



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

Rapport final Année 3

BRGM/RP-59933-FR

Mai 2011





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

Rapport final Année 3

**BRGM/RP-59933-FR**

Mai 2011

Étude réalisée dans le cadre des projets  
de Service public du BRGM 10EAU142

**P.-Y. David**

Avec la collaboration de

**M. Branellec et M. Montauzan**



**Vérificateur :**

Nom : E. Gomez

Date : 23/05/2011

Signature :

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'E. Gomez', written over a light blue grid.

**Approbateur :**

Nom : E. Gomez

Date : 23/05/2011

Signature :

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'E. Gomez', written over a light blue grid.

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.– Inventaire régional Haute-Normandie des bétoires, itinéraires souterrains des eaux (traçages) et des exutoires – Rapport final Année 3. Rap. BRGM/RP-59933-FR, 95 p., 43 ill., 5 ann.

© BRGM, 2011, 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.

L'inventaire régional des Bétoires, Exutoires et Trajets souterrains mis en évidence par Traçage, a débuté en 2008 et a pour objectif de :

- récupérer toutes les données existantes concernant le karst de la craie en Haute-Normandie, et de les archiver au sein d'un même réservoir numérique ;
- 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 a été étalée sur 4 années.

La consultation et le dépouillement des fonds d'archives du BRGM, de la DIREN, de la DDE27, DDE76, DDAF27, DDAF76 ont été réalisés au cours des années 1 et 2 (avril 2008-avril 2010) et ont fait l'objet des rapports BRGM RP-57188-FR et BRGM RP-58189-FR .

Au cours de l'Année 3 de l'inventaire des Bétoires, Traçages et Exutoires de Haute Normandie, la consultation et le dépouillement des fonds d'archives documentaires du Conseil Général de l'Eure, du Conseil Général de la Seine-Maritime et de l'Agence de l'Eau Seine Normandie ont été réalisés. Le traitement des archives de l'AESN se poursuivra en année 4.

Le dépouillement des archives en année 3 a permis la bancarisation de 3026 nouveaux points (dont 2634 bétoires ou indices de bétoire, 249 sources, 115 points de suivi, 28 points d'injection) et 132 opérations de traçages.

Au total, le travail d'inventaire réalisé en années 1, 2 et 3 a permis la bancarisation de :

- 13930 bétoires ou indices de bétoires,
- 1943 nouvelles observations sur des bétoires ou indice de bétoires déjà bancarisés (fiches « historiques »),
- 1755 exutoires (sources),

- 878 points de suivi (hors exutoires),
- 188 points d'injection (hors bétoires),
- 2235 circulations souterraines testées par traçage (par 596 injections de traceurs).

Par ailleurs, plusieurs vérifications de données sur le terrain pour les trois bassins versants de l'Avre, Yport et Valmont-Ganzeville ont permis de réaliser 306 fiches d'observation.

Lors de l'Année 3, un travail d'amélioration du site internet de saisie a été mené. Par ailleurs le travail de réalisation du module de consultation des données a commencé simultanément. Ce module sera intégré au SIGES Seine Normandie. L'année 4 de ce projet sera consacré à l'achèvement du module de consultation des données, à la poursuite du dépouillement des archives des autres organismes (AESN, Université, Fédérations de Spéléologie,...), à la validation sélective des données sur le terrain et à la mise en ligne de cette banque de données sur Internet.

## Sommaire

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. Introduction .....</b>   | <b>9</b>  |
| <b>2. Rappels : présentation de l'inventaire .....</b>                                 | <b>11</b> |
| 2.1. DEFINITIONS .....   | 11        |
| 2.2. OBJECTIFS .....   | 11        |
| 2.2.1. Etat actuel des données en Haute-Normandie .....                                | 11        |
| 2.2.2. Objectif de l'inventaire bétoires.....  | 12        |
| 2.3. CAHIER DES CHARGES DU PRESENT INVENTAIRE .....                                    | 13        |
| <b>3. Nature des travaux réalisés lors de l'Année 3.....</b>                           | <b>15</b> |
| 3.1. METHODOLOGIE DE BANCARISATION .....   | 15        |
| 3.2. BILAN DE LA BANCARISATION.....  | 16        |
| 3.2.1. Bilan Bibliographique - rapports consultés et bancarisés.....                   | 16        |
| 3.2.2. Données bancarisées au BRGM (année 1) .....                                     | 16        |
| 3.2.3. Données bancarisées à la DIREN (année 1).....                                   | 17        |
| 3.2.4. Données bancarisées à la DDE 76 (année 2).....                                  | 18        |
| 3.2.5. Données bancarisées à la DDE 27 (année 2).....                                  | 18        |
| 3.2.6. Données bancarisées à la DDAF 27 (année 2) .....                                | 19        |
| 3.2.7. Données bancarisées à la DDAF 76 (année 2) .....                                | 19        |
| 3.2.8. Autres données (année 2) .....  | 20        |
| 3.2.9. Données bancarisées au CG27 (année 3) .....                                     | 20        |
| 3.2.10. Données bancarisées au CG76 (année 3).....                                     | 21        |
| 3.2.11. Données bancarisées à l'AESN (année 3).....                                    | 21        |
| 3.2.12. Autres données (année 3) .....   | 21        |
| 3.2.13. Bétoires, Exutoires et traçages bancarisés (en date du 02/05/2011).....        | 23        |
| 3.2.14. Limites de la bancarisation .....  | 25        |
| 3.3. VALIDATION TERRAIN SUR LES TROIS BASSINS VERSANTS<br>SELECTIONNES EN ANNEE 3..... | 26        |
| 3.4. AMELIORATIONS DU SITE INTERNET DE SAISIE ET DE LA BASE DE<br>DONNEES ORACLE ..... | 36        |
| 3.5. CREATION DU SITE INTERNET DE CONSULTATION DES DONNEES .....                       | 37        |

|   |           |
|---|-----------|
| 3.5.1. Sémiologie des couches de diffusions cartographiques.....            | 39        |
| 3.5.2. Fiches de consultation des données.....                              | 39        |
| 3.5.3. Intégration du module de consultation dans le SIGES.....             | 41        |
| 3.6. MISE A DISPOSITION DES DONNEES DE LA BASE .....                        | 41        |
| <b>4. Résultats de la bancarisation .....</b>                               | <b>43</b> |
| 4.1. BETOIRES .....   | 43        |
| 4.1.1. Localisation des bétoires en Haute-Normandie .....                   | 43        |
| 4.1.2. Types de perte .....   | 47        |
| 4.1.3. Aménagements des bétoires .....                                      | 48        |
| 4.1.4. Environnement des bétoires et qualité des eaux d'engouffrement ..... | 51        |
| 4.2. SOURCES (EXUTOIRES).....   | 53        |
| 4.3. TRAÇAGES.....  | 56        |
| 4.3.1. Date de réalisation des traçages bancarisés .....                    | 60        |
| 4.3.2. Traçages par famille de vitesse .....                                | 61        |
| <b>5. Conclusion.....</b>   | <b>65</b> |
| <b>6. Bibliographie .....</b>   | <b>67</b> |

### Liste des illustrations

|  |    |
|--|----|
| Illustration 1 : Schéma de principe des données bancarisées dans la base de données Bétoires / Traçages / Exutoires .....                                | 13 |
| Illustration 2 : Organigramme des différentes étapes de la bancarisation dans la base de données Bétoires / Traçages / Exutoires .....                   | 15 |
| Illustration 3 : Bilan du destockage des archives en terme de nombre de rapports consultés et exploités en date du 02/05/11 .....                        | 16 |
| Illustration 4 : Bilan des fonds documentaires bancarisés lors des années 1 à 3 (régrouvés par organisme auteur).....                                    | 22 |
| Illustration 5 : Nombre de bétoires, d'exutoires et de traçages bancarisés en date du 02/05/11 calssés par archives d'origine .....                      | 24 |
| Illustration 6 : Nombre de bétoires, d'exutoires et de traçages bancarisés en date du 02/05/11 calssés par année de bancarisation.....                   | 24 |
| Illustration 7: Méthodologie de validation terrain mise en place au cours de l'Année 1.....  | 27 |
| Illustration 8 : Localisation des 3 bassins versants sélectionnés pour les vérifications terrain de l'année 3 : Yport, Valmont-Ganzeville et l'Avre..... | 28 |

|   |    |
|---|----|
| Illustration 9 : Zones parcourues sur les bassins versant de l'Avre (de Juin 2010 à janvier 2011) .....   | 29 |
| Illustration 10 : Zones parcourues sur les bassins versant de Valmont-ganzeville (de mai 2010 à avril 2011).....  | 30 |
| Illustration 11 : <i>Zones parcourues sur les bassins versant hydrogéologique d'Yport (d'avril à juin 2010)</i> .....   | 30 |
| Illustration 12 : Bilan des vérifications terrain de l'année 3 réalisés sur les bassins versants de l'Avre, Yport et Valmont-Ganzeville (de mai 2010 à avril 2011) .....                | 31 |
| Illustration 13 : nombre de fiches terrain réalisées sur les trois années de l'inventaire et comparaison des résultats .....  | 31 |
| Illustration 14 : Diverses observations réalisées au cours des validations terrain de début 2011 .....  | 33 |
| Illustration 15 : observations réalisées au cours des validations terrain de février et avril 2011 (respectivement) .....   | 34 |
| Illustration 16 : Diverses observations réalisées au cours des validations terrain de mars 2011 .....   | 35 |
| Illustration 17 : Page d'accueil (avant amélioration) du site internet de saisie des données de l'Inventaire Bétoires/Traçages/Exutoires Haute-Normandie .....                          | 37 |
| Illustration 18 : schéma récapitulant les outils de saisie et de consultation des données de l'inventaire retenus par le COPIL .....  | 38 |
| Illustration 19 :sémiologie des couches de diffusions cartographiques validées par le COPIL.....  | 39 |
| Illustration 20 :bandeaux qui seront en haut des fiches de consultations des données.....   | 40 |
| Illustration 21 :design retenu pour les fiches de consultation – exemple de la fiche « bétoire » .....  | 40 |
| Illustration 22 : Carte de répartition des bétoires (hors indices de bétoires) en Haute-Normandie- (bétoires classées par type de perte) - Etat de la bancarisation au 12/04/2011 ..... | 44 |
| Illustration 23 : Carte de répartition des Indices de bétoires (bétoires supposées) en Haute-Normandie- Etat de la bancarisation au 12/04/2011.....                                     | 45 |
| Illustration 24 : Densité de bétoires (hors indices de bétoires) par commune (état de la bancarisation au 12/04/2011).....  | 46 |
| Illustration 25 : Typologie des bétoires .....  | 47 |
| Illustration 26 : Répartition des pertes par nature .....   | 47 |
| Illustration 27 : Répartition des bétoires par état (indices de perte exclus) .....   | 48 |
| Illustration 28 : Type d'aménagement des bétoires (une description de ces différents types d'aménagement est présentée en annexe 3).....  | 49 |
| Illustration 29 : Localisation des bétoires aménagées (clasées par type d'aménagement) .....  | 50 |
| Illustration 30 : Environnement immédiat des bétoires .....   | 51 |
| Illustration 31 : Nature des eaux d'engouffrement des bétoires .....  | 52 |

|   |    |
|---|----|
| Illustration 32 : Utilisation des 1754 exutoires .....  | 53 |
| Illustration 33 : Carte de répartition des sources (état de bancarisation au 02/05/2011).....   | 54 |
| Illustration 34 : Carte de répartition des sources (par classe de débits) .....   | 55 |
| Illustration 35 : Carte de répartition des itinéraires souterrains traçés (traçages positifs) pour la région Haute-Normandie (état au 12/04/2011).....  | 57 |
| Illustration 36 : 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) (état au 12/04/2011)..... | 58 |
| Illustration 37 : Localisation des 288 bétoires ayant fait l'objet de traçage (état au 12/04/2011).....   | 59 |
| Illustration 38 : Répartition des traçages par date d'injection du traceur (état au 12/04/2011).....  | 60 |
| Illustration 39 : Classes de vitesse des différents itinéraires tracés positivement (vitesse de circulation du traceur entre le point d'injection et le point de suivi) (état au 12/04/2011).....   | 61 |
| Illustration 40 : Familles de vitesses pour les traçages positifs (état au 12/04/2011) .....  | 63 |

## Liste des annexes

|  |    |
|--|----|
| Annexe 1 - Généralités sur le contexte hydrogéologique haut normand .....  | 69 |
| Annexe 2 - Sémiologie utilisée par l'UFG (Union Française des Géologues) pour la représentation des cavités karstiques ..... | 75 |
| Annexe 3 - Typologie des anthropisations des bétoires.....   | 79 |
| Annexe 4 - Modèle d'Acte d'engagement à signer pour bénéficier d'une extraction de la base régionale Bétoires/Traçages.....  | 85 |
| Annexe 5 - Fiche de validation terrain des Bétoires .....  | 89 |

# 1. Introduction

Le karst haut-normand<sup>1</sup> résulte d'une dissolution de la craie qui peut engendrer en surface des zones effondrements naturels<sup>2</sup> constituant 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 de turbidité 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 cependant 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 ressources en eau souterraine de Haute-Normandie 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 (Bétoires), les points de sortie (Exutoires ou sources) ainsi que les trajets liant les entrées et les sorties par traçage.

---

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

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

Cet inventaire régional a débuté en 2008 et a pour objectif de :

- récupérer toutes les données concernant les points d'entrée et de sortie du karst de la craie en Haute-Normandie ainsi que les données des circulations karstiques mises en évidence par traçage, 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 a été étalée sur 4 années :

- consultation et dépouillement des fonds d'archives du BRGM et de la DIREN réalisés au cours de l'année 1 (avril 2008-mars 2009), rapport BRGM RP-57188-FR ;
- consultation et dépouillement des fonds d'archives de la DDE27, DDE76, DDAF27, DDAF76 réalisés au cours de l'année 2 (avril 2009-avril 2010), rapport BRGM RP-58189-FR ;

Le programme de l'année 3 prévoit :

- le traitement des archives des Conseils Généraux de l'Eure et de la Seine-Maritime et de l'Agence de l'Eau Seine Normandie (AESN) ;
- des vérifications sélectives des données sur le terrain dans les bassins versant d'Yport, Valmont Ganzeville et de l'Avre ;
- le démarrage de la réalisation du site internet de consultation des données.

Le présent rapport constitue le rapport de fin travaux de l'Année 3.

### 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 l'AESN était encore en cours. Les résultats indiqués sont donc valables à la date de la rédaction de ce rapport.*

## 2. Rappels : présentation de l'inventaire

### 2.1. DEFINITIONS

**Bétoire** : le mot bétoire, signifiant « 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, naturel) 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, ce qui nécessite la réalisation d'études déjà 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.**

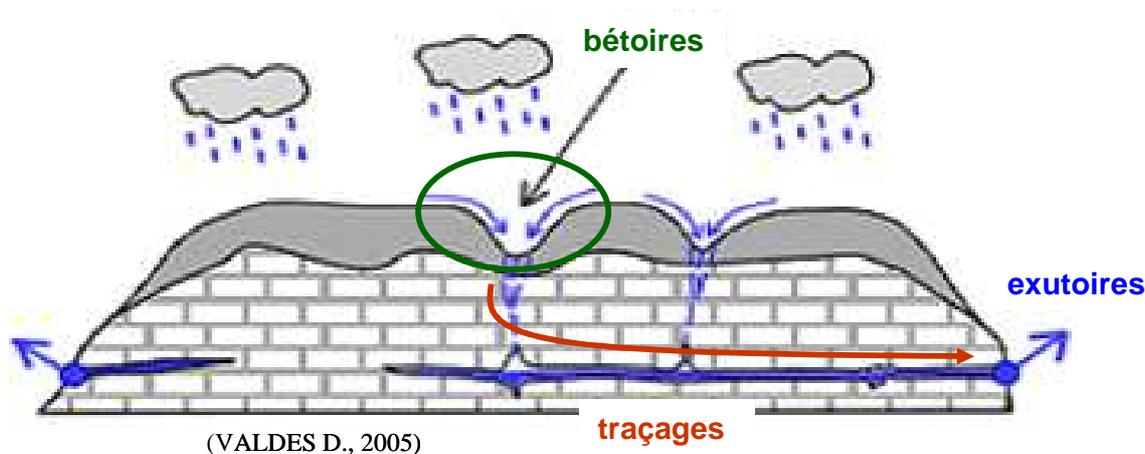


Illustration 1 : Schéma de principe des données bancarisées dans la base de données Bétoires / Traçages / Exutoires

### 2.3. 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 et la DDE 76,
- Tests méthodologiques de validation de terrain pour trois bassins versants (Risle Aval, Lézarde, Oudale),
- Consolidation et finalisation de la nouvelle base de données Oracle,
- Fin de la création et mise en service de l'applicatif de saisie distribuée,
- Valorisation scientifique : mise en place d'un projet de thèse,
- Valorisation des données des années 1 et 2 comprenant : le bilan de la saisie, la présentation graphique des principales données de la base à l'issue de

l'année 2, la valorisation cartographique des données bancarisées en vue de la caractérisation de la vulnérabilité de la ressource en eau souterraine du point de vue de son caractère karstique (2 cartes réalisées sur 2 bassins versants jugés par le comité de pilotage comme les plus intéressants),

- Rédaction d'un rapport d'avancement qui inclura ces valorisations de données.

### Année 3 :

- Poursuite du déstockage et de la saisie : documents bibliographiques issus des archives des Département 27, Département 76 et de l'AESN
- Validation terrain sur les bassins versants de l'Avre, Valmont-Ganzeville et d'Yport
- Réalisation d'un site internet de consultation des données (réalisation sur année 3 et 4)
- Fourniture sur demande des extractions SIG de données de bétoires/traçages pour les études AEP, BAC, etc...
- Valorisation des données des années 1, 2 et 3 comprenant : bilan de la saisie, bilan des validations sélectives des données sur le terrain, présentation graphique des principales données de la base.
- Rédaction d'un rapport d'avancement incluant ces résultats

L'année 4 sera, entre autres, consacrée :

- à la fin du déstockage des archives des partenaires
- à la vérification sélective des données sur le terrain,
- à la finalisation du site internet de consultation des données,
- à la finalisation de l'amélioration du site internet de saisie des données,
- au nettoyage des données de la base,
- à l'analyse statistique et à la valorisation des données.

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

#### 3.1. METHODOLOGIE DE BANCARISATION

La méthodologie de bancarisation a été détaillée dans le rapport d'année 1. L'illustration 2 en rappelle les principales étapes :

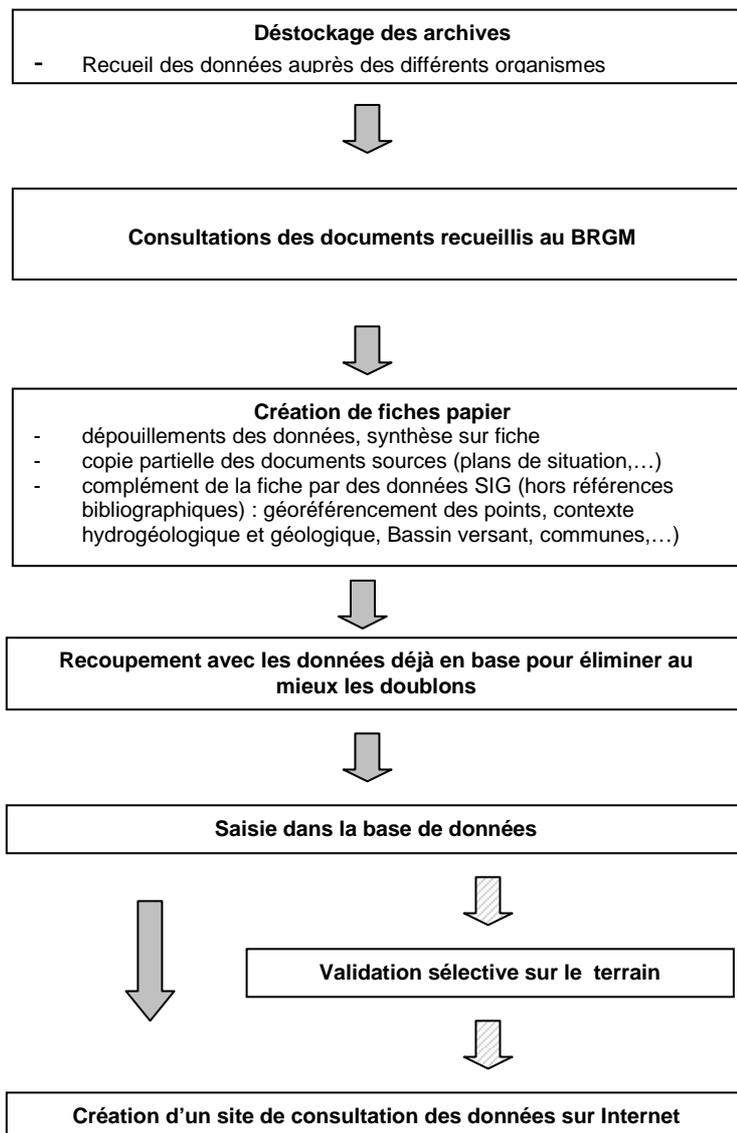


Illustration 2 : Organigramme des différentes étapes de la bancarisation dans la base de données Bétoires / Traçages / Exutoires

## 3.2. BILAN DE LA BANCARISATION

### 3.2.1. Bilan Bibliographique - rapports consultés et bancarisés

A la date du 02/05/11, le déstockage des archives a nécessité la consultation d'environ 7392 rapports (à noter qu'à cette date le déstockage de l'AESN était encore en cours). Sur ces 7392 rapports consultés, 1083 contenaient des données utiles à l'inventaire et ont été bancarisés.

| <b>BILAN<br/>(en date du 02/05/11)</b> | <b>Nombre de<br/>rapports<br/>consultés</b> | <b>Nombre de<br/>rapports<br/>exploités</b> |
|--|---|---|
| BRGM (phase pilote)                    | 129   | 64  |
| BRGM (année 1)                         | 3323  | 159   |
| DIREN (année 1)                        | 2014  | 274   |
| DDE76 (année 2)                        | 169   | 115   |
| DDAF27 (année 2)                       | 300   | 63  |
| DDAF76 (année 2)                       | 343   | 94  |
| Autres (année 2)                       | 37  | 33  |
| CG27 (année 3)                         | 338   | 68  |
| CG76 (année 3)                         | 634   | 153   |
| AESN (année 3)<br>(en cours)           | 54  | 8   |
| Autres (année 3)                       | 51  | 51  |
| <b>TOTAL</b>                           | <b>7392</b>                                 | <b>1083</b>                                 |

*Illustration 3 : Bilan du destockage des archives en terme de nombre de rapports consultés et exploités en date du 02/05/11*

### 3.2.2. Données bancarisées au BRGM (année 1)

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,

### **3.2.3. Données bancarisées à la DIREN (année 1)**

Concernant les archives de 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 stations 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.

### **3.2.4. Données bancarisées à la DDE 76 (année 2)**

Le déstockage réalisé à la DDE 76 a concerné les inventaires « cavité » communaux.

Ce déstockage a été sélectif. En effet, une partie des inventaires communaux archivés à la DDE76 avait déjà été déstockés dans le cadre de la réalisation de la BD CAVITE 76 du BRGM.

La DDE 76 nous a transmis la liste des 327 inventaires « cavité » communaux existants (à la date de février 2009). Nous avons sélectionné dans cette liste les rapports qui n'avaient pas été bancarisés dans la BD cavité 76 (256 rapports).

Lors du déstockage en DDE 76, 154 rapports d'inventaires étaient disponibles et ont été destockés. Parmi ces 154 rapports, 21 ne contenaient aucune donnée de bétoires et n'ont pas été bancarisés.

Les 102 dossiers d'inventaires communaux, qui n'étaient pas disponibles en DDE au moment du déstockage, seront à rechercher dans les archives du CG76 en année 3. La liste de ces rapports est présentée en Annexe 2.

Par la suite, en fin d'année 2, un basculement informatique des données de bétoires de la BD Cavité 76 vers la Base Bétoire a été réalisé. Ce basculement a nécessité un travail préparatoire important d'élimination des doublons contenus dans les 2 bases.

Le basculement a été réalisé à partir d'une extraction de la BD Cavité 76 en date d'avril 2009.

### **3.2.5. Données bancarisées à la DDE 27 (année 2)**

Les BD Cavité du BRGM et de la DDE 27 ont été fusionnées pour l'Eure en 2009. La base résultante est gérée par la DDE 27 qui réalise des mises à jour régulières (intégration des nouveaux inventaires cavité notamment).

Le déstockage des données de la DDE 27 a donc consisté en un basculement informatique des données de bétoires contenues par la Base Cavité 27. Ce basculement a également nécessité un travail préparatoire d'élimination des doublons contenus dans les 2 bases (BD Cavité et BD Bétoires).

Le basculement a été réalisé à partir d'une extraction de la BD Cavité 27 en date d'avril 2009.

### **3.2.6. Données bancarisées à la DDAF 27 (année 2)**

Afin de préparer le déstockage des archives de la DDAF 27, celle-ci nous a transmis un fichier listant 1900 rapports d'études. Une première sélection a été réalisée sur la base de ce fichier.

Sur les 300 rapports consultés en DDAF 27, 98 comportaient des données à bancariser et ont été déstockés. A noter également que de nombreux rapports présents en DDAF 27 avaient déjà été bancarisés lors du déstockage réalisé au BRGM et à la DIREN.

Ces rapports sont principalement des rapports de bureaux d'études ayant traités aux thématiques suivantes (liste non exhaustive) :

- Etudes environnementales pour l'instauration des périmètres de protection, DUP
- Etudes hydrogéologiques pour la recherche d'eau
- Etudes hydrauliques de bassins versants
- Rapport de traçages hydrogéologiques
- Etudes d'impact dans le cadre de la réalisation :
  - de projets d'assainissement,
  - d'ouvrages de luttés contre les inondations

A noter qu'une « convention d'utilisation des données » a été signée à cet effet entre le DDAF 27 et le BRGM en juin 2009.

### **3.2.7. Données bancarisées à la DDAF 76 (année 2)**

Concernant les archives de la DDAF 76, les rapports qui contenaient des données sont principalement ceux issus de bureaux d'études et ayant traités aux thématiques suivantes (liste non exhaustive) :

- Dossier de déclaration/autorisation et études d'impact :
  - d'ouvrages de lutte contre les inondations/ruissellement,
  - d'aménagements routiers/autoroutiers, ponts,
  - rejet des eaux pluviales, assainissement pluvial,

- forage AEP/Irrigation/Arrosage Golf/
- de création de puits filtrants
- Etudes environnementales pour l'instauration des périmètres de protection, DUP
- Etudes hydrauliques de bassins versants
- Projets urbains divers (cinéma, extension parking, lotissement, centre sportifs, piscine, aire d'accueil, ...)
- Etc.....

Il est à noter que de nombreux rapports présents dans les archives de la DDAF 76 avaient déjà été saisis dans le cadre du déstockage des archives de la DIREN.

### **3.2.8. Autres données (année 2)**

En plus des objectifs de destockage des archives des différents partenaires, plusieurs compléments de données ont été effectués auprès de Maîtres d'ouvrage ou de bureaux d'études afin de compléter les données concernant les bassins versants tests de l'année 2.

### **3.2.9. Données bancarisées au CG27 (année 3)**

Concernant les archives du CG27, les rapports bancarisés étaient principalement :

- des dossiers concernant les captages A.E.P. :
  - Etudes environnementales pour l'instauration des périmètres de protection, DUP
  - Etudes préalables à l'exploitation d'un forage AEP
  - Etudes de recherche de nouveaux points d'eau
  - Etudes de définition des bassins d'alimentation de captages
- des dossiers concernant la gestion des eaux de surface :
  - Etudes liées à la mise en place d'ouvrages de lutte contre les inondations/ruissellement,
  - Etudes hydrauliques de bassins versants
  - Etudes de gestion des eaux superficielles
- des études diagnostic de rivières
- divers rapports de traçage

### **3.2.10. Données bancarisées au CG76 (année 3)**

Concernant les archives du Département 76, les rapports bancarisés étaient principalement :

- des inventaires cavités communaux :
  - ont été saisis, les rapports d'inventaires communaux des cavités qui n'avaient pas été retrouvés dans les archives centrales de la DDTM76
- des dossiers concernant les captages A.E.P. :
  - Etudes environnementales pour l'instauration des périmètres de protection, DUP
  - Etudes préalables à l'exploitation d'un forage AEP
  - Etudes de recherche de nouveaux points d'eau
  - Etudes de définition des bassins d'alimentation de captages
- des dossiers concernant la gestion des eaux de surface :
  - Schémas de gestion des eaux pluviales
  - Etudes hydrauliques de bassins versants
- divers rapports de traçage

### **3.2.11. Données bancarisées à l'AESN (année 3)**

Le déstockage des archives de l'AESN a démarré en année 3. Les rapports bancarisés étaient des études hydrauliques de bassin versant, de gestion des eaux superficielles, de lutte contre les inondations.

Le travail de déstockage des archives de l'AESN sera poursuivi lors de l'année 4.

### **3.2.12. Autres données (année 3)**

En plus du déstockage des archives des différents partenaires, de nombreux autres rapports ont été bancarisés au cours de l'année 3 à savoir :

- La fin des rapports des archives de la DDAF76
- Les inventaires de bétoires et les traçages collectés dans le cadre de l'étude hydrogéologique quantitative en cours sur le bassin de l'Avre,
- Les rapports qui nous ont été envoyés en cours d'année par les Bureaux d'études qui avaient bénéficié d'une extraction de la base bétoire/traçage,

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

| ORGANISMES   | Nombre de rapports | % du total des rapports bancarisés |
|--|--------------------|------------------------------------|
| BRGM   | 223                | 20,8                               |
| INGETEC  | 182                | 17,0                               |
| SOGETI   | 81                 | 7,6                                |
| SAFEGE   | 65                 | 6,1                                |
| AVIS D'HYDROGEOLOGUE AGREE   | 39                 | 3,6                                |
| GAUDRIOT et GAUDRIOT GEOTHERMA   | 38                 | 3,5                                |
| HORIZONS   | 36                 | 3,4                                |
| SODEREF  | 29                 | 2,7                                |
| ANTEA  | 26                 | 2,4                                |
| UNIVERSITE DE ROUEN, PIERRE MARIE CURIE PARIS, DE CAEN, DE PICARDIE, FACULTE POLYTECHNIQUE DE MONS | 25                 | 2,3                                |
| AQUA SOL PROJETS   | 25                 | 2,3                                |
| ALISE ENVIRONNEMENT  | 25                 | 2,3                                |
| CETE   | 24                 | 2,2                                |
| GINGER et CEBTP SOLEN  | 24                 | 2,2                                |
| DDAF   | 21                 | 2,0                                |
| BURGEAP  | 19                 | 1,8                                |
| GEODEVELOPPEMENT   | 15                 | 1,4                                |
| CHAMBRES D'AGRICULTURES  | 9                  | 0,8                                |
| SOGREAH  | 9                  | 0,8                                |
| SEDE ENVIRONNEMENT   | 9                  | 0,8                                |
| PIVETTE - ASTER  | 8                  | 0,7                                |
| SEEN   | 7                  | 0,7                                |
| SETEGUE  | 7                  | 0,7                                |
| AMETER   | 6                  | 0,6                                |
| HYDROEXPERT  | 6                  | 0,6                                |
| BETURE   | 6                  | 0,6                                |
| SAUNIER & ASSOCIES et SAUNIER TECHNA   | 6                  | 0,6                                |
| G2C ENVIRONNEMENT  | 5                  | 0,5                                |
| OYO RGS  | 4                  | 0,4                                |
| DDE EURE   | 4                  | 0,4                                |
| ARCHAMBAULT CONSEIL  | 4                  | 0,4                                |
| SORANGE  | 4                  | 0,4                                |
| INCONNU  | 19                 | 1,8                                |

*Illustration 4 : Bilan des fonds documentaires bancarisés lors des années 1 à 3 (regroupés par organisme auteur)*

A l'issue du déstockage de l'Année 3, les rapports réalisés par le BRGM ne représentent plus que 20% des rapports mis en base (ils représentaient 50% des rapports à la fin de l'année 1). En ce qui concerne les Bureaux d'études, INGETEC se distingue nettement en tant que producteur de données (inventaires bétoires essentiellement) : 182 rapports d'Ingetec bancarisés. On peut ensuite noter les Bureaux d'études suivants : SOGETI (81 rapports), SAFEGE (65 rapports), GAUDRIOT (38 rapports), HORIZONS (36 rapports), puis SODEREF, ANTEA, AQUASOL, ALISE ENVIRONNEMENT, CETE, GINGER, BURGEAP et GEODEVELOPPEMENT pour lesquels entre 15 et 30 rapports ont été bancarisés.

### **3.2.13. Bétoires, Exutoires et traçages bancarisés (en date du 02/05/2011)**

A la date du 02/05/11, le dépouillement des différentes archives BRGM, DIREN, DDE76, DDE27, DDAF27, DDAF76, CG27, CG76 et AESN a déjà permis la bancarisation de 16751 points, 1943 nouvelles observations de bétoires déjà en base et 596 opérations de traçages, se répartissant comme suit :

- 13 930 bétoires ou indices de bétoire (dont 62% de bétoires et 38% d'indices),
- 1943 nouvelles observations sur des bétoires ou indices de perte déjà bancarisés (fiches « historiques »),
- 1755 exutoires (sources),
- 878 points de suivi (hors exutoires),
- 188 points d'injection (hors bétoires),
- 2237 circulations souterraines testées par traçage (par 596 injections de traceurs).

Par rapport à la fin de l'année 2, ont été créés au cours de l'année 3 :

- 3026 nouveaux points (dont 2634 bétoires ou indices de bétoire, 249 sources, 115 points de suivi, 28 points d'injection),
- 1034 nouvelles observations sur des bétoires ou indices de perte déjà bancarisés (fiches « historiques »),
- 851 nouveaux trajets souterrains testés par traçages (par 132 injections de traceurs).

La répartition de ces éléments par archives d'origine et par année sont présentés dans les illustrations suivantes :

| Bilan en date du 02/05/2011 |   | Nombre de bétoires | Nombre de fiches "historiques bétoires" | Nombre d'exutoires | Nombre de points de suivi | Nombre de points d'injection | Nombre de traçages |
|-----------------------------|---|--------------------|---|--------------------|---------------------------|------------------------------|--------------------|
| Phase pilote                | BRGM  | 2594               |   | 1449               | 706                       | 15                           | 144                |
| Année 1                     | BRGM  | 749                |   | 12                 | 28                        | 82                           | 187                |
|                             | DIREN   | 2977               |   | 34                 | 19                        | 39                           | 63                 |
| Année 2                     | DDE76   | 966                | 877                                     | 9                  | 1                         | 2                            | 9                  |
|                             | DDAF27  | 772                |   | 0                  | 6                         | 17                           | 50                 |
|                             | DDAF76  | 471                |   | 0                  | 3                         | 2                            | 3                  |
|                             | CAVITE76                                      | 1485               |   | 0                  | 0                         | 0                            | 0                  |
|                             | DDE 27  | 1056               |   | 0                  | 0                         | 0                            | 0                  |
|                             | DDAF76  | 681                |   | 0                  | 15                        | 3                            | 6                  |
| Année 3                     | CG27  | 388                | 229                                     | 207                | 4                         | 3                            | 26                 |
|                             | CG76  | 2162               | 756                                     | 25                 | 15                        | 10                           | 44                 |
|                             | Autres (dont Eaux de Paris pour secteur AVRE) | 67                 | 44                                      | 17                 | 96                        | 15                           | 60                 |
|                             | AESN (en cours)                               | 17                 | 5                                       | 0                  | 0                         | 0                            | 0                  |

Illustration 5 : Nombre de bétoires, d'exutoires et de traçages bancarisés en date du 02/05/11 classés par archives d'origine

|                                    | Phase pilote | Année 1 | Année 2   | Année3 | TOTAL |
|------------------------------------|--------------|---------|---|--------|-------|
| <b>Bétoires</b>                    | 2594         | 3839    | 2322 saisie manuelle et 2541 basculement automatique* | 2634   | 13930 |
| <b>Fiches historiques bétoires</b> | 0            | 0       | 909   | 1034   | 1943  |
| <b>Sources</b>                     | 1449         | 46      | 11  | 249    | 1755  |
| <b>Points de suivi</b>             | 706          | 47      | 10  | 115    | 878   |
| <b>Points d'injection</b>          | 15           | 121     | 24  | 28     | 188   |
| <b>Traçages</b>                    | 144          | 250     | 70  | 132    | 596   |

\*basculement automatique (BD Cavié + cavités DDE 27)

Illustration 6 : Nombre de bétoires, d'exutoires et de traçages bancarisés en date du 02/05/11 classés par année de bancarisation

### **3.2.14. 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 les 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 bêteoire est sa position géographique (cas de certains inventaires de bêteoires, cartes géologiques, études d'impact....).

Par ailleurs, l'imprécision de la position des bêteoires sur certaines cartes de rapport, amène à la création de points en doublons.

### **3.3. VALIDATION TERRAIN SUR LES TROIS BASSINS VERSANTS SELECTIONNES EN ANNEE 3**

Des vérifications des données sur le terrain ont été effectuées lors des années 1 et 2 du projet sur les bassins versant de l'Andelle, l'Austreberthe, l'Iton, la Lézarde, l'Oudale et la Risle Aval.

Les bassins versants sélectionnés par le comité de pilotage pour l'année 3 étaient : Valmont Ganzeville, Yport et l'Avre (Illustration 8).

La méthodologie appliquée pour ce travail est rappelée à Illustration 7. Priorité a été donnée pour ces vérifications :

- aux bétoires situées dans les périmètres de protection éloignés des captages d'eau potable ;
- à des recherches de bétoires dans les vallées sèches ou des zones de plateau comportant de nombreux talwegs ;
- à des points nécessitant des confirmations du type : doublons, d'indices non validés de perte,...).

Conformément à la méthodologie mise en place au cours de l'année 1, des fiches de terrain ont été systématiquement réalisées pour chaque observation (cf. Annexe 5).

### 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,
- 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 de 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 (naturelle, aménagée, ...), 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

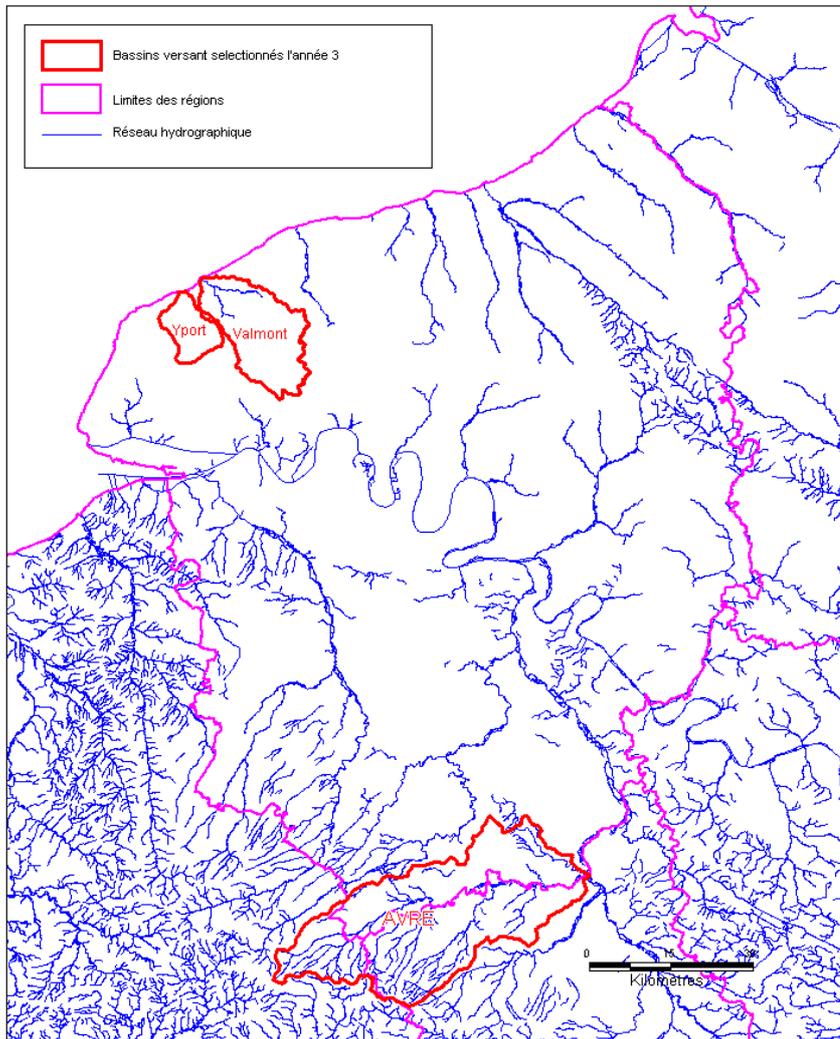
- En remontant les vallées sèches et les talwegs
- En poursuivant les talwegs dans lesquels une bétoire est déjà recensée
- Sondage de la population

### 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)

- 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 7: Méthodologie de validation terrain mise en place au cours de l'Année 1

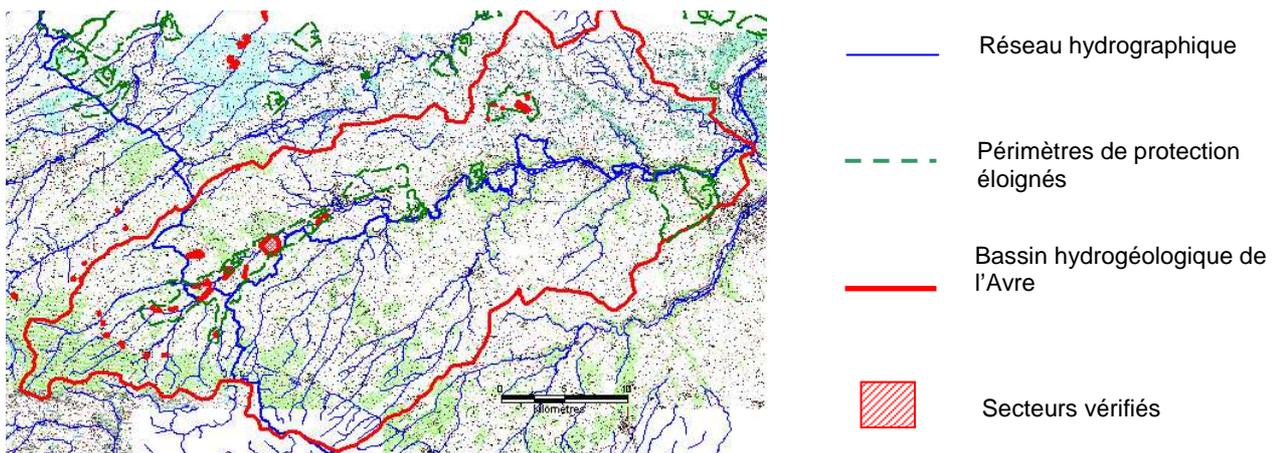


*Illustration 8 : Localisation des 3 bassins versants sélectionnés pour les vérifications terrain de l'année 3 : Yport, Valmont-Ganzeville et l'Avre*

Les journées de terrain se sont échelonnées du 28/05/2010 au 19/04/2011, comme suit :

- Bassin versant de Ganzeville : 5 journées
- Bassin versant de l'Avre : 6 journées
- Bassin versant d'Yport : 2 journées
- Autres bassins versants (Iton, Seine Aval) : 2 journées

Les Illustration 9 à Illustration 11 présentent les secteurs ayant fait l'objet de ces vérifications.



*Illustration 9 : Zones parcourues sur les bassins versant de l'Avre (de Juin 2010 à janvier 2011)*

Concernant le bassin versant de l'Avre, les vérifications n'ont porté que sur la partie du bassin versant se situant dans les départements de l'Eure et de l'Orne. En effet, au moment où les vérifications terrain ont été réalisées, les recensements de bétoires réalisés dans le passé par Eaux de Paris sur le secteur d'Eure-et-loir n'avaient pas encore été bancarisés.

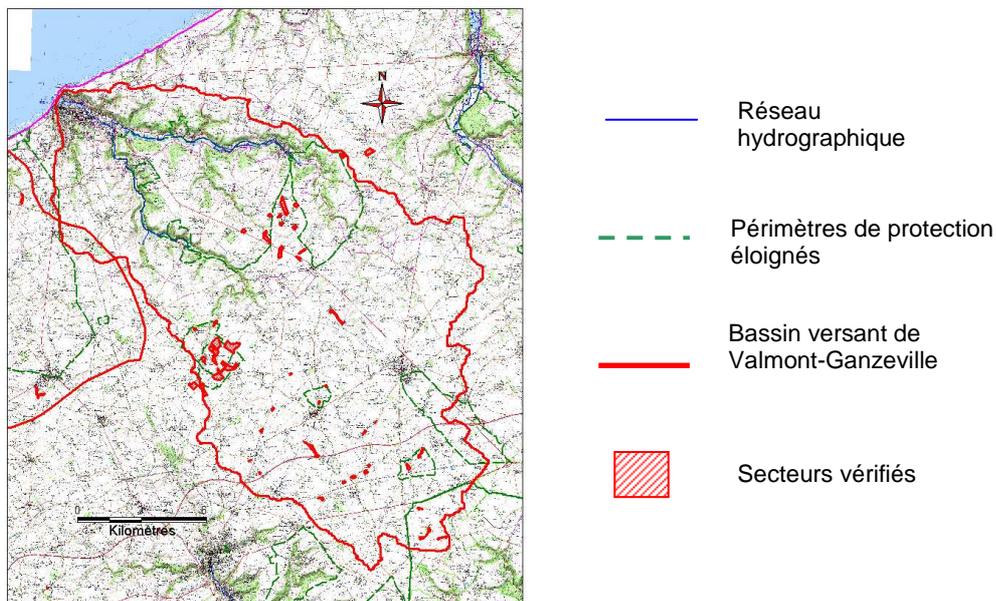


Illustration 10 : Zones parcourues sur les bassins versant de Valmont-ganzeville (de mai 2010 à avril 2011)

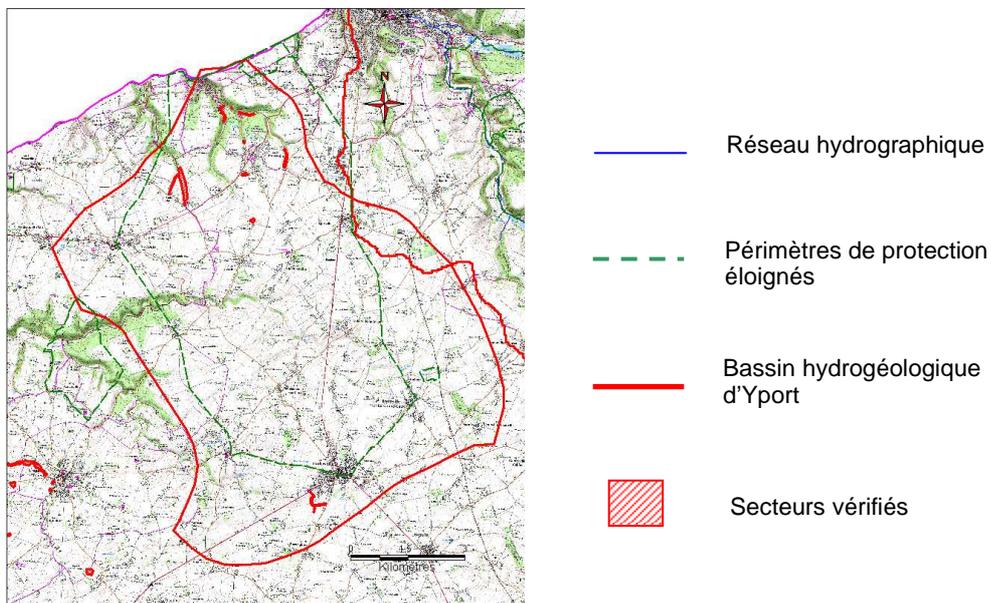


Illustration 11 : Zones parcourues sur les bassins versant hydrogéologique d'Yport (d'avril à juin 2010)

Quelques observations effectuées durant cette période sont présentées sur les planches photographiques des Illustration 15 et Illustration 16.

Différents cas ont été rencontrés au cours de ces vérifications de terrain :

- Bétoires recensées dans la base et retrouvées sur le terrain,
- Bétoires recensées dans la base mais non retrouvées sur le terrain,
- Bétoires nouvelles,
- Bétoires à fusionner ou à supprimer de la Base (doublons, marnière, ...).

306 fiches ont été réalisées au total sur le terrain au cours de l'année 3. Le bilan de ces vérifications est présenté à l'illustration 12 :

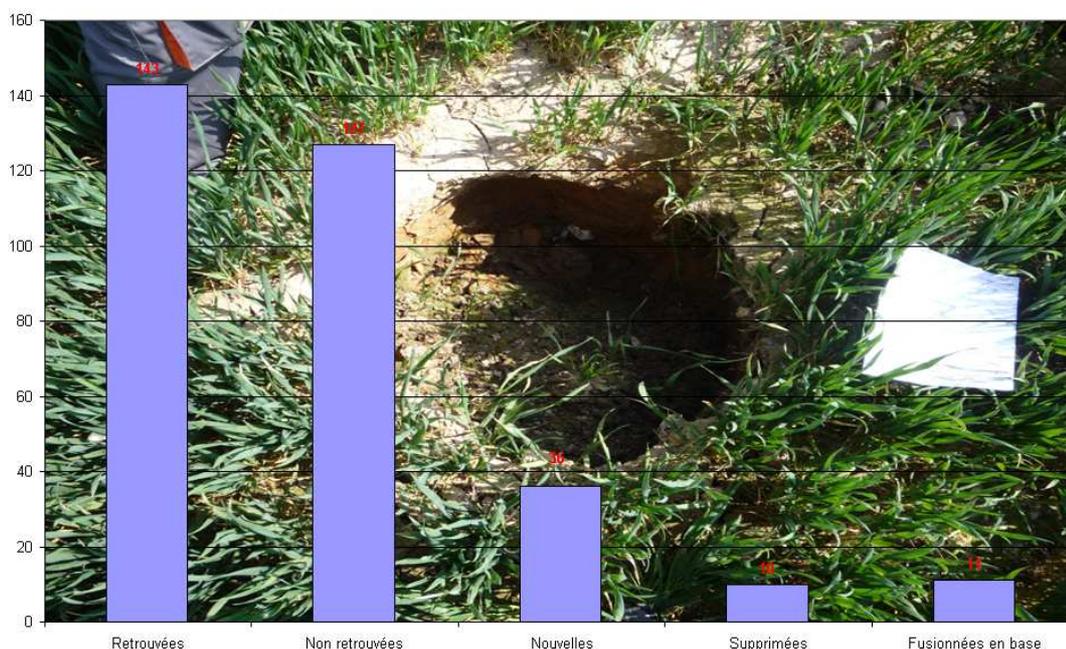


Illustration 12 : Bilan des vérifications terrain de l'année 3 réalisés sur les bassins versants de l'Avre, Yport et Valmont-Ganzeville (de mai 2010 à avril 2011)

L'illustration 13 compare les résultats des vérifications terrain des trois années de l'inventaire :

|         | Retrouvées | Non retrouvées | Nouvelles créées | Supprimées de la Base | TOTAL |
|---------|------------|----------------|------------------|-----------------------|-------|
| Année 1 | 129        | 127            | 114              | 18                    | 414   |
| Année 2 | 124        | 101            | 27               | 7                     | 259   |
| Année 3 | 143        | 127            | 36               | 10                    | 316   |

Illustration 13 : nombre de fiches terrain réalisées sur les trois années de l'inventaire et comparaison des résultats

Les validations terrains réalisées en année 3 se sont déroulées sur deux périodes :

- L'une importante durant l'été 2010 (8 journées terrains)
- L'autre, plus régulière, à raison d'une journée par mois, de décembre 2010 à avril 2011

De façon générale, les validations faites après une succession de jours pluvieux ou un jour de pluie sont particulièrement intéressantes car l'activité des bétoires est bien visible : orifices en formation, observations de sous tirage, engouffrements fonctionnels, ruissellements superficiels.

Au cours d'une journée terrain, la discussion avec les riverains, agriculteurs, employés communaux,... apporte de précieux renseignements sur :

- la localisation précise d'indices non retrouvés car ayant une imprécision des coordonnées trop importante,
- la localisation d'indices non visibles (cas des bétoires rebouchées ou dissimulées par une abondante végétation),
- la nature réelle d'indices de bétoire, voire de bétoires (cas des confusions avec une marnière, ancienne mare, cailloutière transformée en décharge ...)
- l'historique d'une bétoire ; exemple : « en 2001, bétoire rebouchée avec 2 bennes de terres ... »
- des informations diverses sur le fonctionnement de pertes. Exemple : « Par fortes pluies, la bétoire se remplit et absorbe l'eau en moins d'une journée ... »
- l'élimination de doublon (confirmation par les riverains d'un unique indice dans une zone où la base en répertoriait deux).

Ces vérifications ont permis l'identification de 11 points doublons à fusionner.

A noter que le long épisode neigeux de décembre 2010 a rendu difficile les vérifications de terrain.

A la fin de l'année 3, 6 % des bétoires de la base ont fait l'objet d'une vérification sur le terrain.



**Doline bétoire n°7070** : découverte en février 2011 au fond d'un talweg. Formation d'une dizaine d'orifice avec des indices de sous tirage. (vue d'ensemble + 2 détails)



**Bétoire n°1295** : bétoire difficile à retrouver car située au milieu d'une parcelle cultivée. Localisée à l'aide de l'exploitant (observation du 19/04/2011)

*Illustration 14 : Diverses observations réalisées au cours des validations terrain de début 2011*



**Bétoire n°16874** : bétoire en formation découverte en parcourant le périmètre de protection du captage AEP 00752X0069 de Breuteville Saint Maclou (observation du 24/02/2011)



**Bétoire n°17043** – Découverte dans la rivière de la Scie. D'après les propriétaires elle s'est ouverte en décembre 2010. Le siphon, en mouvement permanent, témoigne de l'absorption importante d'eau par la bétoire. (observation du 08/04/2011)

Illustration 15 : observations réalisées au cours des validations terrain de février et avril 2011 (respectivement)



**Bétoire n°16984** : découverte le 30/03/2011 à proximité du canal drainant les effluents de la STEP de Bourg Achard. Après un épisode pluvieux, les eaux du canal s'engouffrent dans la bétoire qui absorbe lentement.



**Doline Bétoire n°5861** : repérable sur le terrain grâce aux arbres isolés au milieu d'une prairie. Zone de dépôt d'ordures, de végétaux, de gravats, d'acier, ... (observation du 30/03/2011)

*Illustration 16 : Diverses observations réalisées au cours des validations terrain de mars 2011*

### 3.4. AMELIORATIONS DU SITE INTERNET DE SAISIE ET DE LA BASE DE DONNEES ORACLE

Le site internet de saisi créé en année 1, a été mis en service au cours de l'année 2. Il est accessible à cette adresse : <https://tracages.brgm.fr/>.

Lors de la réunion du comité pilotage du 3 décembre 2010 (réunion d'avancement de l'année 3), le COPIL a décidé d'apporter des améliorations au site internet de saisie et à la base Oracle associée.

Les principales améliorations portent sur :

- En page d'accueil :
  - indication de l'adresse email pour les demandes d'identification/mot de passe ou toute autre demande (modifications de coordonnées de points,...) : [SGR\\_HNO@brgm.fr](mailto:SGR_HNO@brgm.fr);
  - mise en téléchargement des fiches papier de saisie ;
  - lien vers le site de consultation des données (site du SIGES Seine-Normandie : <http://sigessn.brgm.fr/>);
  - lien vers le logiciel gratuit pour l'interprétation des traçages développé par le BRGM (<http://trac.brgm.fr/>);
- Rajout des champs « Masse d'eau réceptrice » et « entité hydrogéologique réceptrice » associées aux bétoires, et points d'injection ;
- Rajout des champs « Masse d'eau » et « entité hydrogéologique » associées aux exutoires, et points de suivi ;
- Mise en téléchargement sur la page d'accueil d'un guide d'aide à la saisie ;
- Possibilité de saisir les coordonnées en lambert 93;
- Ajout d'une fonction de téléversement de documents (exemple : photo d'une bétoire, courbe de restitution d'un traceur) ;
- Revision de la rubrique « aménagement bétoires » de la base afin qu'elle soit en cohérence avec l'état des lieux des aménagements de bétoires réalisé récemment (cf. rapport BRGM RP-58795-FR de novembre 2010) ;
- Rajout de nouveaux champs permettant de saisir les résultats d'une interprétation poussée d'un traçage ;
- Rajout d'une rubrique permettant de renseigner la fiabilité des résultats d'un traçage ;
- Rajout d'un champ permettant de saisir les dates/heures des prélèvements et du résultat de la concentration en traceur mesurée (données de base pour tracer une courbe de restitution) ;
- Ajout d'une fonction d'impression d'un récapitulatif de saisie (justificatif annexable en fin de rapport d'un Bureau d'études) ;
- Mise en évidence des champs obligatoires.

Un cahier des charges a été rédigé entre janvier et mars 2011 pour détailler ces modifications.

Les services informatiques ont démarré ce travail d'amélioration en avril 2011 ; il sera poursuivi au cours de l'année 4 du projet.

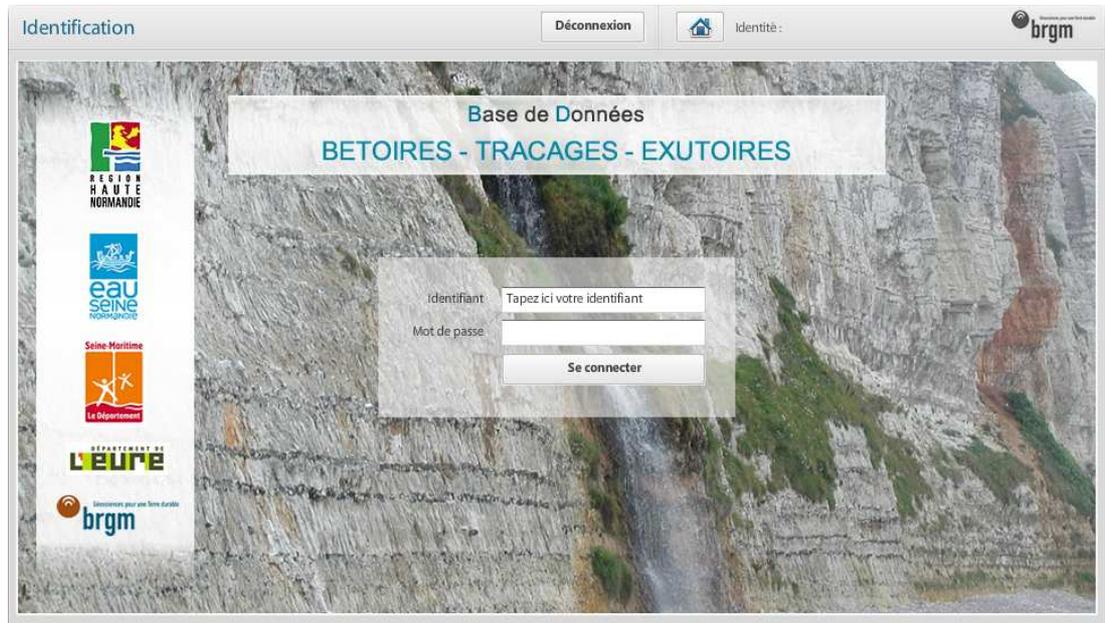


Illustration 17 : Page d'accueil (avant amélioration) du site internet de saisie des données de l'Inventaire Bétoires/Traçages/Exutoires Haute-Normandie

### 3.5. CREATION DU SITE INTERNET DE CONSULTATION DES DONNEES

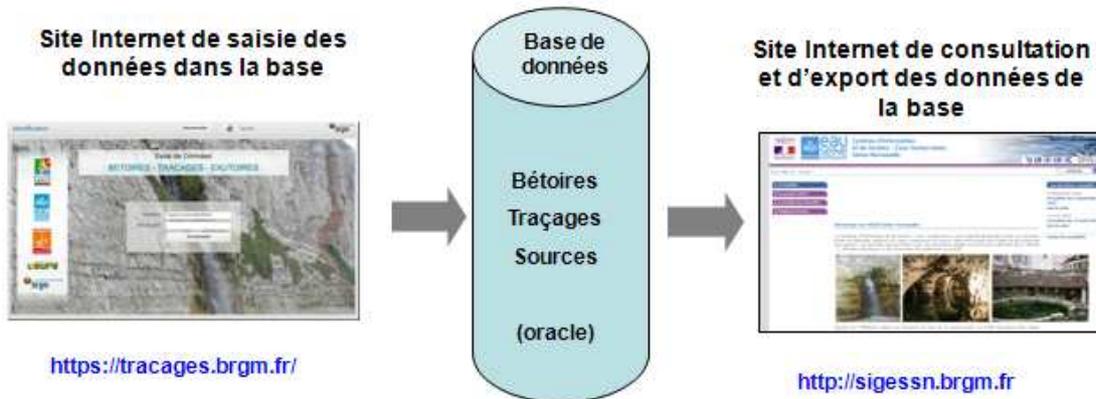
Le COPIL s'est réuni le 15 juin 2010 afin de définir les grandes lignes de l'outil de mise à disposition des données de l'inventaire. Les principales décisions prises lors de cette réunion sont les suivantes :

- le module de consultation des données devra comporter un accès aux données :
  - par cartes (visualisation des 5 types d'objets sur un fond carte, avec au clic sur l'objet, l'ouverture de la fiche contenant les informations de l'objet,
  - par requêtes, avec mode de recherche par type d'objet (bétoires, sources, traçages,..) et par localisation géographique (département, commune, bassin versant, masse d'eau) ; par identifiant de l'objet (exemple :B9512, T350, S218....)

- le module de consultation des données devra comporter une fonction d'export des données :
  - format d'export : shape et csv
  - tous les champs de la base exportables
- le COPIL fait le choix d'afficher les données de la base uniquement

Lors de la réunion du comité pilotage du 3 décembre 2010 (réunion d'avancement de l'année 3), le COPIL a validé le choix d'utiliser le site internet du SIGES<sup>3</sup> Seine Normandie pour visualiser et mettre à disposition les données de l'inventaire.

Le « flux des données » (de la saisie à la mise à disposition) ainsi retenu par le COPIL est le suivant (Illustration 18) :



*Illustration 18 : schéma récapitulant les outils de saisie et de consultation des données de l'inventaire retenus par le COPIL*

Un cahier des charges a été rédigé entre janvier et mars sur la base de ces décisions prises par le COPIL.

Les services informatiques ont démarré ce travail d'intégration des données dans le SIGES SN en mars 2011. Un bilan de ce travail réalisé en année 3 est présenté dans les § 3.5.1 à § 3.5.3.

---

<sup>3</sup> SIGES : Système d'Information et de Gestion des Eaux Souterraines. Le SIGES Seine Normandie est disponible à cette adresse : <http://sigessn.brgm.fr/>

### 3.5.1. Sémiologie des couches de diffusions cartographiques

La sémiologie retenue pour la représentation cartographique des données de l'inventaire est présentée à l'illustration 19.

Concernant la représentation des bétoires, le COPIL n'a pas retenu la sémiologie utilisée par l'Union des Géologues de France (représentation des cavités karstiques impénétrables par l'homme par des cercles rouges, cf. Annexe 2) privilégiant la représentation habituellement utilisée par les différents acteurs de l'eau dans la région Haute-Normandie (triangles rouges pointés vers le bas).

Les sources seront représentées par des ronds bleus dont l'intensité augmente avec le débit.



Illustration 19 : sémiologie des couches de diffusions cartographiques validées par le COPIL

### 3.5.2. Fiches de consultation des données

Le travail de réalisation des fiches (fiches générées lors d'un clic sur une bétoire, une source, un traçage,...) a également démarré en année 3.

Ce travail a tout d'abord commencé par la conception des bandeaux qui seront présents en haut de chaque fiche. Les bandeaux retenus sont présentés à l'illustration 20.



Illustration 20 :bandeaux qui seront en haut des fiches de consultations des données

La disposition des blocs de données au sein de la fiche et le design ont également été réalisés au cours de l'année 3 (Illustration 21).



Illustration 21 :design retenu pour les fiches de consultation – exemple de la fiche « bétoire »

Ces fiches de consultation seront réalisées en année 4 sur la base des éléments graphiques présentés précédemment.

### **3.5.3. Intégration du module de consultation dans le SIGES**

L'intégration du module de consultation des données dans le SIGES Seine Normandie a également démarré en année 3. Dans la rubrique « Accès aux données » du site, un onglet « karst » et un sous-onglet « Inventaire régional de Haute-Normandie » ont été créés. La réalisation des accès aux données par carte et par requête ont démarré.

Ces différents travaux seront poursuivis et finalisés lors de l'année 4 du projet.

### **3.6. MISE A DISPOSITION DES DONNEES DE LA BASE**

En attendant la création du site Internet de consultation et en accord avec le comité de pilotage, le BRGM met à disposition des bureaux d'études ou des collectivités maître d'ouvrage, les données de l'Inventaire Bétoires/Traçages/Exutoires.

Une quarantaine d'extractions ont été réalisées pour des Bureaux d'études, Mairie, Hydrogéologue agréé, Dire, Syndicats,... pour des besoins d'études variées telles que : études BAC, études d'environnement préalables à une DUP, réalisation d'un traçage, inventaires communaux « cavités », étude de mise en place d'une Step, projet autoroutier, étude ruissellement/inondation,...

A noter que depuis le 01/12/2009, la signature d'un acte d'engagement est demandée au bénéficiaire de l'extraction de la base (cf. modèle en Annexe 4).



## 4. Résultats de la bancarisation<sup>4</sup>

### 4.1. BETOIRES

#### 4.1.1. Localisation des bétoires en Haute-Normandie

La répartition des bétoires bancarisées, au terme des trois années, est présentée sur les Illustration 22 (bétoires) et Illustration 23 (indices de bétoires).

On observe que les bétoires sont inégalement réparties à l'échelle de la région. De fortes densités sont observables dans le centre et l'ouest de l'Eure et de la Seine Maritime (à l'ouest d'un axe Dieppe-Les Andelys) (Illustration 24).

On remarque en particulier :

- des très fortes densités de bétoires dans les bassins versants de la Lézarde, du Commerce, de Caux-Seine, de Valmont amont, de la Durdent amont, de la Rançon ;
- l'absence de bétoires dans l'anticlinal de Bray (secteur où la craie n'est pas présente) et leur quasi absence dans les bassins versant de l'Eaulne, la Yeres, la Bresle (crayeux).

---

<sup>4</sup> Les résultats présentés dans le paragraphe 4 ont été réalisés à partir de traitement des données de la base en date du 12/04/2011. Toutes les données bancarisées après cette date n'apparaissent pas dans ces résultats.

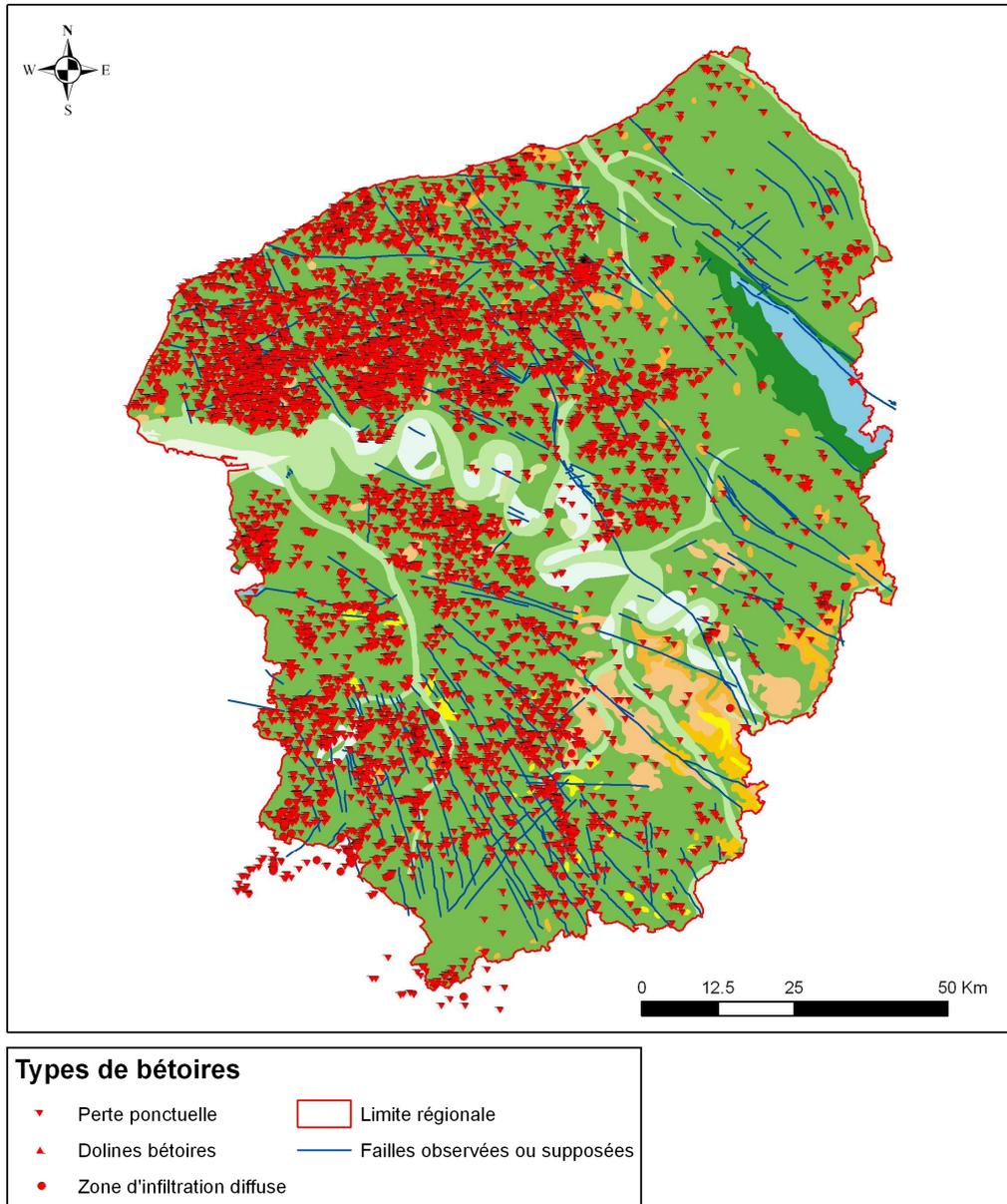
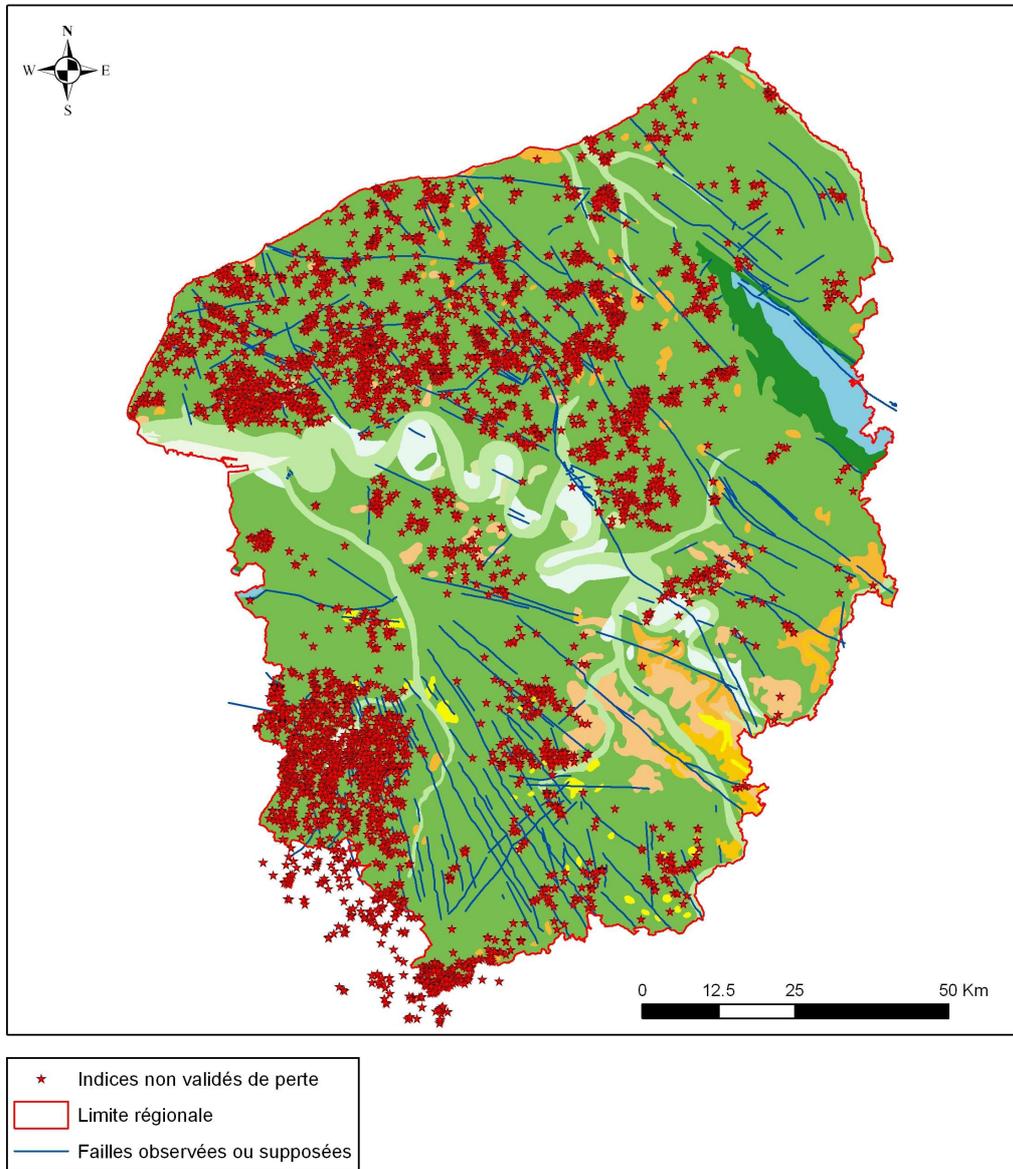


Illustration 22 : Carte de répartition des bétoires (hors indices de bétoires) en Haute-Normandie- (bétoires classées par type de perte) - Etat de la bancarisation au 12/04/2011



*Illustration 23 : Carte de répartition des Indices de bétoires (bétoires supposées) en Haute-Normandie- Etat de la bancarisation au 12/04/2011*

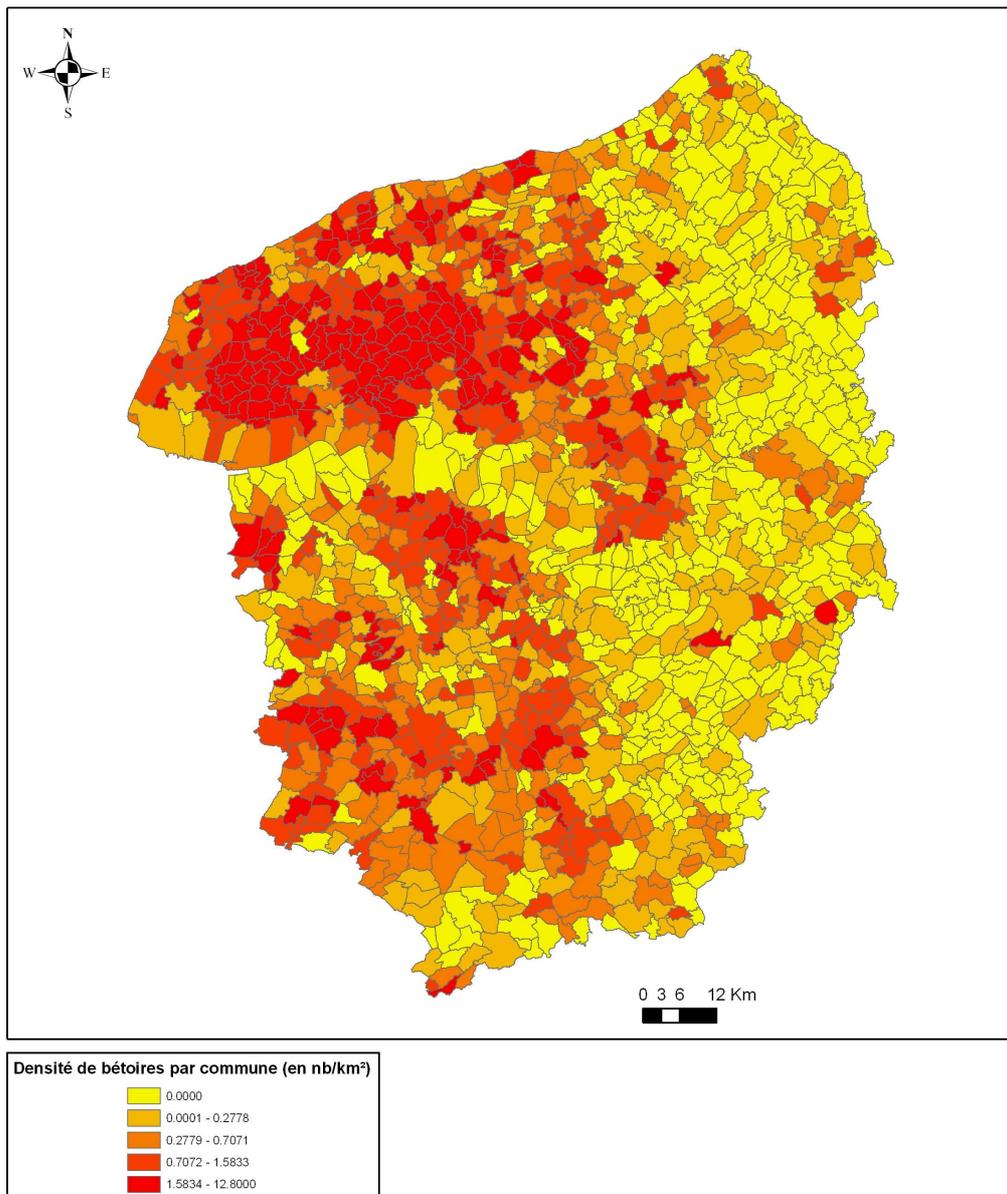


Illustration 24 : Densité de bétaires (hors indices de bétaires) par commune (état de la bancarisation au 12/04/2011)

#### 4.1.2. Types de perte

La base de données distingue pour les bétoires 4 types de pertes. La typologie est détaillée sur l'illustration ci-dessous :



Illustration 25 : Typologie des bétoires

La répartition géographique de ces différents types de perte est présentée sur les Illustration 22 et Illustration 23. La distribution selon le type de perte est détaillée ci-dessous (Illustration 26).

| Type de perte               | Nombre | en % |
|-----------------------------|--------|------|
| Perte ponctuelle            | 8178   | 59   |
| Dolines bétoires            | 131    | 1    |
| Zone d'infiltration diffuse | 272    | 2    |
| Indice non validé de perte  | 5267   | 38   |
| TOTAL                       | 13848  | 100  |

Illustration 26 : Répartition des pertes par nature

Sur 13 848 bétoires recensées dans la base au 12/04/11, 59% sont des pertes ponctuelles, 38 % des indices de bétoires (bétoires supposées), 2 % des zones d'infiltration diffuse et 1% des dolines bétoires. Le pourcentage élevé d'indices de bétoires vient en partie en partie :

- des cartes géologiques dont certaines recensent des « entonnoirs d'absorption qui ont été bancarisés en indices de bétoires ;

- de certains rapports, où les anomalies de surfaces (bétoires, cavités anthropiques,...) apparaissent sous une même légende.
- à des observations sur le terrain d'anomalies (affaissement, doline, dépression,...) dont la capacité à engouffrer de façon rapide les eaux ne peut être déterminé.

#### 4.1.3. Aménagements des bétoires

L'état des bétoires dans la base est le plus souvent indéterminé (78%). En effet, de nombreuses bétoires sont saisies à partir d'une simple carte sans que le rapport n'apporte la moindre précision sur leurs caractéristiques. Au total, 15% des bétoires ont été bancarisées comme « naturelles » et 7% comme « aménagées » (Illustration 27).

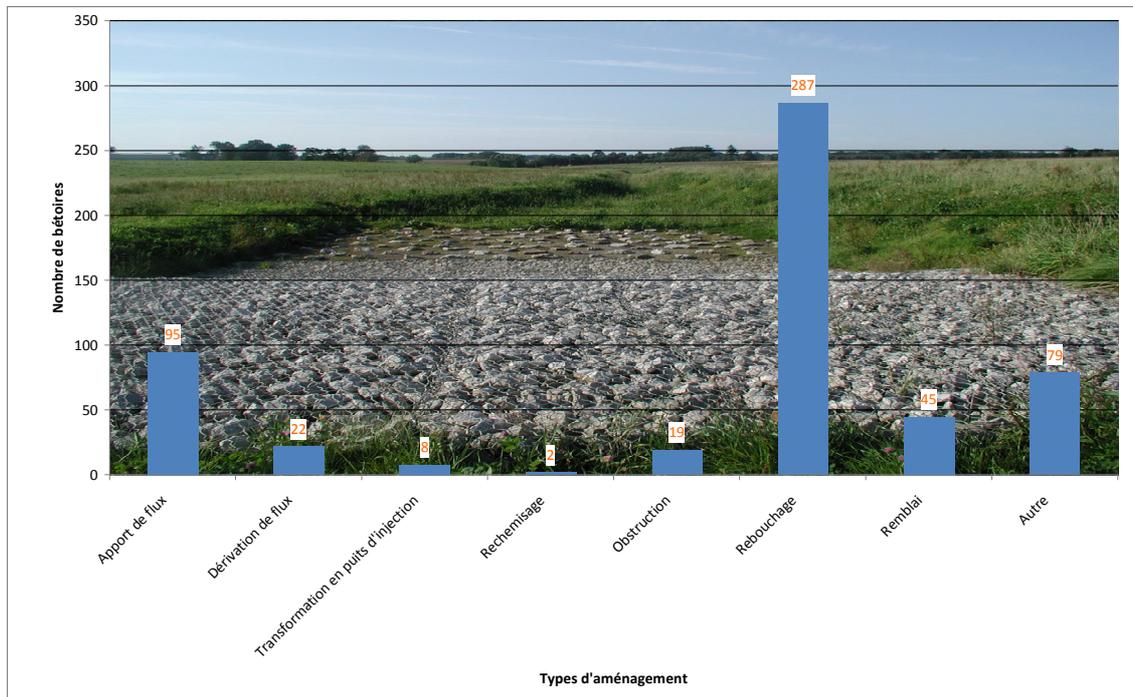
| Etat        | Nombre de bétoires | Pourcentage du nombre total de bétoires |
|-------------|--------------------|---|
| Aménagé     | 632                | 7%                                      |
| Naturel     | 1278               | 15%                                     |
| Indéterminé | 6671               | 78%                                     |

*Illustration 27 : Répartition des bétoires par état (indices de perte exclus)*

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

La distribution et la localisation de ces anthropisations par type d'aménagement sont présentées aux Illustration 28 et Illustration 29. Il apparaît que 61% des aménagements (570 bétoires) concernent des rebouchages tout venant (ajout de tout-venant inerte, déchets divers, terre agricole par les propriétaires agriculteurs), et seulement 5% (48 bétoires) sont des rebouchages dans les règles de l'art. 12% (113 bétoires) sont des rejets ou des apports de flux (fossés, canalisations, rejet de drains agricoles...) et 4% (39 bétoires) des aménagements consistant à empêcher les eaux superficielles de s'infiltrer dans la perte (dérivation de flux, ou mise hors service).

Remarques : chaque bétoire pouvant faire l'objet de plusieurs types d'aménagements, les pourcentages sont basés non pas sur le nombre de bétoires mais sur le nombre d'aménagements.



*Illustration 28 : Type d'aménagement des bêtoires (une description de ces différents types d'aménagement est présentée en annexe 3)*

Pour rappel, la typologie des différents types d'aménagement est présentée en annexe 3 et sera revue en année 4 afin de se mettre en cohérence avec l'état des lieux des aménagements de bêtoires réalisé récemment (cf. rapport BRGM RP-58795-FR de novembre 2010).

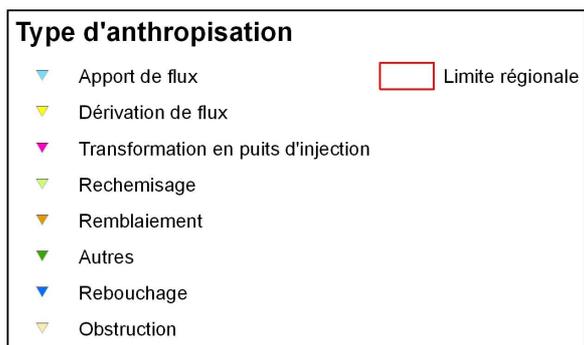
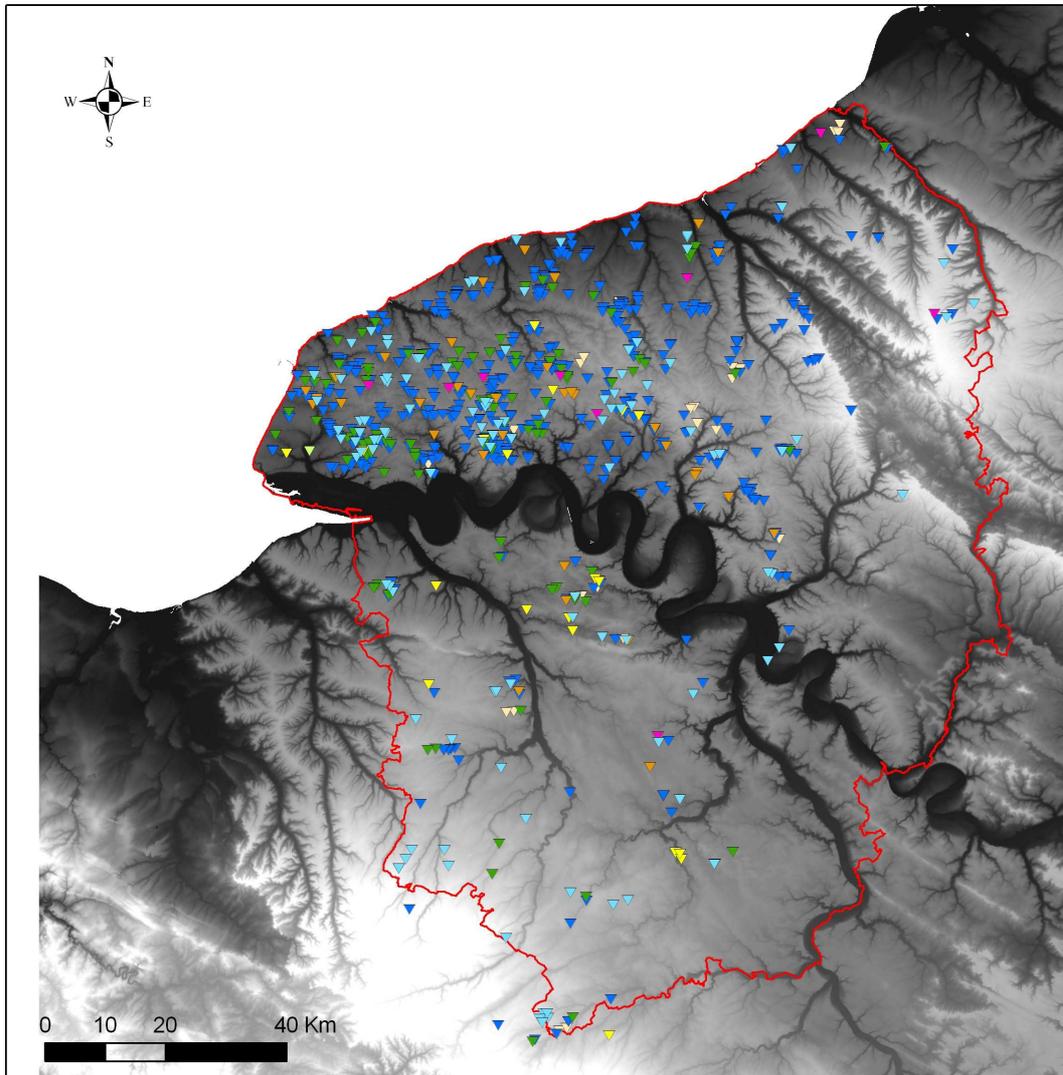


Illustration 29 : Localisation des bétoires aménagées (clasées par type d'aménagement)

#### 4.1.4. Environnement des bétoires et qualité des eaux d'engouffrement

Concernant les environnements immédiats « à risque », sur les 13848 bétoires et indice de bétoires recensés (en date du 12/04/2011), au moins :

- 3862 bétoires sont situées à proximité de voiries,
- 3670 à proximité de cultures,
- 2040 à proximité d'habitations,
- et 35 à proximité d'une industrie.

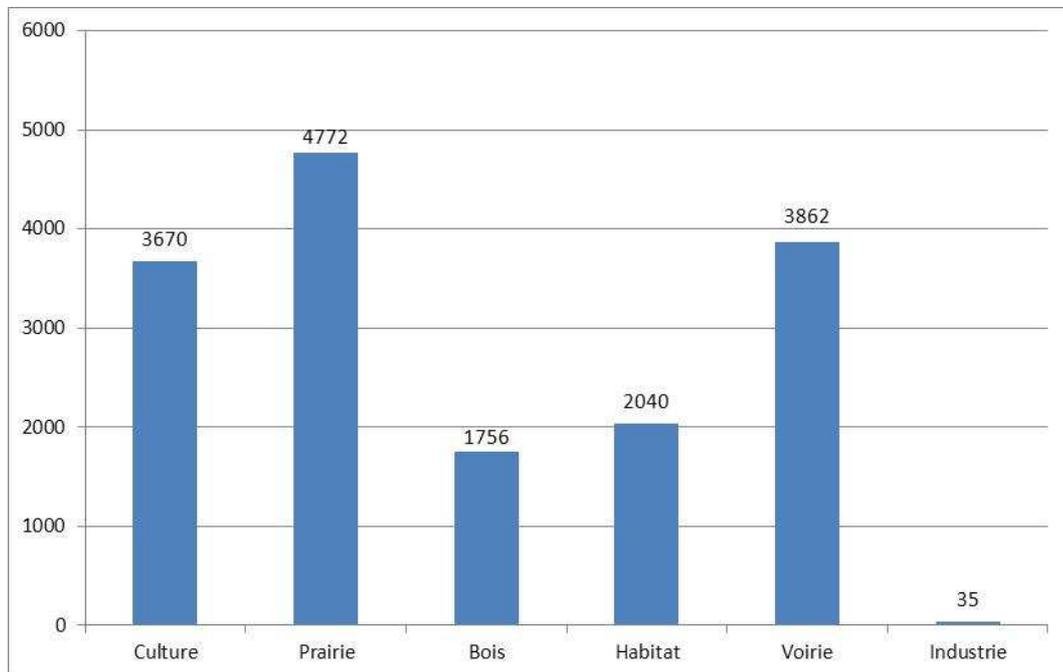
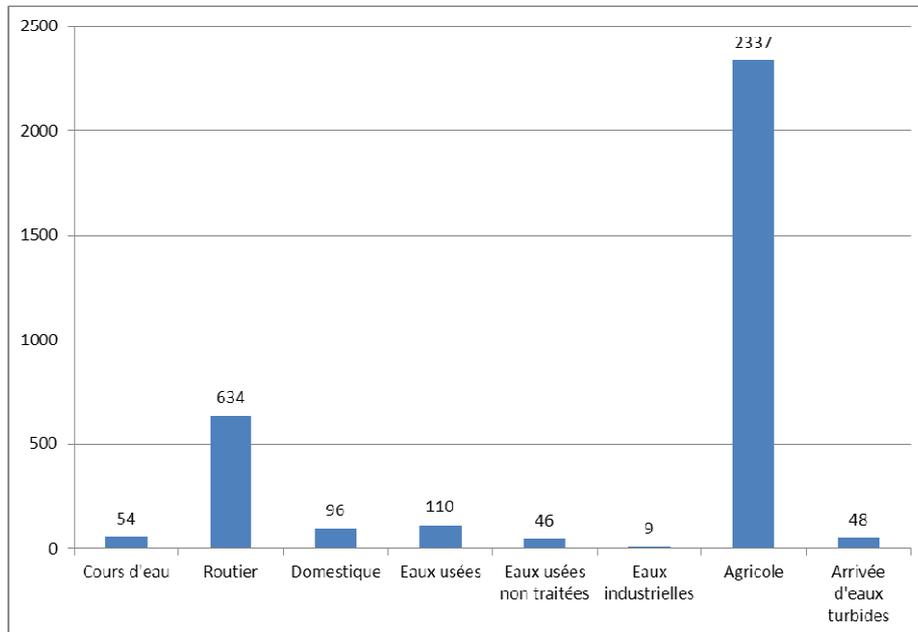


Illustration 30 : Environnement immédiat des bétoires

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

Par ailleurs, des bétoires sont recensées comme recevant ou ayant reçues des eaux dégradées. La distribution de ces bétoires selon la nature des eaux d'engouffrement est présentée à l'illustration 31 (à noter qu'une bétoire peut avoir plusieurs types d'eaux d'engouffrement).



La grande majorité de ces bêtaires reçoivent des eaux d'origine agricole (2337). 634 bêtaires reçoivent ou ont reçu dans le passé des eaux d'origine routière et 116 des eaux usées ou domestiques, 46 des eaux usées non traitées et enfin 9 bêtaires reçoivent ou ont reçu dans le passé des eaux industrielles.

## 4.2. SOURCES (EXUTOIRES)

Par rapport à la fin de l'année 2, 249 sources ont été ajoutées à la banque de données.

La base recense en fin d'année 3, 1755 exutoires (au 02/05/2011). La plupart (1354 sur 1755) proviennent des exutoires recensés dans la BSS (Banque de Données du Sol). Ces données numériques sont souvent pauvres alors que les champs disponibles dans la base de données sont beaucoup plus nombreux.

Ainsi, cet inventaire a déjà permis de recenser 401 exutoires supplémentaires par rapport à ceux recensés en BSS.

La carte de localisation des sources est présentée sur les Illustration 33 et

Illustration 34.

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 32), on remarque que 60% des exutoires ne sont pas captés, que 9% sont captés ou ont été captés pour l'Alimentation en eau Potable et 7% pour l'irrigation.

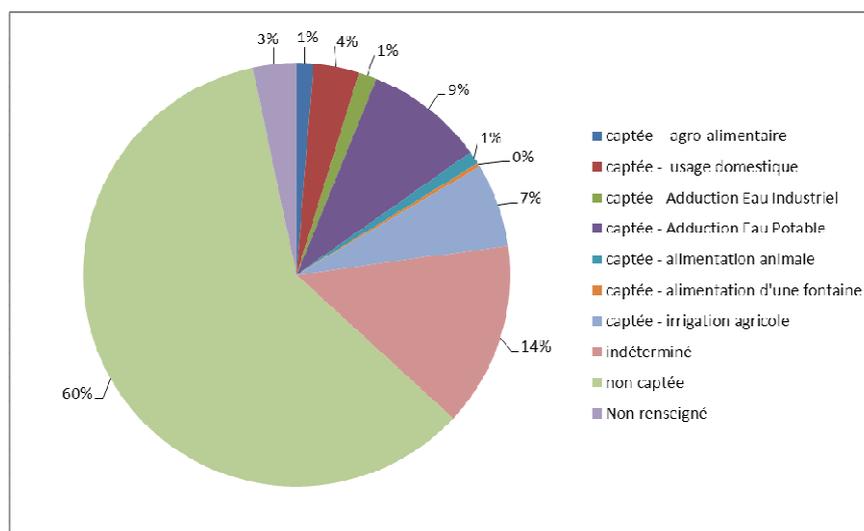
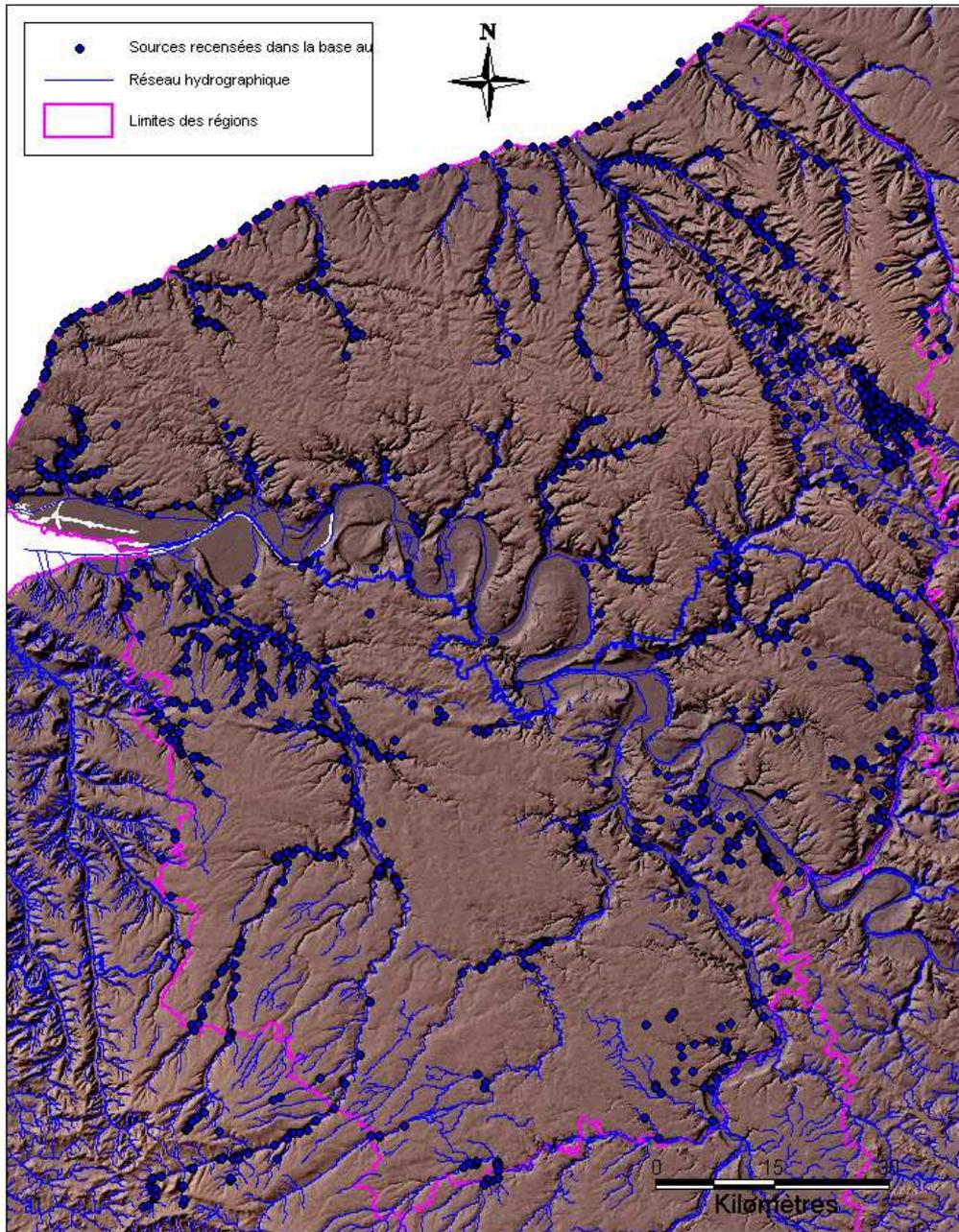


Illustration 32 : Utilisation des 1754 exutoires



*Illustration 33 : Carte de répartition des sources (état de bancarisation au 02/05/2011)*

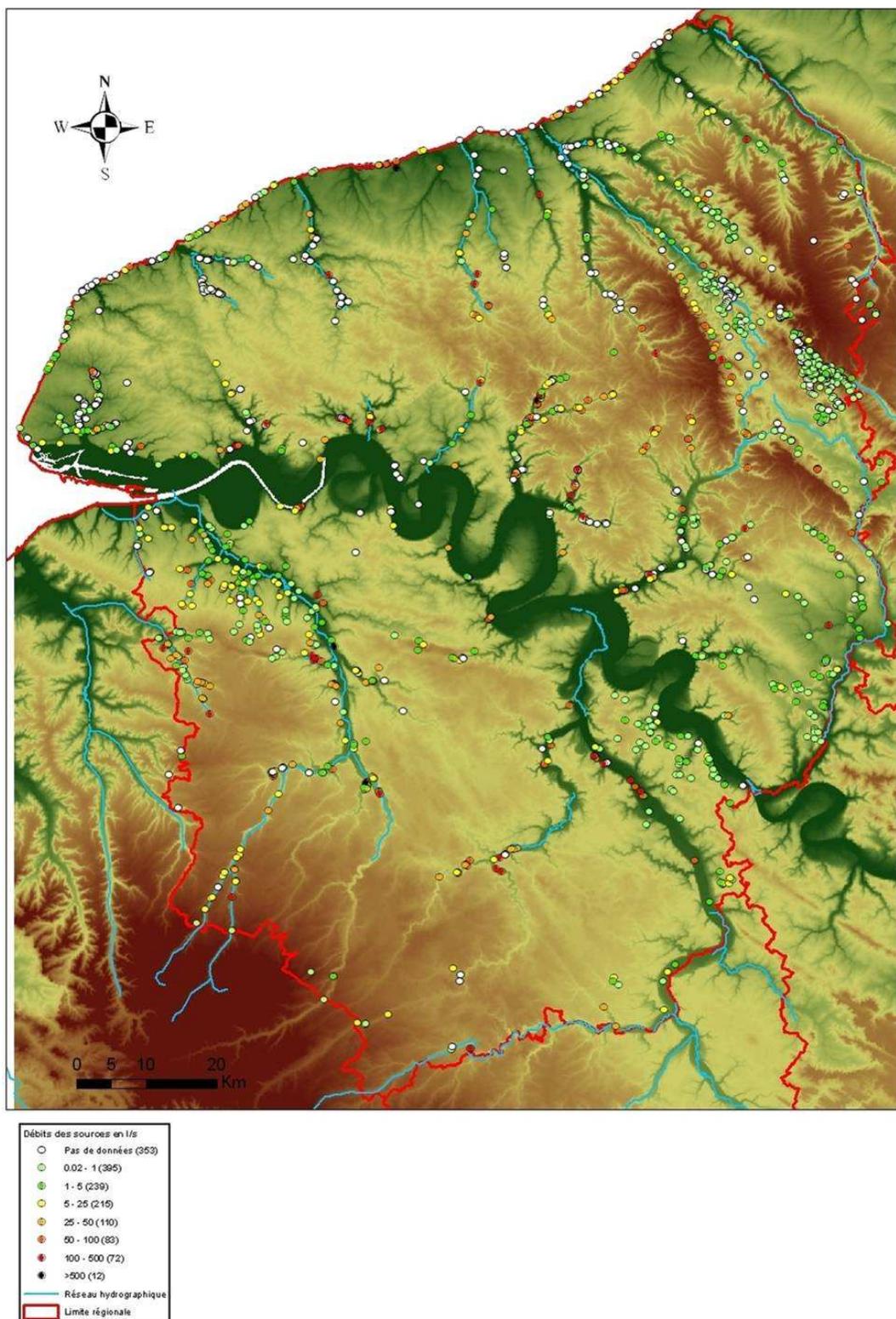


Illustration 34 : Carte de répartition des sources (par classe de débits)

### 4.3. TRAÇAGES

Le rapport d'année 2, faisait état de 466 opérations de traçage bancarisées.

A la date du 02/05/2011, la base compte désormais 596 opérations de traçages, soit 132 opérations supplémentaires bancarisées au cours de l'année 3.

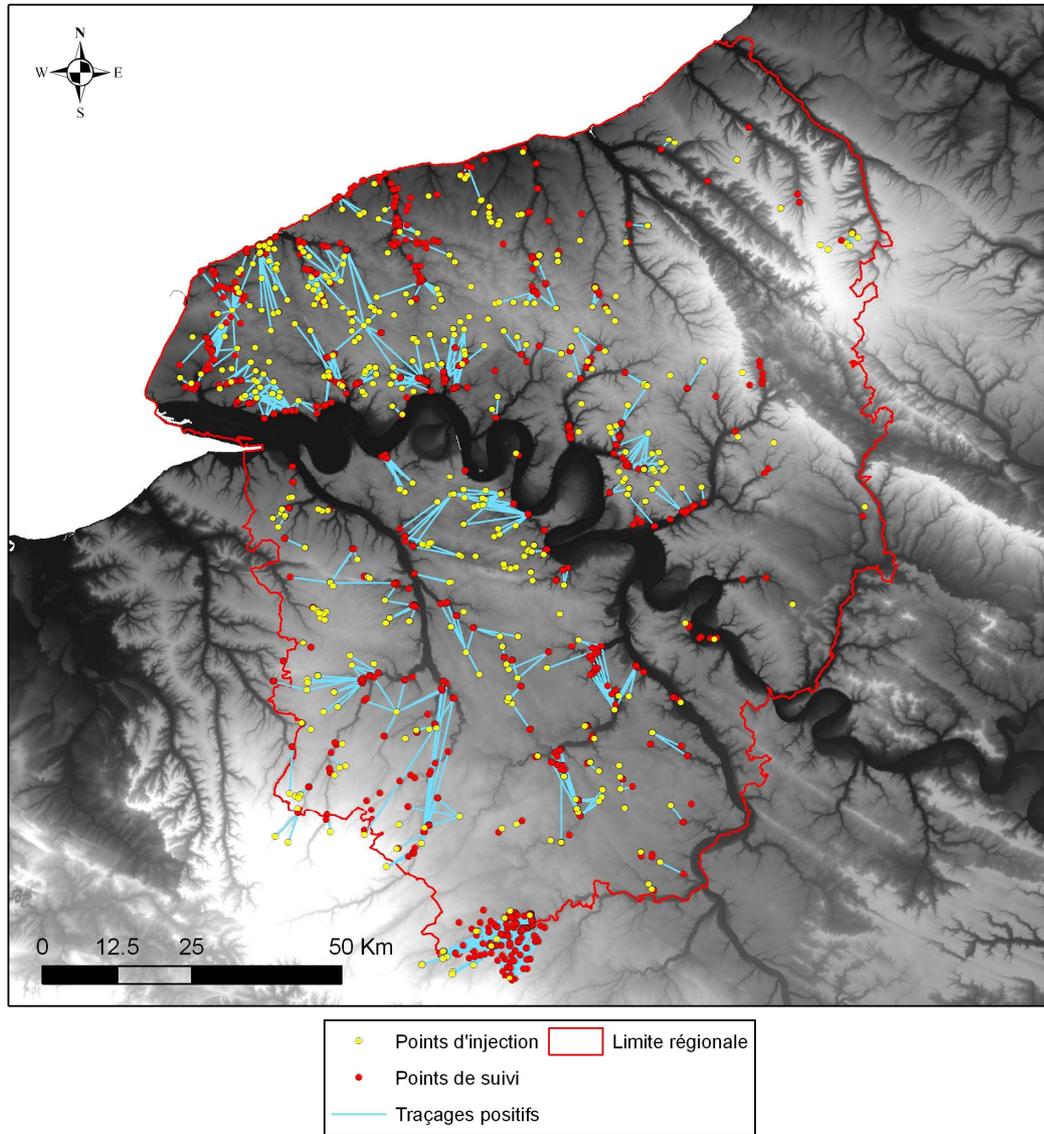
La restitution de ces 596 injections de traceurs a été suivie sur 2235 points de suivi. Ainsi, la base en fin d'année 3 compte désormais **2235 circulations souterraines testées par traçage sur la Haute-Normandie**.

Sur ces 2235 circulations souterraines testées par traçage, 44% se sont révélées positives (le traceur est réapparu au point de suivi).

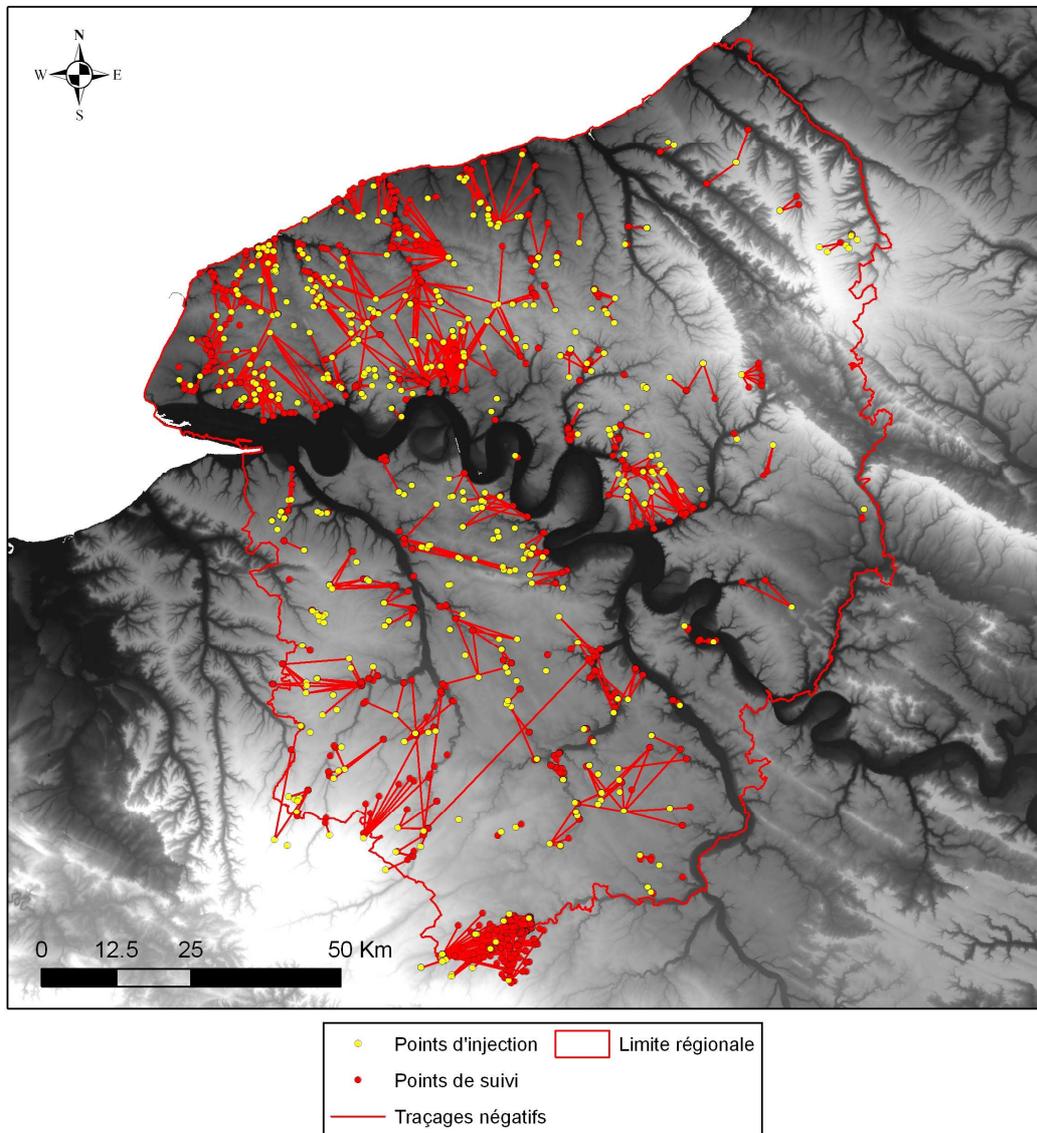
Les cartes de localisation des traçages positifs et traçages négatifs sont présentées sur l'illustration 35 et l'illustration 36.

Parmi les 596 opérations de traçages, 61% (366) ont été réalisées sur des bétoires et 39% (230) sur des points autres que des bétoires (forages, fossés, talwegs,...).

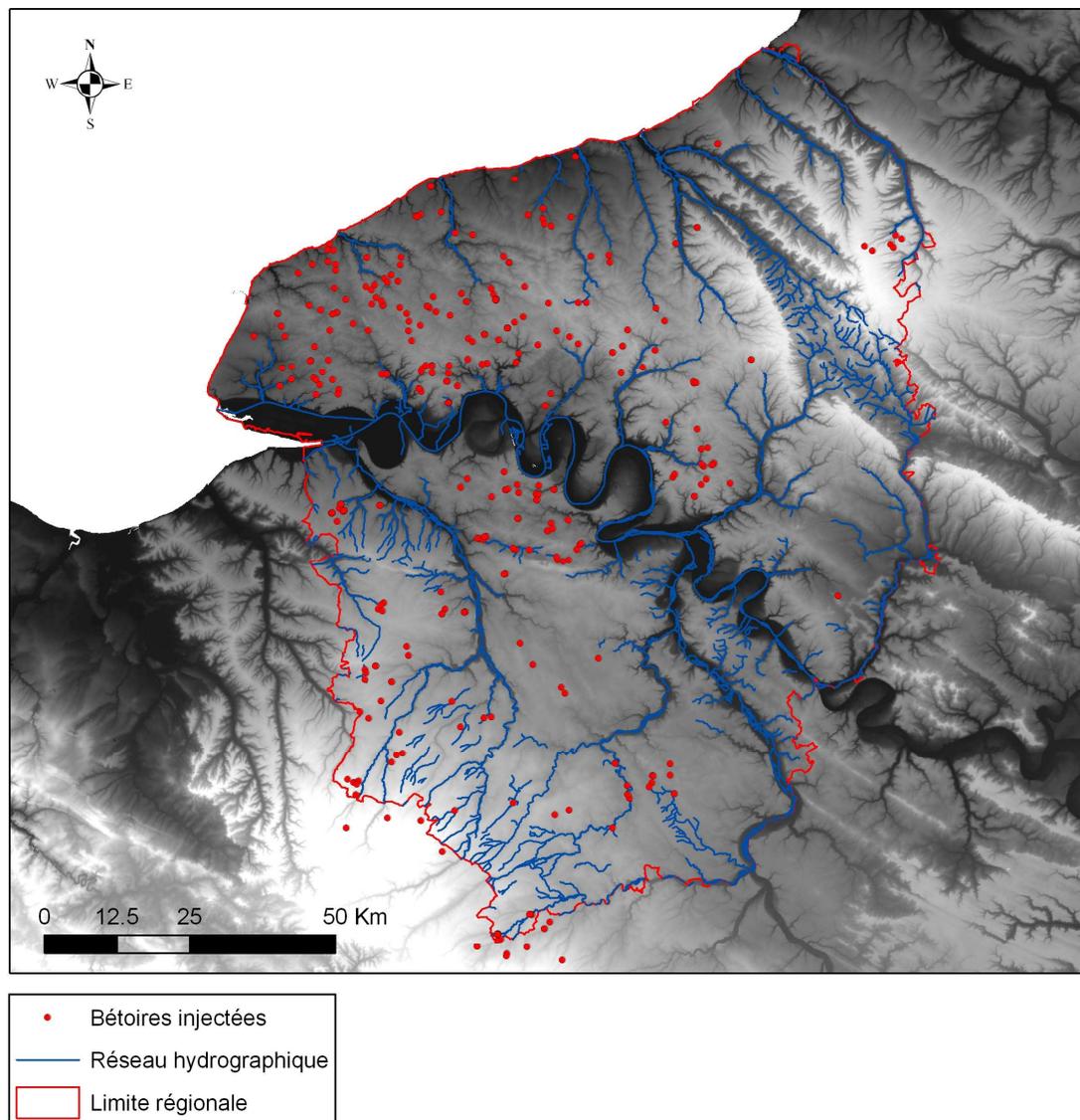
Ces 288 bétoires tracées ne représentent que 3,3% de l'ensemble des bétoires recensées. La localisation de ces 288 bétoires tracées est présentée sur l'illustration 37.



*Illustration 35 : Carte de répartition des itinéraires souterrains traçés (traçages positifs) pour la région Haute-Normandie (état au 12/04/2011)*



*Illustration 36 : 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) (état au 12/04/2011)*



*Illustration 37 : Localisation des 288 bétoires ayant fait l'objet de traçage (état au 12/04/2011)*

### 4.3.1. Date de réalisation des traçages bancarisés

L'année 3 a permis de bancariser de nombreux traçages récents. Ainsi, en fin d'année 3, les traçages réalisés il y a moins de 20 ans représentent 38% du total des traçages bancarisés. A noter également que 18% des traçages bancarisés ont plus de trente ans. Au cours de l'année 3, de nombreux traçages datant du début du XXIème siècle ont en effet été mis en base. Ils concernent le secteur du Bassin de l'Avre (archives Eaux de Paris).

La majorité des traçages réalisés par le BRGM concerne la période 1980-1990 (cf. pic de traçages observable sur l'illustration 38), 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.

Depuis 1995, les traçages sont essentiellement réalisés par des bureaux d'études (Gaudriot, Horizons, Safege, Hydroexpert, Sogeti, Burgeap, Oyo Rgs, CPGF, Soderef, Ingetec,...).

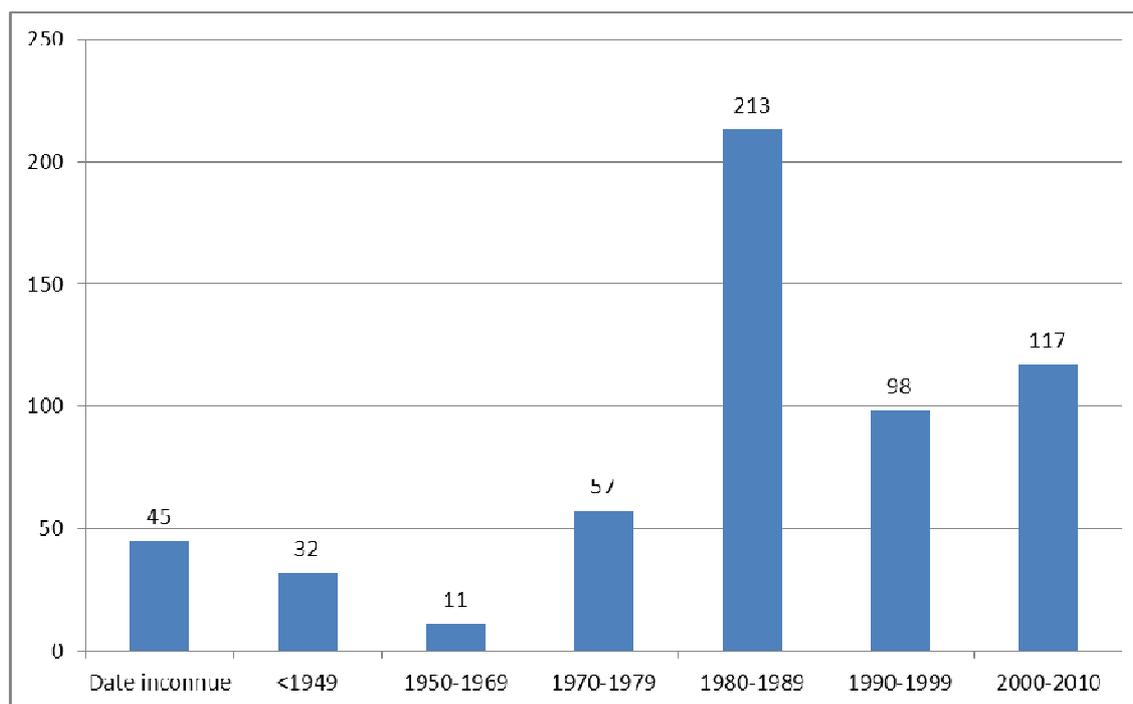
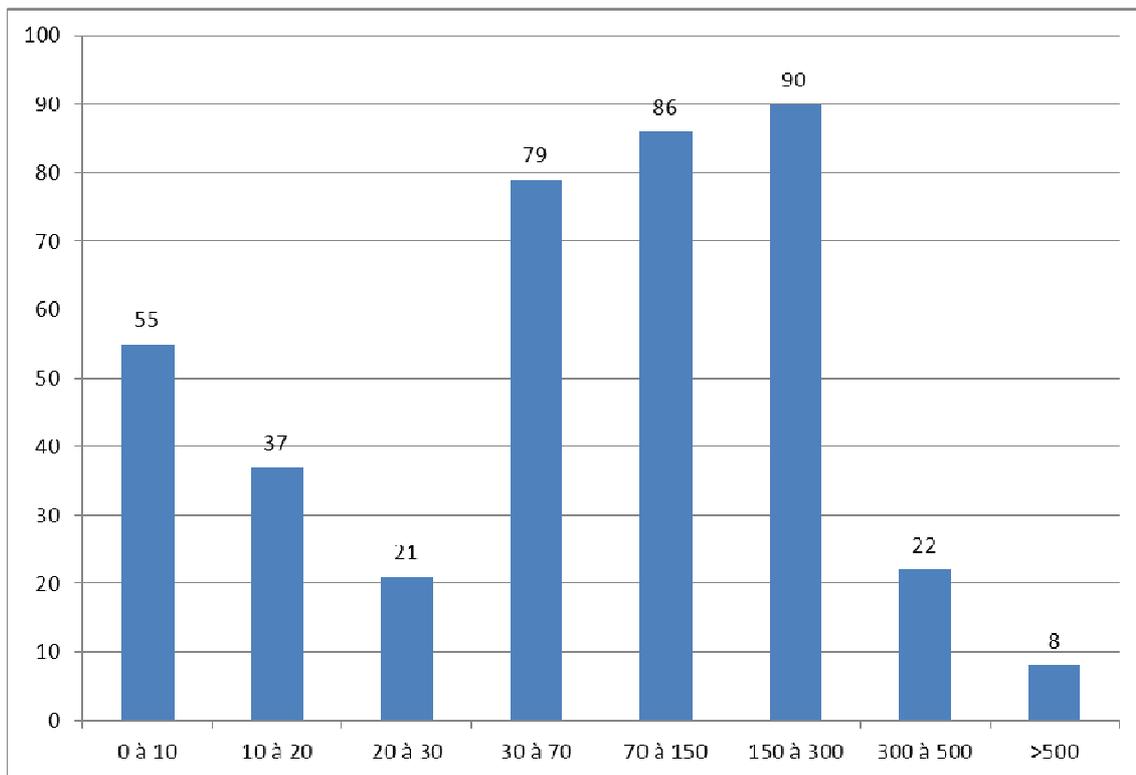


Illustration 38 : Répartition des traçages par date d'injection du traceur (état au 12/04/2011)

### 4.3.2. Traçages par famille de vitesse

Pour 362 des 651 itinéraires souterrains tracés positivement, il est possible d'évaluer la vitesse de première restitution. Les résultats sont présentés sur l'illustration 39 et l'illustration 40.



*Illustration 39 : Classes de vitesse des différents itinéraires tracés positivement (vitesse de circulation du traceur entre le point d'injection et le point de suivi) (état au 12/04/2011)*

86% des itinéraires positifs (et dont la vitesse de restitution a pu être déterminée) ont une vitesse supérieure à 10 m/h et reflète donc des écoulements de type karstique.

65% des itinéraires positifs ont présenté des vitesses de circulations comprises entre 30 et 300 m/h.

Les vitesses peuvent atteindre des valeurs très importantes, avec des records de :

- 925 m/h (près d'1 km/h) observé entre le forage 00568X0004 et la source 00568X0007 à Yport ;
- 1500 m/h (1,5 km/h) observé entre le captage de la Vieille-Lyre et la bétoire de la Piquèterie (n°7125).



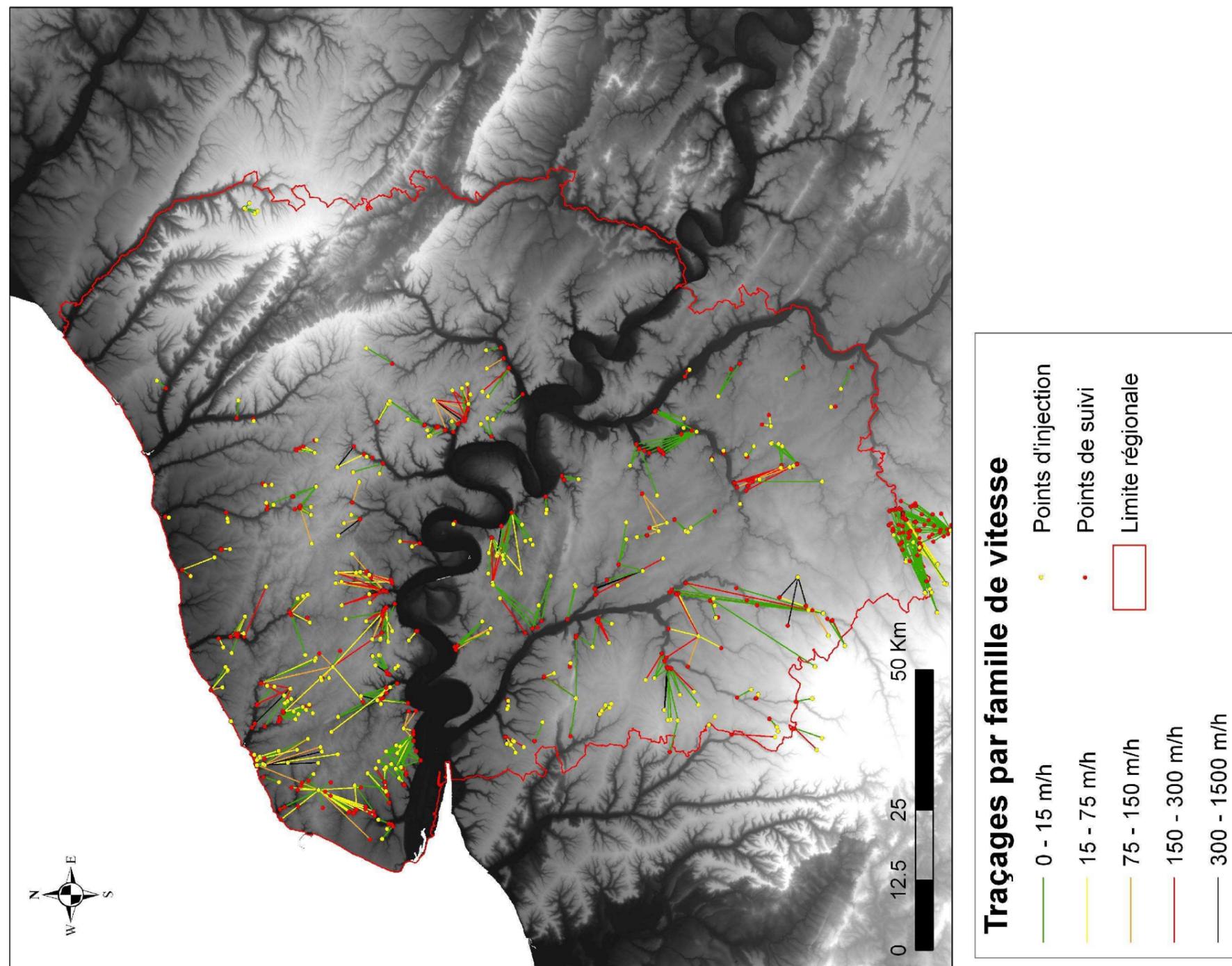


Illustration 40 : Familles de vitesses pour les traçages positifs (état au 12/04/2011)



## 5. Conclusion

Au terme de l'Année 3 de l'inventaire des Bétoires, Traçages et Exutoires de Haute Normandie, la consultation et le dépouillement des fonds d'archives documentaires du Conseil Général de l'Eure, du Conseil Général de la Seine-Maritime et de l'Agence de l'Eau Seine Normandie ont été réalisés. Le traitement des archives de l'AESN se poursuivra en année 4.

Le dépouillement des archives en année 3 a permis la bancarisation de 3026 nouveaux points (dont 2634 bétoires ou indices de bétoire, 249 sources, 115 points de suivi, 28 points d'injection) et 132 opérations de traçages.

Au total, le travail d'inventaire réalisé en années 1, 2 et 3 a permis la bancarisation de :

- 13930 bétoires ou indices de bétoires,
- 1943 nouvelles observations sur des bétoires ou indice de bétoires déjà bancarisés (fiches « historiques »),
- 1755 exutoires (sources),
- 878 points de suivi (hors exutoires),
- 188 points d'injection (hors bétoires),
- 2235 circulations souterraines testées par traçage (par 596 injections de traceurs).

Par ailleurs des vérifications des données sur le terrain pour les trois bassins versants de l'Avre, Yport et Valmont-Ganzeville ont permis de réaliser 306 fiches d'observation.

Lors de l'Année 3, un travail d'amélioration du site internet de saisie a. Par ailleurs le travail de réalisation du module de consultation des données a commencé simultanément. Ce module sera intégré au SIGES Seine Normandie. Ces travaux seront poursuivis et achevés en année 4.

La poursuite du dépouillement des archives des autres organismes (AESN, Université, Fédérations de Spéléologie,...), la validation sélective des données sur le terrain et la mise en ligne de cette banque de données sur Internet seront poursuivis et finalisés en année 4 de ce projet.



## 6. 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. 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.
4. David P-Y., Bechillon (De) M. (2010) – Inventaire régional Haute-Normandie des bétoires, itinéraires souterrains des eaux (traçages) et des exutoires – Rapport final Année 2. Rap. BRGM/RP-58189-FR, 130 p., 64 ill., 7 ann.



## **Annexe 1**

-

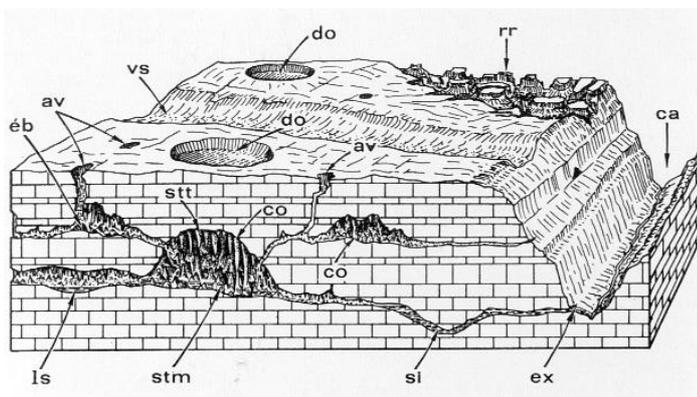
# **Généralités sur le contexte hydrogéologique haut normand**



## 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 (CO<sub>2</sub>) 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 bétouire – ca : canyon – do : doline – éb : éboulis – ls : lac souterrain alimenté par une rivière souterraine – rr : relief ruiniforme – 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** ».

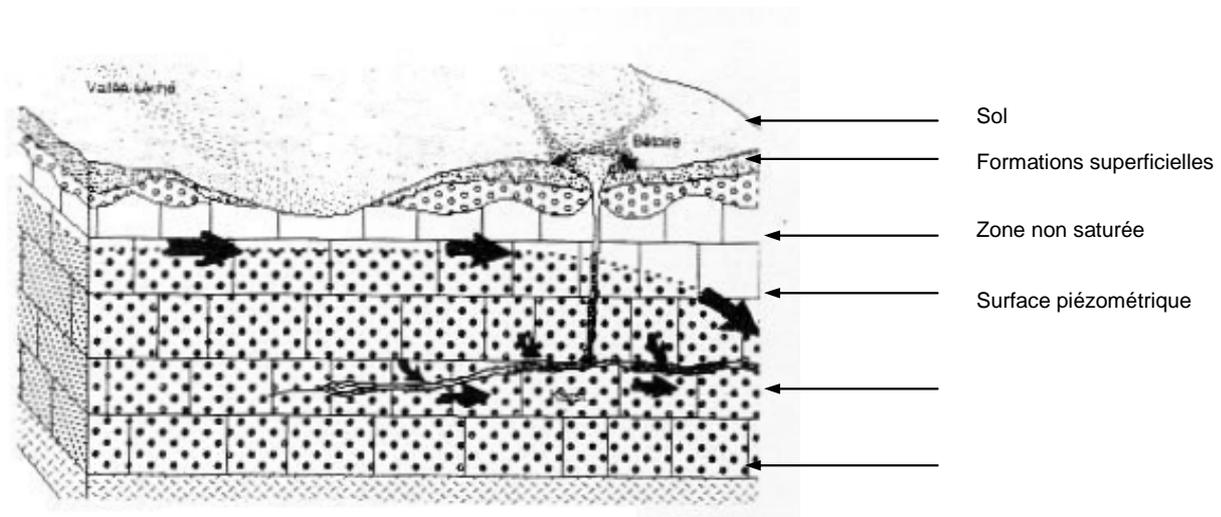


Figure 2 : Schéma d'une bétoire (DOUYER, 2000)



*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**

-

### **Sémiologie utilisée par l'UFG (Union Française des Géologues) pour la représentation des cavités karstiques**







## **Annexe 3**

-

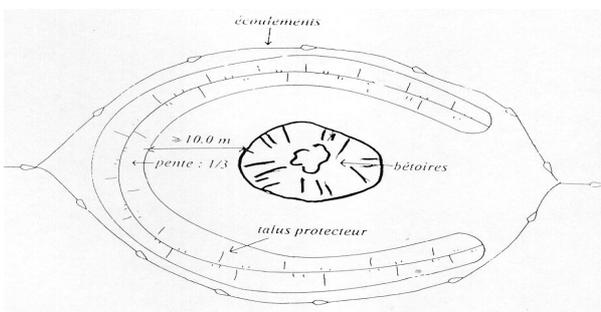
### **Typologie des anthropisations des bétoires**



### Type d'anthropisation

- Dérivation des flux
- Apport de flux
- Transformation en puit d'injection
- Rechemisage
- Obstruction (mise hors service)
- Rebouchage (tout venant)
- Remblaiement approprié (règles de l'art)
- Autre

**Dérivation des flux** : toutes actions visant à neutraliser ou amoindrir l'arrivée de flux ruisselant dans la bêteoire. Le procédé le plus courant est l'édification d'un merlon de terrain, dérivant ou faisant barrage aux ruissellements. Les aménagements, favorisant ou créant une infiltration en amont (prairie inondable, boisement, brise vent, haie...) seront considérés comme des dérivateurs de flux (Fig. 5).



**Apports de flux** : toutes actions humaines visant à augmenter les flux "naturels" arrivant à la bêteoire. De nombreuses bêteoires ont ainsi servi de puits d'injection.

**Transformation en puits d'injection** : tous aménagements appropriés visant à permettre une injection maîtrisée des eaux dans l'orifice de la bêteoire. Ceci nécessite un bassin de rétention, un débit de fuite contrôlé, un massif filtrant, un comblement de la bêteoire par des matériaux appropriés à calibration bien contrôlée. Si l'aménagement n'est pas complet, non conforme à la loi sur l'eau, on considérera qu'il s'agit d'un simple dispositif d'apport de flux (Fig. 6).

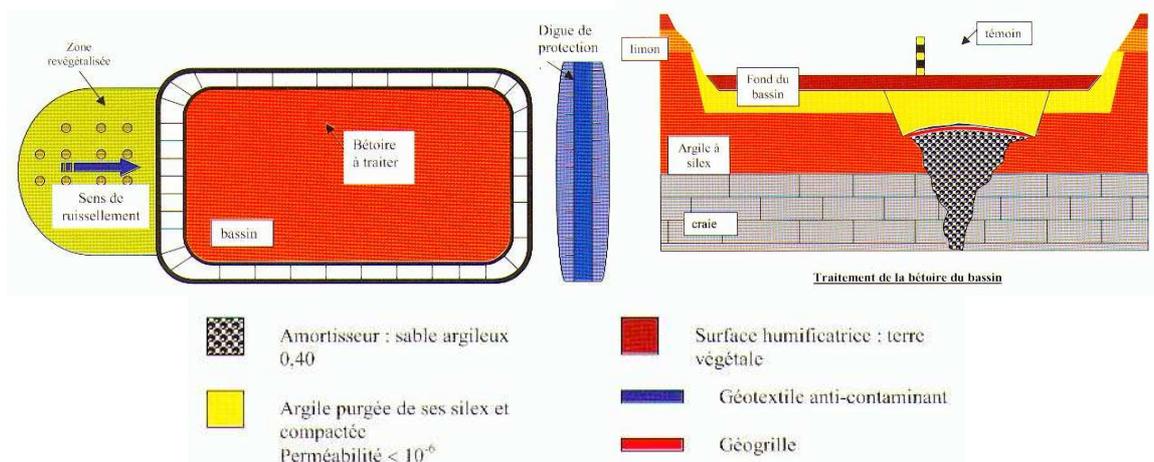
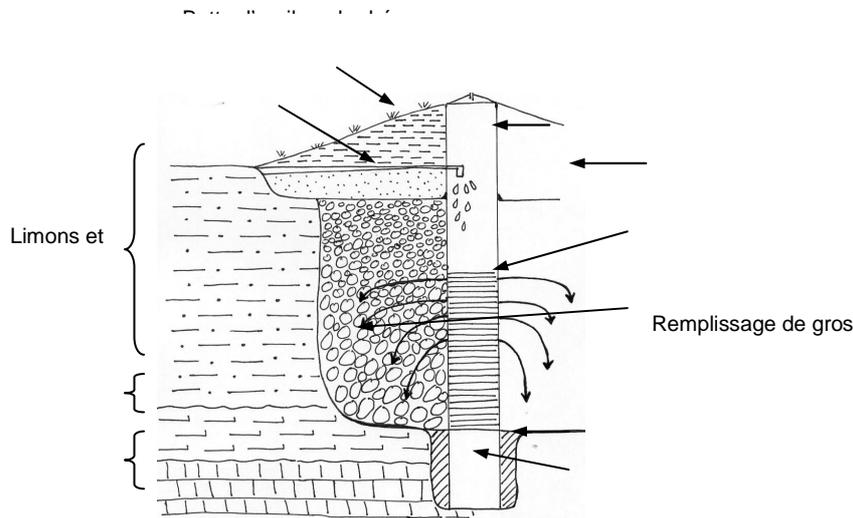


Fig. - Schéma d'une bêteoire transformée en puits d'injection (d'après DOUYER, 2000)

**Rechemisage** : dans le cadre de l'aménagement de la perte en puits d'injection, il est possible de forer la bétoire pour la mise en place d'un tube crépiné et d'un remblaiement approprié sur toute la hauteur des terrains non saturés. Ce dispositif permet de contrôler l'infiltration en profondeur, au delà du seul orifice de la bétoire (Fig. 7).



**Obstruction (mise hors service)** : on désigne par ce terme tout comblement partiel ou total, ou autre aménagement, visant à interdire complètement l'engouffrement des eaux dans la perte. Il pourra s'agir d'un comblement par mise en place de matériaux imperméables, la pose d'une dalle béton. En absence d'autre orifice d'infiltration à proximité, soit un nouvel orifice va apparaître à l'immédiat, soit l'ancien orifice va se rouvrir avec ruine de l'aménagement (Fig. 8).

Infiltration d'eau

La plaque de béton finit par se casser

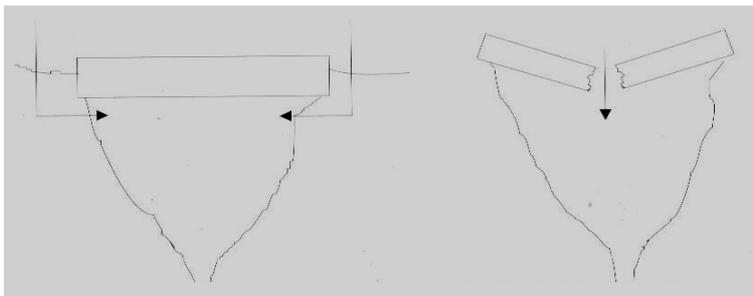
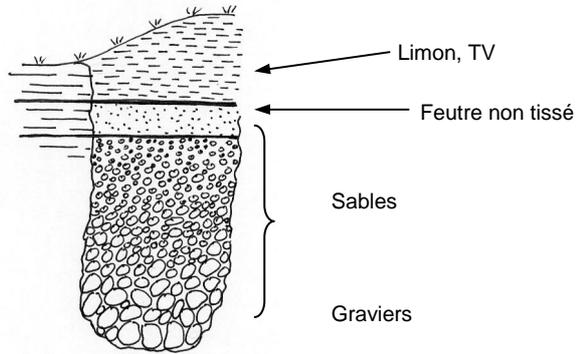


Fig. Exemple d'obstruction d'une bétoire (d'après DOUYER, 2000)

**Rebouchage (tout venant)** : toute action de comblement visant à compenser les pertes de terres entraînées avec les eaux d'engouffrement, par simple apport de matériaux tout venant (matériaux inertes uniquement, sinon à classer dans « autre »). Tant que la perte reste fonctionnelle, ce processus d'entraînement des éléments du terrain (suffosion) perdure et nécessite des recharges régulières du tout venant. Très fréquemment observé. Lorsque dans le texte, il sera mentionné le remblaiement ou le rebouchage d'une bétoire, sans autres précisions, il sera choisit par défaut « le rebouchage par tout venant ».

**Remblaiement approprié** : l'aménagement consiste à former un édifice auto-bloquant par utilisation de matériaux de granulométrie bien spécifique visant à limiter les risques de suffosion (entraînement), contenus dans des membranes géotextiles. Il nécessite au préalable un creusement de la bétoire pour assurer l'ancrage du massif de remblai. Le

remblaiement s'effectue généralement par la mise en place de petits blocs de silex autobloquant, puis remplissage par des graves de granulométrie de plus en plus fine. Il est chapeauté par un massif filtrant.



*Fig. Exemple de remblaiement d'une bêteoire (d'après DE LA QUERIERE, 2000)*



## **Annexe 4**

-

### **Modèle d'Acte d'engagement à signer pour bénéficiaire d'une extraction de la base régionale Bétoires/Traçages**



|                          |
|--------------------------|
| <b>Acte d'engagement</b> |
|--------------------------|

|   |
|---|
| <b>Mise à disposition de données de l'Inventaire Bétoires/Traçages/Exutoires de Haute-Normandie</b> |
|---|

**Objet : Fourniture des données de l'inventaire des Bétoires et des traçages hydrogéologiques sur le secteur de :**

La Région Haute-Normandie, le Département de la Seine-Maritime, le Département de l'Eure, l'Agence de l'Eau, la DREAL Haute-Normandie et le BRGM se sont engagés dans la réalisation de l'inventaire historique des bétoires, traçages et exutoires sur la Haute-Normandie. Il est destiné à mettre à la disposition de l'état, des collectivités et du public les informations relatives à la connaissance des phénomènes karstiques et de leurs relations avec les eaux souterraines captées pour l'alimentation en eau potable.

Cette base de données en cours de réalisation sera, à l'issue de la bancarisation des archives des différentes administrations et collectivités, mise en libre consultation via un site internet.

En attendant la mise en place de ce site de consultation, le comité de pilotage de ce projet d'inventaire autorise les extractions de données de cette base. Cependant et afin d'améliorer la qualité des données bancarisées, le bénéficiaire s'engage à :

- utiliser les identifiants attribués à chaque Bétoire ou Traçage par la Base Bétoires/Traçages dans le cas où il en ferait référence dans ses rapports ou pour d'éventuelles représentations cartographiques;
- différencier sur ses représentations cartographiques les bétoires ou traçages issus de l'inventaire régional, de ceux issus de ses propres études ou observations terrains ;
- citer en bibliographie dans tous les rapports où les données seront utilisées : « *Base de données de l'Inventaire régional Haute-Normandie des bétoires, traçages et des exutoires commanditée par l'AESN, la Région Haute-Normandie, le Département de l'Eure, le Département de la Seine Maritime et le BRGM. Extraction SIG du JJ/MM/AAAA* » ;
- transmettre le rapport de fin d'études dans le cas où il contiendrait le retour d'investigations de traçages ou d'inventaires terrain de bétoires.

Dans le cas où ces conditions ne seraient pas respectées par le bénéficiaire, les demandes ultérieures de fourniture des données de l'inventaire Bétoires/Traçages Haute-Normandie, lui seront refusées.

A noter que les données transmises au format papier ou SIG sont issues d'une synthèse de références bibliographiques diverses et n'ont pas toutes fait l'objet d'une validation sur le terrain.

En dépit des efforts mis en œuvre pour vérifier la fiabilité des données, le BRGM n'est pas en mesure de garantir l'exactitude, la mise à jour, l'intégrité, l'exhaustivité des données et en particulier, que les données sont exemptes d'erreurs, notamment de localisation, d'identification ou d'actualisation. Les données sont fournies à titre informatif et n'ont aucune valeur réglementaire. Une validation terrain de ces données est fortement conseillée.

Le BRGM ne garantit notamment pas les résultats obtenus lors de la mise en œuvre des données, spécialement si vous procédez à la restitution cartographique à une échelle non conforme à celle utilisée pour la numérisation des données.

Fait à :  
 Le :  
 Nom du BET :  
 Signature du responsable  
 (précédé de la mention « lu et approuvé »)



## **Annexe 5**

-

### **Fiche de validation terrain des Bétoires**



**FICHE BÉTOIRE 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 (km<sup>2</sup>) :

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 :





Géosciences pour une Terre durable

**brgm**

**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