitution

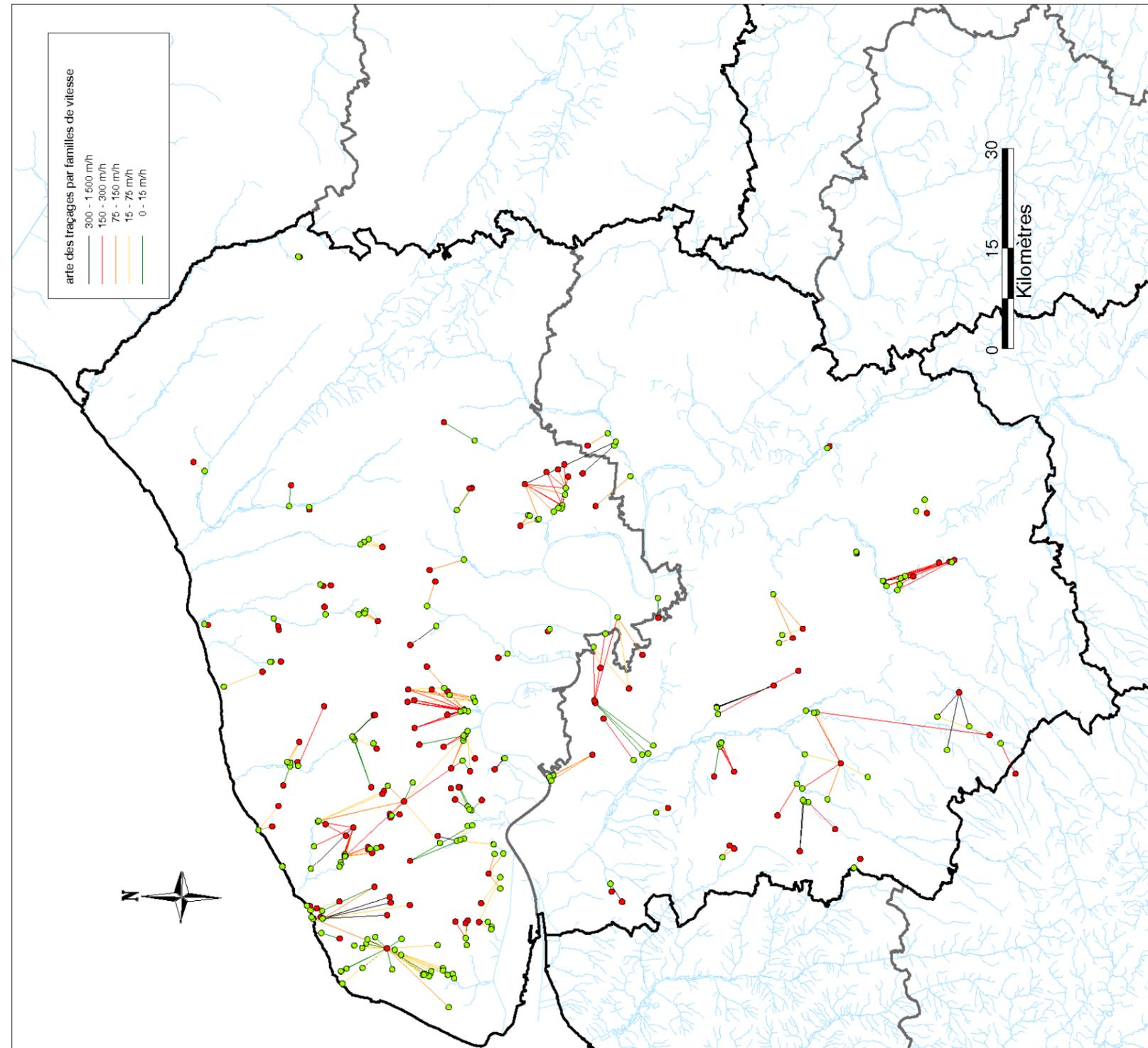


Illustration 52 : Familles de vitesses pour les traçages positifs

4.3.7. Traçages doublon

La bancarisation des traçages lors de l'Année 1 a déjà permis de mettre en évidence 127 doublons d'itinéraires souterrains tracés (sur 1175 itinéraires bancarisés) (Illustration 53).

Dans la majorité des cas, les itinéraires souterrains n'ont été tracés que 2 fois.

Certains ont des résultats contradictoires.

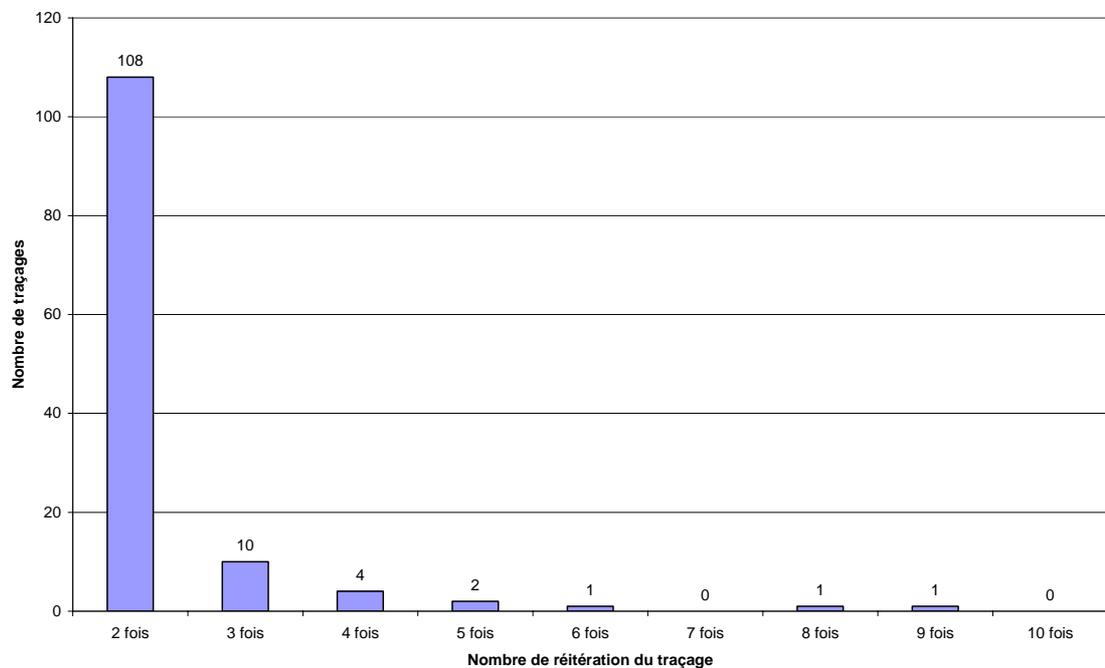


Illustration 53 : Nombre de traçages réalisés sur les points d'injection et les points de restitution de la zone d'étude

A noter que la répétition de traçages est parfois volontaire, notamment pour tester les itinéraires souterrains en situation de basses eaux et hautes eaux.

Les bétoires tracées de nombreuses fois correspondent à des bétoires suivies pour des travaux de thèse (N. MASSEI, G. RICO, F. CALBA).

5. Quelques applications

Ce paragraphe illustre quelques applications possibles des données recensées dans la base.

5.1.1. Base de référence régionale des bétoires / traçages

En préalable à toute étude (type étude hydraulique, BAC, périmètre de protection, d'impact,...), les maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre et bureau d'études pourront exporter directement par Internet les données sur le secteur souhaité (fichiers exportables). L'état initial des connaissances sera réalisé une fois pour toute. Les nouvelles études pourront être focalisées sur la vérification terrain des données et leur mise à jour.

A la fin de toute étude, ces mêmes acteurs de l'eau pourront intégrer les nouvelles données acquises par l'intermédiaire de l'applicatif de saisie par Internet.

Ainsi, les données de cette base pourront être mises à jour en continu par capitalisation de l'ensemble des études locales (partage des données entre les différents échelons communaux, syndicaux, départementaux et régionaux).

5.1.2. Carte de vulnérabilités des AEP

La mise en commun sur une même carte :

- d'une part, des données des AEP ayant des problèmes de qualités concernant la turbidité, les pesticides, les nitrates,
- d'autre part, les données de bétoires avec précision du type d'eaux d'engouffrement (agricole, routière, eaux usées, eaux industrielles....),

permettra de mieux cerner les nouvelles études de traçages nécessaires afin d'aboutir à la protection des captages (par l'aménagement ciblé des bétoires mises en causes).

Cette base de données permettra donc d'identifier des traçages à réaliser pour des captages connaissant des problèmes de turbidité et situés dans des zones peu investiguées.

Les bétoires à fort impact potentiel seront également mises en évidence : cas des bétoires ayant été tracées positivement avec des captages à usage sensible (AEP), ou dont les eaux d'engouffrement peuvent avoir un impact notable de par leur charge (turbidité, eaux usées non traitées.....) (cf. Illustration 54).

L'illustration 54 met notamment en évidence de nombreux AEP impactés par la turbidité et n'ayant pas fait l'objet d'opérations de traçage.

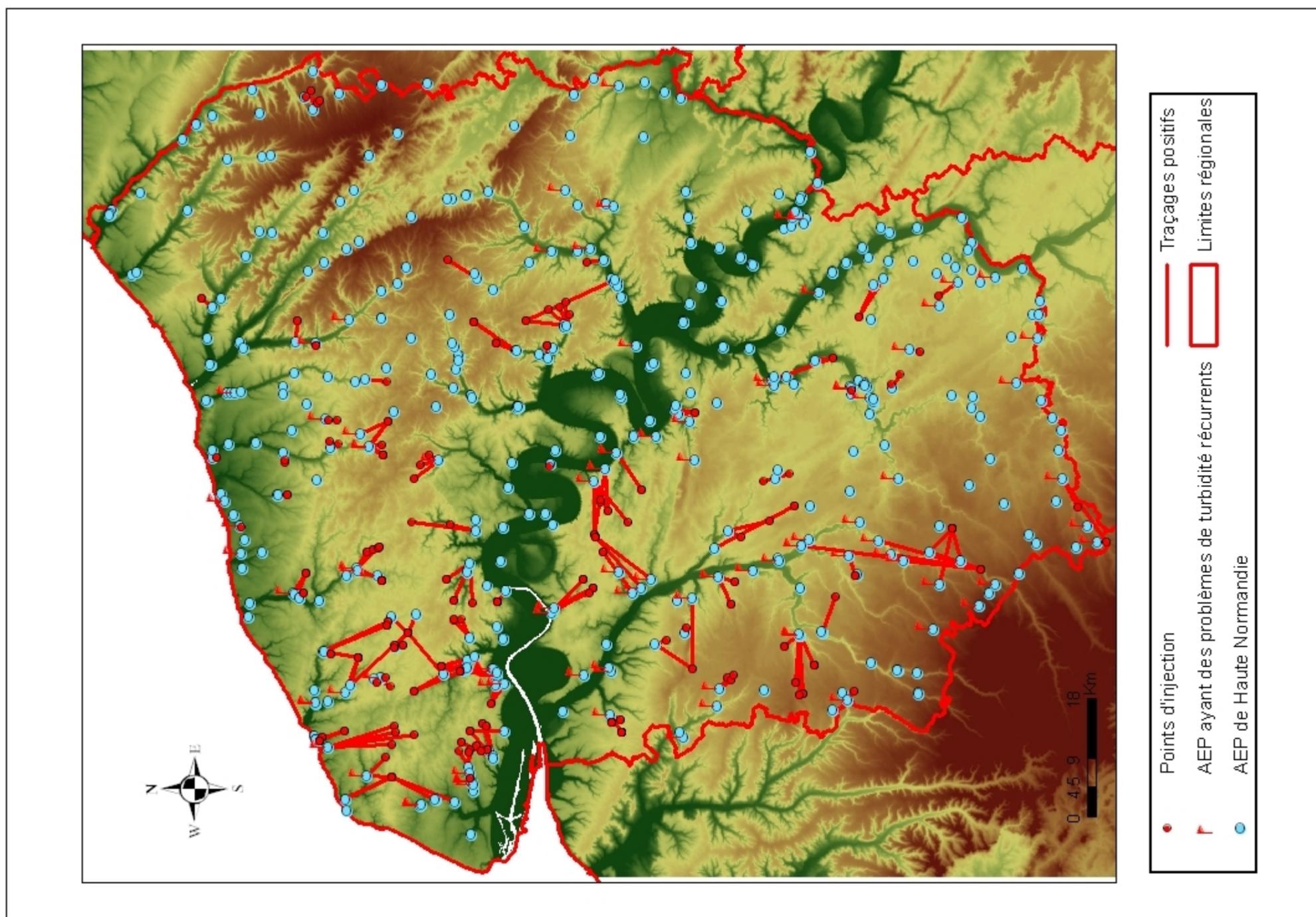


Illustration 54 : Bêtoires à fort impact potentiel : bêtoires tracées positivement en relation avec un AEP et signalement des AEP ayant des problèmes de turbidité. Prioritisation des aménagements de bêtoires

Un autre intérêt de cette base de données est de mettre à disposition des outils d'aide à la décision pour la mise en place de plans d'action de lutte contre les problèmes de qualité des eaux souterraines. En effet, elle permet par exemple de hiérarchiser les bétoires en termes de risques qu'elles représentent pour un captage (vitesses de transit des eaux entre la bétoire et le captage).

Un exemple est présenté sur l'illustration 55. Il illustre l'utilité des données pour prioriser les aménagements.

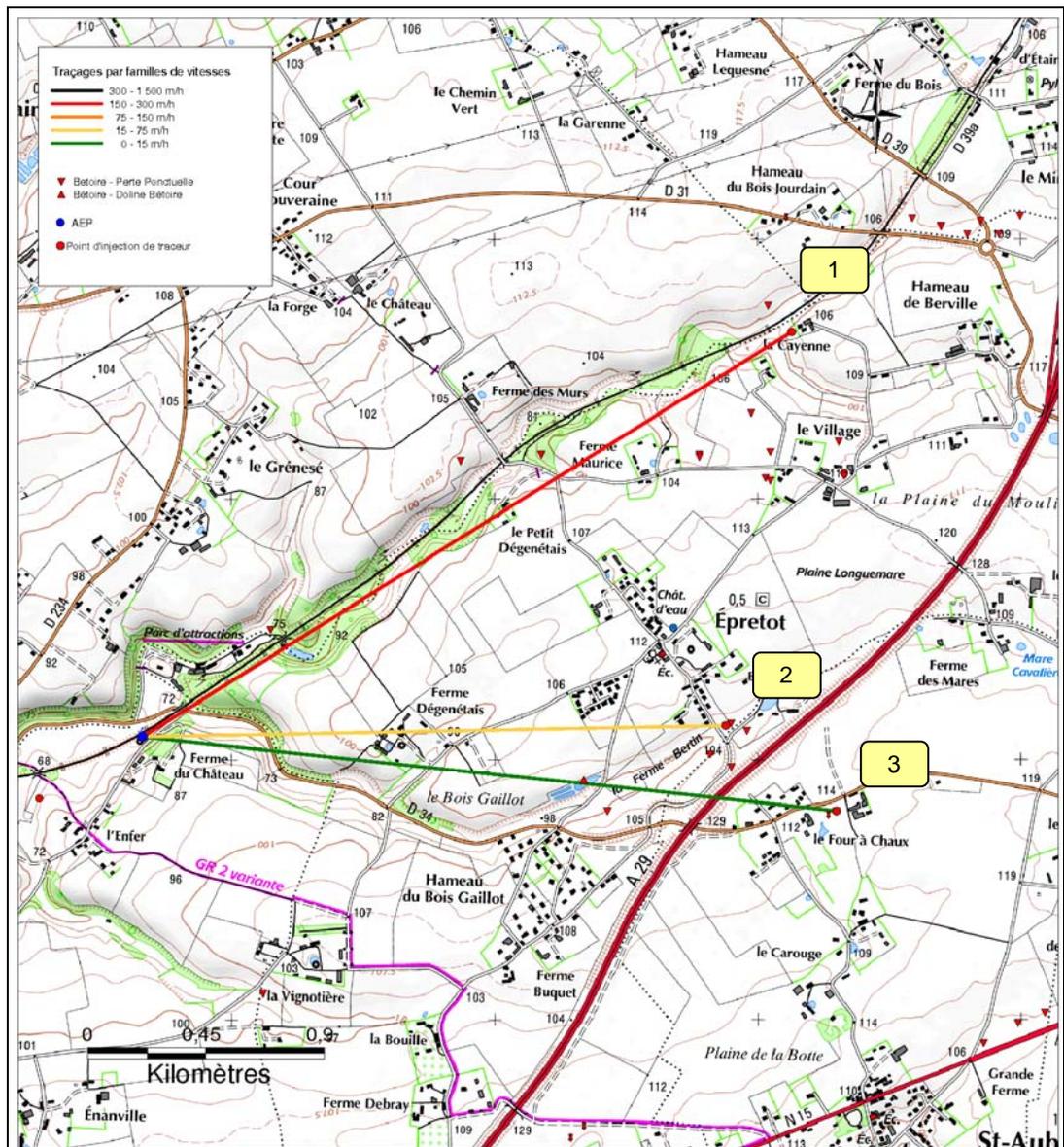


Illustration 55 : Base de données servant à prioriser les aménagements en fonction de la vitesse des eaux reliant une bétoire à un AEP

5.1.3. Vers la redéfinition des bassins versants hydrogéologiques

Les bassins versant hydrogéologiques sont à l'heure actuelle définis sur la base des cartes piézométriques régionales et donc sur les écoulements régionaux des eaux souterraines. Les bassins ainsi tracés ne prennent pas en compte le cas des écoulements karstiques. Or ces écoulements karstiques peuvent jouer un rôle important de drainage des eaux d'un bassin à un autre.

L'illustration 57 représente les échanges existants entre les bassins versants hydrogéologiques tels qu'ils sont définis à l'heure actuelle. Les traçages « trans-bassins » de cet inventaire permettront de mieux préciser la délimitation de ces bassins en intégrant la donnée des phénomènes karstiques.

L'illustration 56 représente le cas de la Bêtoire de Criquetot l'Esneval dont les eaux d'engouffrement sont restituées dans 5 bassins versants hydrogéologiques différents.

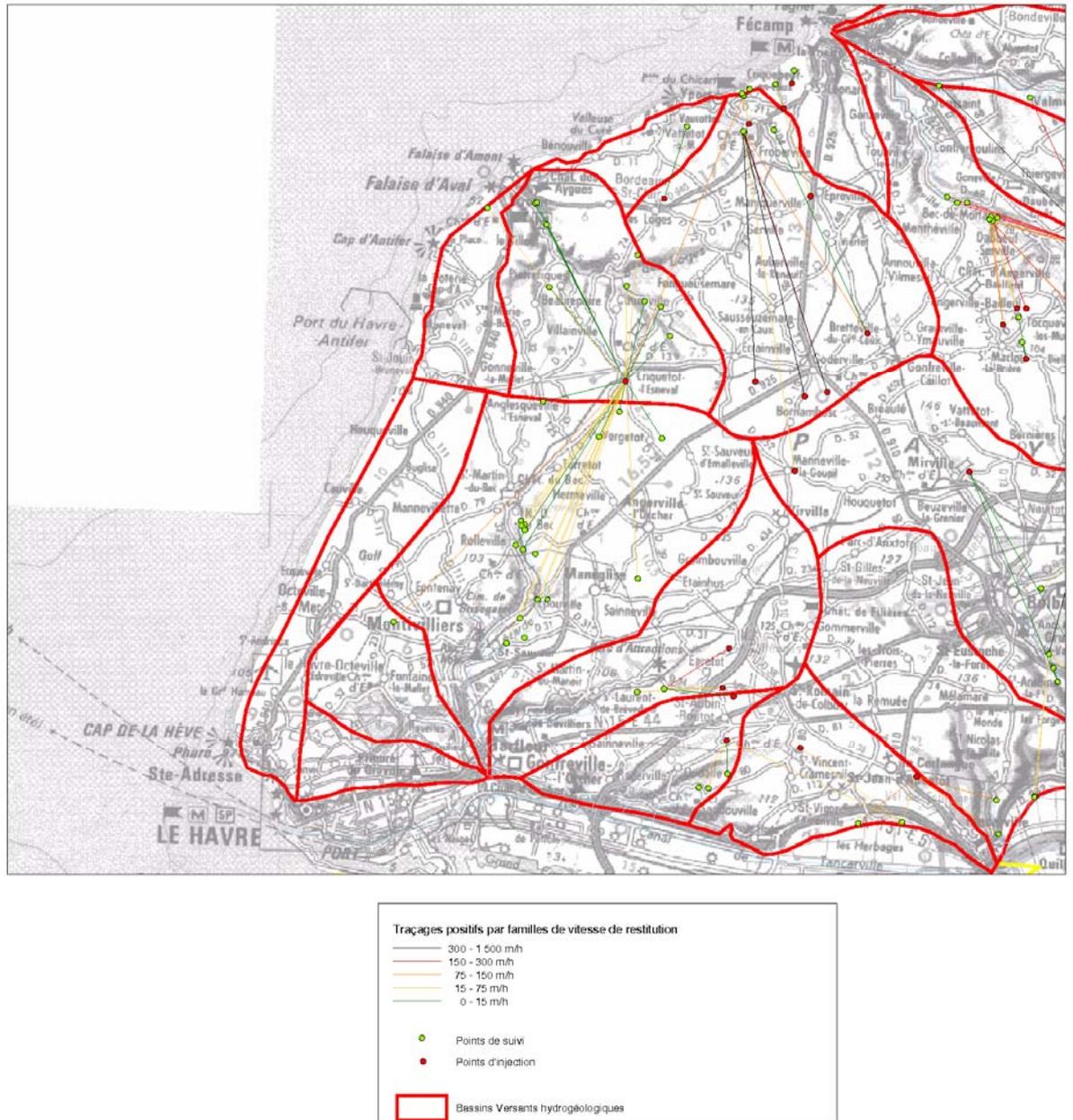


Illustration 56 : Cas d'une bêteoire dont les eaux d'engouffrement sont restituées dans au moins 5 bassins versants hydrogéologiques

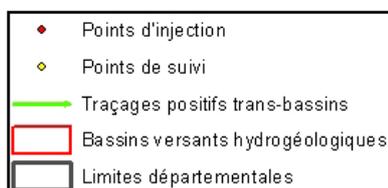
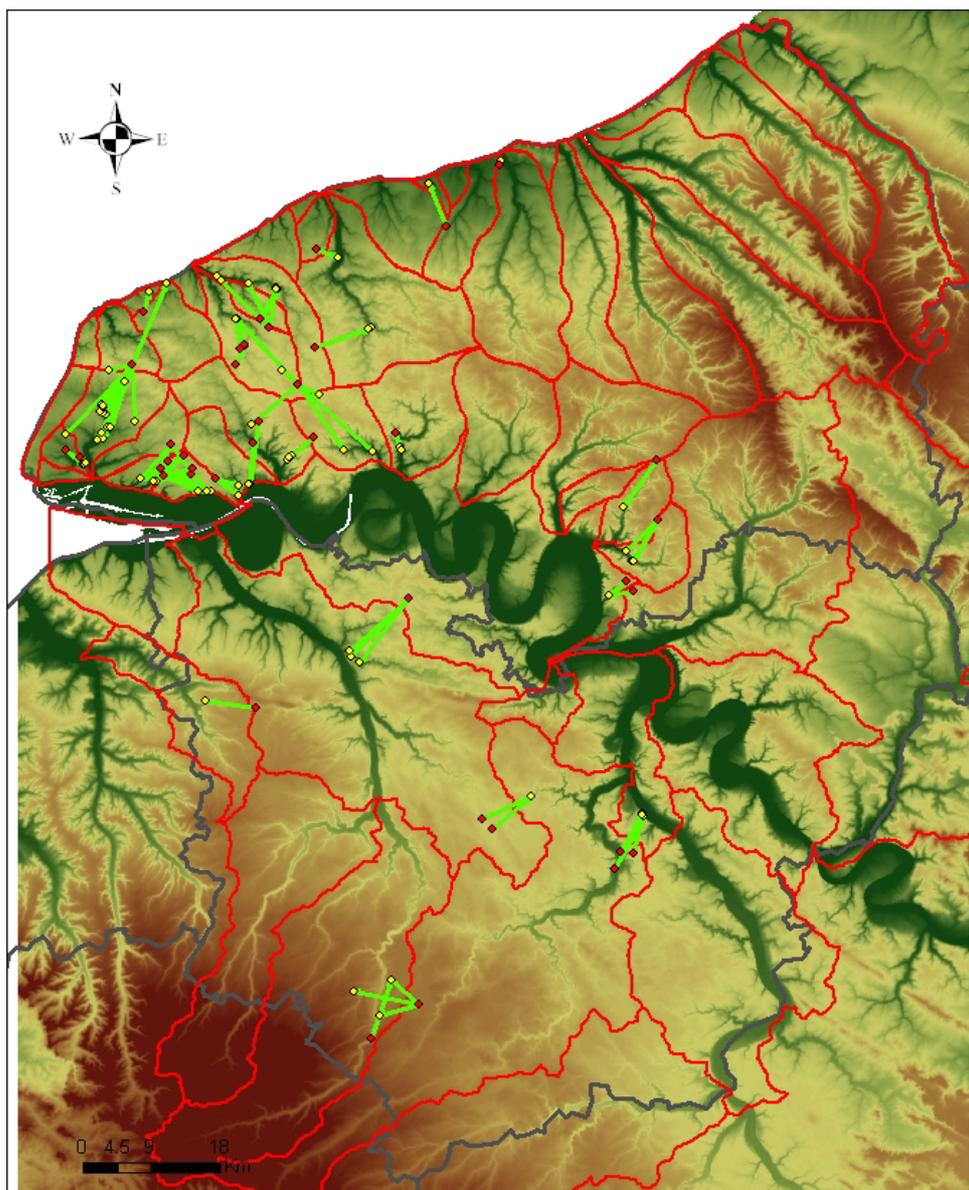


Illustration 57 : Traçages trans-bassins versants hydrogéologiques

5.1.4. Vers la mise en place de préconisations régionales de protocoles de traçages

Le karst Haut Normand représente un type de karst très particulier du fait d'une part de son manteau d'altération (argiles à silex) qui le masque en surface, et d'autre part de sa triple porosité.

Il n'existe pas à l'heure actuelle de règles de l'art régionales adaptées à ce contexte géologique particulier pour la réalisation des traçages.

Des études récentes et notamment celle de Ph. Gombert [3] proposent la mise en place de normes concernant la réalisation de traçages. Ces normes porteraient sur la durée de suivi, la fréquence de prélèvement, la période de réalisation des traçages, les méthodes d'analyses ainsi que la quantité de traceurs injectée.

La présente base de données permettra d'avancer dans la mise en place de normes régionales pour les traçages. En effet, elle constitue un retour d'expérience régional inédit permettant de mettre en évidence les pratiques qui fonctionnent et celles qui fonctionnent moins.

Ph. Gombert dans son étude [3] préconise des doses minimales ou « doses caractéristiques » à injecter en fonction de la distance du traçage et du type de traceur.

Pour illustrer ce propos, nous avons calculé, pour le cas de la fluorescéine, le nombre de traçages qui ont été réalisés en Haute Normandie avec une dose caractéristique inférieure et supérieure à la dose préconisée par Ph Gombert.

Il apparaît (Illustration 58) que sur 881 itinéraires souterrains testés à la fluorescéine, 780 ont été réalisés à une dose supérieure à la dose caractéristique de la fluorescéine et 101 à une dose inférieure.

	Dose injectée supérieure à la dose caractéristique	Dose injectée inférieure à la dose caractéristique
Nombre de traçages positifs	382	32
Nombre de traçages négatifs	398	69
Total de traçages	780	101

Illustration 58 : Nombre de traçages réalisés en Haute-Normandie avec une dose caractéristique inférieure ou supérieure à la dose préconisée par Ph Gombert [3]

La comparaison de la réussite des traçages de ces deux familles montre un pourcentage de traçages positifs plus importants pour les traçages réalisés avec une dose supérieure à la dose caractéristique (49% contre 32%) (Illustration 59).

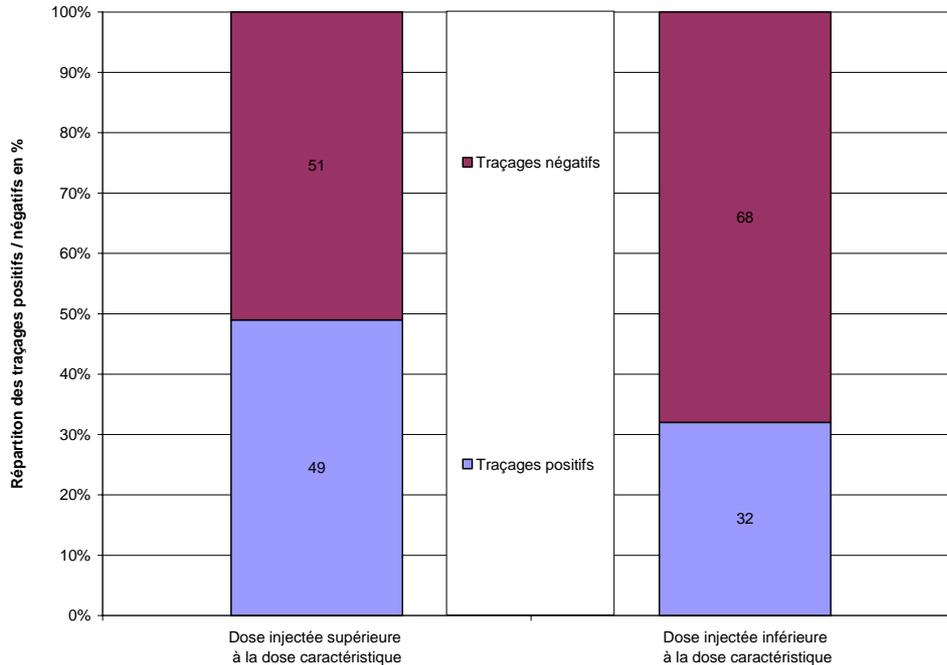


Illustration 59 : Résultats des traçages en fonction de la quantité de traceur injectée (supérieure ou inférieure à la dose caractéristique de la fluorescéine)

5.1.5. Applications scientifiques

D'autres applications plus scientifiques seront possibles.

L'énorme masse d'information ainsi rassemblée constituera un échantillon enfin représentatif pour avancer dans la compréhension de ces phénomènes. Cette base de données pourra en partie servir de socle de données pour étudier les mécanismes de karstogenèse à l'origine des bétoires et des réseaux karstiques.

Le lien entre la structurale, les formations superficielles et le développement des zones de bétoires pourront ainsi être étudiées sur une dimension régionale afin de comprendre les localisations préférentielles du développement des bétoires et leur évolution dans le temps.

De plus, la valorisation de ces données pourrait avoir des retombées dans d'autres domaines : par exemple, la compréhension de la répartition des bétoires permettrait de mieux distinguer cavités naturelles (« bétoires ») et anthropiques (« marnières ») avec des conséquences importantes sur l'urbanisme.

6. Bilan pour les trois Bassins versants « tests »

6.1. ITON

Le bassin versant de l'Iton, situé au centre du département de l'Eure, a une superficie d'environ 1150 km². D'un point de vue morphologique, le tracé de l'Iton est très haché, passant alternativement d'une direction N145 à une direction N65 et les débits augmentant sur les tronçons orientés N65 et diminuant sur les tronçons N145 [6].

Le bassin versant de l'Iton est entièrement implanté dans les terrains crayeux (il existe de nombreux reliquats tertiaires disséminés sous forme d'épandages dans les formations superficielles, piégés dans des poches karstiques...).

Le bassin de l'Iton est le bassin versant qui présente le plus de particularités [7] :

- séparation de la rivière en 2 bras autour de Damville,
- cours d'eau en situation perchée sur une partie du linéaire, au droit du Sec-Iton, mais aussi vraisemblablement en amont, avec nombreuses pertes et sources à forts débits,
- double confluence à l'aval de l'Iton vers l'Eure,
- petit cours d'eau affluent (Rouloir) prolongé à l'amont par une longue vallée sèche, la vallée du Lême.

Les données de la base reflètent les particularités de ce bassin versant. En effet, si la densité des bétoires dans ce bassin est moyenne (14 bétoires / 100km²), celles-ci sont très inégalement réparties sur le territoire.

La carte de répartition des bétoires (Illustration 60) est clairement marquée par une concentration conséquente de pertes dans la section de l'Iton comprise entre Damville et la Bonneville-sur-Iton. C'est dans ce tronçon que se développe la région dite du « Sec-Iton ». Il s'agit d'un contexte particulier où l'on observe un décrochement entre le toit de l'aquifère et le creusement du talweg, ce qui engendre des pertes du cours d'eau au profit du réservoir souterrain.

La vallée sèche prolongeant l'amont du Rouloir (affluent de l'Iton) a fait l'objet de validations terrain. Des indices de pertes y ont également été observés.

On peut également observer une forte concentration de bétoires dans le centre ouest du bassin versant. La majorité de ces bétoires est issue de la carte géologique de ce secteur dont l'auteur avait fait un recensement détaillé des entonnoirs d'absorption. Ce secteur a également fait l'objet de validations terrain. Une partie de ces indices de pertes n'est plus observable aujourd'hui (remblaiement, pertes inactives ?).

Concernant les traçages positifs bancarisés, ils confirment globalement des zones de pertes dans les tronçons du lit de la rivière orientés N145 et des zones de restitution (sources karstiques) dans les sections orientées N65 (Illustration 61 et Illustration 62).

La section du sec-iton a fait l'objet de très nombreux traçages pour la majorité positifs. Les vitesses de circulations oscillent quasiment toutes entre 150 et 300m/h.

Les traçages de ce bassin versant mettent également en évidence le drainage des eaux souterraines du Bassin Versant de l'Iton vers les bassins versants de l'Eure et de la Risle :

- Drainage vers l'Eure, observé par le traçage des trois zones distinctes dans la section de Caër / Normanville en direction des sources de Cailly-sur-Eure (Illustration 63),
- Drainage vers la Risle observé
 - à Emanville vers le Tilleul-Lambert,
 - au niveau d'une perte tracée à Baux-de-Breteuil et dont des restitutions ont été observées de part et d'autre du cours d'eau de la Risle ;

A l'inverse, deux traçages ont montré le drainage de la Risle vers l'Iton (injections à Sainte-Collombe-la-commanderie et Le Tilleul-Lambert) et restitution à Feuguerolles.

Ainsi, ces données montrent la nécessité de redéfinir les limites actuellement connues de ce bassin versant souterrain et vont permettre une meilleure connaissance des écoulements superficiels et souterrains.

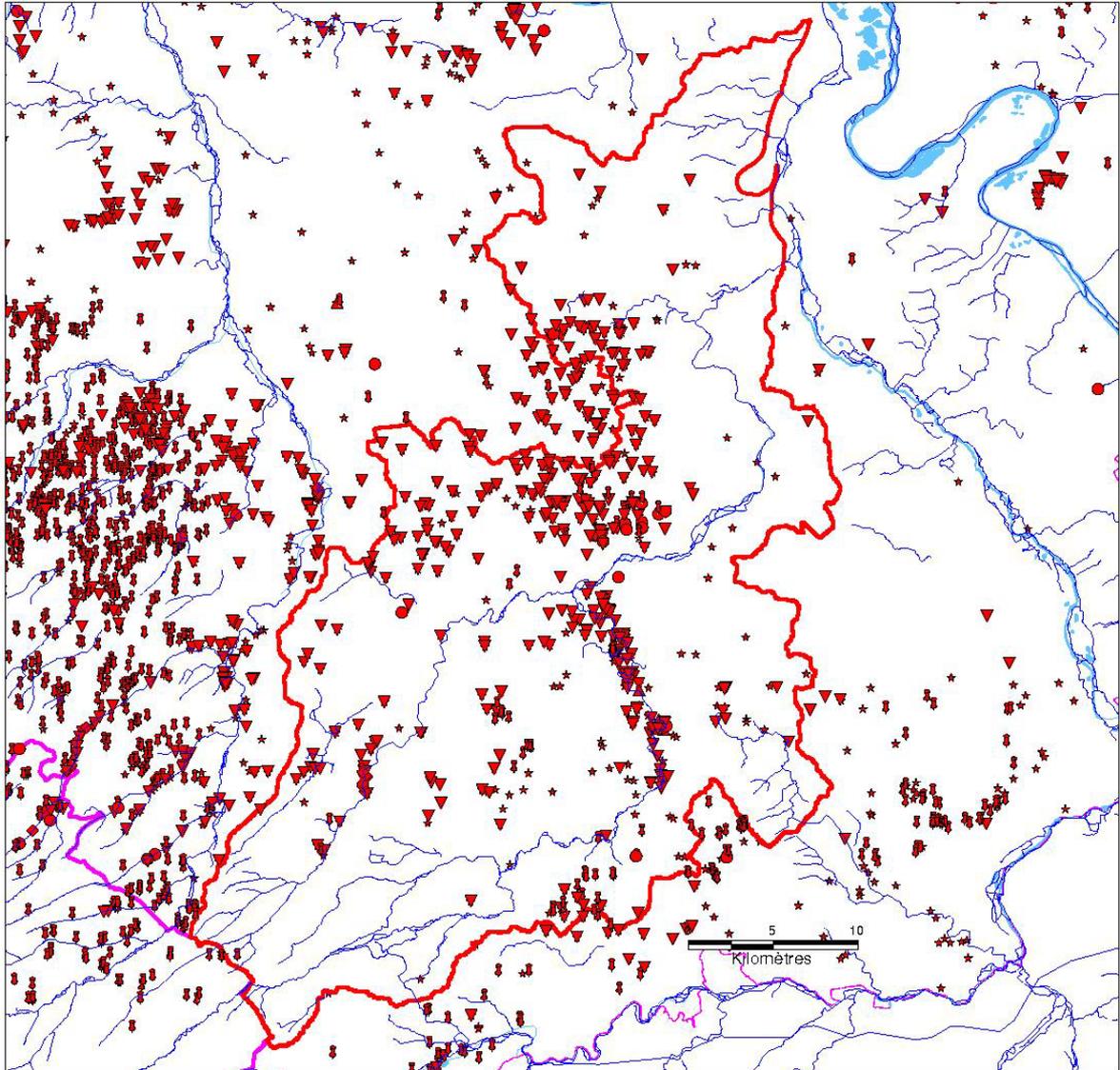


Illustration 60 : Carte de localisation des bêtoires dans le bassin versant de l'Iton

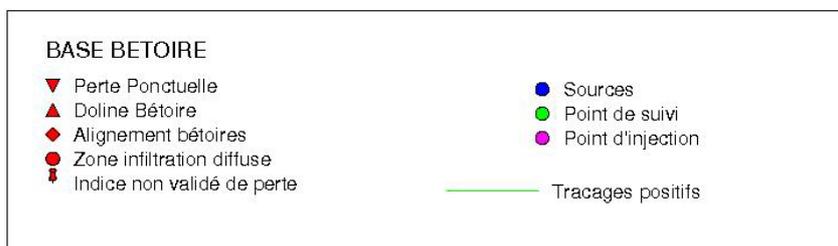
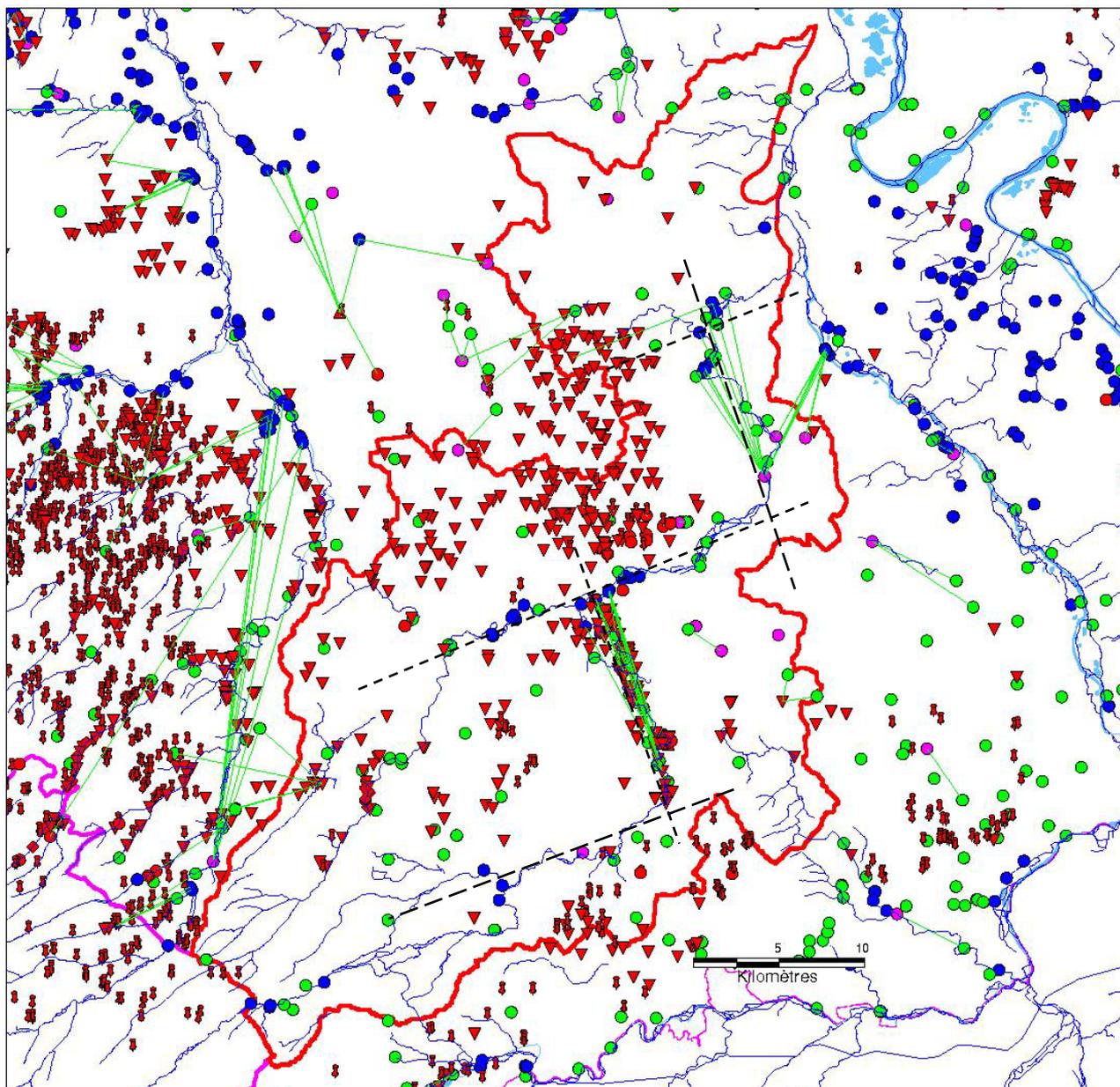
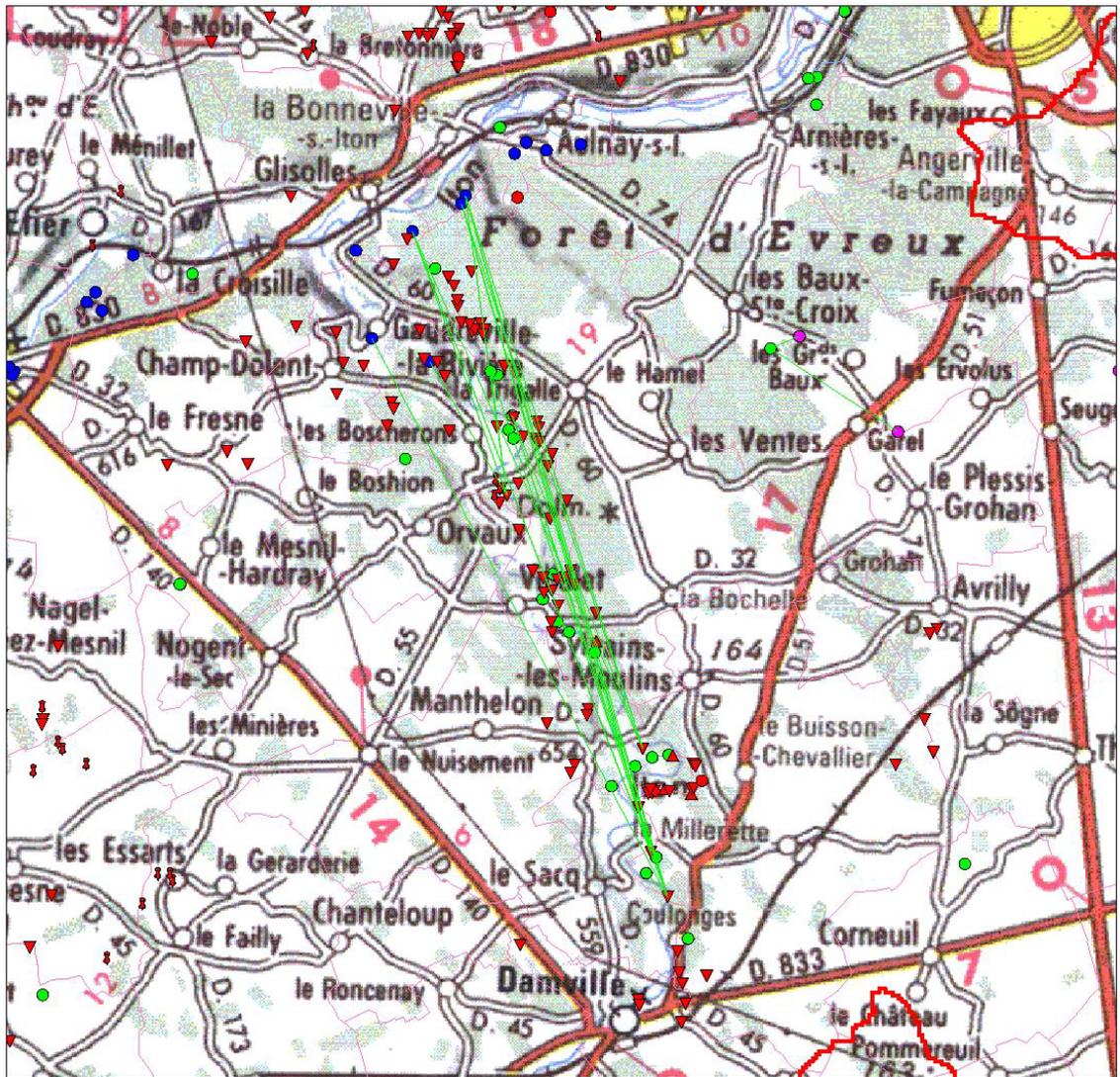


Illustration 61 : Carte de localisation des traçages positifs dans le bassin versant de l'Iton. Pour la vallée de l'Iton, les pertes sont préférentiellement situées dans les sections orientées N145 tandis que les sources de karst préférentiellement dans les sections orientées N65.



BASE BETOIRE		
▼	Perte Ponctuelle	(3625)
▲	Doline Bêtoire	(115)
◆	Alignement bêtoires	(176)
●	Zone infiltration diffuse	(284)
✱	Indice non validé de perte	(2322)
●	Sources	(2049)
●	Point de suivi	(1113)
●	Point d'injection	(180)
—	Tracages positifs	

Illustration 62 : Détail de l'inventaire bêtoires / traçages sur une section de l'Iton, mettant en évidence des pertes sur une section orientée N145 (zone du sec Iton) ayant fait l'objet de nombreux traçages qui montrent une restitution de ces pertes dans la section de la rivière orientée N45 plus au nord

6.2. ANDELLE

Le bassin versant de l'Andelle, situé en rive droite de la Seine, a une superficie d'environ 710 km². Il se caractérise par la présence en amont de terrains géologiques antérieurs à la craie dans la boutonnière du Pays de Bray (Jurassique et Crétacé inférieur) et ne faisant donc pas l'objet de la présence de bétoires. Les eaux dans le territoire du Pays de Bray restent en position superficielle.

L'aval du bassin versant est en revanche crayeux. Il est juste à signaler des petites buttes résiduelles tertiaires et une occupation humaine assez dense dans une vallée encaissée avant sa confluence. [7]

Le contexte géologique est également marqué par :

- la présence d'une série de petits anticlinaux dans le secteur de Lyons-la-Fôret de direction Nord-Ouest Sud-est,
- une faible épaisseur des formations superficielles (entre 5 et 15m en moyenne), pour comparaison, l'épaisseur des formations superficielles au niveau de l'Iton varie entre 15 et 35 m.

Les résultats partiels de l'inventaire montrent une absence globale de bétoires recensées sur ce bassin. Seuls les périphéries en sont pourvues (Illustration 64). La densité de bétoires sur ce bassin est d'environ 6 bétoires /100 km².

Des validations terrains ont cependant permis de mettre en évidence des indices d'effondrement en forêt dans les versants bordant l'Andelle au Nord de Perrier-sur-Andelle.

Les expériences de traçages sont concentrées sur les sources des communes de Radepont, Pont-Saint-Pierre et Romilly-sur-Andelle et ont permis de montrer un drainage important des eaux du bassin versant de l'Aubette par l'Andelle (Illustration 65 et Illustration 66). Les résultats de traçages indiquent des vitesses de circulations souterraines importantes qui oscillent entre 90 m/h et 350 m/h.

A noter, 3 expériences de traçage dans le nord du bassin dont l'un a marqué un itinéraire souterrain existant.

Comme dans le cas de l'Iton, les limites du bassin versant hydrogéologique seront à redéfinir à l'issue de l'Inventaire.

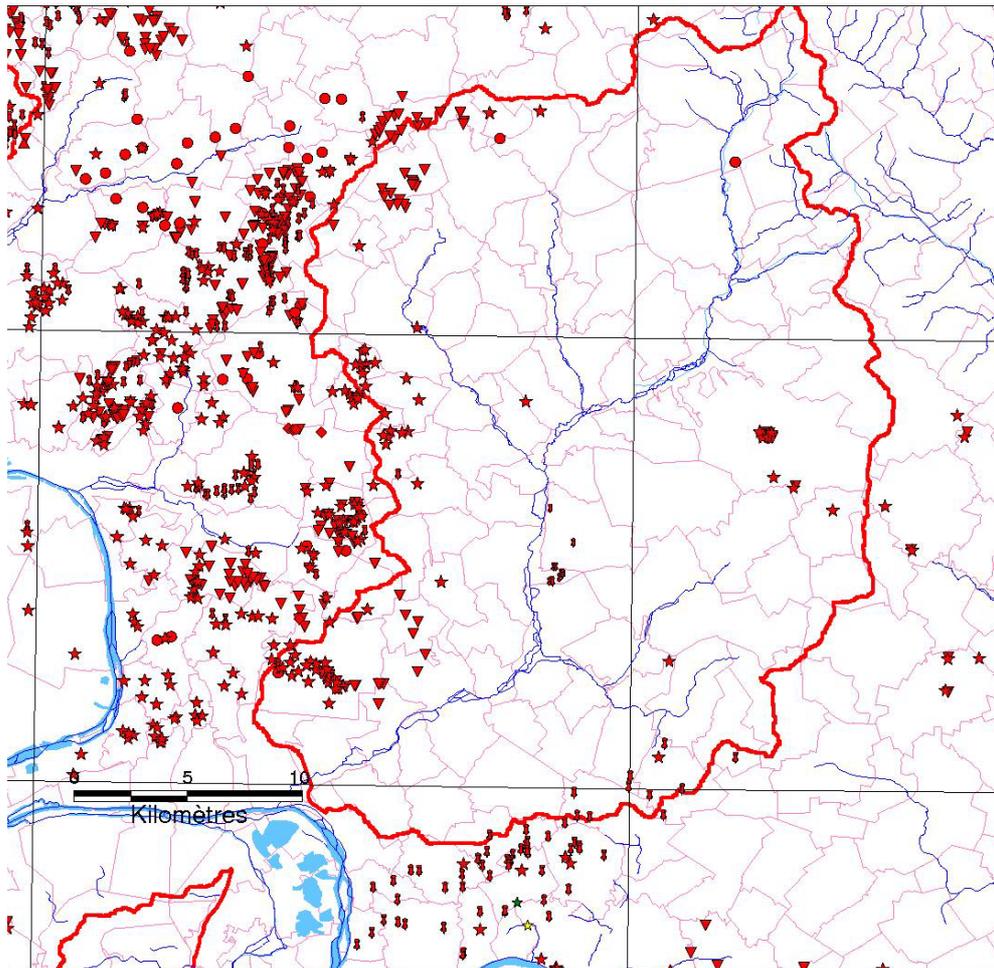


Illustration 64 : Carte de localisation des bétoires dans le bassin versant de l'Andelle

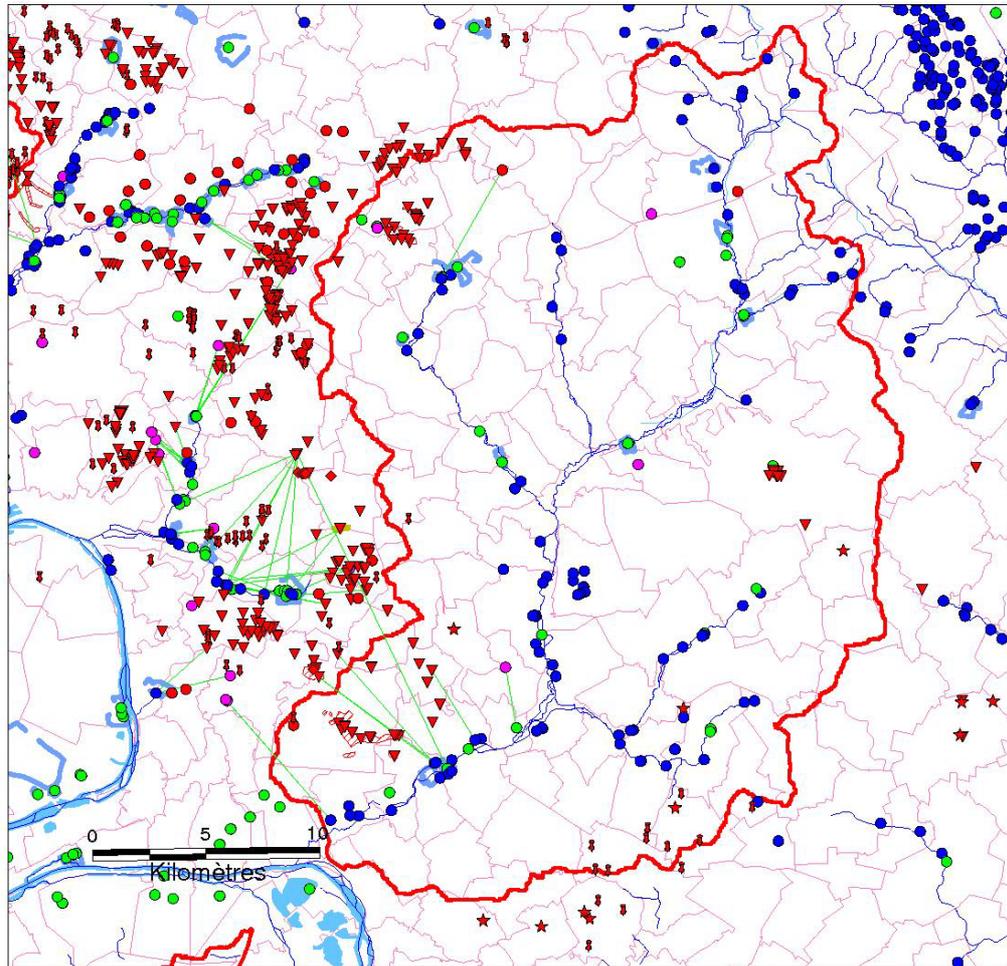


Illustration 65 : Carte de localisation des traçages positifs dans le bassin versant de l'Andelle

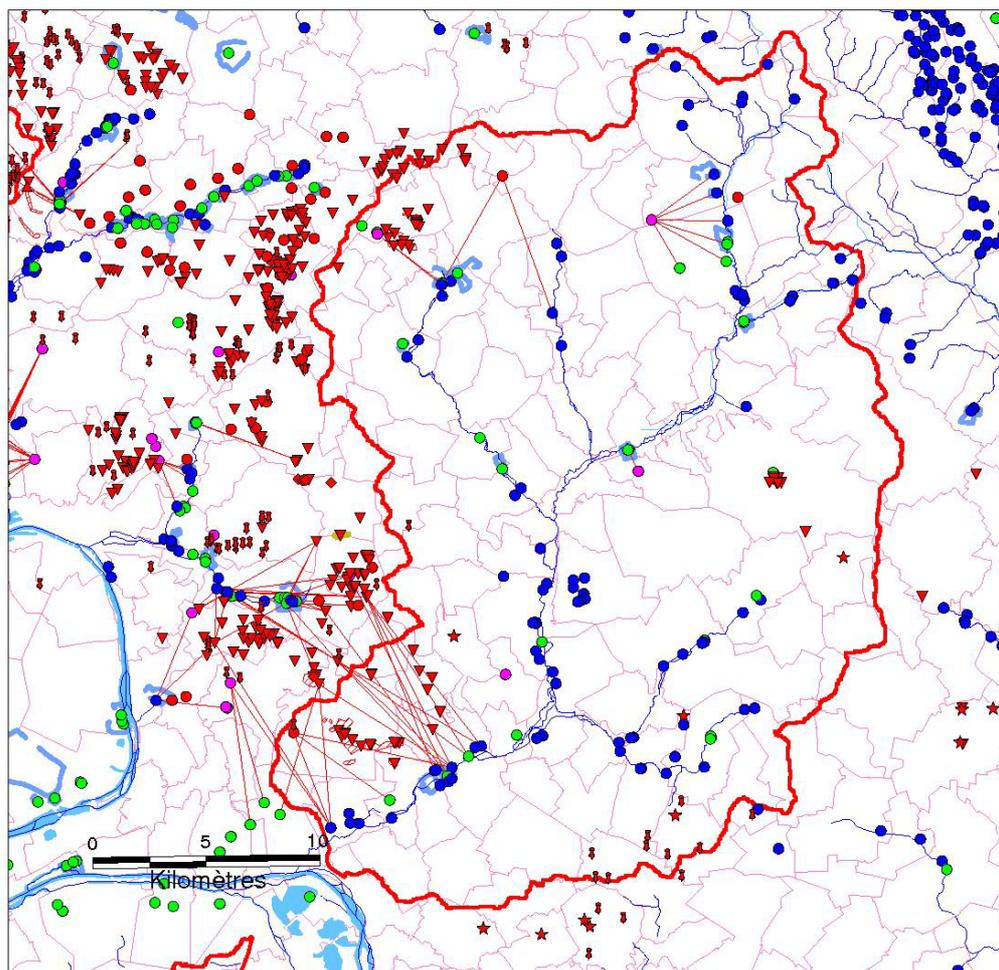


Illustration 66 : Carte de localisation des traçages négatifs dans le bassin versant de l'Andelle

6.3. AUSTREBERTHE

Ce bassin versant (BV) était le plus petit des 3 bassins versants « test », avec une superficie de 215 km². C'est également le BV dont le territoire a été le plus couvert par des études terrains d'envergures.

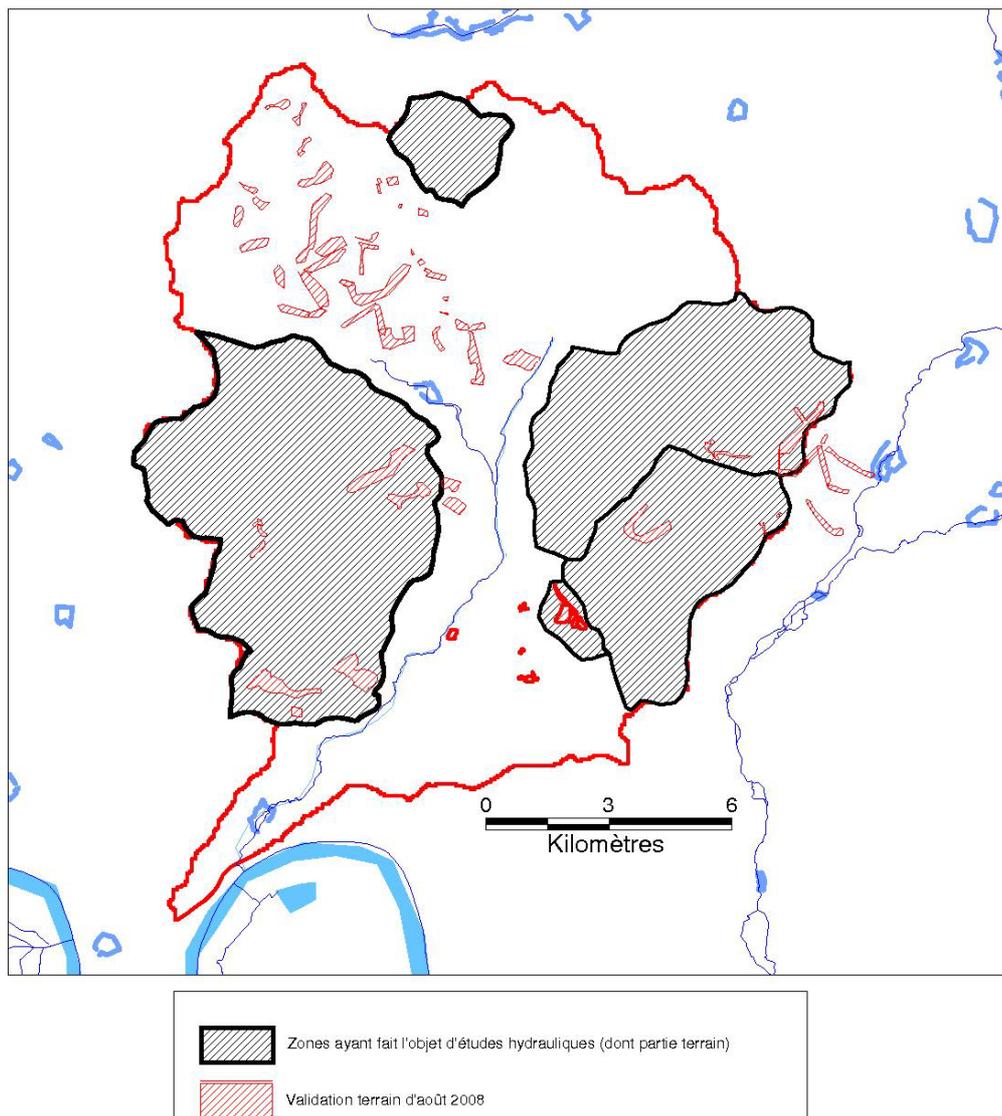


Illustration 67 : Zones du bassin versant ayant fait l'objet de terrain dans le cadre des études hydrauliques d'INGETEC et des validations terrain du BRGM

L'Austreberthe présente une forte densité de bétoires (144 bétoires/100 km²) avec une concentration plus forte en rive droite de l'Austreberthe (Illustration 68).

L'Illustration 68 montre également que les bétoires se répartissent prioritairement dans les axes de talweg.

Les expériences de traçage positives et négatives pour ce bassin versant sont présentées sur l'Illustration 69 et l'Illustration 70.

Peu de traçages ont été réalisés sur ce bassin versant. Le karst semble néanmoins très développé. Les résultats de traçages indiquent des vitesses de circulations souterraines très importantes (de 115 m/h et jusqu'à 455 m/h).

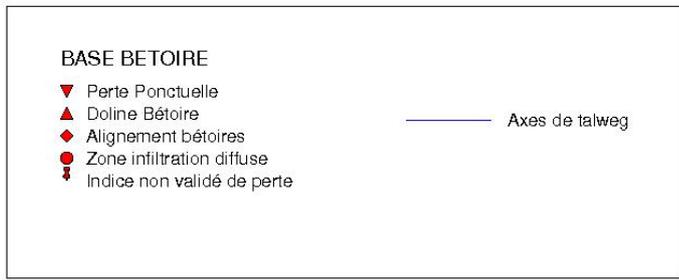
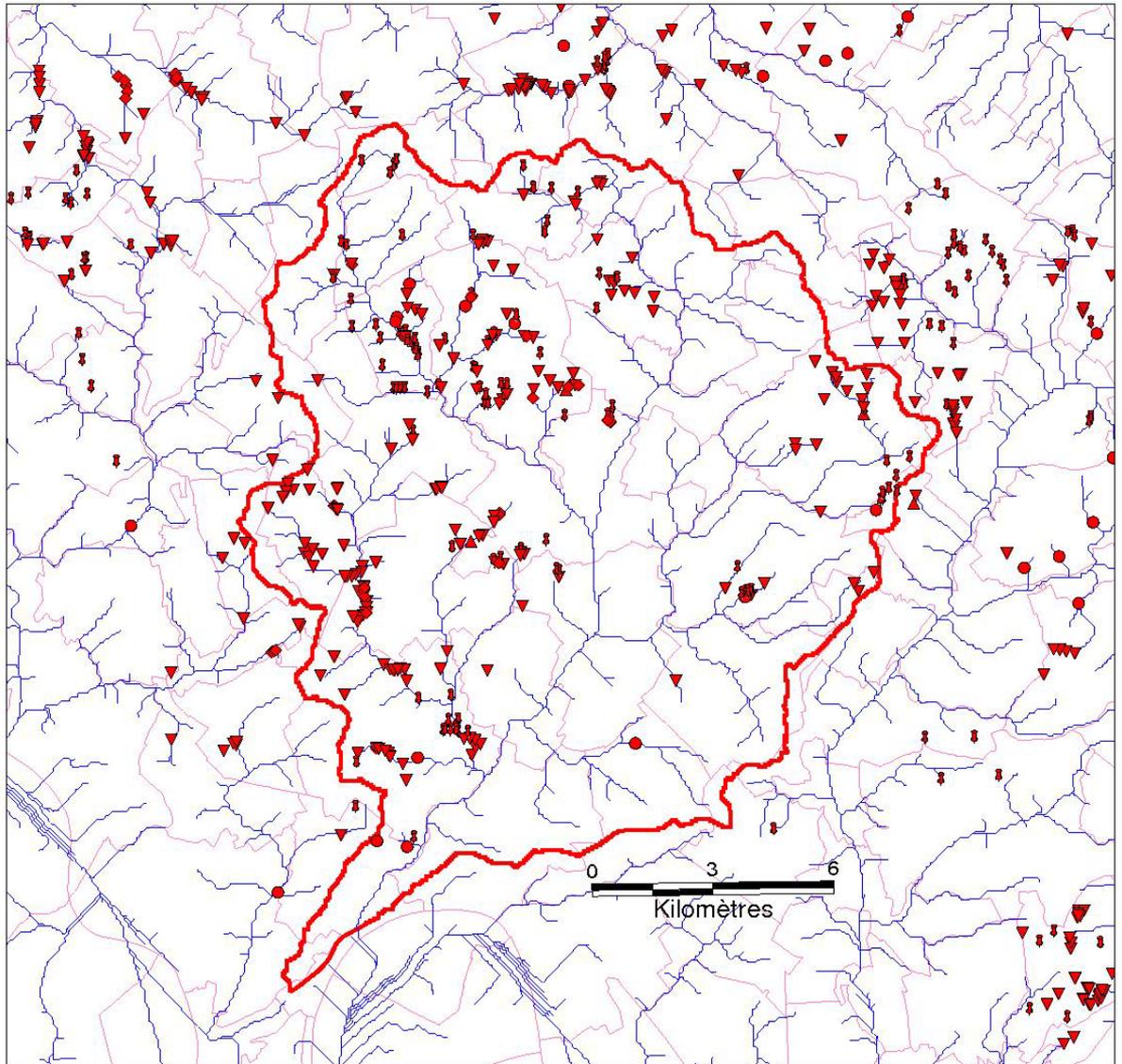
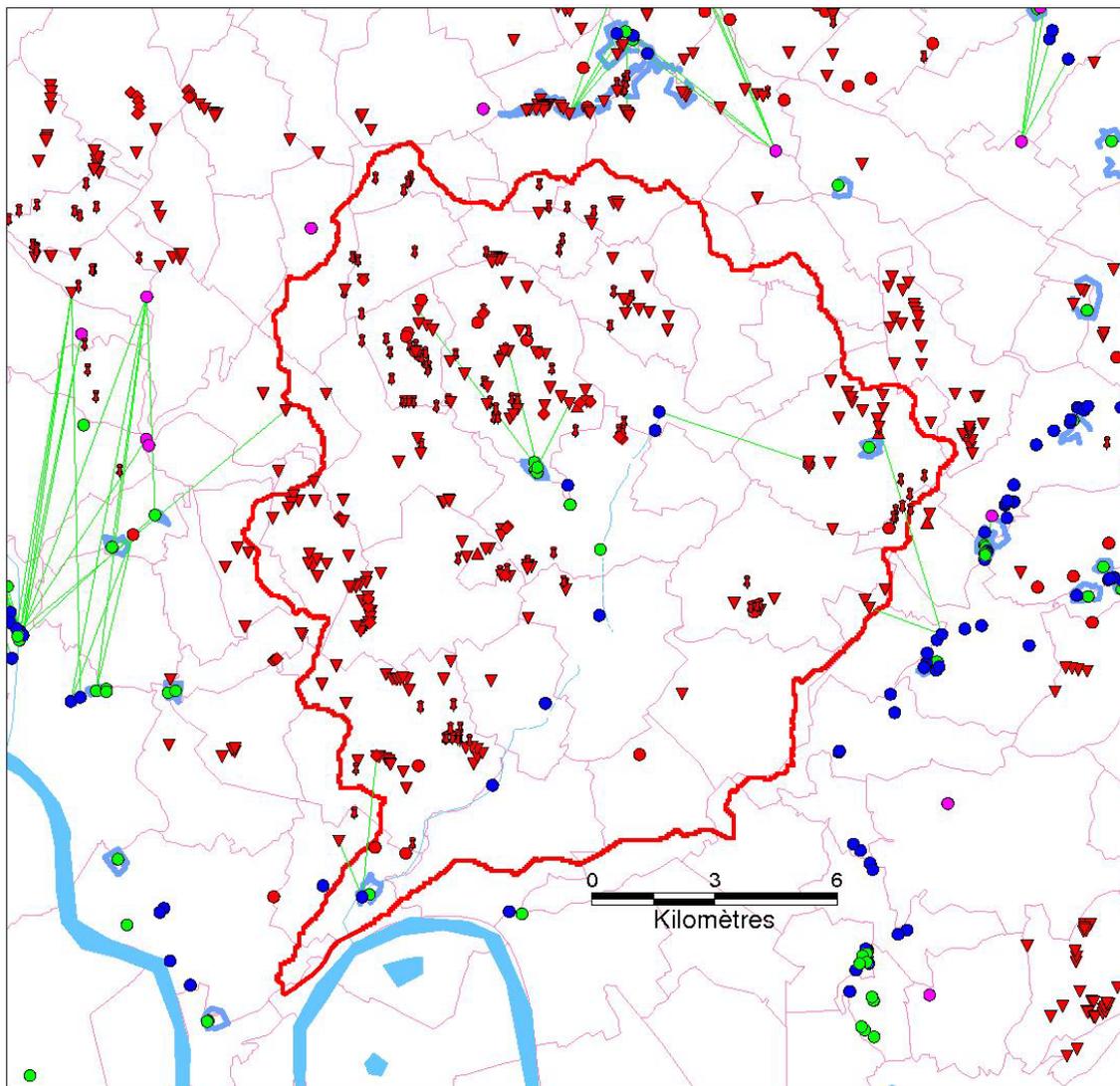


Illustration 68 : Carte de localisation des bêtoires dans le bassin versant de l'Austreberthe par rapport aux axes de talweg



BASE BÉTOIRE		
▼	Perte Ponctuelle	(3625)
▲	Doline Bétoire	(115)
◆	Alignement bétoires	(176)
●	Zone infiltration diffuse	(284)
⬮	Indice non validé de perte	(2322)
●	Sources	(2049)
●	Point de suivi	(1113)
●	Point d'injection	(180)
□	Prémètres de protection rapprochée	
—	Traçages positifs	

Illustration 69 : Carte de localisation des traçages positifs dans le bassin versant de l'Austreberthe

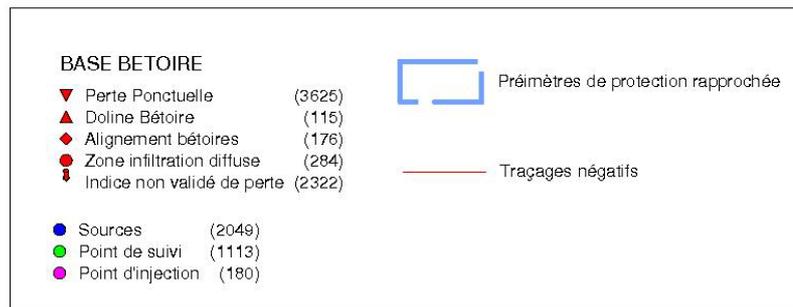
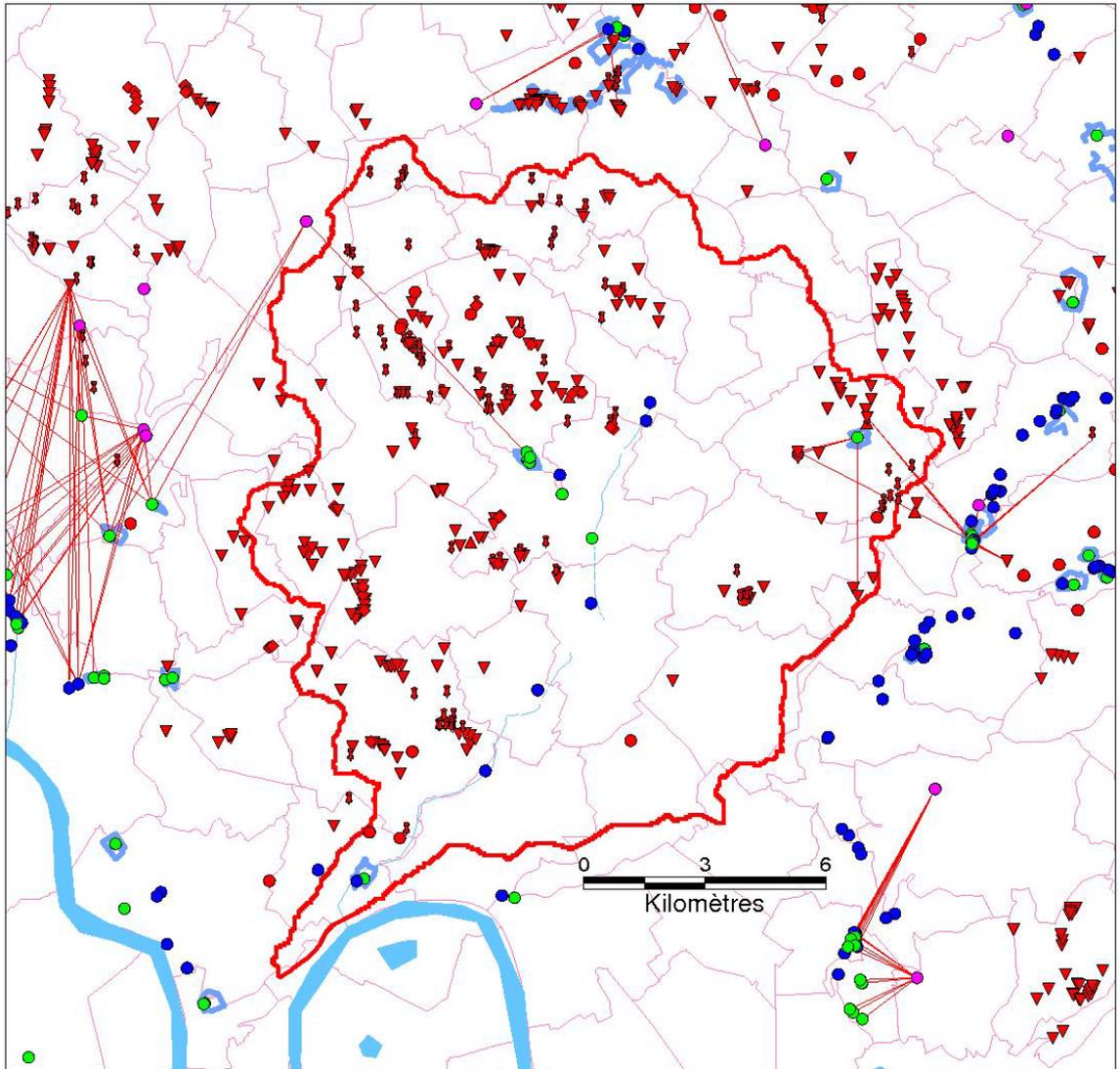


Illustration 70 : Carte de localisation des traçages négatifs dans le bassin versant de l'Austreberthe

7. Conclusion

Au terme de l'Année 1 de l'inventaire des Bétoires, Traçages et Exutoires de Haute Normandie, la consultation et le dépouillement des fonds d'archives documentaires initialement prévus (BRGM et DIREN) sont réalisés pour le BRGM et s'achèveront le 15 avril 2009 pour la DIREN.

Ce dépouillement des archives du BRGM et de la DIREN a déjà permis la bancarisation de 7586 points (5235 bétoires, 1494 exutoires (sources), 748 points de suivi (hors exutoires), 109 points d'injection (hors bétoires)) et 382 opérations de traçages représentant 1232 circulations souterraines tracées.

Des tests de validation terrain ont été réalisés sur deux périodes, en hiver et en été, et ont permis de définir une méthodologie pour la validation sélective des données.

Lors de l'Année 1, a également été réalisé un outil de saisie par Internet pour cette base de données. Ce dernier permettra, à l'issue de ces 4 années de rattrapage de la capitalisation de données, une saisie en continu et partagée par toutes les collectivités, administrations et acteurs de l'eau (mise en place d'un système d'identifiant/mot-de-passe).

La réalisation de cet outil de saisie par Internet a également nécessité la création d'une base Oracle qui remplacera l'ancienne base Access au cours de l'Année 2.

La poursuite du dépouillement des archives des autres administrations et collectivités (Départements, DDAF, DDE, Région, AESN, Université, Syndicats de Bassin Versants,...), la validation sélective des données sur le terrain et la mise en ligne de cette banque de données sur Internet est prévu au cours des 3 prochaines années de ce projet.

8. Bibliographie

1. Boudet M. et Equilbey E., 2003 : Pilote de l'inventaire historique régional Haute-Normandie des bétoires, itinéraires souterrains des eaux (traçages) et des exutoires. Rapport final, Rap. BRGM/RP-52423-FR, 117 p.
2. Boudet M., Equilbey E. & Legendre D., 2003 : Phase pilote de l'inventaire régional Haute-Normandie des bétoires, traçages et exutoires. Guide utilisateur de la base. Rap. BRGM/RP-52343-FR, 130 p.
3. Gombert Ph, 2008 : Synthèse des traçages réalisés dans la craie karstique de Haute-Normandie et proposition de normalisation
4. Mondain P-H., Muet P, 2008 Proposition d'une grille d'évaluation des résultats des traçages en milieu karstique (au moyen de traceurs fluorescents), CFH - Colloque Hydrogéologie et karst au travers des travaux de Michel Lepiller 17 mai 2008
5. Oppeneau, 2004 : Définition d'une méthode de diagnostic de bassin versant pour les produits phytosanitaires, Rap. BURGEAP R4263/A
6. Valdes D. Variabilité spatiale du fonctionnement hydrologique de l'aquifère karstique de la craie (Département de l'Eure, France), Thèse Université Université de Rouen - U.F.R. des Sciences et Technique
7. Atlas hydrogéologique numérique de l'Eure – volet bilan quantitatif - BRGMRP-52988-Fr février 2004

Annexe 1

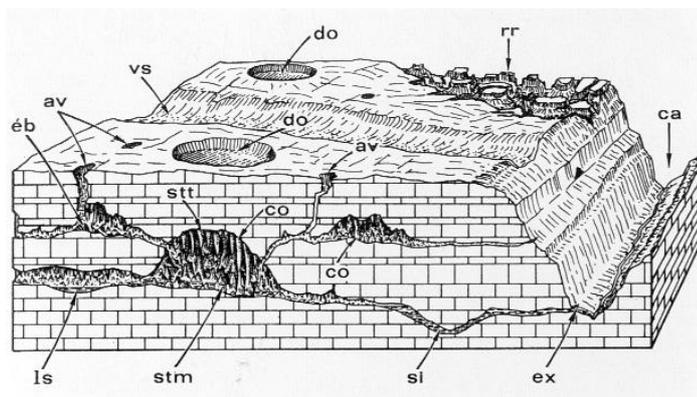
-

Généralités sur le contexte hydrogéologique haut normand

Généralités sur le contexte hydrogéologique haut normand [1]

Notion de karst : le karst est un paysage résultant de processus particuliers d'érosion (la karstification). Ces processus sont commandés par la dissolution des roches carbonatées (calcaires et dolomies) constituant le sous-sol des régions concernées. C'est l'eau de pluie infiltrée dans ces roches qui assure cette dissolution. L'eau acquiert l'acidité nécessaire à la mise en solution de la roche en se chargeant de gaz carbonique (CO₂) produit dans les sols par les végétaux et les colonies bactériennes. Le paysage de surface, constitué en général de dépressions fermées (appelées dolines, pour les petites, et poljés, pour les plaines d'inondation), est associé à un paysage souterrain, dont les grottes et les gouffres parcourables par l'homme font partie. Dans le milieu crayeux, le développement du système karstique est limité et plutôt discret : les conduits karstiques sont souvent de taille réduite, et colmatés (les grands volumes de vides sont rares).

Le karst est par conséquent un paysage original, créé par les écoulements d'eau souterraine. L'eau circule en son sein, s'y accumule et émerge par des sources aux débits souvent considérables, mais très fluctuants dans le temps. Le karst engendre donc un milieu aquifère spécifique, l'aquifère karstique.



Av : aven ou bétoire – ca : canyon – do : doline – éb : éboulis – ls : lac souterrains alimenté par une rivière souterraine – rr : relief ruiforme – si : siphon – stm : stalagmite – stt : stalactite – vs : vallée sèche.

Figure 1 : Modelé karstique

Notion d'aquifère : Un aquifère est une formation géologique possédant une perméabilité suffisante pour que l'eau souterraine puisse y circuler. Un aquifère libre est constitué d'une zone non saturée (ou zone d'infiltration), dont les vides, occupés par de l'air, sont parcourus par de l'eau, et une zone noyée ou saturée (ou nappe aquifère), dont tous les vides sont remplis d'eau. Si la porosité du milieu, c'est-à-dire le rapport du volume des vides au volume total de la formation, est forte (supérieur à 10%), l'aquifère peut posséder une capacité de stockage intéressante, dont les réserves peuvent être exploitées. La zone d'infiltration est séparée de la zone saturée par la surface de la nappe, dont on mesure le niveau piézométrique. Ce dernier varie en fonction de l'alimentation par l'infiltration et de la vidange naturelle, par les sources ou au profit d'autres aquifères, et de la vidange artificielle par les prélèvements (pompage et drainage).

Finalement, le système aquifère karstique peut se décomposer en trois éléments : les points d'entrée de l'eau (« bétoires »= pertes), les chemins internes au système (mis en évidence par les traçages), et les points de sortie (exutoires).

Définition d'une bétoire : le mot bétoire, appelé « bois-tout » en cauchois, désigne un orifice naturel qui perce le sol, et dans lequel s'engouffrent les eaux de surface. Une bétoire favorise souvent la pénétration rapide des eaux de ruissellement de surface vers les eaux souterraines, assurant une communication directe entre la surface et le réseau karstique sous-jacent. Il s'agit d'une perte karstique adaptée à la géologie régionale : la bétoire traverse souvent une forte épaisseur de formations superficielles (limons, argiles à silex, ...), avant d'atteindre la craie elle-même. Le terme technique concret pour les points d'infiltration karstique est le mot « **perte** ».

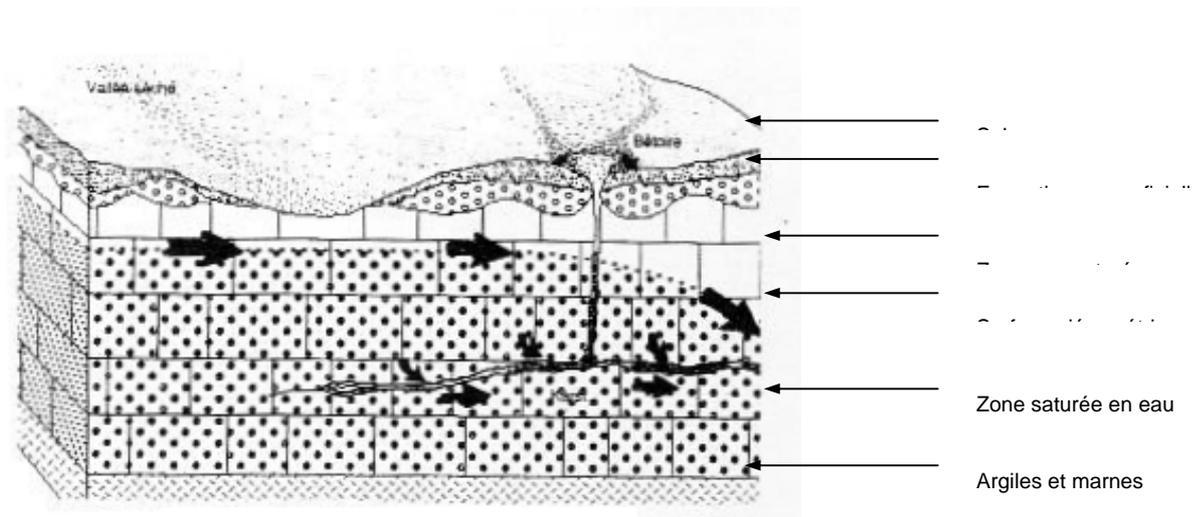


Figure 2 : Schéma d'une bétoire (DOUYER, 2000)



Photo 1 - Exemples de bétoire (DOUYER, 2000)

Définition d'un exutoire : toute issue (source, effluence, drain) par laquelle l'eau d'une nappe s'écoule par gravité hors du système aquifère (MARGAT, 1972).

Les exutoires aériens (sources, drains) sont assez bien connus et ont fait l'objet d'inventaires parfois complets à échelle locale. Les effluences sous alluvions, effluences sous-marines, ou autres effluences occultes, de part leur inaccessibilité en temps normal, ne sont connues qu'à titre ponctuel, mais elles seront également intégrées dans l'inventaire.

Définition d'un traçage : les traçages ont pour finalité de qualifier, à l'aide d'un traceur (colorant, chimique, radioactif, isotopique, bactérien, naturels), un lien hydrogéologique entre deux points : un point d'injection du traceur (en surface) et un point de restitution (en surface ou souterrain). Outre la mise en évidence des relations karstiques entre deux points, les traçages permettent d'obtenir des informations sur :

- la direction de l'écoulement,
- les vitesses d'écoulement,
- la dispersion,

Annexe 2

-

Fiches de bancarisation de l’Inventaire Bétoires / Traçages / Exutoires

FICHE BETOIRE

N° intermédiaire :

N° identifiant :

N° BSS :

I – IDENTIFICATION

Commune : Numéro INSEE : Département :

Lambert II étendu métrique : ... X : Y : Précision : +/- m

Mode d'obtention :

Altitude : m Précision : +/- m

Désignation locale courante :

Lieu dit :

Points de repère :

Carte IGN n° : Nom :

Bassin versant hydrographique : Bassin versant hydrogéologique :

II – DESCRIPTION

CARACTERISTIQUES DE LA PERTE

Date d'observation des caractéristiques :

Type d'engouffrement : perte ponct. doline bétoires alignement de bétoires zone d'infiltra° diffuse indice non validé de perte

Diamètre : m Profondeur : m

Etat : naturel anthropisé indéterminé

Si anthropisée : dérivation des flux apport de flux transformation en puits d'injection rechemisage
 obstruction (mise H. S.) rebouchage (tout veant) remblaiement (règle de l'art) autres

Engouffrement fonctionnel : oui non inconnu

Si engouffrement fonctionnel : pérenne actif peu actif inconnu

Commentaires :

HYDROGEOLOGIE

Impluvim (km²) :

Profondeur de la nappe (m) :

Débit d'engouffrement (l/s) moyen :

maximal :

Capacité maximale d'entrée (l/s) :

Nature des eaux d'engouffrement : pluvial cours d'eau
 effluents industriels effluent d'assainissement eaux usées non traitées
 routier domestique agricole :

Σ culture de labours culture permanente élevage drainage

Eaux turbides (oui/non)

Commentaires :

ENVIRONNEMENT DU SITE

Contexte géomorphologique : plateau thalweg amorce de versant versant fond de vallée sèche fond de vallée humide
 lit de rivière

Environnement immédiat : culture prairie bois habitation voirie industrie

Stratigraphie de la craie :

Autres pertes fonctionnant en parallèle :

Commentaires :

III – SOURCE D'INFORMATION

Numéro identifiant :

Rapport Biblio

Rapport Terrain

FICHE EXUTOIRE

N° intermédiaire :

N° identifiant :

N° BSS :

I – IDENTIFICATION

Commune : Numéro INSEE : Département :

Lambert II étendu métrique : ... X : Y : Précision : +/- m

Mode d'obtention :

Altitude : m Précision : +/- m

Désignation locale courante :

Lieu dit :

Points de repère :

Carte IGN n° : Nom :

Bassin versant hydrographique : Bassin versant hydrogéologique :

II – DESCRIPTION

Exutoire isolé / Groupe d'exutoires : isolé groupé ? Point de sortie de l'exutoire : localisé diffus masqué ?

Contexte immédiat de l'émergence : ponctuelle sur discontinuité géologique sur fissure invisible sous terrains affleurants
 occulte autre ?

Nature de l'exutoire : source de terrains poreux source de terrains fissurés source de karst source mixte point d'effluence
 source de nature inconnue

Élément de karst associé : grotte rivière souterraine pénétrable rivière souterraine non pénétrable cavité noyée non pénétrable
 source siphonante

Commentaires sur le bassin d'alimentation :

Contexte géomorphologique : plateau thalweg amorce de versant versant fond de vallée humide lit de rivière fond de vallée sèche
 pied de falaise flanc de falaise platier littoral sous-marin autre

Nature de la géologie au droit de l'affleurement :

Situation aval des eaux : se jette dans une vasque se jette dans un marais donne naissance ou alimente un cours d'eau ruisselle avant de s'infiltrer à nouveau se jette en mer se jette dans les alluvions alimente par effluence la nappe des sables verts ressort en mer autre inconnue

Classe de source : source d'émergence source de déversement source de débordement source de trop-plein source jaillissante

Autres exutoires en liaison :

Commentaires :

III – CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES

Odeur : Saveur : Couleur :

T° moy de l'eau : de l'air : Dureté : Conductivité moy : pH : Chlorure :

Autres mesures :

Équilibre chimique de l'eau : agressive équilibrée incrustante ?

Apparition provisoire de trouble : à fort débit après fortes pluie après pluie modérée ne se trouble jamais

Turbidité mesurée : valeur ponctuelle mesure régulière en continu aucune mesure connue

moyenne (NTU) : maximale (NTU) :

Présence de tufs ou travertins : actuels fossiles âge indifférencié

Autres dépôts (flore, faune, pollution...) :

Commentaires :

IV – REGIME HYDROLOGIQUE

Utilisation de la ressource : non captée AEP alimentation animale alimentation d'une fontaine irrigation agricole AEI
 usage domestique agro-alimentaire ?

État : naturel remblayé-obstrué aménagé ?

Fonctionnalité de l'exutoire : ne tarit jamais tarit exceptionnellement tarit saisonnièrement (eau > 6 mois) coule
saisonnement (eau < 6 mois) intermittent coule exceptionnellement

Type de régime : régulier irrégulier intermittent ?

Rythme de mesures de débit : continu contrôle régulier contrôle irrégulier mesures ponctuelles pas de mesures

Équipement de mesure : échelle de niveau limnigraphe station de jaugeage fixe jaugeage au moulinet jaugeage sur seuil
 estimation visuelle

Débits moyen :

minimum :

maximum :

Hauteur minimum :

maximum :

Période d'étiage/ tarissement :

Q moyen :

Période de crue / débit maximal :

Q moyen :

Observations :

V – SOURCE D'INFORMATION

Numéro Identifiant :

FICHE POINT D'INJECTION

N° identifiant :

N° BSS :

I - IDENTIFICATION

Désignation locale courante :

Commune : Numéro INSEE :

Lieu dit :

Points de repère :

Lambert II étendu métrique : ... X : Y :

Précision : +/- m

Mode d'obtention :

Altitude : m

Précision : +/- m

Carte IGN n° :

Nom :

Bassin versant hydrographique :

Bassin versant hydrogéologique :

II - CARACTERISTIQUES

Type de point :

- plan d'eau
- cours d'eau
- puits/forage/piézomètre
- puits filtrant, puisard
- sondage pelle mécanique, fosse
- fossé, talweg
- marnière
- autres
- inconnu

Commentaires :

III - SOURCES D'INFORMATION

Référence :

Numéro identifiant :

FICHE POINT DE SUIVI

N° intermédiaire :

N° identifiant :

N° BSS :

I – IDENTIFICATION

Commune : Numéro INSEE : Département :

Lambert II étendu métrique : ... X : Y : Précision : +/- m

Mode d'obtention :

Altitude : m Précision : +/- m

Désignation locale courante :

Lieu dit :

Points de repère :

Carte IGN n° :

Nom :

Bassin versant hydrographique :

Bassin versant hydrogéologique :

II – CARACTERISTIQUES

Nature du point de suivi : forage, puits avec pompe forage, puits sans pompe point d'eau de surf rivière autres

Contexte géomorphologique : plateau thalweg amorce de versant flanc de versant fond de vallée, hors rivière fond de vallée, en rivière pied de falaise flanc de falaise

Profondeur moyenne de la nappe : m

Perméabilité de l'environnement : faible (≤ 10-6 m/s) moyenne (zone conductive de la craie 10-3 à 10-5 m/s) forte (karst et alluvion : ≥ 10-3 m/s)

Commentaires :

III – SOURCE D'INFORMATION

Référence :

Numéro identifiant :

FICHE TRACAGE

N° identifiant :

I – IDENTIFICATION DU TRACAGE

POINT D'INJECTION :

Nature du point :

N° identifiant du point :

N° BSS :

Commune :

Nombre de points de suivi :

Objectif du traçage :

Remarques générales :

II – CONDITIONS DE REALISATION

DESCRIPTIF DE L'INJECTION :

Date et heure d'injection :

Durée d'observation après injection : j

Traçage suivi par :

Nature du traceur utilisé :

Si traçage continu ⇐ Concentration moyenne injectée : ug/l mol/l

Si traçage non continu ⇐ Quantité injectée : kg

Volume de chasse : m3 ou l/s chasse par écoulement naturel

Conditions climatiques : période sèche période pluvieuse

Condition hydrogéologiques : hautes eaux moy eaux basses eaux

Commentaires :

III – SOURCE D'INFORMATION

Référence :

Numéro identifiant :

SOUS FICHE POINT DE SUIVI

N° ID du point :

N° BSS :

III – RESULTATS SUIVI

N° du traçage :

Appareil d'analyse : fluorimètre spectrofluorimètre dosage colorimétrique photométrie d'absorption atomique
 conductivimètre turbidimètre comptage bactérien spectrocolorimètre ou spectrophotomètre appareil à double collecteur comptage à scintillat. liq. émission lors de la désintégration mesure de concentration simple
 autre ? Analyse visuelle lampe UV Analyse visuelle colorimètre ou photomètre M.E.B.
 Spectrométrie d'émission atomique

Type de traçage : qualitatif semi-quantitatif quantitatif

Type de lien : + -

CONDITIONS DE REALISATION

Type d'équipement in-situ : préleveur automatique fluocapteurs fluocapteurs double grappe débitmètre turbidimètre
 conductivimètre prélèvements manuels fluocapteurs fluorimètre terrain autres ?

Nombre d'échantillons :

Débit moyen de sortie (l/s) :

Niveau statique (m) :

Eaux de la craie : seules mélangées à eaux :

alluviales marines traitées dégradées de surface brutes distribuées

Bruit de fond naturel :

Dates et heures de prélèvements :

Commentaires :

DONNEES RESULTATS

Nombre de pics :

Date de première restitution :

Vitesse de première restitution (m/h) :

% de restitution :

N° Pic	Date/heure au pic	Concentration (unité :)	Vitesses (m/h)			Commentaires
			Vitesse	borne min	borne max	

Note de fiabilité :

Commentaires :

IV – SOURCE D'INFORMATION

Référence :

Annexe 3

-

Fiche de validation terrain des Bétoires

FICHE BETOIRE TERRAIN

Date d'observation :

N°GPS :

N° Photos :

N° identifiant conservé après validation terrain :

I – IDENTIFICATION

Nouvelle bétoire : oui non

Si non, bétoire recherchée sur le terrain :

- N° identifiant BD Bétoire :
- N° identifiant BD Cavité :
- N° identifiant BD DDE Cavité :
- Bétoire retrouvée sur le terrain : oui. non
- Si non retrouvée, observations en lieu et place de la bétoire signalée en BD :

- Coordonnées GPS Lambert II étendu métrique :

X : Y : Précision : +/- m

Altitude : m Précision : +/- m

Mode d'obtention :

- Coordonnées à conserver :

- coordonnées terrain BRGM coordonnées archive

- Suite à donner à ce point :

- Point à conserver
- Point à supprimer
- Point à fusionner avec points n°

Si oui :

Coordonnées GPS Lambert II étendu métrique :

Commune : Insee :

X : Y : Précision : +/- m

Altitude : m Précision : +/- m

Mode d'obtention :

Désignation locale courante :

Lieu dit :

Points de repère :

Carte IGN n° :

Nom :

Bassin versant hydrographique :

Bassin versant hydrogéologique :

II – CONTEXTE VALIDATION TERRAIN

Fortes précipitations le jour d'observation : oui non

Fortes précipitations les jours précédents : oui non

Ruissellements observables sur le terrain : oui. non

Ruissellement observable dans la bétoire : oui. non

Indices de ruissellement autour de la Bétoire : oui. non

Écoulement de sub-surface observable dans la bétoire : oui. non

Indices de sous-tirage : oui. non

III – DESCRIPTION

CARACTERISTIQUES DE LA PERTE

Type d'engouffrement : perte ponct. doline bétoires zone d'infiltra° diffuse indice non validé de perte

Alignement avec d'autres bétoires ou indices : oui. non

Dimension effondrement : Diamètre : m

Profondeur maximale : m

Nombre d'orifices visibles :

Présence de végétation nitrophile : oui. non

État : naturel anthropisé

Si anthropisée : dérivation des flux apport de flux transformation en puits d'injection rechemisage
 obstruction (mise H. S.) rebouchage (tout veant) remblaiement (règle de l'art) autres

Engouffrement fonctionnel : oui non inconnu

Si engouffrement fonctionnel : pérenne actif peu actif inconnu

Commentaires :

HYDROGEOLOGIE

Impluvium (km²) :

Profondeur de la nappe (m):

Débit d'engouffrement (l/s) moyen :

maximal :

Capacité maximale d'entrée (l/s) :

Nature des eaux d'engouffrement :

pluvial cours d'eau

effluents industriels effluent d'assainissement eaux usées non traitées

routier domestique agricole :

culture de labours culture permanente élevage drainage

Eaux turbides (oui/non)

Commentaires :

ENVIRONNEMENT DU SITE

Contexte géomorphologique : plateau thalweg amorce de versant versant fond de vallée sèche fond de vallée humide
 lit de rivière

Environnement immédiat : culture prairie bois habitation voirie industrie

Stratigraphie de la craie :

Autres pertes fonctionnant en parallèle :

Commentaires :

IV – SOURCE D'INFORMATION

Numéro identifiant :



Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34

Service géologique régional Haute-Normandie
Parc de la Vatine
10 rue A. Sakharov
76130 – Mont Saint Aignan - France
Tél. : 02 35 60 12 00