

# Influence de la structure et des accidents géologiques sur le fonctionnement karstique de l'aquifère crayeux normand – Exemples des bassins de la Rançon et de la Sainte Gertrude

Ludovic TURBAN <sup>(1)</sup>, Emmanuel HAUCHARD <sup>(2)</sup>,  
Stéphane SABATIER <sup>(1)</sup>, Nevila JOZJA <sup>(3)</sup>

(1) IDDEA Ingénierie de l'environnement (289 Bd Duhamel du Monceau 45160 Olivet - agences : Palaiseau 91, Rouen 76, Nantes 44)

(2) Normandie Univ, UNIROUEN, UNICAEN, CNRS, M2C, 76000 Rouen, France

(3) Université d'Orléans - Ecole Polytechnique - Cellule R&D d'Expertise et de Transfert en TRaçages Appliqués à l'Hydrogéologie et à l'Environnement (CETRAHE) 45 072 Orléans

[ludovic.turban@iddea-ingenierie.fr](mailto:ludovic.turban@iddea-ingenierie.fr), [emmanuel.hauchard@univ-rouen.fr](mailto:emmanuel.hauchard@univ-rouen.fr), [stephane.sabatier@iddea-ingenierie.fr](mailto:stephane.sabatier@iddea-ingenierie.fr), [nevila.jozja@univ-orleans.fr](mailto:nevila.jozja@univ-orleans.fr)

**MOTS CLES** : karst, diffluence, structure morpho-tectonique

## INTRODUCTION

La karstification du plateau crayeux du Pays de Caux, dans le département de la Seine-Maritime en Normandie, est reconnue pour être complexe et variée (Rodet, 1981). La situation particulièrement karstifiée de ce secteur engendre des enjeux majeurs pour la gestion de la ressource en eau potable et également la qualité des cours d'eau normands. En effet, la plupart des captages d'eau potable du département seino-marin sont soumis à des contraintes liées à la survenue d'épisodes turbides, couplés à une dégradation de la qualité des eaux souterraines captées.

L'influence des accidents tectoniques sur le développement du karst en Normandie est également une situation connue mais qui reste relativement peu documentée. Elle peut le favoriser ou le contrarier (Rodet, 1981 ; Hauchard 2001 ; Hauchard et Laignel 2008 ; Hanin, 2010). Les rapports établis au terme d'opérations de traçages colorimétriques menés en Normandie dans le cadre de la protection de la ressource en eau potable tiennent généralement compte du contexte hydrogéologique local et de la pluviométrie durant l'expérience de traçages. Très peu de résultats sont interprétés en intégrant le contexte morpho-tectonique local de l'aquifère.

Le contexte morpho-tectonique du rebord Sud du plateau crayeux du Pays de Caux, plus précisément le secteur des trois vallées de la Sainte-Gertrude, de la Rançon (y compris « Val au Cesne » en amont) et de la Fontenelle, a été peu étudié à ce jour (Figure 1). Les seuls travaux d'ampleur sur ce secteur sont les recherches et investigations de terrain pour l'établissement de la carte géologique d'Yvetot (BRGM, 1974) et les travaux de thèses menées sur ces secteurs (Calba, 1980 ; Rodet, 1980). A l'inverse, de 1979 à 2011, une multitude d'opérations de traçages colorimétriques ont été réalisées.

Ainsi, une récente opération de multi-traçages a été menée depuis un bassin de retenue d'eaux pluviales à l'Est de Louvetot et depuis un fossé dans le Val au Cesne avec un suivi des possibles restitutions sur les trois vallées. L'hypothèse d'une possible influence du contexte morpho-structural local sur les écoulements karstiques a été soulevée (IDDEA, avril 2017). Pour mieux appréhender cette hypothèse, les données de l'ensemble des traçages colorimétriques disponibles pour ce secteur sur la base de données BD Traçages du Système d'Information Géographique des Eaux Souterraines (SIGES) Seine-Normandie ont été collectées, hiérarchisées et synthétisées. Les résultats ont fait l'objet d'une analyse critique selon l'approche de la grille d'évaluation proposée par Ph. Mondain (Mondain et Muet, 2008).

Les constats effectués, sous la forme parfois de faisceaux d'indices, nous ont amenés à examiner la structure faillée concernée, replacé dans son contexte morpho-structural (Hauchard & Laignel 2008), notamment autour de l'accident important (N80-N45) appelé « faille de Fréville ». Cette analyse permet de préciser les liens entre variations stratigraphiques, structures morpho-tectoniques et développements des réseaux karstiques. Il est dès lors possible d'avancer dans la compréhension du fonctionnement de ces réseaux karstiques en lien avec les conditions hydrogéologiques de la nappe de la Craie. Les principes de fonctionnements ainsi mis en évidence ont pour but d'alimenter la réflexion concernant la délimitation des périmètres de protection des aires d'alimentation de captages et leurs modes de gestion associés.

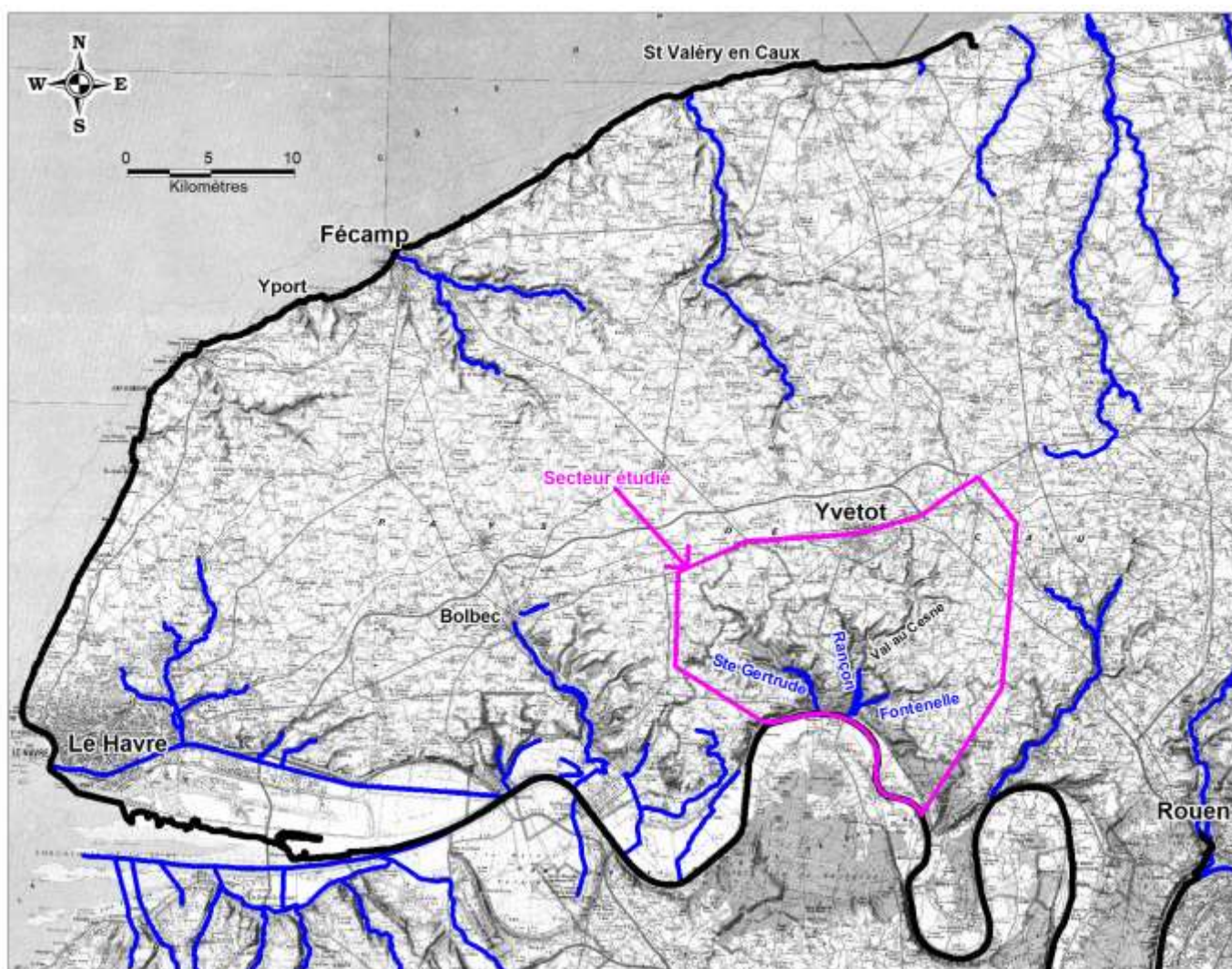


Figure 1 – Localisation de la zone d'étude (fond IGN 1/100 000)

## CONTEXTE GEOMORPHOLOGIQUE ET HYDROLOGIQUE

Le plateau crayeux karstifié du rebord Sud du Pays de Caux est légèrement incliné du Nord vers le Sud (vers la Seine). Les vallées de la Sainte-Gertrude, de la Rançon (y compris « Val au Cesne » en amont), de la Fontenelle, entaillent profondément cette partie du plateau. Le plateau de Louvetot sépare la vallée de la Rançon à l'Est de la vallée de la Sainte-Gertrude à l'Ouest. De longs talwegs reliés au Val au Cesne, vallée sèche longue de 5 à 6 km environ en amont topographique de la vallée de la Rançon (secteur du Val Grenier), remontent vers le Nord jusqu'à l'agglomération d'Yvetot. La vallée de la Sainte-Gertrude est reliée à de longs talwegs remontant sur 4 km environ vers le nord-ouest jusqu'à Saint-Nicolas de la Taille et Saint Aubin de Crétot.

Le cours de la Rançon, dont le débit est de l'ordre de 850 l/s (IDDEA et SMBVCS, avril 2017), prend principalement sa source au niveau du lieudit Le Val Grenier. Il est également alimenté par la source du Perroy en amont topographique plus au nord-ouest, et par les ruisseaux de la Neuville (environ 340 l/s) et du Brébec (environ 75 l/s) en aval immédiat du Val Grenier. D'éventuels ruissellements de surface en provenance du Val au Cesne, vallée sèche en amont topographique du Val Grenier reliée à plusieurs talwegs conséquents débutant au Sud de l'agglomération d'Yvetot, peuvent potentiellement compléter cette alimentation.

Le cours de la Fontenelle, dont le débit atteint environ 400 l/s à hauteur de l'Abbaye (IDDEA et SMBVCS, avril 2017), est alimenté par des sources au lieudit Caillouville (source de l'abbaye de Saint-Wandrille et celles de la pisciculture principalement). La Fontenelle vient se jeter dans la Rançon quelques centaines de mètres avant sa confluence avec la Seine, au pied du Pont de Brotonne.

La vallée de la Sainte-Gertrude accueille les cours de la Sainte-Gertrude (débit de l'ordre de 500 à 600 l/s en avril 2017) et de l'Ambion (débit de l'ordre de 600 l/s en avril 2017 au pied du captage AEP de Caudebec). Ces deux cours d'eau sont alimentés par des sources à hauteur du lieudit Sainte-Gertrude. Ces deux cours d'eau se rejoignent en amont immédiat de Caudebec-en-Caux pour se déverser dans la Seine au niveau du centre-ville.

## CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE GENERAL

### Fonctionnement hydrodynamique de la composante matricielle de l'aquifère

D'après l'atlas hydrogéologique de la nappe de la Craie en Seine-Maritime (BRGM, 1990), représentatif d'une situation de « moyennes eaux », les écoulements de la composante matricielle de la nappe sont drainés par les trois vallées et une crête piézométrique est représentée en milieu de plateau à la transition entre chaque vallée. Dans ces conditions, les rivières de ces trois vallées seraient alimentées et soutenues par des bassins versants souterrains distincts. Pour information, la version la plus récente de l'atlas hydrogéologique de la nappe de la Craie en Seine-Maritime (BRGM, 2010) ne représente plus ces crêtes piézométriques. Le sens d'écoulement général de la composante matricielle de la nappe de la Craie est donc influencé par les trois vallées et orienté du nord-ouest vers le sud-est au niveau de la Sainte-Gertrude, du nord-est vers le sud-ouest au Val au Cesne, et de l'Est vers l'Ouest dans le secteur de la vallée de La Fontenelle.

D'après la plateforme ADES, le seul piézomètre de référence disponible au droit du secteur étudié, possédant un large historique de mesures (période de 1967 à 2018), est le captage AEP de Blacqueville (BSS n°00766X0004). Cet ouvrage est localisé sur le plateau de Fréville à proximité immédiate de la faille du même nom, au niveau du changement d'orientation N45/N80 au droit du compartiment soulevé. Au regard des variations du niveau d'eau observé sur le graphique d'évolution disponible, cet ouvrage n'est pas soumis à des variations ponctuelles et significatives associées à un fonctionnement karstique. Dès lors, il est pertinent pour caractériser les variations générales du niveau de la nappe de la Craie dans sa composante matricielle, au niveau du secteur étudié.

Ainsi, d'après les isopièzes de la Figure 2, la cote altimétrique de Hautes Eaux de la nappe de la Craie sur Blacqueville atteint environ + 82 m NGF. Dans ces conditions, la cote altimétrique de la nappe en Hautes Eaux au niveau de la vallée de La Fontenelle serait de l'ordre de +25 m NGF, information vérifiée sur un graphique établi pour la période 2001-2011 (SAFEGE, 2011). La cote altimétrique serait de l'ordre de + 28 m NGF au Val au Cesne au droit de l'ancien captage AEP La Folletière F2 (BSS n°00765X0115). Il est possible que cette cote soit légèrement sur estimée à en croire un graphique établi pour la période 2001-2011 (SAFEGE, 2011), plutôt de l'ordre de + 20 m NGF.

## Principales résurgences

Les principales résurgences connues au droit du secteur étudié sont :

- dans la vallée de La Sainte-Gertrude : la source de l'ancien captage AEP de Caudebec en Caux à Maulévrier (débit non recensé) en rive gauche de La Sainte-Gertrude, la source de l'actuel captage AEP de Caudebec en Caux en rive droite de l'Ambion (de l'ordre de 100 l/s d'après la BD Traçages) et une des principales résurgences alimentant l'Ambion, investiguée lors d'une récente opération de traçages colorimétriques (IDDEA, 2017), non recensée dans les différentes bases de données du BRGM accessibles sur internet (BSS, BD Traçages...), et dont le débit a été mesuré en continu en avril 2017 (de l'ordre de 150 à 160 l/s) ;
- dans la vallée de la Rançon : la source du Manoir du Perroy (le plus en amont topographique, débit de l'ordre de 10 l/s) et les sources de la Rançon, en particulier celle du Val Grenier (débit de l'ordre de 400 l/s) ;
- dans la vallée de La Fontenelle : la source de l'Abbaye de Saint-Wandrille (150 à 200 l/s) et les sources de la pisciculture un peu plus à l'aval (débit non recensé).

## Ressource en eau potable et phénomènes turbides recensés

La ressource en eau potable du secteur étudié est exploitée par pompages dans des forages en fond de vallées ou par captages des principales résurgences en pied de coteau. Les captages d'Adduction en Eau Potable (AEP) du secteur sont constitués :

- au niveau de la vallée de La Sainte-Gertrude, d'un réseau de trois forages à Saint-Arnoult n°00758X0061, et du captage de Caudebec en Caux n°00758X0019 (source à Maulévrier Sainte-Gertrude).
- au niveau de la vallée de la Rançon par le forage de La Folletière F1 n°00765X0003 au Val au Cesne,
- au niveau de la vallée de La Fontenelle par le forage La Crique n°00766X0016 à Blacqueville, le forage de Caillouville n°00765X0112 et également d'un captage privé de la source n°00765X0018 par l'Abbaye de Saint-Wandrille à Saint-Wandrille-Rançon,

Le forage de La Folletière F1 n'est plus exploité actuellement. De nombreux épisodes turbides et une contamination chronique par des pesticides ont amenés les autorités à fermer temporairement ce captage. Cet ouvrage capte clairement un horizon karstifié de l'aquifère crayeux. D'après les quelques données disponibles sur le portail national d'accès aux données sur les eaux souterraines (ADES), les eaux de la source du captage de Caudebec en Caux présente dans une moindre mesure ces phénomènes de turbidité (période de 1993 à 2015). A l'inverse, le forage de La Crique (SAFEGE, 2011), le forage de Caillouville (période de 1992 à 2015) et les forages de Saint-Arnoult (période de 1995 à 2015) ne sont pas particulièrement soumis à la survenue d'épisodes turbides. Toutefois, les pompages d'essai et la réalisation de traçages positifs tendent à montrer que l'aquifère capté est affecté par le karst (SAFEGE, 2011).

## Pressions sur la ressource

Les bassins versants associés à ces trois vallées sont majoritairement constitués de zones en culture industrielle au niveau des impluviums amont, de rares zones enherbées conservées sur les rebords de plateau et de zones boisées sur les versants des vallées. A noter, la présence d'une zone boisée relativement importante sur la partie aval de la zone, ce qui est plutôt rare sur le plateau. Les principales sources potentielles de pollution recensées sont en lien avec les activités agricoles, les activités artisanales et industrielles de l'agglomération d'Yvetot et les rejets des stations d'épuration (Calba, 1980 ; HORIZONS, 2001). La station d'épuration des eaux usées de l'agglomération d'Yvetot rejette ses eaux traitées dans un fossé du Val au Cesne par l'intermédiaire d'une longue canalisation enterrée. D'après le site <http://assainissement.developpement-durable.gouv.fr/> consulté le 12/04/2018, dans le bassin versant de la Sainte-Gertrude, les stations d'épuration de Saint Arnoult, Grand-Camp et Anquetierville rejettent leurs eaux traitées directement dans le sol (puisards ?).

## TRACAGES COLORIMETRIQUES EXISTANTS

### Méthodologie de collecte et de traitement des données disponibles

Pour mieux appréhender l'hypothèse de départ des travaux présentés ici, à savoir une possible influence du contexte morpho-structural local sur les écoulements karstiques, les données de l'ensemble des traçages colorimétriques disponibles depuis la base de données BD Traçages du Système d'Information Géographique des Eaux Souterraines (SIGES) Seine-Normandie ont été collectées, hiérarchisées et synthétisées en avril 2018. Les résultats ont fait l'objet d'une analyse critique selon l'approche de la grille d'évaluation proposée par Ph. Mondain (Mondain et Muet, 2008).

Dans un premier temps, toutes les données des traçages recensés dans la BD Traçages ayant été menés dans les emprises des bassins versants hydrogéologiques de la Rançon, de La Fontenelle et de la Sainte-Gertrude, tels que définis par les isopièzes de l'atlas hydrogéologique de la nappe de la Craie en Seine-Maritime (BRGM, 1990), ont été collectées. Par la suite, tous les traçages recensés sans aucune restitution positive ont été exclus de l'analyse. Tous les autres traçages (restitutions positives sur au moins un point de suivi) ont été analysés en détail sur la base des principales informations suivantes : contexte géographique et topographique du lieu d'injection, situation hydrogéologique de la nappe de la Craie durant l'expérience, appréciée via les variations du niveau de la nappe de la Craie au forage AEP de Blacqueville à la date d'injection, le type et la quantité de traceur utilisée, le volume de la chasse (m<sup>3</sup>), le temps de suivi (jours), la méthode de suivi (préleveurs automatiques, fluorimètre de terrain, fluocapteurs, visuel...), la vitesses de transit (m/h)... Un seul traçage colorimétrique quantitatif a été mené sur le secteur étudié (IDDEA, 2017).

La Figure 2 présente les résultats des tracés recensés comme positifs entre les points d'injection et les points de suivi testés.

Le traçage T2 mené en avril 2001 depuis Auzouville Auberbosc n'a pas été retenu dans la mesure où les résultats sont présentés comme positifs sur tous les points de suivi pour toutes les directions géographiques testées (donc ne pas en tenir compte en visualisant l'extrait de carte en Figure 2, partie gauche). La restitution du traçage T486 recensée comme positive dans la rivière Sainte-Gertrude au niveau de Caudebec-en-caux est à considérer comme étant liée à la restitution aux sources plus en amont.

### Synthèse des résultats des traçages retenus

La Figure 2 met clairement en évidence une ségrégation spatiale sur les résultats positifs entre la vallée de la Sainte-Gertrude et les deux autres vallées à l'Est (Rançon et Fontenelle).

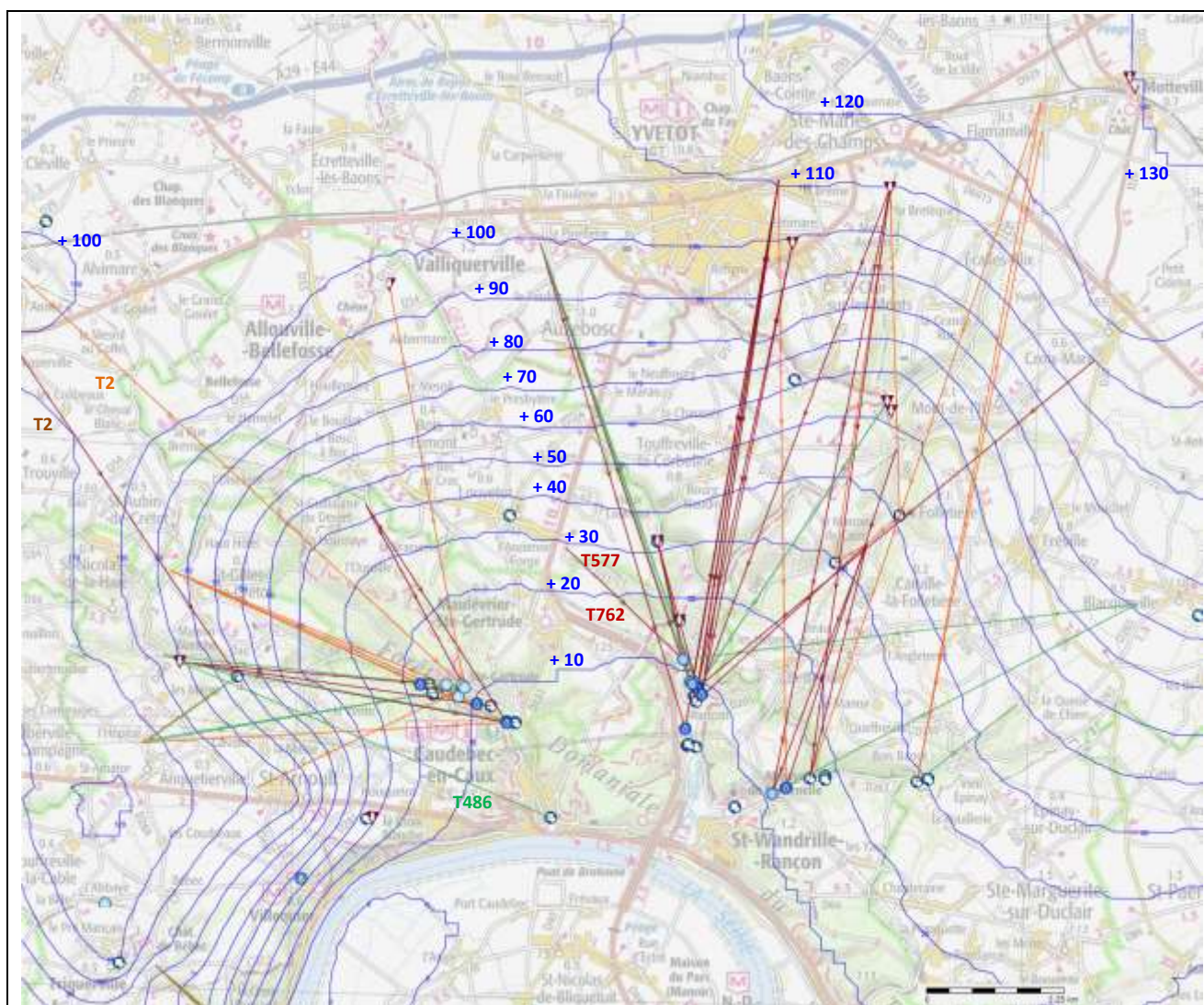
Toutes les informations collectées montrent que trop peu des traçages colorimétriques existants, recensés comme positifs (et exploités ici), ont été réalisés dans des conditions optimales de suivi (absence d'informations sur la méthodologie employée, temps de suivi relativement court, utilisation de fluocapteurs...). Toutefois, c'est la multiplicité et la convergence des résultats des différentes opérations qui nous intéressent ici.

### Résultats obtenus sur la vallée de la Sainte-Gertrude

Douze des traçages analysés ont été menés dans la zone d'étude, depuis les secteurs nord-ouest (Allouville Bellefosse et Le Bosc à Boc) et Ouest (Saint Gilles de Crétot, Saint Nicolas de la Taille, Anquierteville et Saint Arnoult). Les résultats sont présentés comme positifs uniquement dans la vallée de la Sainte-Gertrude. Les quelques vitesses de transit recensées sont très variables (11 m/h à 80 m/h, voire potentiellement jusqu'à 200 m/h environ).

Quatre des traçages analysés ont été menés depuis le plateau Nord du secteur étudié (Valliquerville) avec un suivi dans la vallée de la Sainte Gertrude. Les résultats sont recensés comme négatifs.

Deux des traçages analysés ont été menés depuis le plateau de Louvetot (T577 en février 2001 et T762 mené par IDDEA en avril 2017). La vallée de la Sainte-Gertrude à l'Ouest a été suivie uniquement lors de l'opération d'avril 2017. Aucune restitution n'a été observée dans cette vallée.



Exutoires (sources)	Points d'injection utilisés pour un traçage	Points de suivi utilisés pour un traçage
<ul style="list-style-type: none"> <li>⦿ sup. à 500 l/s</li> <li>⦿ sup. à 50 l/s et inf. à 500 l/s</li> <li>⦿ sup. à 10 l/s et inf. à 50 l/s</li> <li>⦿ sup. à 1 l/s et inf. à 10 l/s</li> <li>⦿ inf. à 1 l/s</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▼ Point d'injection</li> <li>Trajets souterrains positifs                             <ul style="list-style-type: none"> <li>↗ sup. à 300 m/h</li> <li>↗ sup. à 100 m/h et inf. à 300 m/h</li> <li>↗ sup. à 10 m/h et inf. à 100 m/h</li> <li>↗ inf. à 10 m/h</li> <li>↗ Trajet positif sans donnée de vitesse</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⦿ Point de suivi</li> <li>Isopièzes de la nappe de la craie en Haute-Normandie (Atlas 2010) - HE 2001 (BRGM)</li> <li>↘ Hautes-eaux Atlas Haute-Normandie</li> </ul>

Figure 2 – Extrait de la BD Traçages (BRGM, avril 2018)

### Résultats obtenus sur la vallée de la Rançon

Au total, dix-huit des traçages analysés ont été menés depuis le plateau Nord du secteur étudié (Valliquerville, agglomération d'Yvetot, Flamanville et Motteville) ou depuis le Mont de l'If (Val au Cesne), avec un suivi au niveau des forages de La Folletière (Val au Cesne), de la vallée de la Rançon et/ou de la vallée de La Fontenelle. Les résultats indiquent que le principal exutoire de l'hydrosystème karstique testé est la source de la Rançon au Val Grenier. Les vitesses de transit recensées depuis les points d'injections testés jusqu'à cette résurgence majeure sont de l'ordre de 150 m/h à 220 m/h, confirmé par la vitesse évaluée à 186 m/h en avril 2017 depuis le Val au Cesne (IDDEA, 2017).

Deux des traçages analysés ont été menés depuis le plateau de Louvetot (T577 en février 2001 et T762 mené par IDDEA en avril 2017). Ces traçages sont positifs dans la vallée de la Rançon au niveau des sources en rive droite de la Rançon (source du Perroy, sources du Brébec et la Neuville) mais négatifs sur les sources de la Rançon (rive gauche).

### Résultats obtenus sur la vallée de la Fontenelle

Six des vingt traçages, menés depuis le secteur Nord de la faille de Fréville, sont recensés comme positifs sur au moins un point de suivi dans la vallée de la Fontenelle (captage La Crique, captage Caillouville, source Abbaye ou source de la pisciculture). Les vitesses de transit recensées depuis Flamanville et le Sud de l'agglomération d'Yvetot sont de l'ordre de 15 m/h à 61 m/h. Deux d'entre eux ont été menés depuis le Val au Cesne. Lorsque l'injection a eu lieu depuis le Val au Cesne, secteur où l'épaisseur de la zone non saturée est extrêmement réduite par rapport au plateau et la distance réduite par rapport à la vallée de la Fontenelle, les vitesses recensées sont les plus élevées (128 m/h et 250 m/h).

Ces éléments issus des traçages colorimétriques recensés comme positifs dans le secteur étudié permettent de s'interroger sur les liens existants entre les structures géologiques et le fonctionnement du réseau karstique.

## **CONTEXTE GEOLOGIQUE DU REBORD SUD DU PLATEAU AU CONTACT DE LA VALLEE DE LA SEINE**

Le schéma structural du rebord sud du plateau de Caux (Figure 4) met en évidence les principaux éléments suivants :

- la faille de la Seine qui traverse le secteur concerné selon une direction générale sud-ouest /nord-est, avec une succession de tronçons plus ou moins faillés et/ou flexurés, marquée par des changements importants de direction ;
- au niveau de la vallée du Val au Cesne, il s'agit d'une importante flexure, avec une remontée brutale des couches géologiques du sud vers le nord de l'ordre de 90 m, et faillée (rejet de l'ordre de 15-20m). Cet ensemble met en contact stratigraphique la craie cénomaniennne au Nord de la faille avec la craie turonienne au Sud au niveau de la vallée et précisément dans la zone de battement de la nappe ;
- un synclinal d'axe ouest-nord-ouest / est-sud-est à l'Ouest centré sur la vallée de la Sainte-Gertrude, le Turonien constituant une part importante des flancs de ce synclinal,
- un léger anticlinal sur le compartiment soulevé au Nord de la faille N45-N80, l'essentiel des terrains encadrant les vallées sur ce bloc soulevé étant constitué par la craie Turonienne.

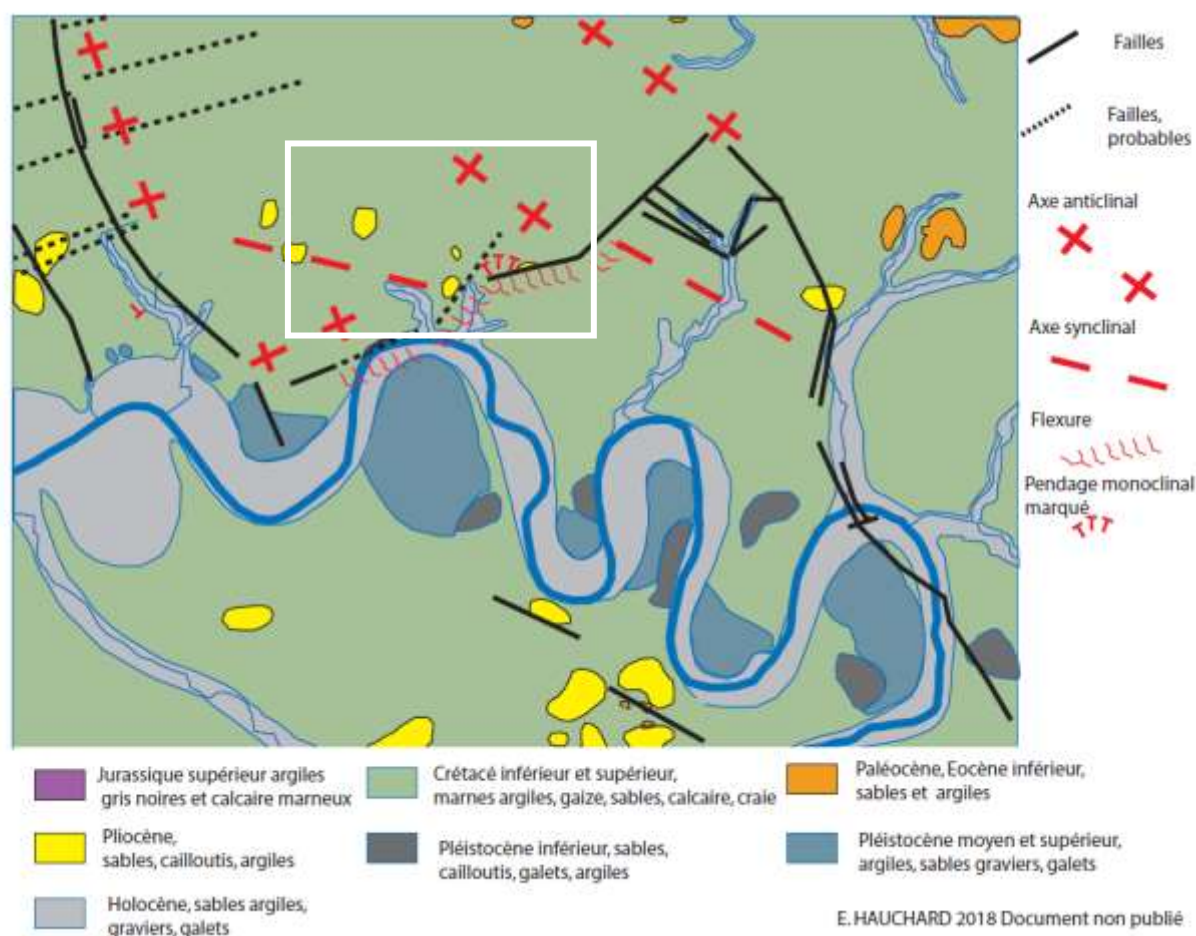


Figure 4 : Schéma structural du secteur étudié

## INTERPRETATION DES RESULTATS

Les éléments présentés ci-avant suggèrent que le fonctionnement hydrokarstique du bassin versant hydrogéologique de la Sainte-Gertrude est symptomatique d'un aquifère bien structuré en forme de « gouttière ». Le synclinal favorise le drainage de la craie vers les deux thalwegs principaux du bassin de la Sainte Gertrude. La partie supérieure du karst s'est développée dans la craie tendre du Turonien sur les flancs et la terminaison amont du synclinal. Au droit des deux principales vallées, au centre du synclinal, le karst s'est également développé dans les craies plus tendres du Santonien. Les résurgences de pied de versant et de fond de vallée de la partie aval du bassin se sont quant à elles particulièrement développées au contact des craies résistantes de la transition entre le Turonien supérieur et le Coniacien inférieur. La fracturation sous les deux vallées principales a par ailleurs classiquement favorisé le développement du réseau karstique comme en atteste les vitesses élevées de transfert (> 100 m/h). L'incidence de la structure morfo-tectonique sur le développement du réseau karstique est ici particulièrement évidente.

Concernant le bassin versant de la Rançon, l'incidence de la structure morfo-tectonique est plus complexe. Au Nord de la faille de la Seine, un réseau karstique s'est développé en relation avec l'important réseau de thalwegs du Val aux Cesne. Son extension est importante comme en atteste les résultats des différents traçages positifs, puisqu'il s'étend de Valliquerville au nord-ouest, à Yvetot au nord et jusqu'à Croix-Mare au nord-est. La fissuration de la craie tendre du Turonien a permis le développement d'un réseau très bien hiérarchisé. La partie aval de réseau (Val de la Haie) est largement guidée par le tracé de l'importante flexure faillée de la Seine. L'assise des drains karstiques dans ce secteur aval se situe au niveau des craies plus indurées de la partie supérieure du Cénomaniens. L'exutoire principal de ce réseau se situe



au niveau de l'importante source du Val Grenier vers laquelle convergent rapidement (vitesses systématiquement > 100 m/h) les écoulements karstiques confirmant le caractère bien organisé et hiérarchisé du réseau karstique dans ce secteur. Cette source se situe au niveau du bloc affaissé au pied de l'importante flexure au sein de la craie tendre du Turonien.

La structure géologique particulièrement complexe dans ce secteur, comme en atteste les pendages importants et le recoupement des failles de la Seine, a favorisé le déversement des drains depuis les niveaux indurés du Cénomaniens du bloc soulevé vers la source du Val Grenier dans la craie tendre du Turonien au niveau du bloc affaissé. Au sein du bassin hydrogéologique de la Rançon, on l'a vu, l'exutoire principal est constitué par la source du Val Grenier et les différentes sources situés en rive gauche de la Rançon (côté Est). Toutefois plusieurs traçages réalisés entre la partie Nord et la partie nord-est du bassin ont également mis en évidence une relation karstique entre ces secteurs et la vallée de la Fontenelle (affluent de la partie aval de la Rançon) située sur le bloc effondré au Sud de la faille de la Seine. Ces traçages ont tous été réalisés au cours de périodes allant de niveau moyen-bas à exceptionnellement haut, mais jamais en période de basses eaux ou d'étiage. Il est donc fort probable que, dans cette configuration, une partie des eaux, habituellement drainées vers l'exutoire de la source du Val Grenier en suivant la faille de la Seine, traverse au contraire la zone flexurée/faillée pour rejoindre la vallée de la Fontenelle. Elles emprunteraient un niveau plus ancien du karst, développé en limite de la zone ennoyée au sein des craies plus tendres du Turonien, pour aboutir aux résurgences de la Fontenelle situées au contact Coniacien/Turonien (roches plus indurées).

Il existe donc une très nette séparation des systèmes « vallée de la Rançon » et « vallée de la St Gertrude », dont le drainage est largement guidé par la structure géologique et les variations lithologiques qui en découlent.

Entre les deux, le plateau de Louvetot représente une zone de transition particulièrement intéressante sur le plan karstique. Le plateau est parcouru par le système flexuré/faillé de la Seine qui change brutalement de direction au niveau de Caudebec, passant de N80 à N45. Cet accident isole la partie nord-ouest du bassin de la Rançon et tout particulièrement le thalweg en provenance de Louvetot. Les traçages ont permis de souligner que, dans ce secteur, la zone flexurée/faillée draine les eaux karstiques vers la source du Perroy située à l'amont nord-ouest de la vallée principale du Rançon et que par ailleurs ce réseau est totalement déconnecté de la source du val grenier située sur le flanc Est de la vallée de la Rançon.

La rencontre de ces deux réseaux karstiques de part et d'autre de la vallée amont de la Rançon s'effectue plus en aval au niveau des différentes sources du Brébec et de la Neuville (IDDEA, avril 2017). On voit donc ici le rôle prépondérant de cette structure flexurée/faillée qui joue alternativement un rôle de blocage dans les écoulements au niveau du contact avec les craies plus indurées du Cénomaniens ou un rôle de guidage des écoulements karstiques.

## CONCLUSIONS

Les travaux menés ici mettent en évidence une influence de la structure morpho-tectonique (déformations anticlinales, synclinales, flexures, failles et variations induites de la stratigraphie de la craie) sur le développement et le fonctionnement karstique de l'aquifère crayeux des bassins versants hydrogéologiques de la Sainte-Gertrude, de la Rançon et de la Fontenelle.

L'examen critique des différents traçages effectués confirme la nécessité d'une hiérarchisation de ces derniers. Si un certain nombre de ces traçages, notamment assez anciens sortis de leur contexte physique, ont un indice de confiance limité, il apparaît toutefois que le caractère répétitif sur une même zone apporte un faisceau d'indices qui, confronté à la structure morpho-tectonique, se révèle riche d'enseignements malgré tout. Tout ceci permet d'éclairer le fonctionnement des réseaux karstiques et du drainage de la nappe de la craie.

Parallèlement, la connaissance préalable à tout traçage de la façon la plus fine et précise possible des structures morpho-tectoniques et des variations stratigraphiques de la Craie associées, constitue un élément majeur pour l'établissement d'une stratégie d'investigations, que ce soit pour le choix des points d'injection et de restitution, mais également pour la méthodologie de suivi (notamment les temps d'observation). Enfin, cette connaissance préalable est primordiale pour l'interprétation des résultats observés.

#### Références bibliographiques :

Calba, F. (1980).- Hydrogéologie du karst crayeux du Pays de Caux (France). Etude de deux bassins. *Thèse de Doctorat, Université Pierre et Marie Curie-Paris VI, Paris, 189 pp.*

Hanin G. (2010).- Contrôles structural et hydrogéologique sur la dynamique d'un champ captant en contexte crayeux karstique et sa sensibilité aux variations du signal climatique : Implications en matière de vulnérabilité de la ressource. Interfaces continentales, environnement. *Thèse, Université de Rouen, 266-306 pp.*

Hauchard, E. (2001).- De la dynamique non linéaire à la dynamique du relief en géomorphologie. Application aux bassins versants de la marge nord-occidentale du bassin de Paris.- *Thèse de doctorat, Univ. Rouen, 779p.*

Hauchard, E. et Laignel, B., (2008). Evolution morphodynamique de la marge nord-occidentale du Bassin de Paris. *Z. F. Geomorphologie. 52 (4), 463-488 pp.*

Horizons / Aqua-sol projets / Saunier Techna (2001).- Etude globale et intégrée du bassin versant du Val au Cesne, de la Rançon et de la Fontenelle, Hydrogéologie du bassin versant, *Rapport, N°2.2., phase 2, 70 pp.*

Horizons / Aqua-sol projets / Saunier Techna (2001).- Etude globale et intégrée du bassin versant du Val au Cesne, de la Rançon et de la Fontenelle, Seconde campagne de traçages, *Document complémentaire, phase 2, 9 pp.*

Mondain et Muet (2008).- Proposition d'une grille d'évaluation des résultats des traçages en milieu karstique, Comité Français d'Hydrogéologie, *Colloque Hydrogéologie et Karst à travers les travaux de M. Lepiller, pages 191-205*

Jacquot P., BRGM (1987).- Expérience de coloration du rejet de la station d'épuration d'Yvetot, *Rapport, N°87HNO087, 5 pp.*

Kuntz G., De La Quèrière Ph. et Verron G., BRGM (1974).- Carte géologique d'Yvetot n°XIX-10 au 1/50 000

Rodet J. (1980).- Etude du karst du bassin de la Rançon. *Rapport de stage de terrain, DESS Pollutions et Nuisances 1979-1980. I.S.H.N., inédit.*

Rodet J. (1981).- Contribution à l'étude du karst de la craie : l'exemple normand et quelques comparaisons. *Thèse de Doctorat 3° cycle, Géographie Physique Université de Paris I "Panthéon - Sorbonne", Paris, 2 volumes, 427 pp.*

SAFEGE (2011).- Étude du bassin d'alimentation du forage de Blacqueville, *Rapport, N° 10NRE015, phase 1, 70 pp.*

Turban L., IDDEA (2017).- Opération de multi traçages colorimétriques quantitatifs (T761 et T762) depuis le Val au Cesne et Louvetot avec suivi sur quatre vallées pour le compte du Syndicat Mixte des Bassins Versants Caux Seine, *Rapport, N°IC170067, version A, 48 pp.*