



HAL
open science

Participatory tool to improve knowledge, management and protection of the karstic chalk aquifer system in Eastern Normandy

Pierre-Yann David, Didier Pennequin

► To cite this version:

Pierre-Yann David, Didier Pennequin. Participatory tool to improve knowledge, management and protection of the karstic chalk aquifer system in Eastern Normandy. International Conference on Groundwater in Karst; KG@B 2015, Jun 2015, Birmingham, United Kingdom. hal-02566664

HAL Id: hal-02566664

<https://brgm.hal.science/hal-02566664>

Submitted on 7 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

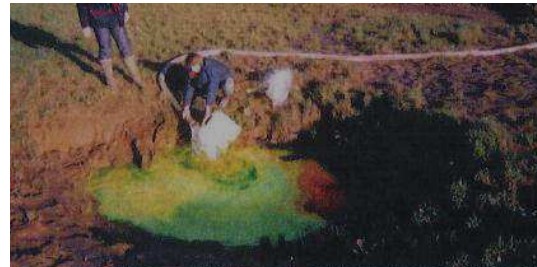
L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Participatory tool to improve knowledge, management and protection of the karstic chalk aquifer system in Eastern Normandy

Pierre-Yann DAVID, Didier PENNEQUIN, BRGM Regional Direction of Normandy

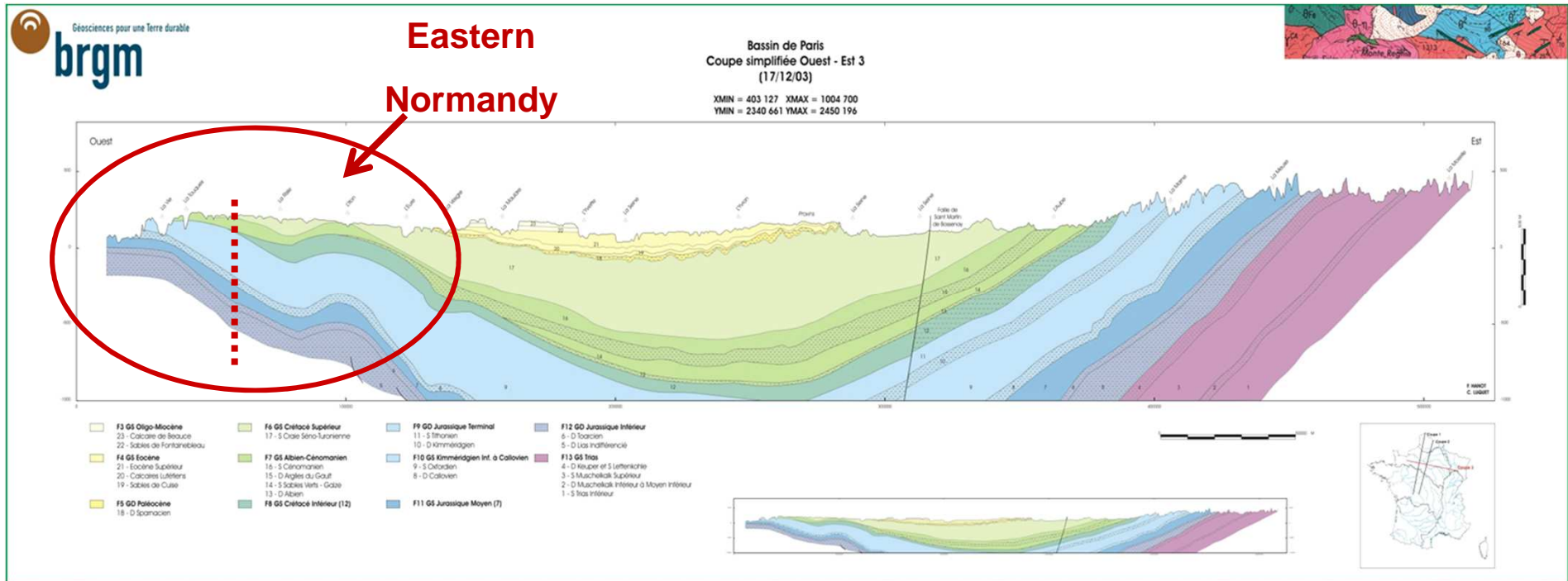
24th of June 2015, KG@B



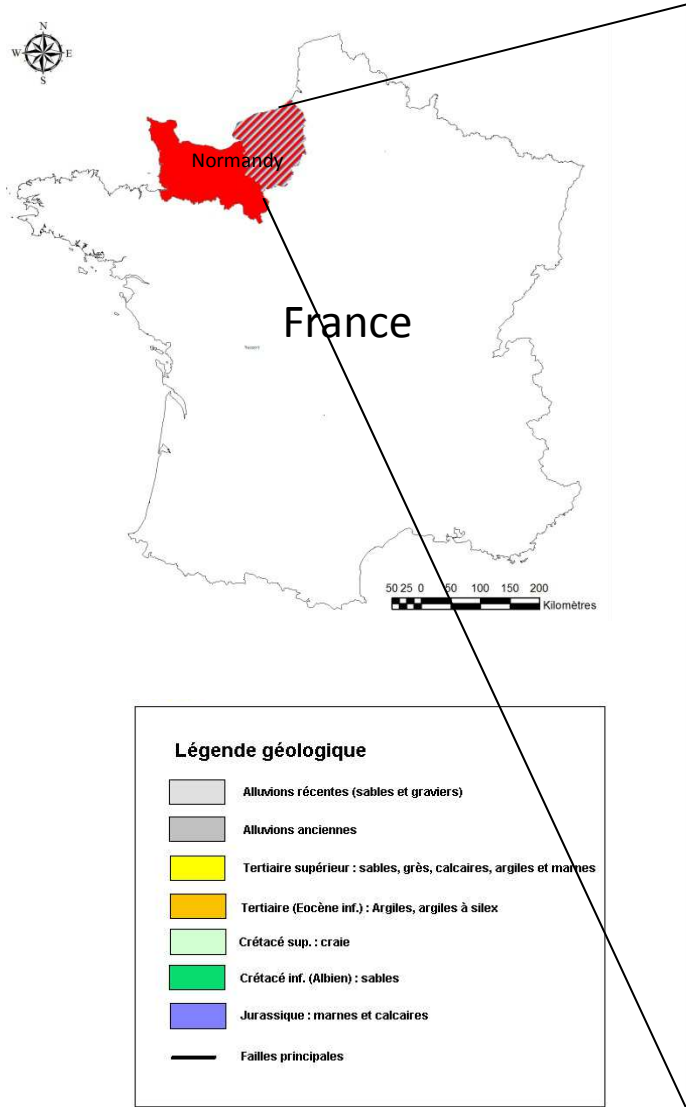
*BRGM, Regional Direction of Normandy, 14 route d'Houpeville 76130 Mont-Saint-Aignan, France
py.david@brgm.fr ; d.pennequin@brgm.fr*



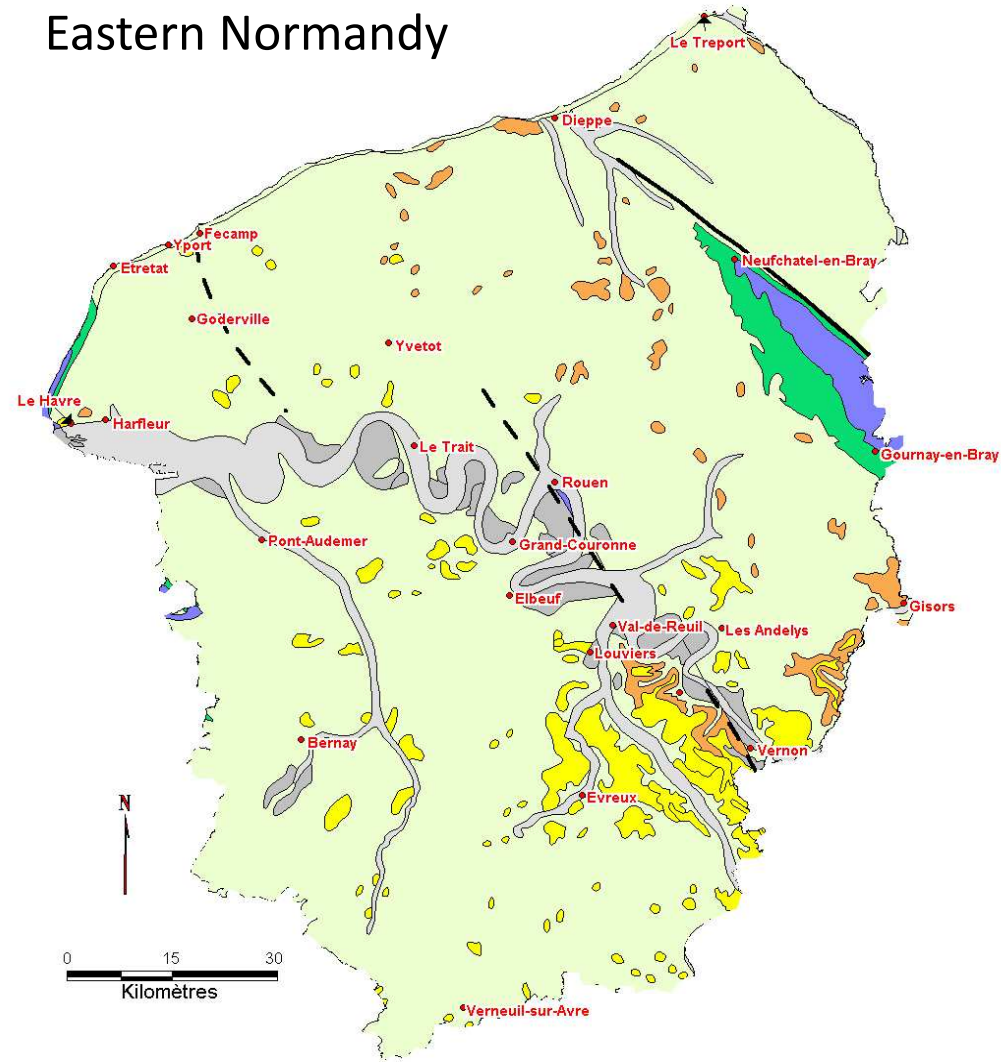
Eastern Normandy karstic context



Eastern Normandy karstic context



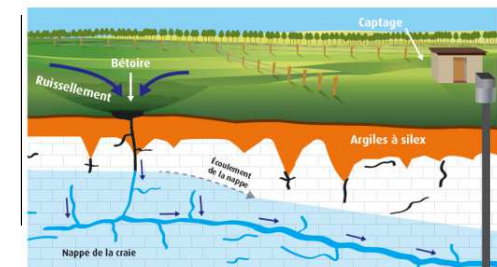
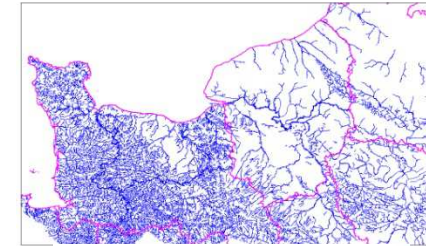
Eastern Normandy

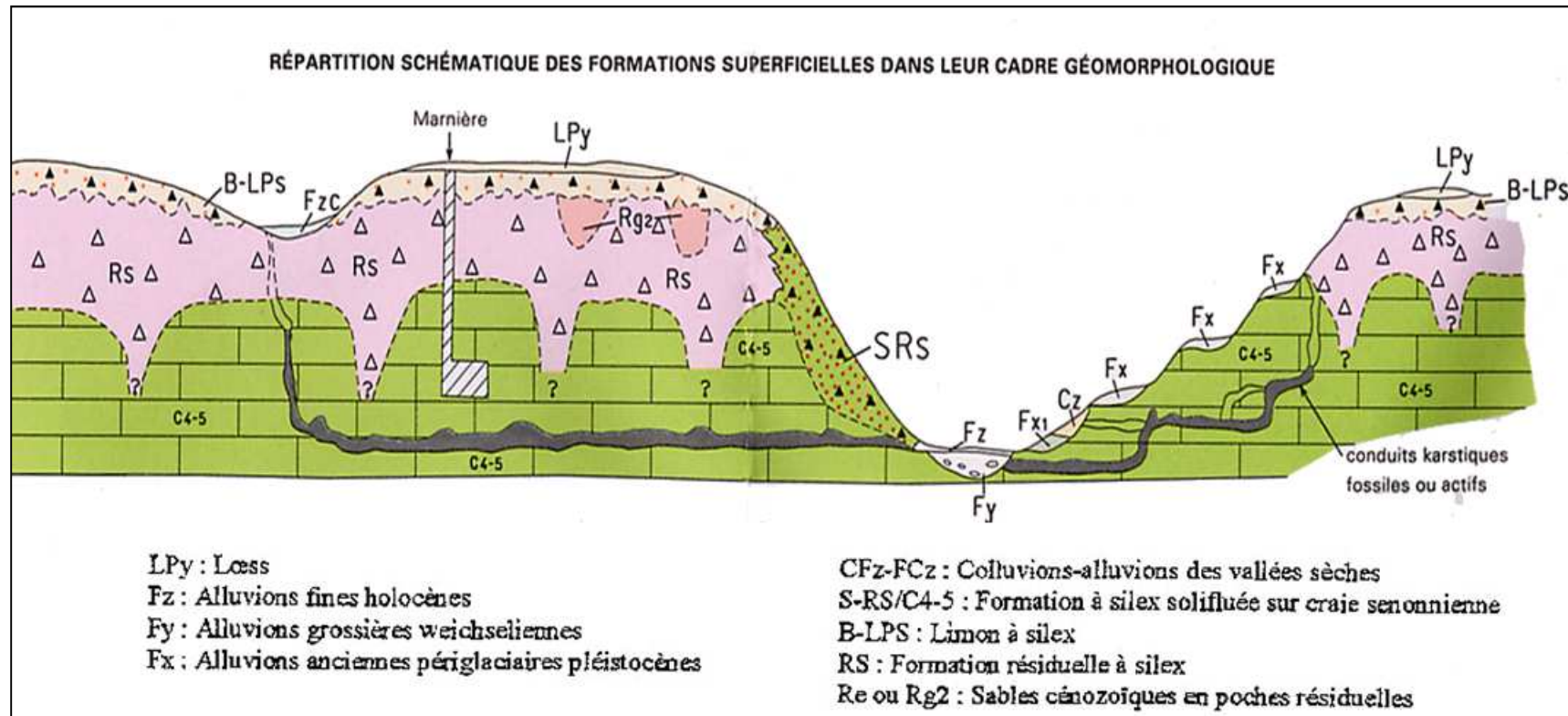


Eastern Normandy karstic context



- Low density river network : rain water mostly infiltrates and some catchments don't have any permanent river
- Karst generates natural collapse structures at the ground surface (locally called « bétoires ») which constitute entrance points for rain and surface water into the chalk aquifer system
- During intense rainfall episodes, sinkholes represent preferential transport vectors for suspended solids (SS) coming from erosion processes, as well as for pollutants including those issued from plant healthcare products, such as fertilizers and pesticides
- Sinkholes are also sometimes, either deliberately or accidentally, outlet points for drained agricultural land, road wastewater networks and wastewater treatment plants
- Karst conduits connected to the sinkholes, rapidly transfer particles and pollutants to the chalk aquifer system and thereby to the well fields used for drinking water purpose.
- 100% of drinking water comes from groundwater





Typical cross-section of Chalk and upper formations in Eastern Normandy
(QUESNEL F., 1997)

Eastern Normandy karstic context



Different sinkhole morphologies can be observed in the landscape :



Béttoire n°10129 : béttoire fraîchement ouverte – mottes d'herbes effondrées encore visibles dans la béttoire (observation BRGM du 26/11/2009)



Doline béttoire n°10867 : doline béttoire de grande dimension : profondeur 5m et diamètre 10m environ (observation BRGM du 27/11/2009)



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



Vine béttoire n°8098 : observation de ravinements et de ruissellements s'engouffrant dans la béttoire (observation BRGM du 27/11/2009)



Eastern Normandy karstic context



Sometimes with strange use !!!



Sinkholes and the stakeholders...

This karst context forces many watershed stakeholders to act on « betoires » (sinkholes):

- Some tend to clog out or mud off sinkholes :

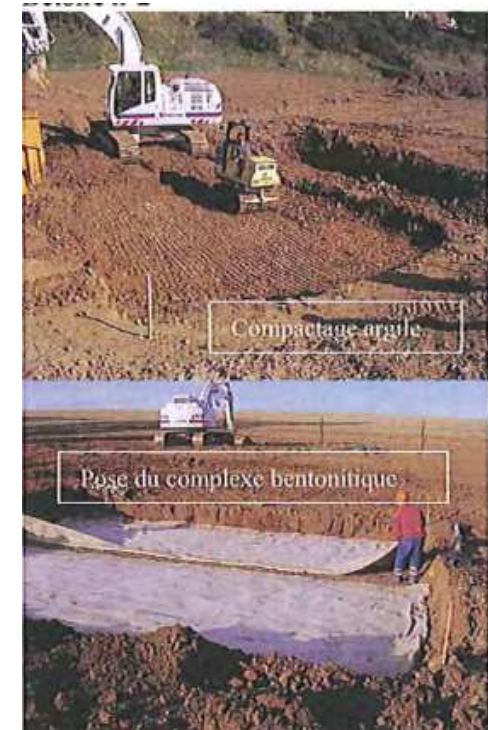


- Authorities in charge of road maintenance to prevent road from collapsing

- Communities in charge of drinking water resources management, to prevent groundwater from being polluted

- Communities in charge of wastewater treatment when a sinkholes appear in the bottom of treated wastewater infiltration ponds

- Farmers when sinkholes appear in the middle of their fields

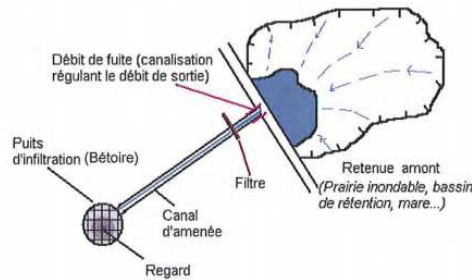


Sinkholes and the stakeholders...



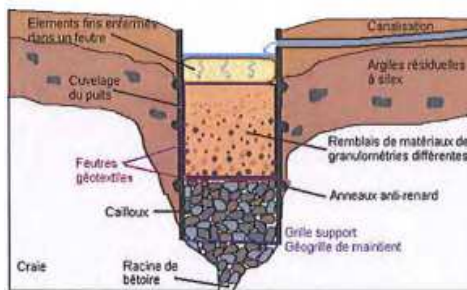
This karst context forces many watershed stakeholders to act on « betoires » (sinkholes):

- Some act to keep the sinkholes infiltration capacity :

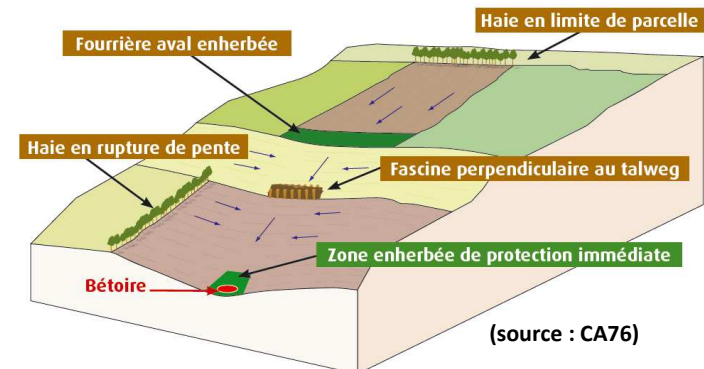


- Inhabitants of villages or communities facing flooding threats

- authorities in charge of flooding problems



- Authorities and communities in charge of water resources management to ensure recharge capacity and enhance run off water quality (use of : hedge, fascine, grass strips,...)



(source : CA76)



(source : SMBV Pointe de caux)

Sinkholes and the stakeholders...



But sometimes acting on sinkholes can have negative impacts downstream and lead to « messy » situations. For example :

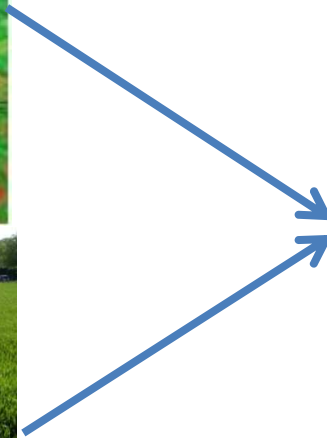
- > Clogging out or mudding off sinkhole often increases run off and tends to enhance flooding downstream (many examples of litigation)**
- > Using sinkhole as an effluent outlet point (fields or road run off, drained agricultural land outlet) often impacts drinking water quality downstream**

Up to recent times, stakeholders tended to solve individual problems without having an overall vision of the sinkhole role in the whole hydrosystem (geotechnical risk, sanitary risk, flooding risk, reducing recharge,...)

Sinkholes and the stakeholders...



- Many organisms (communities, local authorities, etc.) carry out field investigations : sinkholes census, tracer tests, sinkholes impact on groundwater quality,...
- **Surveys results are dispersed and not easily available for management purpose**



A regional karst data base



- > **Purpose** : to centralize in a common tool the knowledge of karst characteristics and transfer processes in order to improve the management and protection of groundwater resources
- > A regional data base has been developed by BRGM and includes information about : (1) exokarst (sinkholes) characteristic and location, (2) karstic springs and (3) karst conduit connections highlighted by tracer tests
- > **Data base, development and initialization** : from 2008 to 2012, a 4-year program of intensive work of consulting historical archives and carrying out field investigations;
- > **Project financially supported by** Seine-Normandie Water Agency, the three Eastern-Normandy Councils and BRGM

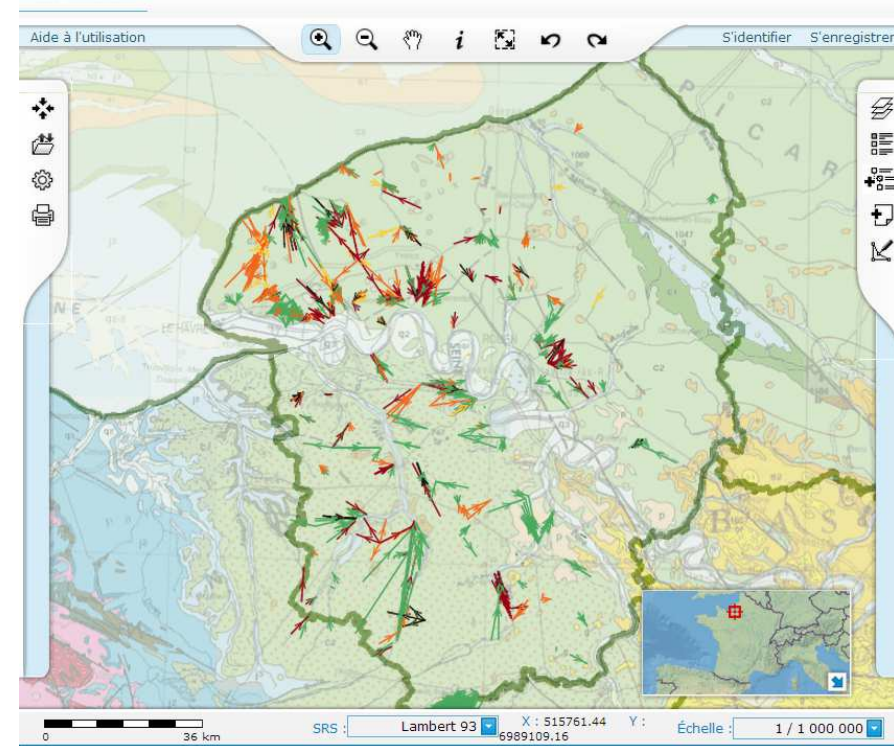
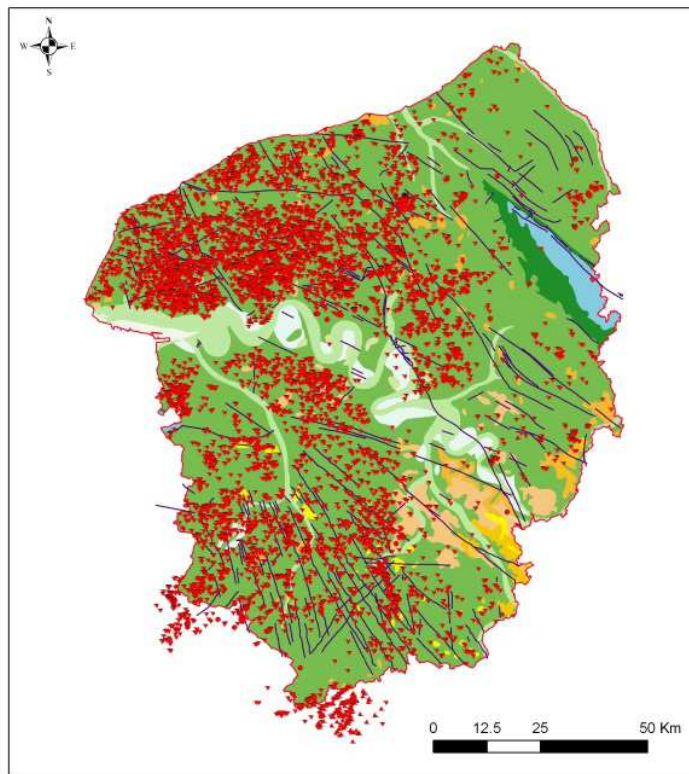


A few numbers...



At the end of 2012, introduced in the data base :

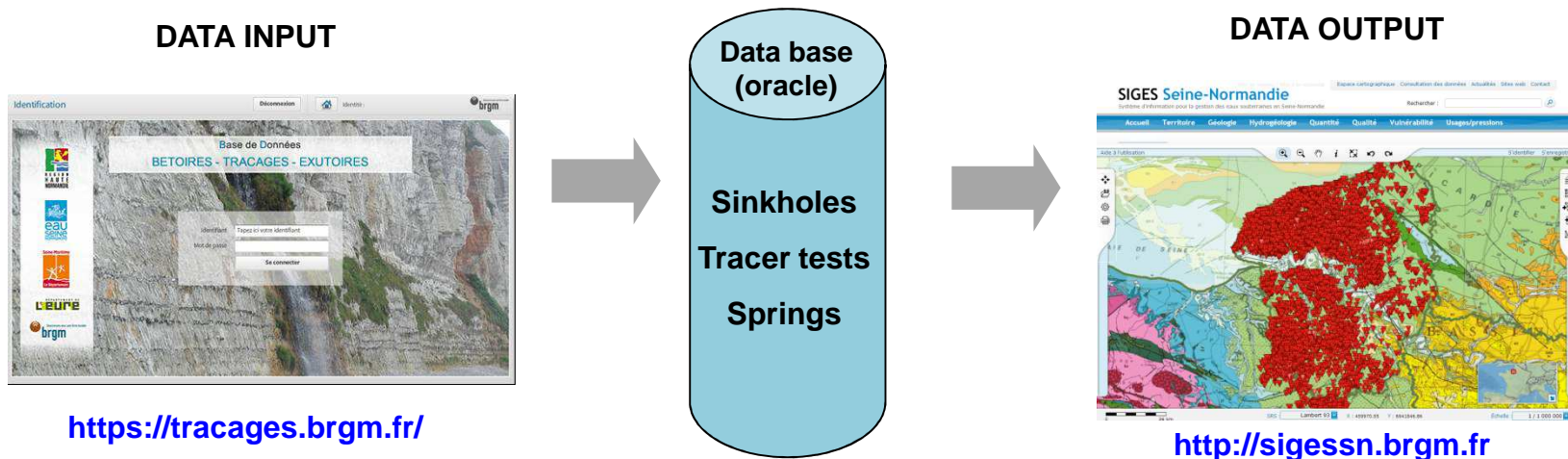
- > 1170 reports (7830 historical reports reviewed),
- > 14921 sinkholes (around 9000 sinkholes and 6000 sinkhole index)
- > 2049 springs
- > 2425 karst connections tested by tracer tests (670 injection processes)



Participatory tool



- > Designed, developed and initialized by BRGM from 2008 to 2012
- > Now taken forward in a participatory way involving all watershed stakeholders, including agricultural organizations and civil society
- > A participatory tool has been developed for that purpose, including **2 Websites interfaces** :
 - > A first one through which data can be introduced into the data base
 - > A second one, from which data can be retrieved in different ways (GIS format, files with various format, ...) free of charge



Participatory tool

> The input Data WEB site interface (secured access)

The image displays two screenshots of the BRGM web interface. The left screenshot shows the login page for the 'Base de Données BÉTOIRES - TRACAGES - EXUTOIRES'. It features a login form with fields for 'Identifiant' (username: py.david@brgm.fr) and 'Mot de passe', and a 'Se connecter' button. Below the form, there is a list of observation dates: 01/07/2006, 01/01/2007, 01/01/2007, 01/01/2009 (highlighted), and 28/04/2010. The right screenshot shows the 'Etape 1 : Visualisation d'un point' form for 'Béttoire n°B8146'. It includes a 'Date d'observation' table and a 'Caractéristique de la perte' section with various options for 'Alignement de béttoires', 'Béttoire aménagée', and 'Aménagements réalisés dans les règles de l'art' and 'Aménagements "artisanaux"'. The form also includes a 'Perte fonctionnelle' dropdown and a 'Type' dropdown.

> It allows watershed stakeholders to store, update and share data about :

- Sinkhole characteristics : more than 20 sets of criteria describe sinkholes such as geometry, down flow variation over time, impluvium, geomorphology context, chalk stratigraphy, water quality,...)
- Sinkhole management (clogging out, conversion into infiltration well, watershed management,...)
- Tracer tests results

In addition, photos and reports can be uploaded

Participatory tool



Fiche Béttoire

Identifiant : **B8147**

1. Identification




Identifiant	B8147	
Désignation locale		
Commune	76302 - COULDEVILLE	
Lieu(s)		
Point de repère		
Coordonnées	X Lambert (E) : 495997.001 Y Lambert (E) : 6517492.000	
	X Lambert (G) : 500046.107 Y Lambert (G) : 6518193.102	
Précision des coordonnées	* +/- 25.0 mètres	
Mode d'obtention	coordonnées prises sur terrain	
Altitude	102.0m NGF	Précision : +/- 5.0 mètres
Cote IGN n°	18100 604260	
Zénon versant hydrographique	côté ouest	
Zénon versant hydrogéologique	Egmont	
Massif d'eau résopigne	002 - Crise allée du litra caudate	
Mode d'obtention	SIG (masse d'eau au droit du pont)	
Entité hydrogéologique	006 - PAYS DE CAUX / CRAIS	
Mode d'obtention	SIG (masse d'eau au droit du pont)	

2. Caractéristiques de la béttoire

Tableau de synthèse des observations de la béttoire n° B8147

Date d'observation	Type de béttoire	Diambre (en m)	Profondeur (en m)	Altération	Type d'attribution	Fiche détaillée de l'observation
01/01/2008	Partie ponctuelle Commentaire			Indéterminé		> FICHE DÉTAILLÉE
01/07/2008	Partie ponctuelle	0.0	3.0	Indéterminé		> FICHE DÉTAILLÉE
	Commentaire	BETTOIRE DE PAYS (ARRETE D'UN CHANTELIER D'EN-BOUCHURE) SE LOUVE QUI INVOLVRE LES PLUS GRANDES DIMENSIONS (PLUSIEURS METRES DE LARGEUR ET 4M DE PROFONDEUR) AINSI D'UNE DIVERSE URNE PLANCHE DANS LE FOND DE L'EN-BOUCHURE ET DIVERSES A PLUSIEURS METRES. LE BASSIN VERSANT A L'AMONT DE CETTE BETTOIRE EST ESTIME A 309HA				
01/01/2007	Partie ponctuelle Commentaire	0.0	3.0	Indéterminé		> FICHE DÉTAILLÉE
01/02/2007	Partie ponctuelle Commentaire			0.0		> FICHE DÉTAILLÉE

Sinkhole data sheet

3. Traçages réalisés sur la béttoire

ID Traçage	Date injection	ID Point de suivi	Résultat	Vitesse 1ère arrivée	Fiabilité Résultat (-1 à 10)
T384	28/02/2007	P733	Négatif	-	9
		P743	Négatif	-	9
		P769	Négatif	-	9
		P4381	Positif	313.0 m/h	9

4. Sources d'information

ID ref. biblio	Nature	Date	Titre	Auteurs	Organismes	Référence	Lieu d'archivage
391	2	2007	ETUDE DE LA CIRCULATION KARSTIQUE DES EAUX DE RUISSELLEMENTS: OPERATION DE TRACAGE - SYNTHESE DES OPERATIONS DE PHASE 2	ASSELIN I. POSIADOL G.	SAFEGE	PA118-VERSION1-PHASE2	DIREN (FORMAT INFORMATIQUE)
949	3	2010	OBSERVATION TERRAIN PRINTEMPS-ETE 2010 INVENTAIRE BETTOIRE ANNEE 3	BRGM	BRGM	BRGM	OBSERVATION TERRAIN
492	2	2007	ETUDE DE LA CIRCULATION KARSTIQUE DES EAUX DE RUISSELLEMENT-CODAH-SAFEGE-MAI 2007		SAFEGE	PA118-PHASE 1	CD BRGM
1110	2	2007	CODAH RAPPORT DE PHASE 3 ETUDE DE LA CIRCULATION KARSTIQUE DES EAUX DE RUISSELLEMENT PROPOSITION D'AMENAGEMENT SUR LES SITIERS TESTES PAR TRACAGES	ASSELIN I. POSIADOL G.	SAFEGE	PA118 PHASE3	CG76 SERVICE GESTION DE L'EAU ET DES DECHETS

5. Documents numériques disponibles (17)

[...O:200901018147.JPG](#)
 Photo de la béttoire
 14,74 Ko

[...201004288147_1.JPG](#)
 Photo de la béttoire
 5,53 Mo

[...201004288147_2.JPG](#)
 Photo de la béttoire
 7,29 Mo

[...201004288147_3.JPG](#)
 Photo de la béttoire
 7,27 Mo

[...201004288147_4.JPG](#)
 Photo de la béttoire
 6,67 Mo

[...201004288147_5.JPG](#)
 Photo de la béttoire
 7,31 Mo

[...100428/DSC00578.JPG](#)
 Photo de la béttoire
 3,18 Mo

[...100428/DSC00579.JPG](#)
 Photo de la béttoire
 3,06 Mo

[...100428/DSC00580.JPG](#)
 Photo de la béttoire
 3,06 Mo

Participatory tool



Fiche Traçage

Identifiant : T384

- Nature du point d'injection : Sétoine
- Identifiant d'injection : 05147
- Date de l'injection : 28/02/2007
- Nombre de points de suivi : 4
- Objetif du traçage :

1. Identification du point d'injection

Nature du point : Sétoine
 Identifiant : 05147
 Dénomination locale :
 Commune : 76202 - COULLEVILLE
 Lieu(s) :
 Point de repère :
 Coordonnées : X : 489697,001 Y : 2917400,000
 (Lambert 93 : 803046,107 Y Lambert 93 : 8021992,102)
 Précision des coordonnées : +/- 25.0 mètres
 Mode d'obtention : coordonnées prises dans un rapport
 Altitude : 102.0m NGF Précision : +/- 0.0 mètres
 Carte IGN n° : 1819D 804 950
 Bassin versant hydrographique : Sétoine
 Bassin versant hydrologique : T384
 Masse d'eau hydrographique : 3303 - Cote atlantique du littoral ouest
 Mode d'obtention : SIG (masse d'eau au droit du point)
 Entité hydrologique : 008 - PAYS DE CAUX / CRAIS
 Mode d'obtention : SIG (masse d'eau au droit du point)

2. Conditions de réalisation de l'injection

Date d'injection : 28/02/2007 Heure d'injection : 09:00

Durée d'observation : 30

Suit réalisé par : SARACIS

Nature du traceur : Iodure de potassium

Injection : Gravimétrie Durée (en heures) :

Quantité injectée : 7.0 Unité : kg

Volume de chasse : 12.0 Unité : m3

Chasse par écoulement naturel : Non

Conditions climatiques : l'absence de pluie

Cond. hydrologiques : Basses eaux

Commentaires : 7 KG (IYACI) de l'Observation du 27/02 au 23/03, VOLUME DE CHASSE DE 12M3 +/- 0.4%, nouvellement contenu suite aux précipitations.

Tracer test data sheet

3. Résultats du traçage

ID Pt. de suivi	Nature du point	Résultat	Vitesse (en km/h)	Résultats	Facilité résultat (1 à 10)
0743	Étoiliforme	Négatif	--	> DÉTAILS RESULTAT	0
0742	Point de suivi	Négatif	--	> DÉTAILS RESULTAT	0
0741	Point de suivi	Négatif	--	> DÉTAILS RESULTAT	0
0430	Point de suivi	Positif	213.0 m/h	> DÉTAILS RESULTAT	0

4. Sources d'information

ID Ref. 2006	Nature	Date	Titre	Auteurs	Organisme	Référence	Lieu de stockage
201	2	2007	ÉTUDE DE LA CIRCULATION KARSTIQUE DES EAUX DE NASSAUBERGEN S: OPÉRATION DE TRAÇAGE - SYNTHÈSE DES OPÉRATIONS DE TRAÇAGE 2	ARZELIN L. FOSBAUD G.	SARACIS	FAIS-VERSIONS-TRAÇAGE	DRISIN (CHIFFRE INFORMATIQUE)

5. Documents numériques disponibles (0)

↩ Retour en haut de la fiche

Participatory tool



This participatory tool also includes :

- > A guide for « béttoire » (sinkholes) management including :
 - State of the art on current practices WRT sinkhole management + classification of the sinkhole managements + critical assessment
 - Elaboration of « good practice » guide for sinkhole management according to 2 criteria :
 1. identified risk for on site and downstream « at stake structures » (sanitary, hydraulic works, geotechnical, flood, recharge deficiency...)
 2. Physical and geological setting
 - Recommendation concerning administrative aspects (water legislation dossier content, investigation fields to be carried out before acting on sinkholes....)

report on-line : <http://sigessn.brgm.fr/IMG/pdf/rp-58795-fr.pdf>

- > Training sessions for catchment stakeholders to help them to deal with sinkhole management

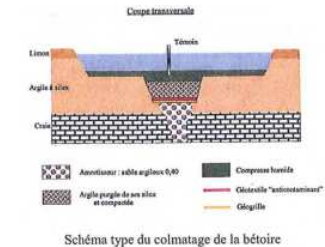
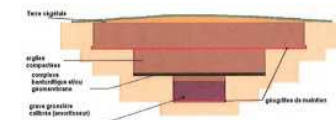
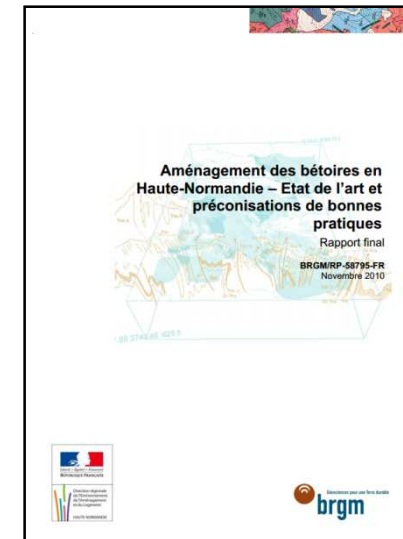


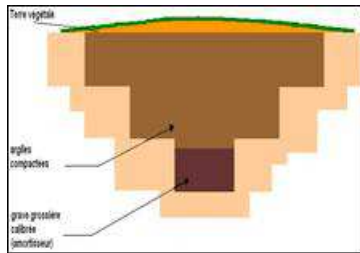
Schéma type du colmatage de la béttoire



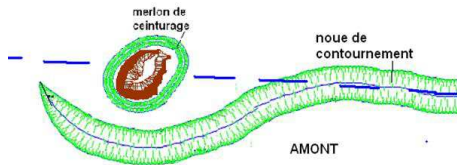
CLASSIFICATION OF THE EXISTING TECHNIQUES OF SINKHOLES MANAGEMENT

IMPERMEABLE

Clogging out the sinkhole



Diverting runoff away from the sinkhole

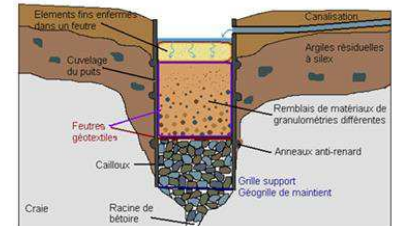


INFILTRATING

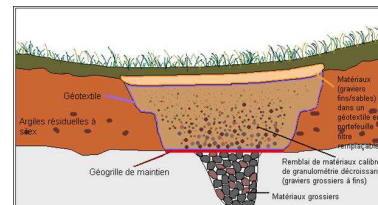
Filling up with permeable (non filtrating) material



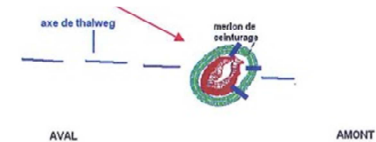
Conversion into infiltration well



Filling up with filtrating materials



Diverting runoff partially and controlling infiltration flow



Participatory tool



This participatory tool also includes :

- > **A tracer test declaration form** centralized by the regional environment authority (DREAL)
- > **3 purposes :**
 1. to inform authorities in charge of drinking water supply and other actors of the basins
 2. to register tracing test activities and avoid interferences between 2 tests
 3. to control the kind of tracer that are being used (to avoid the use of ecotoxic tracers)

RESERVE A LA DREAL Déclaration reçue le : _____ N° de déclaration : _____

FICHE DE DÉCLARATION PRÉALABLE D'UN TRAÇAGE EN RÉGION HAUTE-NORMANDIE

L'objectif de ce formulaire de déclaration préalable des opérations de traçage est de :

1. prévenir les organismes chargés de la distribution d'eau potable ainsi que les services de la police de l'eau afin qu'ils puissent gérer au mieux les problèmes liés à ces essais (pollution de l'eau, etc.)
2. tenir un registre des opérations de traçage réalisées en Haute-Normandie afin :
 - > d'éviter les interférences et erreurs d'interprétation lorsque plusieurs opérateurs réalisent des traçages simultanément dans un même périmètre,
 - > de garder trace des opérations de traçage y compris celles non bancairables dans la base de données régionale des traçages
3. contrôler le type de traceur injecté dans les eaux souterraines

Prestataire responsable des essais :			
Personne responsable :	Nom :	Tél :	E-mail :
Intitulé de l'échelle :			
Date :		Signature :	

A renvoyer au moins 15 jours avant le début de l'essai de traçage :

- par mail aux destinataires suivant :
 - Bureau de la police de l'eau de la DDTM : ddtm@ddtm.gouv.fr (04 69 79 11 00)
 - DREAL Service ressources : service.ressources@dreal.hn.fr (04 69 79 11 00)
 - ARS Haute-Normandie : ars@ars.hn.fr (04 69 79 11 00)
 - Collectivités AEP concernées*1 : ars@ars.hn.fr
 - BRDCA : brdca@brdca.fr
 - Cellule opérationnelle de la Gendarmerie : cellule.operationnelle@gendarmerie.fr (04 69 79 11 00)

*1 A charge aux collectivités AEP qui reçoivent cette déclaration de prévenir leur service distributeur d'eau si la distribution ne se fait pas en régie

ET

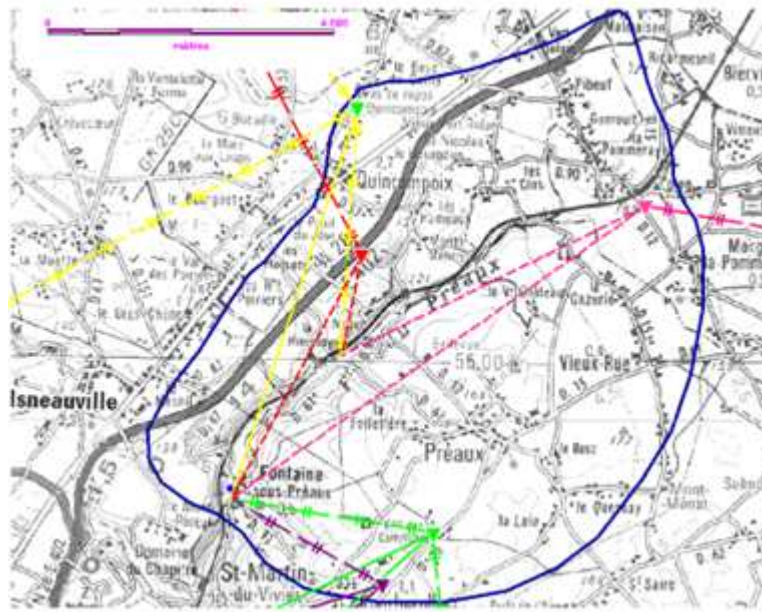
- par courrier à : DREAL Haute-Normandie / SRE / BEMA- 2 rue saint sever 76032 rouen cedex

Situation des essais			Traceur		Date prévue pour l'opération
Injection	Suivi		Traceur utilisé	Quantité / Unité	
Commune (département)	*Espace et périmètre - D2, itinéraire, n° de bornes - N° 0001 à 0005 de bornes - X, Y, U.S.S. de point	Points de suivi - N° 0001 à 0005 de bornes - X, Y, U.S.S. de point	Durée préliminaire du suivi		

Example of use (1)



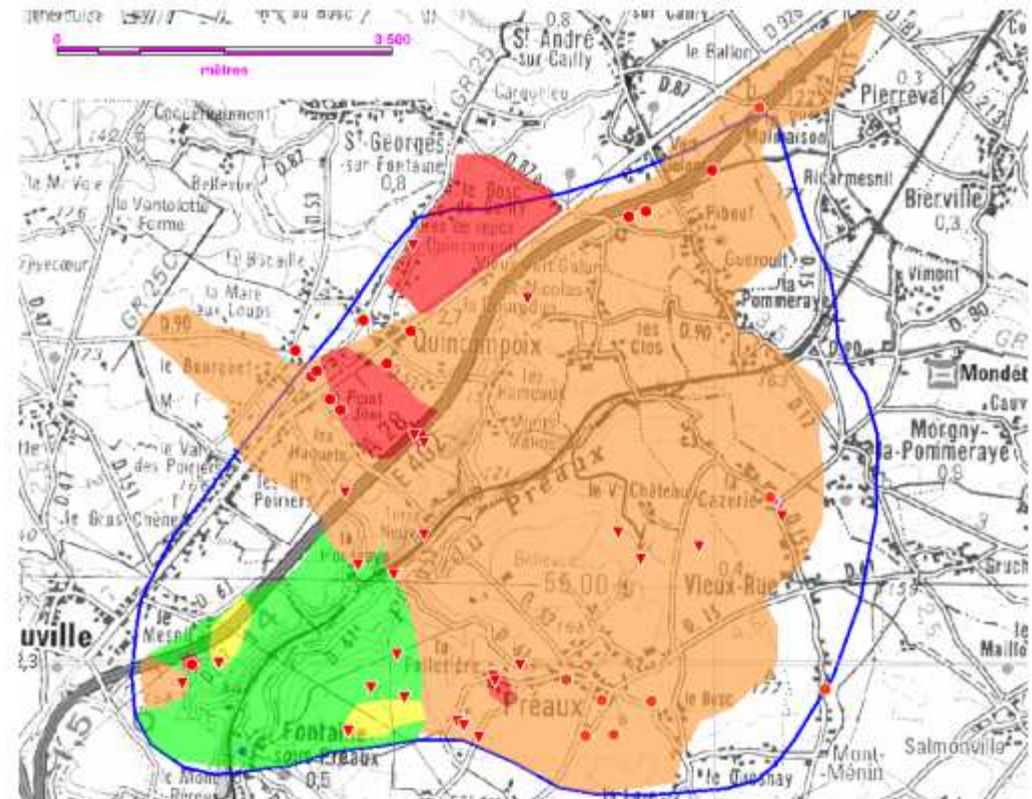
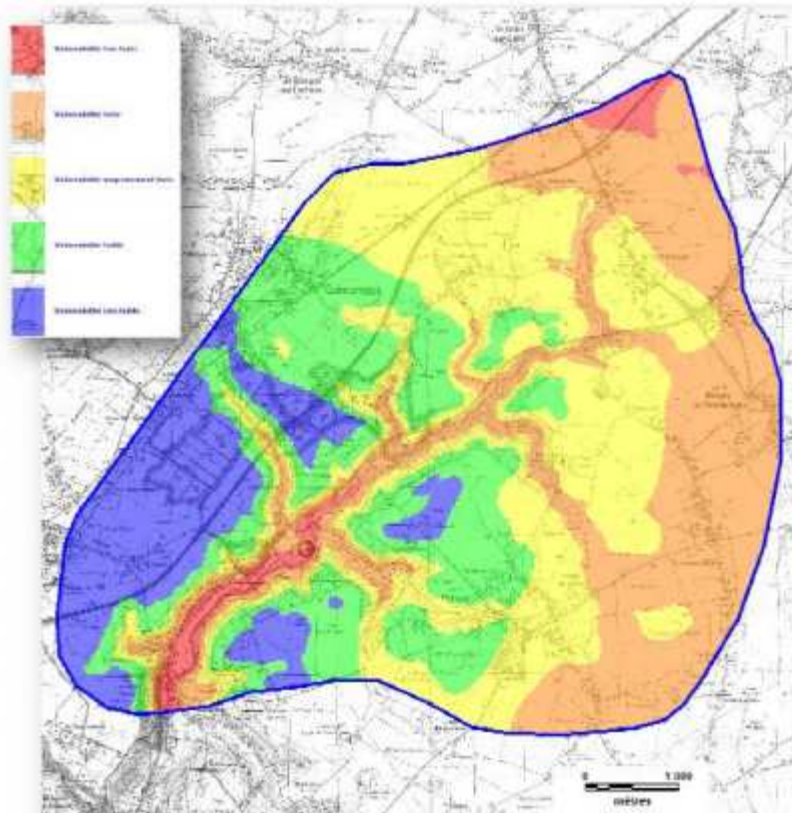
- This participatory tool allows for better management and protection of the chalk aquifer system and prevents it from quality degradation (turbidity, nitrates, pesticides, ...):
 - Sinkholes connected to the drinking water wells are better known
 - Drinking water supply organisms benefit from improve active water resources management (specific watershed and sinkhole management : herb strips, fascines, dams, infiltration...)
 - Water abstraction benefits from optimally designed protection zone



Example of use (2)



- Improved definition of groundwater vulnerability : both karstic and matricial (elaborated with the consolidated data from the participatory tool)



A better understanding of exokarst spatial distribution



In addition with helping in karst problem management, it also greatly enhances understanding of the effects of recharge, lithology and geological structures on karst developments in the chalk aquifer system

- > As part of the development of this data base, BRGM co-funded and co-directed a thesis carried out by Sanae El Janyani (Rouen University) from 2009 to 2012. The Young Karst Researcher Prize 2012 were awarded to her for this work

- > Thesis on line : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00920267/document>

S. El Janyani. Incidence des bétoires et de la karstogénèse des plateaux crayeux de la Haute-Normandie sur le fonctionnement hydrologique de l'aquifère de la craie Modélisation hydrogéologique des influences climatiques à différentes échelles spatio-temporelles.. Continental interfaces, environment. Université de Rouen, 2013. French

A better understanding of exokarst spatial distribution



- The surface of the chalk plateaus in the western Paris Basin is covered with Quaternary loesses and clay-with-flints
- Preliminary results show correlation between thickness of surface layers and sinkholes density

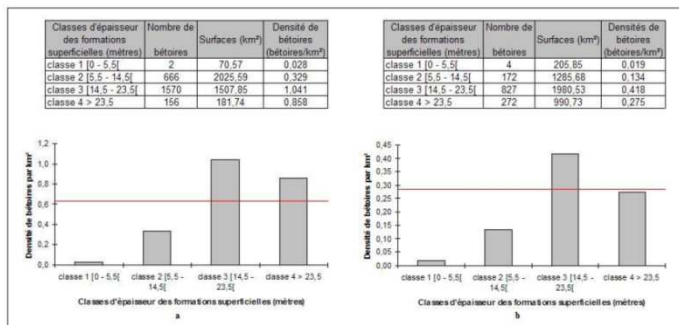
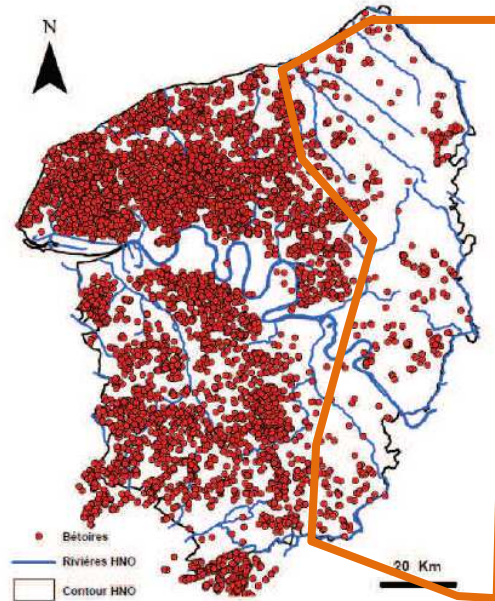


Figure 27 : Résultats des densités de bêttoires selon l'épaisseur des formations superficielles a) en Seine-Maritime, b) dans l'Eure

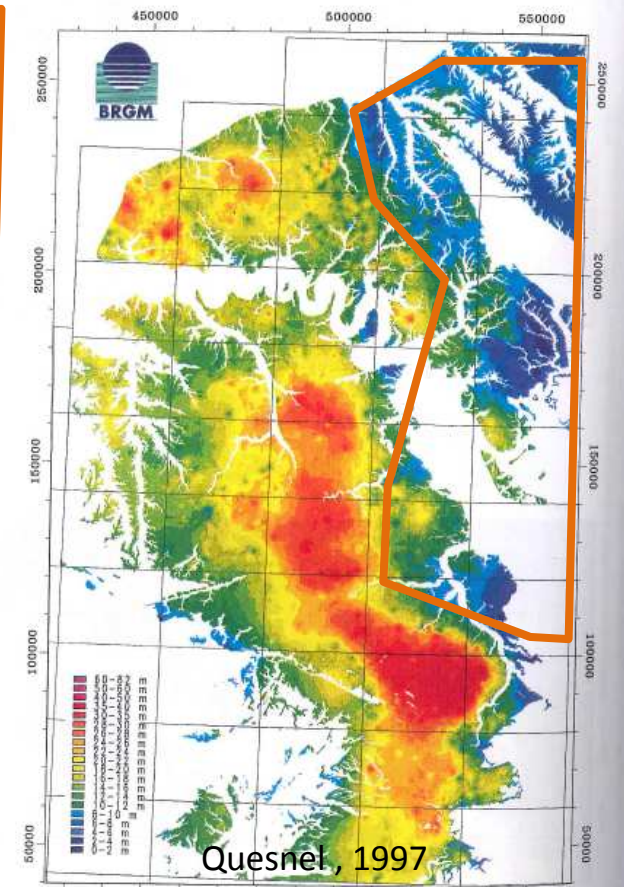
Seidel and David, 2010



El Janyani, 2012

- Very few sinkholes in chalk covered by thin surface layers (<5m)

Figure III - 16 : Epaisseurs de FS krigées dans leurs polygones
Echelle : 1/1 000 000 - projection Lambert I nord



Quesnel, 1997

A better understanding of exokarst spatial distribution



- > Spatial modelling was also carried out based on the topographic index of Beven and Kirkby, « IBK » (also known as TWI). This index was developed by Beven and Kirkby (1979) based on the TOPMODEL runoff model
- > The application of this index to the digital elevation model (DEM) produced a map of the potential wetland sectors. Results were compared with the location of the sinkholes
- > Sinkholes are mainly located in the theoretical wet areas (thalweg on plateaus, dry valleys) (drainage system)

Illustration of the Cailly river watershed, But this characteristic has been observed in all Upper Normandy watersheds, except in the areas affected by the presence of Tertiary deposits and by the absence of the clay-with-flints layer

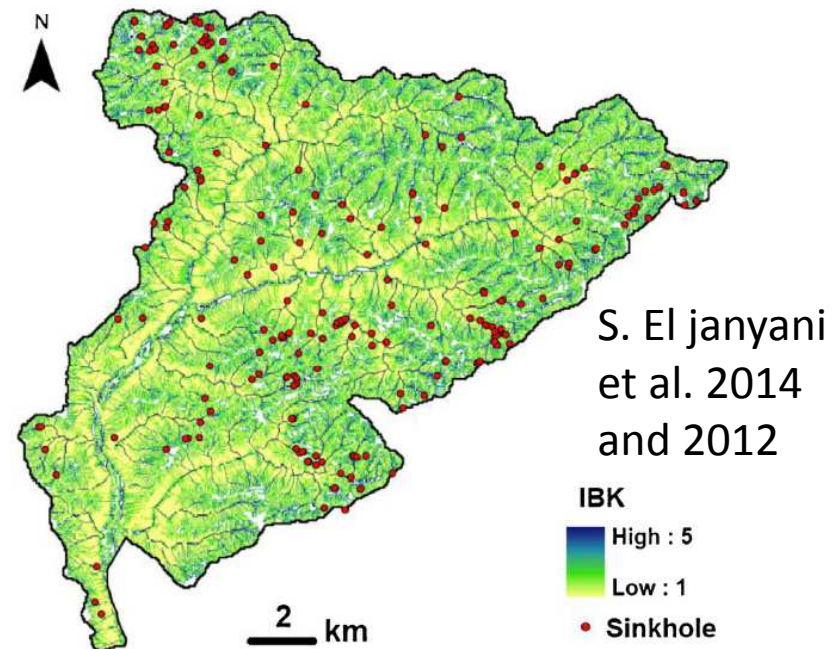
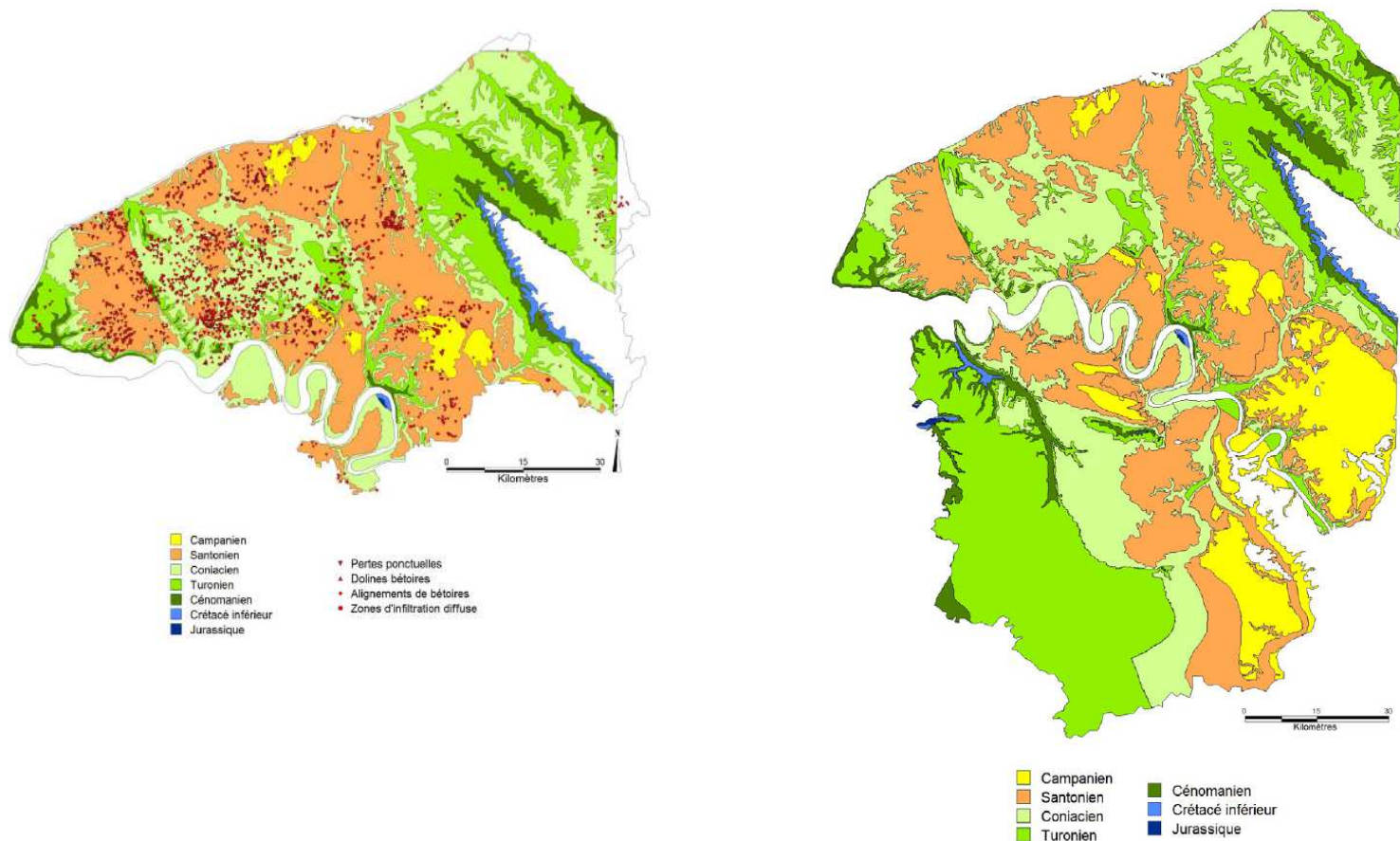


Fig. 4 Validated sinkholes located on the spatial modelling map of the topographic wetness index (IBK) of the index value indicates a high probability of wetlands present on the site

A better understanding of exokarst spatial distribution



- Other correlations are being studied by BRGM (ex : sinkhole density vs. chalk stratigraphy, sinkhole density vs. geological structures,...





Thank you for your attention

