
RAPPORT DE STAGE INDIVIDUEL

5^{ème} année

Préservation des ressources en eau souterraines et superficielles dans le département de l'Orne

Département de l'Orne
27, Boulevard de Strasbourg
61000 Alençon

Tuteurs entreprise :

Denis MARTINS DE ALMEIDA

Chargé d'opération ADI61

Julien FERET

Hydrogéologue départemental et Directeur adjoint du SDE61

Tutrice académique :

Francesca DI PIETRO

Amandine GAYTON

IUT - ADAGE

2021-2022

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier profondément mon tuteur du Syndicat Départemental de l'Eau de l'Orne, Julien Féret. Son accompagnement fut complet tout au long de mon stage, que ce soit à travers le partage constant de ses connaissances inépuisables, sa pédagogie et sa patience, ses conseils avisés, sa grande disponibilité ou sa bienveillance. J'en ressors riche d'apprentissages et pleine d'enthousiasme face à mon avenir professionnel.

Je tiens ensuite à remercier Denis Martins de Almeida, mon tuteur au sein de l'Agence Départementale d'Ingénierie de l'Orne, pour ses enseignements et la confiance qu'il m'a accordée.

D'une manière plus globale, je les remercie tous les deux de m'avoir offert l'opportunité de rejoindre leurs structures et de réaliser des missions stimulantes. Merci également à mon école, Polytech Tours, pour m'avoir donné le cadre et les outils qui m'ont fait arriver là où je suis aujourd'hui.

J'envoie une pensée chaleureuse à tous les membres des équipes de l'ADI et du SDE qui m'ont accueillie à bras ouverts et avec qui j'ai eu l'occasion d'échanger, notamment : Jean-Luc, chef de service investi de l'ADI, et Mme Desmortier, directrice du SDE, Pauline(s), Clément, Dehbia, Francesca, Agnès, Peter, Nicolas, Luc, Delphine(s), Christelle, Corentin, Sophie, Lucie, Fayrouz, Marine, Robinson, Philippe, Jean-Luc (bis) et Anne-Cécile.

Enfin, je remercie mes amis Léa pour son soutien permanent et Corentin pour sa relecture inattendue.

Ce stage a été une expérience à la fois formatrice et agréable, merci.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	5
1. DEUX STRUCTURES D'ACCUEIL COMPLEMENTAIRES	6
1.1. L'Agence Départementale d'Ingénierie de l'Orne.....	6
1.2. Le Syndicat Départemental de l'Eau de l'Orne.....	7
1.3. Un équilibre assuré entre les deux organismes	9
2. TROIS MISSIONS A FORTS ENJEUX SANITAIRES ET ENVIRONNEMENTAUX.....	10
2.1. Mission 1 : surveillance de la qualité des eaux souterraines du SMIRTOM de la Région de L'Aigle	10
2.2. Mission 2 : intégration des périmètres de protection des captages dans les PLUi.....	13
2.3. Mission 3 : mise en perspective des seuils sécheresse de l'Orne	14
3. STIMULATION PERPETUELLE DANS L'EXECUTION DES MISSIONS.....	17
3.1. Prise en main du contexte : l'Orne, un département rural divisé par une hydrogéologie singulière.....	17
3.2. Mission 1 : SMIRTOM	21
3.3. Mission 2 : PPC	25
3.4. Mission 3 : seuils sécheresse	26
4. RETOUR SUR L'EXPERIENCE GLOBALE	29
CONCLUSION ET PROJECTIONS	30
REFERENCES	31
ANNEXES.....	34
Annexe 1 : Schéma de rappel du fonctionnement des nappes libre et captive (Aquilina, s.d.)	34
Annexe 2 : Localisation du SMIRTOM de la Région de L'Aigle au sein du département de l'Orne sur fond de carte géologique (géoportail.gouv.fr, 16/08/2022)	34
Annexe 3 : Annexe II de l'arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes pour la production d'eau destinée à la consommation humaine.....	35
Annexe 4 : Liste des paramètres à analyser dans les eaux s'écoulant au droit du site du SMIRTOM de la Région de L'Aigle d'après l'arrêté préfectoral du 16 juillet 2018	36
Annexe 5 : Seuils sécheresse dans l'Orne définis en annexe VI de l'arrêté du 1 ^{er} avril 2022.....	37
Annexe 6 : Echelle des temps géologiques (BRGM, 2003)	38
Annexe 7 : Extraits du tableur de résultat d'analyses des eaux souterraines au droit du site du SMIRTOM de la Région de L'Aigle (A. Gayton).....	39
Annexe 8 : Exemple d'une carte des captages et leurs périmètres de protection à l'échelle des CDC de l'Orne (A. Gayton)	40
Annexe 9 : Extraits du tableur de comparaison des seuils sécheresse de l'Orne (A. Gayton).....	41

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Organigramme du Conseil Départemental de l'Orne 2022 (A. Gayton, adapté de CD61, 2022).....	6
Figure 2 : Organigramme des services techniques du SDE (les trois cellules techniques en bleu foncé) (A. Gayton)	8
Figure 3 : Implantation des piézomètres PZ1 à PZ4 sur le site du SMIRTOM de la Région de L'Aigle (S. Roulland, TECHNOSOL Normandie, Comm. Pers., 2019)	12
Figure 4 : Exemple de disposition des PPC pour une prise d'eau en rivière (J. Féret, SDE61, Comm. Pers.).....	13
Figure 5 : Emplacement de l'Orne et ses voisins en France métropolitaine (A. Gayton, fond de carte : actualitix.com)	17
Figure 6 : Les principaux cours d'eau de l'Orne dans leur bassin hydrographique (A. Gayton, données : SDE61)	18
Figure 7 : Grands ensembles géologiques de la France métropolitaine (1/1 000 000) et localisation du département de l'Orne (en rouge) (A. Gayton, adapté de Peycru et al., 2008 ; carte : Chantraine et al., 1996).....	19
Figure 8 : Affleurements géologiques dans l'Orne et caractéristiques des aquifères correspondants (Conseil Départemental de l'Orne "L'eau patrimoine de l'Orne") (SDE61, s.d.-a)	20
Figure 9 : Esquisse piézométrique du secteur de L'Aigle (SDE, données : DREAL Normandie)	22

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Organisation des collèges des membres du SDE (SDE61, s.d.-b).....	7
Tableau 2 : Nature et côte des formations rencontrées au droit des sondages PZ2 à PZ4 (S. Roulland, TECHNOSOL Normandie, Comm. Pers., 2019)	21
Tableau 3 : Données et leurs sources apparaissant dans le tableur de comparaison des seuils sécheresses aux débits significatifs des cours d'eau de l'Orne (A. Gayton)	27

INTRODUCTION

« Dans le cas d'une formation sous statut d'étudiant, la [Commission des titres d'ingénieur] impose un nombre minimum de 28 semaines cumulées de stages, prioritairement en entreprise, en France ou à l'international. » (CTI, 2020, p. 51) D'après ces termes, le stage fait partie intégrante du cursus ingénieur. Il a pour intérêt de favoriser la professionnalisation et la mise en pratique des compétences et connaissances acquises au cours des années, mais pas seulement. Il figure tout autant comme point de départ d'inévitables remises en question professionnelles et personnelles.

A Polytech Tours, ce ne sont pas 28 semaines de stage qui sont obligatoires mais 32, réparties de la sorte pour la spécialité Aménagement et Environnement :

- en 3^{ème} année, 4 semaines minimum sont dédiées à la découverte du milieu professionnel ;
- en 4^{ème} année, ce sont 12 semaines pour une mission d'assistance au métier d'ingénieur ;
- en 5^{ème} année, l'objectif est de se mettre dans la peau de l'ingénieur, en autonomie sur une ou plusieurs missions, pour une durée minimale de 16 semaines.

En tant qu'étudiante de dernière année, j'ai effectué mon stage du 13 juin au 30 septembre 2022, soit une période réglementaire de seize semaines. A noter qu'à l'origine, les stages de cinquième année ne peuvent dépasser le 31 août. Néanmoins, du fait d'une situation familiale particulière, le mien a été retardé. A l'heure d'écriture de ce rapport, j'ai alors effectué seulement deux mois.

Je tiens à mettre en avant dans cette introduction que la recherche de stage constitue, selon moi, une des étapes décisives de l'ensemble de la démarche. Face aux offres variées des entreprises et des collectivités territoriales, les choix retenus révèlent une dynamique, des orientations, et conditionnent notre avenir de même que notre devenir. Dans mon cas, deux options ont émergé : d'un côté, réaliser le bilan carbone d'une entreprise bretonne ; de l'autre, intégrer les services du Département de l'Orne pour des missions relevant d'hydrogéologie. Ayant mené le Bilan Carbone® de la Ville de Lannion l'année passée, la première option m'aurait permis de compléter mes compétences avec un exercice réalisé cette fois-ci dans le privé et dans l'environnement attrayant de la Bretagne. J'ai toutefois choisi d'élargir mes horizons avec la seconde option. Celle-ci m'ouvrait les portes d'un relativement nouveau domaine, l'hydrogéologie, tout en me faisant découvrir la Normandie. C'est ainsi que j'ai intégré les équipes de l'Agence Départementale d'Ingénierie de l'Orne (ADI61) et du Syndicat Départemental de l'Eau de l'Orne (SDE61), deux administrations présentes sur Alençon, préfecture du département de l'Orne.

Comment cette expérience de stage a-t-elle fait évoluer mes projections professionnelles et mon état d'esprit ? Pour répondre à cette question, nous suivrons le cheminement que j'ai moi-même suivi ces derniers mois. Après avoir découvert les deux structures d'accueil, nous nous attarderons sur les missions qui m'ont été confiées. En quoi consistent-elles ? D'où provient la demande ? Grâce à ces explications, nous serons à même de relever dès le départ les informations pertinentes de contextualisation pour se lancer efficacement dans la réalisation de chaque mission. Enfin, bien que des éléments de réflexion soient disséminés tout au long de ce rapport, nous terminerons par un court retour sur mes observations générales.

1. DEUX STRUCTURES D'ACCUEIL COMPLEMENTAIRES

1.1. L'Agence Départementale d'Ingénierie de l'Orne

L'ADI61 (« ADI » dans la suite du texte) est un établissement public administratif (EPA) créé en 2014 (ADI61, 2021a) entre le Département de l'Orne, les communes et les établissements publics à coopération intercommunale (EPCI) du Département (ADI61, 2021b). A ce titre, elle se tient sous l'autorité du Conseil Départemental de l'Orne (Figure 1).

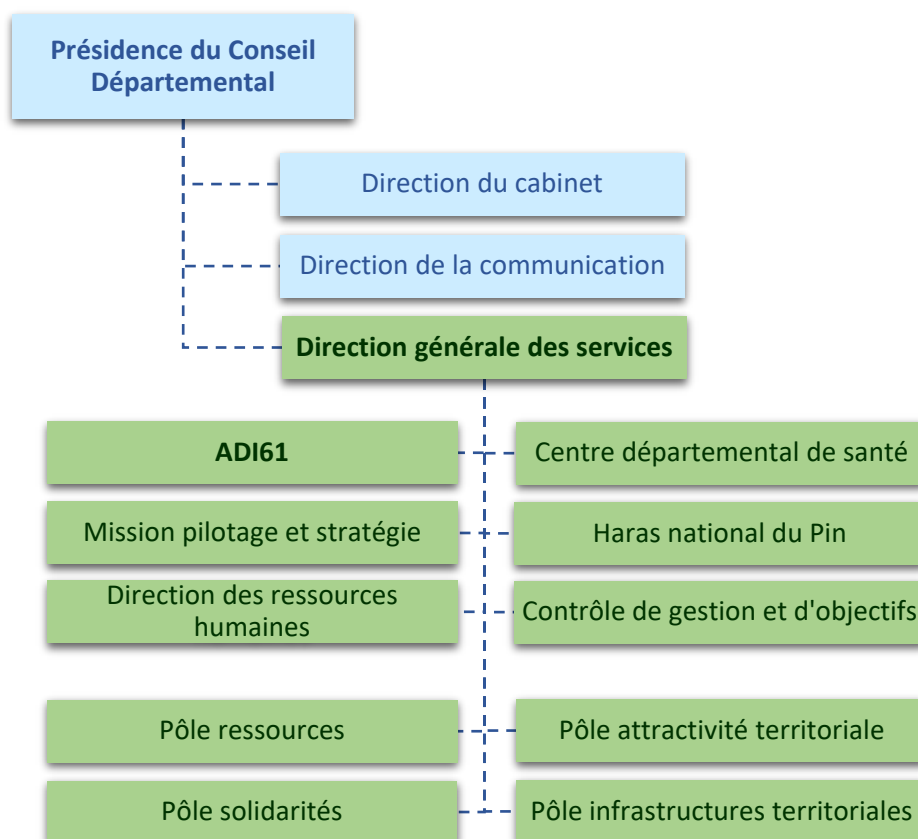


Figure 1 : Organigramme du Conseil Départemental de l'Orne 2022 (A. Gayton, adapté de CD61, 2022)

Cette agence départementale a pour rôle d'apporter son expertise technique, juridique ou financière aux collectivités territoriales et EPCI adhérents dans le but de faciliter la mise en œuvre de leurs projets et missions (ADI61, 2021b). Pour ce faire, elle s'appuie sur les moyens humains et techniques mis à disposition par le Département et bénéficie de différents types de financement : cotisation des collectivités, subventions du Conseil Départemental et facturation des services payants (ADI61, 2021a).

C'est dans ce cadre que le Syndicat Mixte Intercommunal pour le Ramassage et le Traitement des Ordures Ménagères (SMIRTOM) de la Région de L'Aigle, EPCI sans fiscalité propre, a fait appel à l'ADI pour l'assister dans une mission de vérification de la qualité de ses eaux souterraines. Toutefois, bien que l'agence soit qualifiée dans de nombreux domaines (assainissement, voirie et réseaux divers, urbanisme, énergie, numérique, archives, communication, tourisme, etc.), elle ne l'est pas dans celui de l'eau. C'est pourquoi elle-même a sollicité l'hydrogéologue départemental du SDE61.

1.2. Le Syndicat Départemental de l'Eau de l'Orne

Historiquement, le Département de l'Orne a longtemps été impliqué dans les problématiques de l'eau et assistait, au moyen d'un service du Conseil Départemental, les collectivités dans la gestion de leur eau potable (J. Féret, SDE61, Comm. Pers.). Seulement, le 3 janvier 1992 est parue la « loi sur l'eau » qui a formalisé la volonté nationale de préserver les ressources en eau en prescrivant leur gestion équilibrée. Face à ce rappel et au constat qu'aucun périmètre de protection de captage (PPC) n'avait réellement été instauré dans l'Orne, comme l'avait préconisé la première loi sur l'eau de décembre 1964, le Conseil Départemental a pris l'initiative de créer, en association avec les EPCI et autres communes non syndiquées du Département, un syndicat mixte départemental de l'eau : le SDE61 (« SDE » dans la suite du texte) (SDE61, s.d.-c).

A ce jour, ce sont 50 collectivités ornaïses qui en sont membres : le Conseil Départemental, 12 communes et 37 EPCI dont 32 syndicats de communes. Elles sont réparties en quatre collèges qui se constituent de représentant·e·s élu·e·s par chaque organisme adhérent (Tableau 1).

Tableau 1 : Organisation des collèges des membres du SDE (SDE61, s.d.-b)

Collège du Conseil Départemental	Collège des collectivités de plus de 5 000 habitants et syndicats mixtes de production	Collège des collectivités ayant entre 1 000 et 5 000 habitants	Collège des collectivités de moins de 1 000 habitants	
13 délégué·e·s	49 délégué·e·s	22 délégué·e·s	10 délégué·e·s	= Comité Syndical
5 membres	5 membres	5 membres	5 membres	+ le·a Président·e = Bureau
1er·e Vice-président·e Représentant le·a Président·e sauf disposition particulière	2ème Vice-président·e Chargé·e du suivi financier	3ème Vice-président·e Chargé·e du secrétariat	4ème Vice-président·e Chargé·e des relations avec les partenaires extérieurs	

Ainsi, les 94 délégué·e·s forment le Comité Syndical par lequel est administré le SDE. Au sein de chaque collège sont ensuite élu·e·s cinq membres qui intègrent le Bureau avec le·a Président·e, Bureau qui exerce les pouvoirs délégués par le Comité Syndical. Enfin, ces membres élisent un·e Vice-président·e pour leur collège. Ensemble, les Vice-président·e·s contrôlent le fonctionnement du syndicat et le suivi du Schéma Départemental d'Alimentation en Eau Potable (SDAEP) ¹ (SDE61, s.d.-b).

A noter qu'actuellement, le Président élu à la tête du SDE se trouve également être le Président du Conseil Départemental. Bien que le Conseil Départemental s'impose en tant que membre clé et initiateur du SDE, ce dernier en est statutairement indépendant.

¹ Le SDAEP est un document, ici conçu par le SDE, qui établit un bilan, suivi de recommandations, de l'ensemble des équipements, services et actions en place sur le territoire pour la potabilisation et la distribution de l'eau aux consommateurs·trices (BRGM, s.d.-d ; s.d.-f).

« Dans la limite du schéma départemental d'alimentation en eau, des programmes et des crédits ouverts, le Syndicat a pour objet l'organisation qualitative et quantitative de la ressource en eau pour les Collectivités de l'Orne et sa protection. » Son action est orientée selon trois axes :

- la recherche en eau potable dont découle la création de points de prélèvement d'eau brute ;
- le soutien aux collectivités et établissements adhérents dans la gestion et la protection des captages ainsi que de la ressource associée ;
- l'information et la coordination pour une cohérence dans la gestion de l'eau sur le département (SDE61, 2015).

Sous la nouvelle direction, le SDE s'est vivement impliqué dans les problématiques environnementales et sanitaires liées à la ressource en eau. Il n'a pas hésité à redéfinir ses objectifs lors du dernier comité syndical tenu en juin et auquel j'ai eu l'opportunité d'assister. Il sera désormais prioritairement dévoué à la sécurisation de la ressource².

Pour remplir ses missions, le SDE bénéficie de la cotisation de ses membres³ additionnée à des subventions des Agences de l'eau et du Conseil Départemental (SDE61, 2015). Sur le plan humain, il se constitue d'une petite équipe d'une dizaine d'agents divisée en trois cellules techniques (Figure 2).

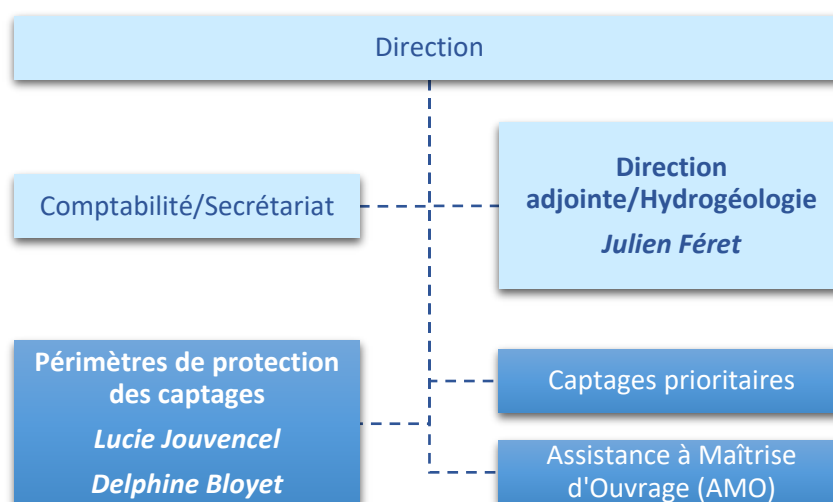


Figure 2 : Organigramme des services techniques du SDE (les trois cellules techniques en bleu foncé) (A. Gayton)

En figure 2 apparaissent les personnes avec lesquelles j'ai été amenée à collaborer durant ce stage :

- Julien Féret, directeur adjoint du SDE, hydrogéologue départemental et mon tuteur au SDE,
- Lucie Jouvencel, chargée de mission périmètres de protection des captages,
- Delphine Bloyet, notamment responsable SIG au SDE.

Julien Féret, en tant qu'hydrogéologue départemental, conduit la recherche de la ressource en eau, gère le parc existant (suivi à distance, réalisation de diagnostics, régénération/réhabilitation d'ouvrages de captage) et pilote l'ensemble du processus de création des captages. En parallèle, Lucie Jouvencel et Delphine Bloyet mettent en place les PPC. La cellule captages prioritaires assure, elle, l'animation d'actions de reconquête de la qualité d'eau des captages classés prioritaires, c'est-à-dire ceux exposés à de fortes pollutions diffuses en nitrates et/ou produits phytosanitaires. A cet égard,

² La ressource en eau n'est pas suffisamment sécurisée dans l'Orne. Afin de faire face à une rupture de production, à l'arrêt temporaire d'un ouvrage pour l'entretien ou encore à la surexploitation de certains points de prélèvement, il serait pertinent d'interconnecter à plusieurs échelles (intra- et inter collectivités) les ouvrages de captages ainsi que les réservoirs d'eau (J. Féret, SDE61, Comm. Pers.).

³ A hauteur de 0,02 €/m³ vendu et 2 €/abonné. Pour une consommation moyenne de 110 m³/abonné/an dans l'Orne (moyenne nationale de référence à 120 m³/abonné/an), cela fait 4,2 €/abonné/an (INSEE in SISPEA, 2019 ; SDE61, Comm. Pers.).

elle mène, entre autres, des actions de sensibilisation et de conseil agronomique auprès des agriculteurs·trices du département. Enfin, la cellule AMO assiste les collectivités et établissements membres du SDE dans la mise en œuvre effective des orientations du SDAEP.

Pour donner un ordre de grandeur, le département de l'Orne compte près de 200 captages d'eau potable, tant en eau superficielle que souterraine, et environ 150 000 abonnés pour 17 millions de m³ consommés par an (SDE61, Comm. Pers.).

1.3. Un équilibre assuré entre les deux organismes

Au sein de l'ADI, c'est à Denis Martins de Almeida, chargé d'opération, qu'a été confiée la mission du SMIRTOM de la Région de L'Aigle. L'ADI ne possédant pas les compétences pour répondre à la demande, il a lui-même fait appel à l'hydrogéologue départemental du SDE, soit Julien Féret. Cependant, du fait d'un manque de personnel au SDE et donc de temps, ce dernier a été contraint de déléguer. C'est ainsi que le SDE et l'ADI ont créé de pair le poste de stagiaire que j'occupe actuellement. De ce fait, mon stage se retrouve sous la tutelle de deux organismes distincts et pourtant complémentaires dans cette mission : l'ADI représente la prestataire de services et le SDE l'expert assistant.

Par chance, les locaux de l'ADI et du SDE se situent tous deux au Conseil Départemental, dans un même bâtiment de l'Hôtel du Département à Alençon. Les premiers sont au deuxième étage tandis que les seconds sont au premier. Etant donné que l'ADI est la structure répondant à la demande, mon bureau se trouve au deuxième étage, dans un *open space* au cœur du groupe des paysagistes.

Bien qu'un *open space* présente l'inconvénient du bruit, spécifiquement lorsqu'il est nécessaire de téléphoner, ce dernier présente de nombreux avantages non négligeables : la sociabilisation avec les collègues est facilitée, la bonne humeur se répand grâce à une équipe dynamique et motivée de même qu'émerge l'occasion de découvrir les travaux des autres membres de l'équipe. En outre, tou·te·s à l'ADI sont aussi discret·e·s que respectueux·ses et les bureaux sont plutôt bien aménagés, offrant à la fois ouverture sur les autres et un minimum de discrétion de par l'utilisation de cloisons.

Finalement, trois missions que je présenterai en détail dans la deuxième partie m'ont été assignées :

- la surveillance de la qualité des eaux souterraines du SMIRTOM de la Région de L'Aigle, sous la supervision de Denis Martins de Almeida et Julien Féret ;
- l'intégration des PPC dans les Plans Locaux d'Urbanisme Intercommunaux (PLUi), sous la direction de Lucie Jouvencel et avec l'aide de Delphine Bloyet ;
- la mise en perspective des seuils sécheresse en vigueur dans le département, sous la supervision de Julien Féret seul.

Comme il est possible de le constater, j'ai été majoritairement associée au SDE. En plus d'avoir assuré le suivi actif de la première mission, Denis Martins de Almeida a pour moi joué le rôle de « référent administratif ». C'est à lui que je me suis adressée pour des questions relatives à la forme des rapports ou à la rédaction de demandes de devis par exemple. Julien Féret, lui, a été mon « référent technique » sur toutes les questions relatives à l'hydrogéologie.

En définitive, l'équilibre de cette double tutelle s'est trouvé dans un partage clair des contributions de chaque organisme, chaque tuteur, même si cela s'est accompagné d'allers-retours presque quotidiens entre le deuxième étage et le premier.

2. TROIS MISSIONS A FORTS ENJEUX SANITAIRES ET ENVIRONNEMENTAUX

A présent que nous avons eu un aperçu du fonctionnement des deux structures d'accueil, passons à la présentation des missions que j'ai réalisées tout au long de ce stage. Quels enjeux se cachent derrière leur genèse ? En quoi consistent-elles ?

2.1. Mission 1 : surveillance de la qualité des eaux souterraines du SMIRTOM de la Région de L'Aigle

2.1.1. Pourquoi surveiller les nappes souterraines ?

Lorsque l'on parle d'hydrogéologie, il faut tout d'abord bien faire la distinction entre aquifère et nappe. Un aquifère est, comme son nom l'indique⁴, une « *[f]ormation géologique, continue ou discontinue, contenant de façon temporaire ou permanente de l'eau mobilisable, constituée de roches perméables (formations poreuses ou fissurées) et capable de la restituer naturellement ou par exploitation (drainage, pompage, ...).* » (BRGM, s.d.-b) Deux zones se démarquent :

- la zone non-saturée, ou zone vadose, dans laquelle les vides disponibles (interstices, fractures, pores de la roche) sont remplis d'air et d'eau (phase gazeuse et/ou liquide) ;
- la zone saturée, dans laquelle tous les vides sont remplis d'eau (phase liquide).

La nappe désigne en fait la masse d'eau contenue dans la zone saturée d'un aquifère. Ainsi, la zone non-saturée se compose des premiers horizons du sol jusqu'à la première nappe, généralement libre, dite nappe phréatique (BRGM, s.d.-b ; s.d.-c). A noter que selon les propriétés hydrogéologiques de chaque horizon du sol et du sous-sol, l'eau captée par la surface va s'infiltrer/percoler plus ou moins rapidement dans les différentes zones de l'aquifère.

Trois types de nappe existent (Annexe 1 ; Rodrigues, s.d.) :

- Les **nappes libres** sont des nappes qui communiquent avec la surface, soit car elles affleurent, soit car elles sont recouvertes d'un sol perméable. Elles sont alors alimentées sur toute leur surface, qui est par ailleurs à pression atmosphérique. Ces mêmes caractéristiques rendent cependant ces nappes très vulnérables aux pollutions ;
- Les **nappes captives** sont comprises entre deux formations géologiques imperméables. De ce fait, elles sont sous pression. Si celle-ci est assez élevée et fait jaillir l'eau hors du sol⁵, on parle de nappe artésienne. Ce sont les précipitations sur la seule partie affleurante de l'aquifère qui alimentent ces nappes. Leurs eaux sont donc renouvelées plus lentement mais sont aussi mieux protégées des pollutions grâce aux couches supérieures imperméables ;
- Les **nappes semi-captives** sont délimitées par des matériaux semi-perméables.

Ainsi, selon que les nappes sont libres ou captives, les enjeux autour de la préservation des nappes varient, que ce soit en termes de qualité ou quantité.

Il ne paraît aujourd'hui pas nécessaire de justifier de l'importance de préserver ces nappes. Elles constituent des réservoirs d'eau douce, ou oserait-on « d'or bleu », essentiels pour l'alimentation en eau de tous les êtres vivants. Il n'empêche que les activités humaines n'ont cessé de les dégrader.

⁴ « Aqua » signifie « eau » et le verbe « ferre » signifie « porter » en latin.

⁵ Le niveau piézométrique, qui correspond à l'altitude de la nappe ou, dit autrement, l'interface zone saturée/non-saturée, est alors plus haut que le niveau du sol.

2.1.2. Le SMIRTOM de la Région de L'Aigle

Le Syndicat Mixte Intercommunal pour le Ramassage et le Traitement des Ordures Ménagères de la Région de L'Aigle (« SMIRTOM » dans la suite du texte) est un EPCI ornaï sans fiscalité propre situé au lieu-dit « Les Champs Rouges » de la commune de Saint-Ouen-sur-Iton (Annexe 2). C'est un EPA qui a pour compétences la collecte, le transfert et le traitement des déchets ménagers des Communautés de communes (CDC) adhérentes. En plus des services de déchetterie et transit de déchets urbains, le SMIRTOM assure le compostage des déchets verts (SMIRTOM de la Région de L'Aigle, s.d.).

Un rapport d'inspection datant de 2016 du SMIRTOM par la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) Normandie établit l'historique des pratiques sur le terrain (SMIRTOM de la Région de L'Aigle, Comm. Pers.). Le site était, en amont du SMIRTOM, investi par une Usine à Incinération d'Ordures Ménagères (UIOM) jusqu'à sa mise à l'arrêt en décembre 1995. Son exploitation était à l'origine de la production de mâchefer⁶ qui ont servi à remblayer une partie du site en 1982. En 1999, le SMIRTOM fait enlever une portion seulement de cet ancien mâchefer et c'est finalement par-dessus cette couche de remblai que l'établissement est construit au début des années 2000. En effet, des analyses ont montré que le risque local de pollution du mâchefer subsistant était réduit. L'Inspection a donc autorisé la mise en service du SMIRTOM sous réserve de deux conditions, notamment la réalisation d'une étude hydrogéologique sur les écoulements souterrains.

2.1.3. Genèse du projet et objectifs de la mission

A la suite de cette injonction, aucun plan de surveillance des eaux souterraines n'est mis en place sur le site du SMIRTOM. Ce n'est qu'après un deuxième courrier de rappel daté de novembre 2009 que les premières actions sont entreprises. Ainsi, un piézomètre⁷ PZ1 est commandé en 2010 puis installé en 2013. Toutefois, l'article 65 de l'arrêté ministériel du 2 février 1998 relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute nature des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation stipule notamment que « *trois ouvrages au moins [doivent être] implantés dont un en amont hydraulique, les deux autres en aval hydraulique de l'installation soumise à surveillance, de sorte que les trois ouvrages ne soient pas alignés* ».

Justifié par l'avis de la DREAL Normandie, un dernier arrêté préfectoral a donc été soumis au SMIRTOM de la Région de L'Aigle le 16 juillet 2018. Y est exigé de l'établissement qu'il surveille les eaux souterraines s'écoulant au droit du terrain en plus de surveiller les eaux de percolation à travers le mâchefer dans le but de déceler de potentielles pollutions engendrées par les activités des différents établissements qui se sont succédé sur le site. A ce titre, le SMIRTOM a été tenu :

- De faire poser au moins trois piézomètres, PZ1 ayant été abandonné, dont l'implantation est déterminée par une étude hydrogéologique puis contrôlée par un-e géomètre expert-e ;
- De faire réaliser des prélèvements d'eau sur une période de quatre ans et « *au moins deux fois par an, si possible dans des configurations hydrogéologiques contrastées* » (Art. 65, arrêté du 02/02/1998), c'est-à-dire une fois en basses-eaux puis durant les hautes-eaux ;
- De retranscrire les résultats dans un tableau récapitulatif et les comparer à des valeurs seuil de qualité, notamment celles des eaux brutes utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine définies par l'arrêté du 11 janvier 2007 (Annexe 3) ;
- En cas de dépassement des seuils, de notifier la Préfecture sous un délai d'un mois et lui proposer un plan de reconquête de la qualité des eaux ;
- D'établir un bilan quadriennal.

⁶ « Le mâchefer est le résidu de l'incinération du charbon ou des déchets dans les usines d'incinération. » (INSA Lyon, 2019)

⁷ Un piézomètre est un équipement de forage qui permet d'effectuer des mesures quantitatives et qualitatives hors pompage de l'eau de la nappe qu'il atteint.

Afin de l'assister dans ses obligations, le SMIRTOM de la Région de L'Aigle a fait appel à l'ADI61 par commande de prestation. La première étape a été l'installation des trois piézomètres – PZ2, PZ3, PZ4 – en novembre 2019. Selon le rapport de fin de chantier de la SARL TECHNOSOL Normandie, entreprise employée pour réaliser le chantier, PZ2 et PZ3 atteignent 11 m de profondeur (sondage de 12 m) et PZ4 atteint 4 m de profondeur (sondage de 5,30 m), les trois parvenant à la même formation aquifère d'argiles à silex. PZ4 se situe au sud-ouest de l'emprise de la déchetterie, défini comme l'amont hydraulique, tandis que PZ2 et PZ3 se situent respectivement au nord et au nord-est, définis comme étant l'aval (Figure 3).

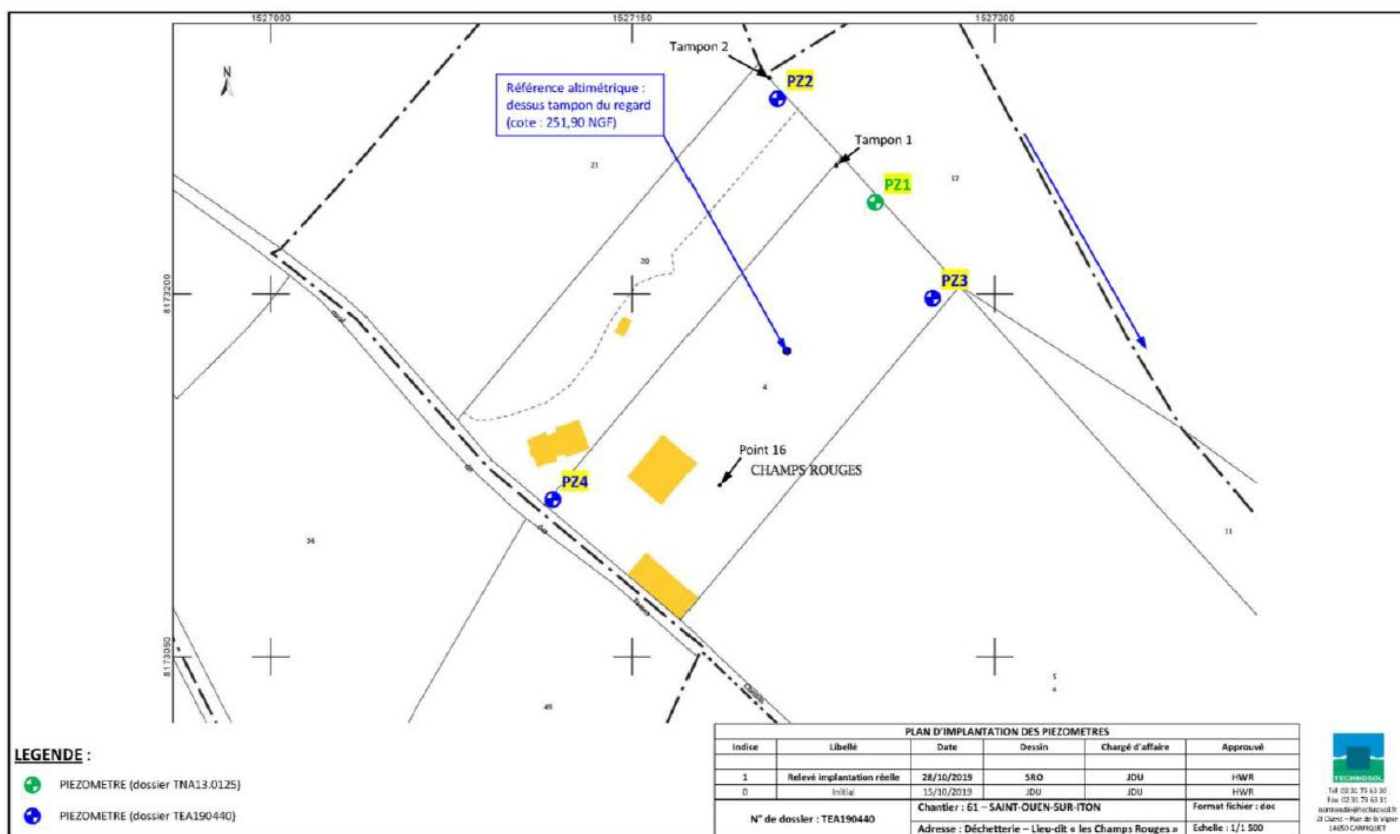


Figure 3 : Implantation des piézomètres PZ1 à PZ4 sur le site du SMIRTOM de la Région de L'Aigle (S. Roulland, TECHNOSOL Normandie, Comm. Pers., 2019)

Les prélèvements ont pu commencer dès la pose des piézomètres, soit fin 2019.

Ainsi, les objectifs de cette première mission de stage se confondent avec ceux définis par l'arrêté préfectoral du 16 juillet 2018 :

- analyser les relevés piézométriques réalisés depuis 2019,
- créer une base de données dans laquelle apparaissent les résultats confrontés aux valeurs seuil,
- en cas de dépassement des seuils, construire un plan de reconquête de la qualité des eaux en coopération avec le SMIRTOM,
- rédiger un rapport de surveillance initial qui fait office de registre avec les premiers résultats d'analyse.

Tout ceci dans le but de vérifier qu'il n'y ait pas d'infiltration de polluants (listés en Annexe 4) dans la nappe s'écoulant au droit du SMIRTOM.

2.2. Mission 2 : intégration des périmètres de protection des captages dans les PLUi

2.2.1. Que sont les PPC ?

Les périmètres de protection des captages d'eau destinée à la consommation humaine constituent un des outils pour la préservation de la qualité de l'eau prélevée. Ils sont rendus obligatoires par l'article L. 1321-2 du Code de la Santé Publique (2019). Un PPC est subdivisé en trois secteurs (Figure 4) : le périmètre de protection immédiate (PPI), le périmètre de protection rapprochée (PPR), tous deux obligatoires, et le périmètre de protection éloignée (PPE), optionnel. En complément de la réglementation générale, des prescriptions imposées par arrêté préfectoral de Déclaration d'Utilité Publique (DUP) sont à respecter à l'intérieur de ces périmètres.

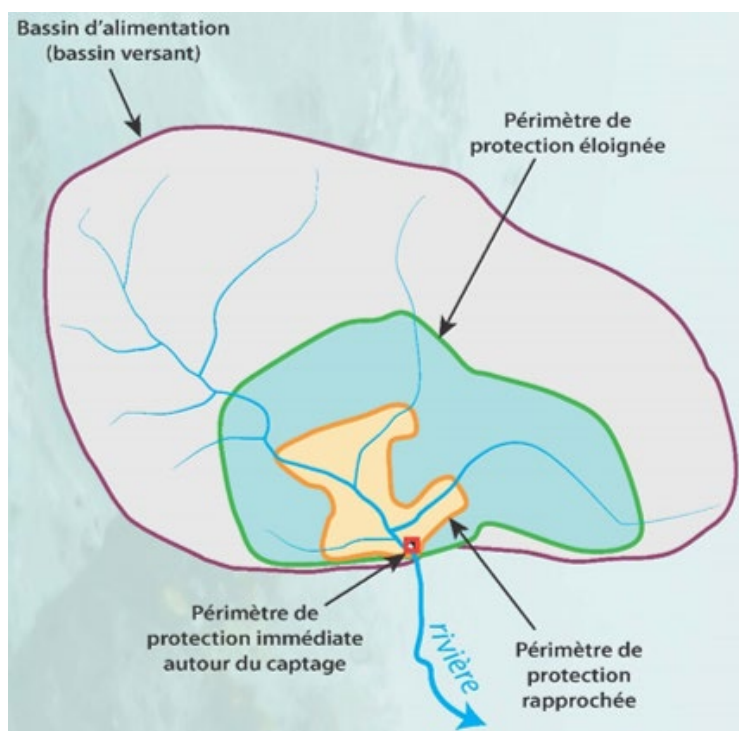


Figure 4 : Exemple de disposition des PPC pour une prise d'eau en rivière (J. Féret, SDE61, Comm. Pers.)

Le **PPI** est le périmètre le plus restrictif mais également celui de plus petite extension. Il correspond généralement au terrain d'implantation du captage mais peut toutefois être localisé dans une zone disjointe présentant un risque direct de pollution pour l'eau prélevée – on parle alors de PPI satellite. Le PPI a pour fonction d'interdire toute introduction directe de substances polluantes dans l'eau prélevée ainsi que d'empêcher la dégradation des ouvrages nécessaires à l'exploitation du captage (installations de traitement...).

Le **PPR** est un périmètre dont l'étendue varie considérablement selon le contexte hydrologique ou hydrogéologique autour du captage. Il se décline sous deux à trois sous-périmètres – sensible et complémentaires – dans le but de graduer les restrictions et prescriptions en fonction de la vulnérabilité des différents secteurs du PPR. Ce dernier a pour objectif de prévenir la migration des pollutions accidentelles et ponctuelles vers l'ouvrage de captage. Il vise à conserver voire améliorer l'environnement du PPR. Pour ce faire, des prescriptions sont notamment posées concernant les boisements, les excavations, les voies de communication, l'utilisation des produits phytosanitaires, les points d'eau, les dépôts/stockages/canalisation, les activités agricoles ainsi que l'urbanisme/habitat.

Le **PPE** est le périmètre le plus vaste. Pour rappel, c'est la seule zone du PPC non obligatoire. Il correspond, de manière générale, à toute ou partie de l'aire d'alimentation du captage. Il a pour fonction de réglementer, sans les interdire, les activités, installations et dépôts qui pourraient nuire à la qualité des eaux prélevées. Le PPE représente également un bon moyen d'attirer l'attention des collectivités, services de l'Etat et bureaux d'études sur l'existence d'un captage et sur la vulnérabilité de la ressource en eau qui y est prélevée (BRGM, s.d.-e ; Guillet *et al.*, 2009).

Il faut noter que les PPC n'ont pas pour première vocation de préserver les captages des pollutions diffuses, en particulier en Normandie au regard de l'application faite des textes par l'Agence Régionale de Santé (ARS) Normandie. D'autres dispositifs tels que celui des « captages prioritaires » existent pour traiter les problématiques de pollution diffuse. Dans l'Orne, des prescriptions sont tout de même occasionnellement prises pour limiter légèrement leur impact sur des captages particulièrement vulnérables et pollués (J. Féret, SDE61, Comm. Pers.).

2.2.2. Genèse du projet et objectif de la mission

Trop souvent, les chef-fe-s de projets d'aménagement apprennent que leur zone d'étude est traversée ou incluse dans des PPC uniquement lors de l'étape de validation du projet (L. Jouvencel, SDE61, Comm. Pers.). Il faut alors repenser tout ou partie de l'aménagement prévu, ce qui représente une perte de temps considérable. J'ai moi-même pu observer une telle situation au sein de l'ADI. Sachant que je travaillais en collaboration avec le SDE, certain-e-s collègues m'ont demandé s'il existait une carte des PPC sur l'Orne. C'est de ce questionnement que j'ai pris contact avec Lucie Jouvencel⁸ qui m'a alors fait part de son besoin d'établir de telles cartes à l'échelle des CDC dans le but de les intégrer aux PLUi. En effet, à ce jour certaines CDC ne possèdent pas l'information ou alors ne la mettent pas assez en valeur. En outre, « *[l]a protection administrative du captage n'est réellement acquise que lorsque l'arrêté préfectoral de DUP est annexé au PLU et que les servitudes qu'il instaure ont fait l'objet d'une inscription au bureau des hypothèques.* » (BRGM, s.d.-e)

L'objectif de cette deuxième mission est donc de créer puis transmettre à chaque CDC les cartes des captages et PPC de leur territoire, sur la base de la cartographie existante à l'échelle départementale, en vue de leur intégration dans les PLUi.

2.3. Mission 3 : mise en perspective des seuils sécheresse de l'Orne

2.3.1. Pourquoi et comment mettre en place des seuils sécheresse ?

Le niveau des cours d'eau fluctue annuellement entre hautes-eaux et basses-eaux et occasionnellement entre crue et étiage, notamment du fait d'épisodes de fortes pluies ou de sécheresse. Lang Delus (2011) explique que le terme d'étiage est souvent flou et associé à celui des basses-eaux. Pourtant, elle cite également M. Dacharry (1996) d'après qui l'étiage correspondrait à un « *[d]ébit exceptionnellement faible d'un cours d'eau, qu'il ne faut pas confondre avec les basses eaux saisonnières, même s'il en est l'exacerbation* ». En outre, l'étiage est un mot dont l'acception est large. Selon les auteur-e-s, les notions de durée, de sévérité voire même d'origine (résultat d'une sécheresse prolongée ou non) entrent en jeu. C'est pourquoi les étiages sont plus facilement abordés selon leurs définitions statistiques. On parle alors de débits caractéristiques d'étiage. Parmi eux :

- le **dixième du module** – dixième du débit moyen interannuel calculé sur l'année,
- le **QMNAx** – débit mensuel minimal de l'année à période de retour x années,
- et le **VCNd-x** ou **QdJ-x** – débit journalier moyen minimal de l'année calculé sur d jours consécutifs et à période de retour x années.

⁸ Lucie Jouvencel et Delphine Bloyet sont chargées de la mise en place des PPC au sein du SDE.

En France, un plan national de gestion de la sécheresse a pour visée d'assurer « *dans le respect des équilibres naturels, les usages prioritaires de santé, sécurité civile et d'approvisionnement en eau potable* » (Ministère de la Transition Ecologique, 2021, p.4). Il se traduit à échelle plus locale par des arrêtés d'orientations de bassin puis enfin par des arrêtés-cadre sécheresse départementaux ou interdépartementaux⁹ qui définissent les limitations graduelles d'usage de l'eau nécessaires pour faire face à un épisode de sécheresse. Dans ce but, les arrêtés-cadre¹⁰ :

- identifient dans le département des zones d'alerte, lesquelles correspondent généralement aux périmètres des Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) lorsqu'il y en a ;
- donnent les conditions de déclenchement des mesures (seuils de débit et parfois niveaux piézométriques, suivi des stocks de soutien d'étiage) ;
- et communiquent l'ensemble des restrictions à respecter en fonction des usages de l'eau et du niveau de gravité.

Quatre seuils existent :

- la **vigilance (SV)** – consiste en de la communication et de la sensibilisation, la population est amenée à réduire sa consommation d'eau sur la base du volontariat afin d'éviter de franchir les seuils suivants, plus restrictifs ;
- l'**alerte (SA)** – certains usages de l'eau sont limités afin de protéger au maximum la ressource encore disponible ;
- l'**alerte renforcée (SAR)** – les prélèvements sont progressivement limités et les usages sont fortement restreints dans l'optique de ne pas atteindre le seuil de crise ;
- la **crise (SC)** – tous les usages non prioritaires sont arrêtés pour relever la quantité de ressource disponible et préserver la vie dans les cours d'eau.

Les tenants et aboutissants des arrêtés-cadre sécheresse sont déterminés lors de Comités Ressource en Eau (CRE) réunissant des représentant-e-s de l'Etat¹¹, des collectivités territoriales et des usages professionnels et non professionnels de l'eau *a minima* deux fois par an :

- Au printemps et avant de passer le premier seuil de vigilance, un état des lieux de la ressource en eau est réalisé. Par une analyse conjointe de la situation hydrogéologique du département et des risques sécheresse, le comité propose une stratégie et révisé, si nécessaire, les seuils d'alerte (SV à SC) en vigueur ;
- En fin de période d'étiage, le comité établit un bilan du dispositif et en propose des améliorations pour l'année suivante.

(Ministère de la Transition Ecologique, 2021)

2.3.2. Genèse du projet et objectif de la mission

Dans l'Orne, le CRE s'est réuni au printemps, comme attendu. De cette réunion s'est ensuivie la publication de l'arrêté-cadre du 1er avril 2022 fixant de nouveaux seuils sécheresse pour le département (Annexe 5). Ces derniers se basent sur les dispositions de l'arrêté d'orientations du bassin Seine-Normandie ainsi que du Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) Loire-Bretagne. Ils correspondent donc globalement aux débits minimaux annuels sur trois jours de fréquence de retour 2, 5, 10 et 20 ans.

⁹ Si un besoin est identifié pour une gestion cohérente au sein d'un même bassin.

¹⁰ Dont l'arrêté préfectoral n°2350-22-00052 du 01/04/2022 définissant le cadre des mesures de limitation progressive des usages de l'eau en période de sécheresse dans les zones d'alerte départementales de l'Orne

¹¹ Préfecture, Direction Départementale des Territoires (DDT), DREAL, Office Français de la Biodiversité (OFB), Bureau de Recherche Géologique et Minière (BRGM), etc.

Pourtant, les débits caractéristiques d'étiage quinquennaux ou plus représentent déjà des situations critiques (Baran *et al.*, 2008). Ils sont de surcroît imprécis aux extrêmes car résultent d'un traitement statistique. En plus de ces observations, deux constats ont été faits :

- alors même que l'aval était en état de vigilance, alerte ou bien crise, les seuils sécheresse n'étaient pas atteints dans l'Orne ;
- et, par souci de réserve d'un débit minimal réglementaire pour la vie dans les cours d'eau (dit « débit de réserve »), les prélèvements pour l'eau potable ont pu être suspendus avant même que la zone d'alerte concernée ne passe en état de vigilance sécheresse (J. Féret, SDE61, Comm. Pers.). On rappelle que l'instauration des seuils sécheresse a pour finalité de prévenir l'arrêt des usages prioritaires de l'eau dont fait partie l'approvisionnement en eau potable.

Ainsi, les seuils sécheresse paraissent trop bas dans le département. Ils ne sont pas atteints assez tôt pour que les mesures de restriction permettent de préserver la ressource en eau.

Afin de vérifier cette hypothèse, l'objectif de cette troisième et dernière mission est de mettre en perspective les seuils sécheresse avec les débits caractéristiques d'étiage et autres débits significatifs du fonctionnement des cours d'eau.

Ces trois missions distinctes sont toutes motivées par la même cause : préserver la ressource en eau à l'égard d'enjeux à la fois sanitaires et environnementaux.

Pour les réaliser, elles nécessitent d'apprécier l'hydrogéologie dans sa complexité. La première mission est formatrice quant aux problématiques d'écoulement des nappes et de qualité de l'eau souterraine, notamment au regard de la réglementation. La deuxième introduit un des outils de préservation de la qualité des eaux destinées à la consommation humaine contre certaines pollutions. Enfin, la troisième soulève le volet quantitatif de la protection de la ressource en eau en plus de traiter du fonctionnement des cours d'eau – de surface mais toujours en lien avec le subsurface. Un va-et-vient constant et stimulant s'opère simultanément entre eaux souterraines et de surface ainsi qu'entre aspects qualitatif et quantitatif.

3. STIMULATION PERPETUELLE DANS L'EXECUTION DES MISSIONS

A Polytech Tours, une école d'ingénieur généraliste, sont enseignées les bases de la géologie, de l'hydrologie et du fonctionnement des collectivités territoriales. Toujours est-il que ces trois missions qui m'ont été confiées, et plus globalement mes activités de stage, n'ont cessé de m'inciter à poser des questions et mener des recherches pour approfondir ces connaissances.

3.1. Prise en main du contexte : l'Orne, un département rural divisé par une hydrogéologie singulière

La première étape dans cette expérience d'apprentissage a été, dès mon arrivée, de me familiariser avec les situations géographique, hydrographique et hydrogéologique ornaïses.

3.1.1. Présentation générale de l'Orne

L'Orne est un département du Nord-Ouest de la France, dans la région Normandie (Figure 5).

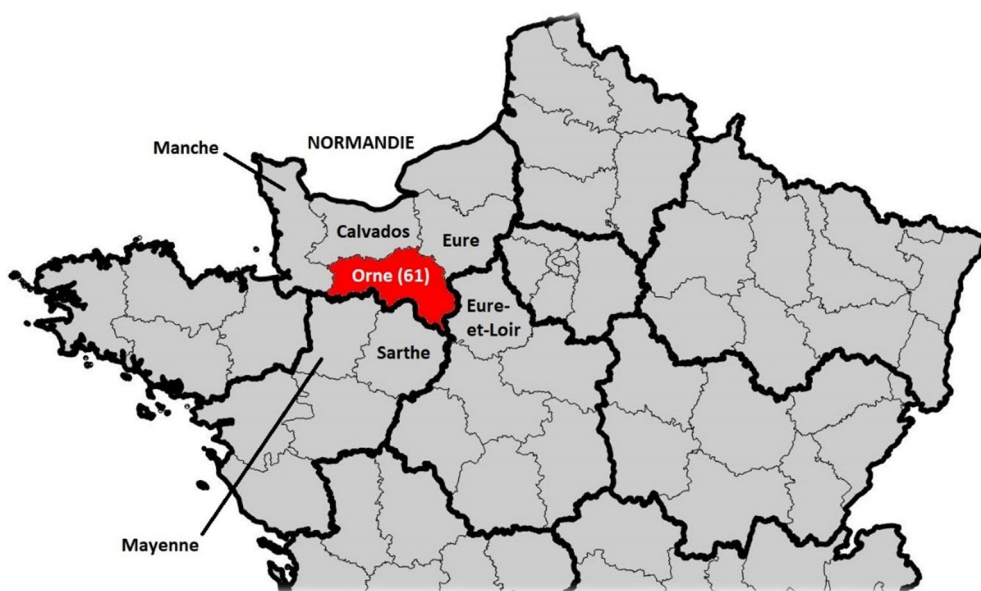


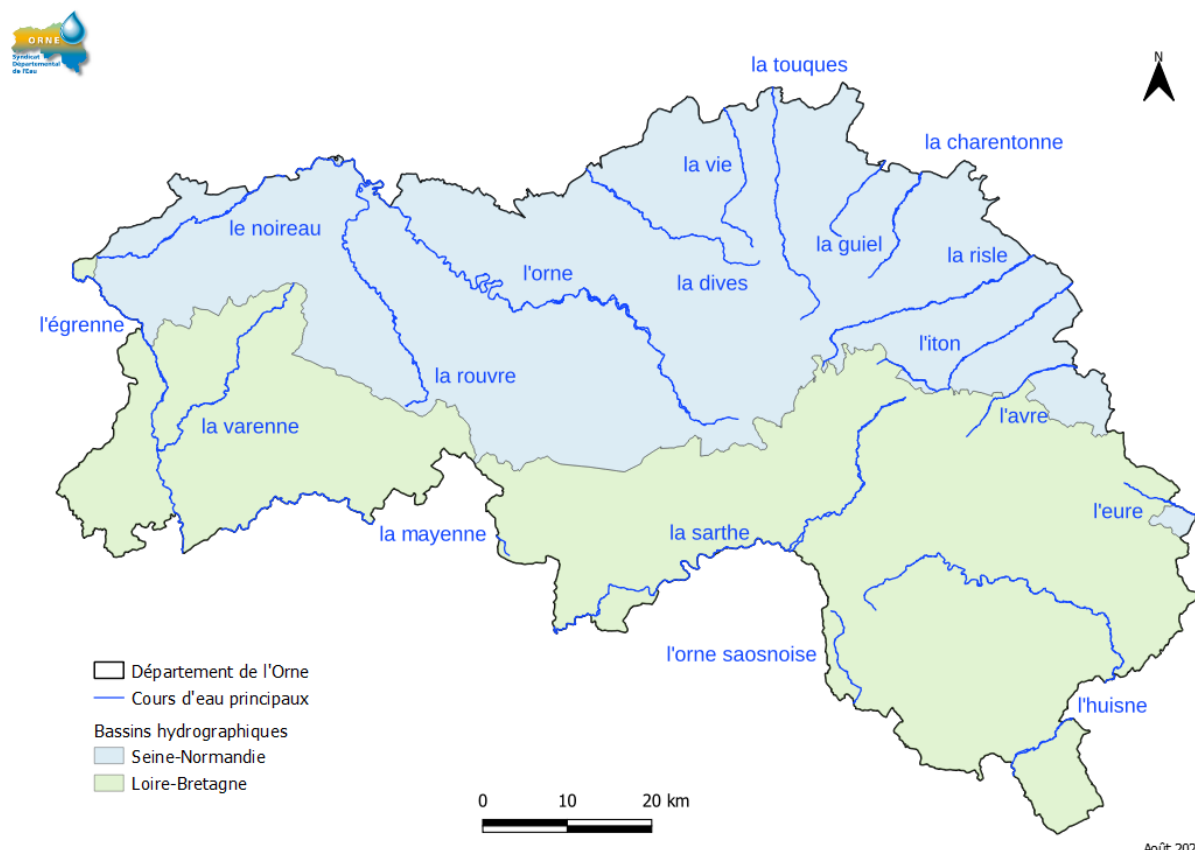
Figure 5 : Emplacement de l'Orne et ses voisins en France métropolitaine (A. Gayton, fond de carte : actualitix.com)

Elle est essentiellement rurale, avec une population en 2019 de presque 280 000 habitant·e·s pour une superficie de 6 100 km², soit une densité de 45,9 hab./km², bien en-deçà de la moyenne nationale de 105,8 hab./km² (INSEE, 2019). L'agriculture et en particulier l'élevage sont deux activités très importantes du département. Il y est même recensé plus de bovins que d'habitant·e·s. En 2019, l'Orne comptait presque 445 000 individus d'espèce bovine (Agreste, 2019). Ceci n'est pas anodin lorsque l'on sait qu'une vache à lait peut consommer jusqu'à 115 L d'eau par jour (Ward & McKague, 2007).

Il est intéressant de noter que les conversations au sein de l'équipe, lorsque mes collègues faisaient mention de leurs projets et donc de certaines communes, m'ont permis d'appréhender plus rapidement la géographie du département.

3.1.2. Contexte hydrographique

Une particularité de l'Orne est que de nombreux cours d'eau y prennent leur source. Le département est d'ailleurs traversé sur un axe Est/Ouest par la limite des bassins versants Seine-Normandie et Loire-Bretagne (Figure 6).



Cette position en tête de bassins signifie que le département de l'Orne est plus à même de souffrir d'épisodes de sécheresse sur la base de ses réserves en eau superficielle. Or, « [il] a un rôle central, de « château d'eau », vis-à-vis des agglomérations situées à l'aval de ces grands cours d'eau et des aquifères qui alimentent les départements voisins du Calvados, de l'Eure, de l'Eure et Loir, de la Sarthe, de la Mayenne et dans une moindre mesure de la Manche. » (Idée et al., 2019) Qu'en est-il alors des réserves souterraines ?

3.1.3. Contexte géologique

Avant de plonger dans l'hydrogéologie du département de l'Orne, il convient de se saisir de son contexte géologique en faisant tout d'abord un bref focus sur l'histoire géologique de la France.

La France se compose de grands ensembles géologiques variés (Figure 7) provenant des processus de la géodynamique terrestre (dérive des continents, subduction/collision, orogénèse, transgression/sédimentation, régression/érosion, etc.) en action depuis des milliards d'années¹².

¹² Chaque ensemble géologique est placé sur l'échelle des temps géologiques (Annexe 6) qui permet de visualiser les relations temporelles entre les différentes unités lithologiques.

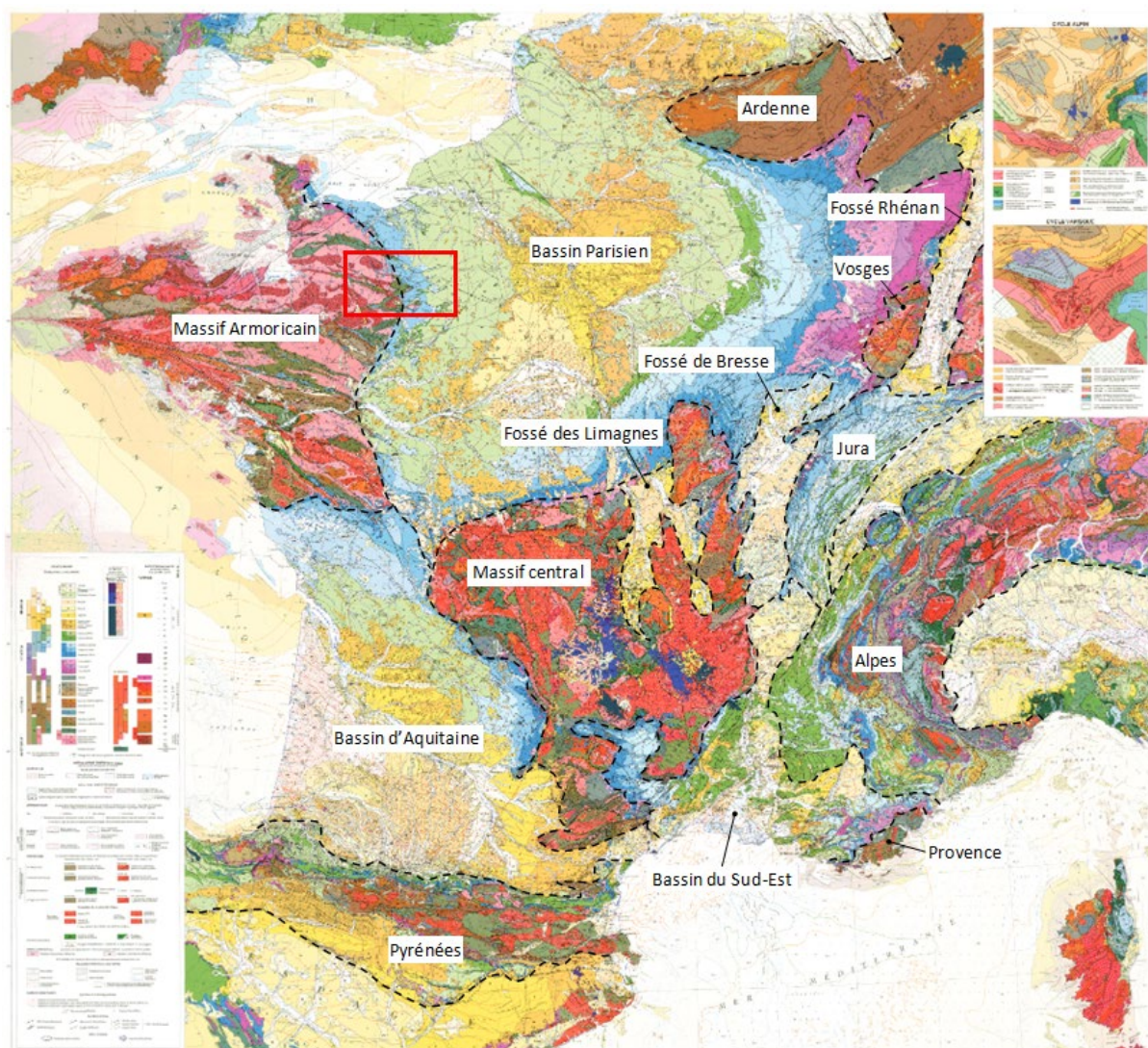


Figure 7 : Grands ensembles géologiques de la France métropolitaine (1/1 000 000) et localisation du département de l'Orne (en rouge) (A. Gayton, adapté de Peycru et al., 2008 ; carte : Chantraine et al., 1996)

L'observation rapide de cette carte permet de faire ressortir différentes zones lithostructurales, c'est-à-dire différentes zones de même nature et s'étant formées selon les mêmes procédés géodynamiques :

- Les couleurs claires (jaune à rose) traduisent l'affleurement de terrains sédimentaires d'âges mésozoïque (-250 à -65 Ma¹³) et cénozoïque (-65 Ma à nos jours) : Bassins de Paris, d'Aquitaine et du Sud-Est et les fossés Rhénan, de Bresse et des Limagnes, dits péri-alpins.
- Ces terrains sédimentaires reposent sur un socle plus ancien, représenté sur la carte par des couleurs foncées (dominantes rouges et marron), de roches magmatiques et métamorphiques du Paléozoïque (-540 à -250 Ma) et parfois du Protérozoïque (-2 500 à -540 Ma) comme dans le cas du Massif Armoricain. Bien que le socle constitue principalement les massifs anciens de faible altitude (Massifs central et Armoricain, Vosges, Ardenne, Provence), il est également présent au sein des chaînes montagneuses récentes à fort relief (Alpes, Pyrénées).

« On peut ainsi définir le socle comme un vaste ensemble de terrains généralement métamorphisés et largement granitisés, anté-mésozoïques, sur lesquels reposent en discordance des terrains sédimentaires et/ou volcaniques formant la couverture. » (Peycru et al., 2008, p. 529)

¹³ Millions d'années

L'encadré rouge sur la figure 7 situe de manière approximative le département de l'Orne. Ce dernier se trouve à la rencontre de deux massifs :

- à l'Est, le Bassin Parisien, dont les éléments affleurants datent essentiellement du Jurassique moyen à supérieur et du Crétacé (-175 à -65 Ma) (SDE61, s.d.-a),
- à l'Ouest, le Massif Armoricain.

De ce fait, il comprend des terrains à la fois sédimentaires et de socle dont les propriétés hydrogéologiques distinctes vont grandement influencer les caractéristiques des aquifères du département : leur capacité à capter, stocker, protéger et restituer l'eau.

3.1.4. Contexte hydrogéologique

La disparité géologique entre l'Ouest et l'Est du département est à l'origine d'une polarité Ouest/Est superposable sur le plan hydrogéologique (Figure 8).

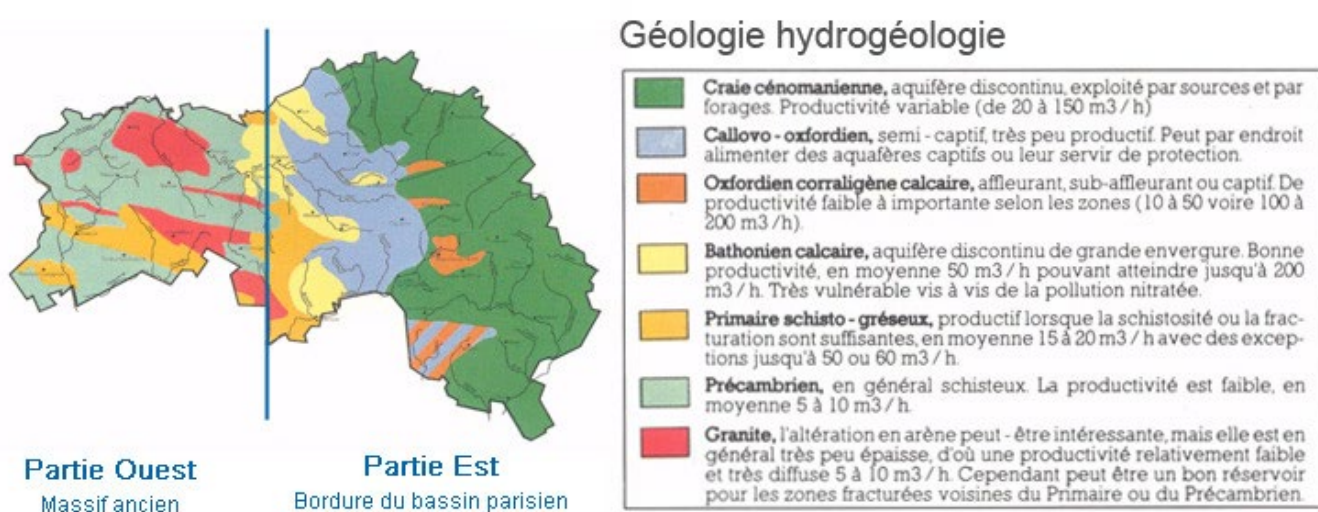


Figure 8 : Affleurements géologiques dans l'Orne et caractéristiques des aquifères correspondants (Conseil Départemental de l'Orne "L'eau patrimoine de l'Orne") (SDE61, s.d.-a)

Les aquifères du domaine de socle, à l'Ouest, sont moins productifs que ceux du domaine sédimentaire, à l'Est : dans le premier, les débits de prélèvement ne dépassent les 20 m³/h que lorsque la roche est suffisamment fracturée alors que dans le second, les débits peuvent atteindre les 200 m³/h.

En effet, le Massif Armoricain est constitué de roches massives, peu altérables et peu perméables. Suite à des phénomènes tels que la fracturation tectonique ou l'altération météorique, des failles sont apparues et la porosité des roches s'est légèrement améliorée. En conséquence, les aquifères du domaine de socle sont globalement compartimentés, fissurés et discontinus. Concrètement, cela se traduit dans les forages par des arrivées d'eau très locales, au niveau des fractures et sur de faibles surfaces au sein de roches imperméables. En outre, la perméabilité de ces formations étant faible, le réseau hydrographique de surface est dense. Hélas, ce réseau est mis à mal durant les périodes d'étiage puisque, compte-tenu de leurs propriétés, les aquifères de socle ne permettent pas de réellement recharger les cours d'eau, contrairement aux aquifères du domaine sédimentaire (BRGM, s.d.-a).

Ces derniers sont stratifiés et plus ou moins continus (BRGM, s.d.-a) mais surtout, les sables et calcaires sont poreux et fissurés (SDE61, s.d.-a). Captage, stockage et restitution sont donc beaucoup plus

efficaces. Ces caractéristiques présentent un intérêt particulier lors des étiages des cours d'eau alors significativement soutenus par les nappes du Bassin Parisien.

L'ensemble de ces propriétés hydrogéologiques expliquent comment ont été répartis les captages dans le département : dans l'Ouest, il est plus courant de recourir à des prises d'eau superficielle pour l'approvisionnement en eau tandis qu'à l'Est, ce sont les forages qui prédominent (SDE61, s.d.-a).

Ainsi, l'Orne est divisée conjointement par un axe Est/Ouest du fait de son réseau hydrographique et par un axe Nord/Sud du fait de ses caractéristiques hydrogéologiques. Cette division a pour effet de complexifier la gouvernance de l'eau puisqu'aux tensions naturelles sur l'eau comme la sécheresse s'ajoute la multiplication des acteurs, de leurs besoins et de leurs modes de gestion.

3.2. Mission 1 : SMIRTOM

La première mission sur laquelle je me suis investie est celle du SMIRTOM de la Région de L'Aigle. Pour rappel, l'objectif est d'analyser les prélèvements des eaux de ce site de traitement des ordures ménagères dans le but d'y déceler de potentielles pollutions. C'est une mission qui fait appel à la notion de nappe souterraine. J'ai donc commencé par approfondir la contextualisation hydrogéologique à l'échelle la plus restreinte possible, celle de l'emprise du SMIRTOM.

3.2.1. Précision du contexte hydrogéologique local

Le SMIRTOM, ou plus globalement la Région de L'Aigle, est implanté dans le Bassin Parisien (Annexe 2). Lors de la pose des piézomètres PZ2 à PZ4 en 2019, TECHNOSOL Normandie a relevé la nature ainsi que les côtes¹⁴ des différentes couches lithologiques du site (Tableau 2).

Tableau 2 : Nature et côte des formations rencontrées au droit des sondages PZ2 à PZ4 (S. Roulland, TECHNOSOL Normandie, Comm. Pers., 2019)

Nature du sol	PZ2	PZ3	PZ4
	m / Cote NGF	m / Cote NGF	m / Cote NGF
Terre végétale	0,00 / 250,33	0,00 / 251,71	0 00 / 252,90
Remblai argilo-limoneux avec cailloux et graviers de silex	0,30 / 250,03	0,30 / 251,41	0,30 / 252,60
Argile à silex	0,80 / 249,53	1,50 / 250,21	0,80 / 252,10
Argile à silex avec passages crayeux	NR	NR	4,20 / 248,70

Les argiles à silex, à l'intérieur desquels l'infiltration de l'eau est lente, s'établissent par-dessus la formation de Craie du Cénomanien (Crétacé supérieur de -96 à -92 Ma) qui repose elle-même sur des couches imperméables de la glauconie de l'Albien (Crétacé inférieur de -108 à -96 Ma). D'une puissance¹⁵ de l'ordre de 60 m, la Craie du Cénomanien constitue le principal aquifère de la région en raison notamment de « *ses faciès qui sont tous favorables à l'infiltration, la circulation des eaux et la constitution de grands réservoirs* » (Ménillet et al., 1998, p.82).

¹⁴ « Le Nivellement Général de la France (NGF) constitue un réseau de repères altimétriques disséminés sur le territoire français. Les repères altimétriques permettent de déterminer l'altitude en chaque point du territoire. En NGF IGN69, l'altitude zéro (NGF 0) de référence est déterminée par le marégraphe de Marseille. » (Préfecture de l'Orne, 2017)

¹⁵ Epaisseur saturée de la nappe.

De par la perméabilité relative des argiles à silex, la nappe de la Craie cénomaniennne peut être qualifiée de semi-captive. C'est pourquoi les sondages, assez profonds pour atteindre les argiles à silex seulement, captent tout de même l'eau de la nappe. Celui de PZ4 s'est par ailleurs arrêté à 5,30 m, comme mentionné en partie 2.1.3.. Ceci s'explique par la présence de passages crayeux qui indiquent la proximité du toit de la Craie cénomaniennne avec laquelle il a été convenu de ne pas interférer conformément à l'avis de l'hydrogéologue départemental de l'Orne de 2019 (S. Roulland, TECHNOSOL Normandie, Comm. Pers., 2019). En effet, le forage fragiliserait le caractère semi-captif de la nappe qui se trouverait alors plus vulnérable face aux pressions extérieures. A noter qu'aucun passage crayeux n'a été repéré lors des sondages de PZ2 et PZ3 (Tableau 2), ce qui signifie que la couche d'argile à silex s'étend au moins jusqu'à la base des piézomètres.

Une particularité du SMIRTOM de la Région de L'Aigle est qu'il se situe entre les cours d'eau de la Risle et de l'Iton qui drainent tous deux la nappe de la craie s'écoulant au droit du site. La piézométrie reflète cette particularité en inscrivant le SMIRTOM sur ou à proximité d'une ligne de partage des eaux (Figure 9). La détermination plus précise du sens d'écoulement de la nappe va donc représenter un enjeu important dans cette mission. En cas de pollution avérée, nous serons à même de localiser les sites à risque vis-à-vis des pollutions engendrées par les activités de l'établissement.

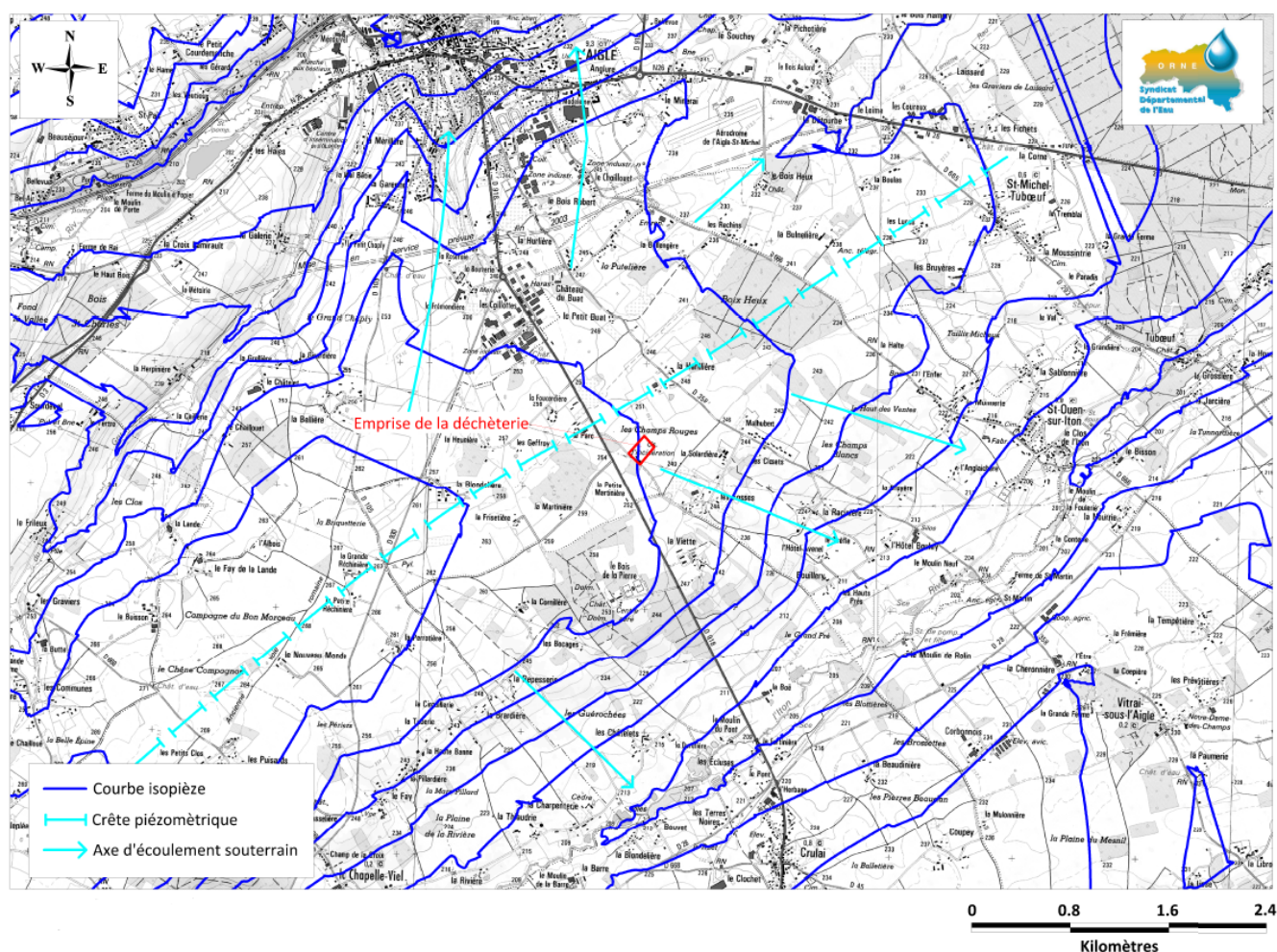


Figure 9 : Esquisse piézométrique du secteur de L'Aigle (SDE, données : DREAL Normandie)

3.2.2. Déroulement de la mission : apprendre à se positionner face aux interlocuteurs·trices

Après une semaine d’approvisionnement des contextes hydrogéologiques de l’Orne et du SMIRTOM de la Région de L’Aigle, une première réunion s’est organisée sur site afin de visualiser les piézomètres et l’aménagement des activités de l’établissement en plus de recadrer certains éléments de contexte. Julien Féret, mon tuteur hydrogéologue au SDE, n’a pu être présent ce jour-là. Accompagnée de Denis Martins de Almeida, mon tuteur au sein de l’ADI mais non hydrogéologue, j’ai dû m’assurer de maîtriser au mieux les concepts qui allaient être abordés avec le Président du SMIRTOM. Malgré cette pression supplémentaire, les objectifs ont été atteints. Comme toute réunion se déroulant dans le cadre de missions de l’ADI, celle-ci a donné lieu à l’écriture d’un compte-rendu formalisé¹⁶ qui met en avant deux points importants pour la suite de la mission :

- L’ensemble de la surface de la déchetterie a été revêtu en enrobés à chaud par-dessus le remblai. Les eaux pluviales ruissellent donc soit directement à l’extérieur de l’emprise de la déchetterie, soit jusqu’à ses bassins de récupération d’eau. Ces derniers récupèrent les eaux traversant les déchets verts puis après filtration et décantation, les eaux sont réinjectées sur site pour hydrater le compost. De ce fait, les eaux pluviales ne sont aucunement en contact du mâchefer. Il n’est donc pas possible d’analyser ces eaux superficielles, comme il était demandé dans l’arrêté. Cette mission se limitera au cas des eaux souterraines.
- Certaines valeurs limites des molécules à analyser ne sont pas renseignées dans l’arrêté du 11 janvier 2007 fixant la qualité des eaux brutes destinées à la consommation humaine. Toutefois, l’arrêté de prescriptions du 16 juillet 2018 autorise le recours à « *des références adaptées, dûment justifiées* ». A nous, donc, de trouver des seuils pertinents.

La première étape qui a suivi la réunion est la réalisation du tableur qui contiendrait les résultats d’analyse et permettrait le suivi effectif des anomalies (Annexe 7). Etant libre de le concevoir entièrement, j’ai divisé la feuille Excel en trois onglets :

- « Fiche prélèvements » : à l’intérieur sont insérées les données relevant des conditions de prélèvement comme la situation météorologique, les durée et débit de pompage ou le niveau statique¹⁷, dans le but de pouvoir corrélérer d’éventuels dépassements de seuils à une variation ponctuelle des modalités de prélèvement ;
- « Résultats d’analyse » : y sont rassemblés les paramètres analysés, les seuils de qualité retenus correspondants ainsi que les résultats d’analyse par piézomètre et par date. Afin de visualiser rapidement les dépassements de seuil, j’ai implémenté une mise en forme conditionnelle [*résultat > seuil*] qui transmute la couleur de la police automatiquement ;
- « Graphes » : y apparaissent les évolutions temporelles de chaque paramètre au regard des seuils par piézomètre.

En remplissant le tableau avec les données qui étaient initialement en ma possession, je me suis rendue compte que tous les résultats ne m’avaient pas été transmis. Après accord du Directeur du SMIRTOM – en tant que commanditaire de la mission, c’est à lui que revient de prendre les décisions, de mettre en place la stratégie – j’ai contacté le laboratoire d’analyses afin de récupérer les données manquantes. Cela a toutefois été plus délicat que je ne l’aurais pensé. C’est seulement après de multiples relances par téléphone en priorité puis par mail que je les ai obtenues. J’ai dû apprendre à évaluer la fréquence optimale des relances, formuler mes mails de façon à ne pas paraître trop insistante tout en transmettant efficacement mes besoins et gérer des employé·e·s légitimement débordé·e·s. Finalement, mes relances se sont étalées sur un mois et demi, de début juillet à mi-août, à raison d’un appel toutes les une ou deux semaines à différent·e·s interlocuteurs·trices jusqu’à

¹⁶ Une des difficultés à écrire ces comptes-rendus est de n’employer que des tournures impersonnelles, ce qui est à l’opposé de ce qui se fait pour la rédaction du rapport de stage par exemple.

¹⁷ Niveau naturel de la nappe, hors pompage.

consulter le-a bon-ne. Je suis consciente que chaque agent a ses priorités, qui plus est en période de vacances. J'ai donc temporisé au mieux mes relances.

Par la suite, la recherche des seuils de qualité manquants a été fastidieuse. Tout d'abord, j'ai parcouru l'ensemble de l'arrêté du 11 janvier 2007 dans lequel sont également fixés des seuils de qualité pour les eaux destinées à la consommation humaine¹⁸. On y trouve les seuils, plus restrictifs par ailleurs, d'autres éléments comme le benzène, un des paramètres manquants. En ce qui concerne les autres paramètres, après comparaison de valeurs de l'Organisation Mondiale de la Santé, de l'U.S. Environmental Protection Agency et de l'Office of Environmental Health Hazard Assessment (OEHHA, 1997a ; 1997b ; 1999 ; 2007), j'ai retenu ces dernières car plus restrictives¹⁹ bien que non obligatoires. Toujours est-il que les résultats d'analyse des paramètres manquants sont globalement inférieurs à ces seuils restrictifs. Il m'a donc paru intéressant de les garder, ce qui a été validé par mon maître de stage. Suite à ces recherches, trois paramètres ne présentent toujours pas de seuils. Ils seront alors laissés pour avis de la DREAL Normandie, organisme chargé d'évaluer la conformité des résultats produits dans le cadre de cette mission.

Les étapes précédentes terminées, ou du moins enclenchées, je me suis penchée sur le sens d'écoulement de la nappe au droit du site. Grâce à l'association des côtes NGF des piézomètres (Tableau 2) aux niveaux statiques relevés lors de chacun des prélèvements, j'ai pu déterminer le niveau statique NGF de la nappe sur chaque piézomètre et ainsi vérifier le sens d'écoulement des eaux souterraines. Comme attendu, PZ4 représente l'amont hydraulique et PZ2 et PZ3 représentent l'aval. En outre, par une analyse complémentaire de la topographie du site²⁰, il est apparu que le SMIRTOM se situait bien localement sur une ligne de partage des eaux. Les écoulements se font parallèlement de PZ4 à PZ2 et de PZ4 à PZ3. Ainsi, la détection éventuelle de pollutions à l'échelle du site du SMIRTOM de la Région de L'Aigle annonce des risques importants de contamination diffuse de direction, locale, Sud-Ouest/Nord(-Est) (se reporter à l'emplacement des piézomètres en Figure 3).

Enfin, lors de la réunion de départ, il avait été convenu avec le Directeur du SMIRTOM de la Région de L'Aigle d'effectuer une demande pour un devis de géomètre-expert-e dans le but d'éventuellement contrôler l'implantation et le nivellement de l'ensemble des piézomètres. En effet, d'une part, le rapport de fin de chantier TECHNOSOL Normandie déclare que leur implantation et leur nivellement sont à vérifier. D'autre part, l'étude précédente des écoulements souterrains se base sur ces données donc potentiellement non conformes. Je me suis de ce fait chargée de l'écriture de la demande et l'entreprise sollicitée a rapidement envoyé son devis. Par la même occasion, la conversation autour de la nécessité d'employer un-e géomètre-expert-e a été engagée avec le Président du SMIRTOM. Les enjeux environnementaux qui se cachent derrière cette prestation sont forts. Toutefois, en tant que directeur d'un établissement, le Président du SMIRTOM est par le même temps exposé à des contraintes économiques importantes. Aussi bien que les dépenses sont à optimiser autant que faire se peut et qu'il sera donné suite à la réception du devis une fois les dernières analyses réalisées. Cette situation où les priorités se confrontent met au jour deux réalités qui se heurtent parfois mais dont l'une n'est pas prévalente sur la deuxième. Il convient alors de trouver un équilibre entre les pressions environnementales, économiques et administratives qui s'exercent sur un projet en vue de satisfaire les besoins de tous les acteurs.

3.2.3. Quelle suite jusqu'au 30 septembre ?

A ce jour, le tableau est incomplet. En effet, le dernier prélèvement d'eau souterraine est prévu pour le 8 septembre 2022. Lorsqu'il sera effectué, je pourrai finaliser le tableur et entamer l'analyse des

¹⁸ Ou plus simplement les seuils pour l'eau potable.

¹⁹ Excepté pour les xylènes.

²⁰ Le niveau des nappes phréatiques suit majoritairement la topographie (J. Féret, SDE61, Comm. Pers.).

résultats au regard de tous les éléments de contexte hydrogéologique. Cette analyse comparaitra dans le rapport de contrôle accompagnée d'un plan de reconquête de qualité des eaux souterraines dans le cas où certains paramètres dépasseraient les seuils de qualité de l'eau retenus.

Aussi, bien que le laboratoire d'analyse m'ait transmis la majorité des fichiers manquants, quelques questions annexes concernant les résultats d'analyses restent en suspens. Je vais donc continuer à le solliciter.

Finalement, cette mission aura constitué mon entrée dans l'hydrogéologie. J'ai découvert mais aussi revu de nombreux concepts formant un panel de connaissances techniques qui s'est complété à travers les tâches suivantes. De plus, la mission du SMIRTOM m'aura donné l'occasion d'être confrontée à des interlocuteurs·trices varié·e·s du monde du travail, me permettant d'apprendre à ajuster ma position face à eux·elles. Un élément important que je retiendrai est qu'il existe un droit de réserve même en tant que prestataire de service.

3.3. Mission 2 : PPC

La deuxième mission concerne les périmètres de protection des captages d'eau potable de l'Orne. Le but est de transmettre aux CDC ces données à l'échelle de leur territoire sous forme de carte accompagnée d'une notice listant les prescriptions clés s'appliquant dans chaque PPC afin qu'elles les intègrent à leur PLUi.

3.3.1. Déroulement de la mission : re-mobiliser les outils fondamentaux de l'ingénieur·e territorial·e

Dans leurs missions, les membres du SDE s'appuient sur une carte départementale des captages et leurs PPC. Afin de faire ressortir au mieux les informations pertinentes à l'échelle des CDC, j'ai identifié en concertation avec Lucie Jouvencel les besoins de ces dernières vis-à-vis des cartes (Annexe 8) :

- repérer d'un coup d'œil les ouvrages sur leur territoire, quel que soit leur type (forage, puits, prise d'eau, source...),
- identifier les zones approximatives incluses dans les périmètres de protection,
- caractériser l'état des captages : dossier de DUP en cours, ouvrage abandonné...
- positionner les ouvrages et leurs PPC au sein de communes, syndicats d'eau et des bassins Seine-Normandie ou Loire-Bretagne.

La carte départementale ne correspondait finalement pas tout à fait à ces critères. Il a donc fallu remanier l'échelle, la symbologie, la légende et les mises en page. A noter qu'une fois que la méthodologie de création des cartes à l'échelle des CDC a été mise en place, le traitement a été rapide.

En complément de ces cartes, je rappelle l'intérêt d'instaurer des PPC dans une notice annexe. Y sont intégrées les prescriptions clés qui s'appliquent généralement sur les périmètres de protection par arrêté de DUP : les zones boisées sont classées en Espaces boisés à conserver dans les documents d'urbanisme, il est interdit de supprimer les talus et haies inclus dans les périmètres, les prairies sont préservées, il est interdit d'altérer les zones humides, l'usage et le stockage de produits phytosanitaires sont réglementés voire proscrits... En effet, il est important d'appuyer sur ces mesures qui ne sont pas toujours respectées sur le terrain (L. Jouvencel, SDE61, Comm. Pers.).

3.3.2. Quelle suite jusqu'au 30 septembre ?

A l'heure actuelle, toutes les cartes des CDC, au nombre de quinze, ont été mises en page, la notice commune a été rédigée et le mail prévu pour les CDC a été préparé. Après vérification et confirmation de Lucie Jouvencel, j'enverrai l'ensemble des éléments aux référent·e·s d'urbanisme avec lequel·le·s

il serait intéressant d'échanger afin d'évaluer l'ampleur des connaissances de chacun·e et, si besoin, développer la conversation sur le sujet.

Ainsi, cette petite mission m'aura permis d'élargir mon éventail de connaissances techniques et administratives sur le plan des PPC. Elle m'a introduite à un autre champ d'actions du SDE tout en me conduisant à nouveau vers de la cartographie, outil fondamental de l'ingénieur·e territorial·e.

3.4. Mission 3 : seuils sécheresse

Enfin, la troisième et dernière mission s'intéresse aux seuils sécheresse en vigueur dans le département de l'Orne. Permettent-ils véritablement d'anticiper la survenue de situations critiques ?

3.4.1. Quel débit minimum pour les cours d'eau ?

Idéalement, les seuils sécheresse seraient basés sur le fonctionnement réel du cours d'eau. Par exemple sont parfois déterminés les débits minimums biologiques (DMB) qui « *doivent garantir la reproduction, la croissance et les déplacements des organismes aquatiques* » (Baran *et al.*, 2008, p.2) dans le cours d'eau. D'après Baran *et al.* (2008), trois méthodes existent :

- la première relève d'un traitement statistique pur à partir des courbes de débits ;
- la deuxième analyse la relation débit/surface mouillée et met ainsi en lumière la valeur seuil de débit à partir de laquelle la valeur de surface mouillée diminue franchement ;
- la troisième, plus réaliste mais plus longue à mettre en œuvre, prend en compte les espèces présentes dans le cours d'eau et leurs préférences vis-à-vis des conditions hydrauliques (vitesse et hauteur d'eau) et des habitats.

C'est cette dernière qui nous intéresse ici. Apprécier le comportement intrinsèque du cours d'eau et de ses populations permettrait de mieux appréhender les signaux d'alerte et donc mieux concevoir la réglementation autour de la protection des usages de l'eau prioritaires, particulièrement l'eau potable. Cependant, il faut avoir en tête que définir le DMB nécessite du temps et des fonds. Cette valeur n'est donc pas toujours disponible. J'ai trouvé à l'échelle du département seulement trois DMB : ceux du Noireau, de la Varenne et de la Sarthe. En outre, les stations sur lesquelles sont déterminés les DMB ne correspondent pas nécessairement aux stations sécheresse, ce qui a pour effet d'augmenter les incertitudes autour des valeurs lorsqu'elles sont transposées à la station adéquate pour comparaison.

Il est en fait plus courant selon la réglementation française de se référer aux débits caractéristiques d'étiage pour la définition d'un débit minimum qui est par la suite supposément utilisé en tant que valeur de débit de crise. Toutefois, la méthodologie de définition de ce débit minimum se distingue suivant les institutions. Alors que l'article L. 214-18 du Code de l'Environnement (2006) stipule que le « *débit minimal ne doit pas être inférieur au dixième du module du cours d'eau* », la loi sur l'eau se réfère plutôt au QMNA5²¹ (Décret n° 2006-881 du 17 juillet 2006). A noter que le QMNA5 présente l'inconvénient d'être calendaire. En effet, l'étiage peut s'étaler à cheval sur deux mois. C'est pourquoi les valeurs de VCNd²² revêtent un intérêt particulier. La DDT du Puy-de-Dôme (2013) indique quant à elle « *[qu'à] défaut d'étude [du DMB], on pourra retenir la valeur maximum entre le 1/10 du module et le QMNA5 du cours d'eau au droit de l'ouvrage.* » Enfin, dans une note technique pour la détermination de valeurs de débit minimum, l'OFB suggère que le débit caractéristique assimilé au débit minimum soit le dixième du module lorsque QMNA5 en est inférieur ou égal, mais VCN10-2 lorsque QMNA5 en est supérieur (Baran *et al.*, 2008). Ainsi, il n'existe pas de règle stricte qui prévale. Les décisions se doivent de s'adapter au contexte local. Dans l'Orne, les seuils sont à ce jour fixés en majorité en accord avec les VCN3 à période de retour 2, 5, 10 et 20 ans.

²¹ Débit moyen mensuel sec de récurrence cinq ans.

²² Débits journaliers moyens minimaux sur d jours consécutifs.

En plus des DMB et débits caractéristiques d'étiage, il convient de mettre en perspective les débits seuils avec les débits de réserve. En effet, ceux-ci ayant pour but de protéger la vie dans les cours d'eau, ils peuvent à tout moment justifier de l'arrêt des prélèvements d'eau potable jugés à risque sous cette considération. Or, l'alimentation en eau potable (AEP) fait justement partie des usages prioritaires de l'eau que le seuil de crise a pour vocation de préserver à tout prix. De ce fait, il serait incohérent que les seuils sécheresse, particulièrement de crise, se retrouvent inférieurs à ces débits de réserve. Il faut noter que, de par le contexte hydrogéologique du département, les prises d'eau se situent majoritairement dans l'Ouest. C'est pourquoi seuls les cours d'eau du domaine de socle affichent des débits de réserve dans le tableur récapitulatif présenté par la suite.

3.4.2. Présentation du support d'analyse

Un débit minimum type ne pouvant être déterminé, j'ai récupéré l'ensemble des données (Tableau 3) pour ensuite les comparer dans un tableur le plus synthétique possible (Annexe 9).

Tableau 3 : Données et leurs sources apparaissant dans le tableur de comparaison des seuils sécheresses aux débits significatifs des cours d'eau de l'Orne (A. Gayton)

Données	Sources
Seuils sécheresse	Annexe VI de l'arrêté du 1er avril 2022
Dixième du module	HydroPortail
QMNA5	HydroPortail
VCN10-2	HydroPortail, nouvelle analyse basses-eaux
VCN3-2, 5, 10, 20	HydroPortail
Dernières valeurs de VCN3 recensées	HydroPortail
DMB	Etudes Aquascop et SAFEGE Nanterre
Débit réservé à la prise d'eau	Arrêtés de DUP d'autorisation de prélèvement
Débit moyen journalier pour un jour donné	SDE
Situation réglementaire pour un jour donné	Propluvia

Après que l'intégralité des données a été entrée dans le tableur, deux groupes de cours d'eau se sont tout d'abord clairement démarqués :

- ceux dont le dixième du module était supérieur au QMNA5,
- et ceux dont le dixième du module était bien inférieur au QMNA5.

Cette opposition s'est retrouvée géographiquement avec les cours d'eau du premier groupe se situant dans l'Ouest du département et ceux du deuxième groupe dans l'Est. En effet, le deuxième cas indique que les étiages sont moins sévères : les rivières du Bassin Parisien, en contexte sédimentaire, sont fortement rechargées par les nappes en période d'étiage.

Afin de pouvoir rapidement identifier les débits seuils les plus surprenants, j'ai à nouveau implémenté des mises en forme conditionnelles comparant :

- les seuils de vigilance aux débits caractéristiques assimilés au débit minimum (soit dixième du module ou VCN10-2),
- les seuils de crise aux plus basses valeurs de VCN3 jamais mesurées,
- les seuils de vigilance et de crise aux DMB,
- l'ensemble des seuils sécheresse aux débits moyens journaliers pour une date donnée.

3.4.3. Résultats : alerter les acteurs de l'eau

Plusieurs remarques :

- plus de la moitié des cours d'eau ont un seuil de vigilance inférieur au débit caractéristique assimilé au débit minimum ;
- cinq cours d'eau présentent un seuil de crise inférieur aux valeurs de VCN3 les plus basses relevées sur l'HydroPortail ;
- les seuils sécheresse sont déconnectés des DMB ;
- les débits réservés correspondant globalement au dixième du module, les seuils de quatre cours d'eau sur cinq ne sont pas conformes vis-à-vis des débits réservés ;
- l'exemple du 17 juillet 2022 révèle que les arrêtés sécheresse ne sont pas toujours instaurés alors même que les débits moyens journaliers au droit des stations sécheresse ont franchi les seuils théoriques de déclenchement des mesures.

Face à ces constats, j'ai classé les cours d'eau selon un code couleur révélant l'urgence que semblait incarner la révision de leurs seuils sécheresse.

En août, un CRE a été organisé d'urgence au vu de la sécheresse alarmante qui s'est lentement installée sur le territoire français depuis le début d'année et qui s'est considérablement accentuée durant le mois de juillet. Malheureusement, je n'ai pu assister au comité et donc avoir un aperçu des positions de chaque acteur du cycle de l'eau. Le travail réalisé a tout de même permis d'alerter, chiffres à l'appui, des institutions comme la DDT de l'Orne et la DREAL Normandie qui œuvrent conjointement à proposer des seuils toujours plus pertinents.

En définitive, ces trois missions ont mobilisé un large panel de connaissances en hydrogéologie qu'il m'a fallu accompagner de nombreuses recherches et questions. Chaque jour, j'ai renforcé mes acquis sur la protection des nappes, sur les captages d'eau potable et leurs PPC ainsi que sur les seuils sécheresse à la fois d'un point de vue technique et d'un point de vue administratif. En outre, ces trois missions s'inscrivent dans le contexte particulier de l'Orne. Elles ne consistent pas seulement en un exercice mais aboutissent bel et bien à la prise de décisions qui auront des répercussions sur la gestion de l'eau dans le département.

En parallèle, j'ai eu l'opportunité d'assister à un diagnostic de puits et à une des premières étapes de la mise en place des PPC, la visite de l'Agence Régionale de Santé (ARS) et de l'hydrogéologue agréé-e sur le site d'ouvrage de captage. De cette manière, je me suis familiarisée avec le matériel et les techniques de pompage ou d'analyse des eaux. En étant aux côtés de Julien Féret et autres professionnel·le·s de l'eau sur le terrain, j'ai également pu identifier quelques attitudes indispensables à adopter en tant qu'hydrogéologue : observer, être curieux·se, ne pas hésiter à poser des questions puis essayer d'y répondre par des actions.

En fin de compte, mes activités de stage m'ont rappelé à quel point il était important de porter un regard critique sur la totalité des décisions prises et des résultats produits.

4. RETOUR SUR L'EXPERIENCE GLOBALE

Globalement, ce stage a été riche d'apprentissages. J'ai été accueillie au sein d'équipes plutôt jeunes, aimables et dynamiques qui m'ont mise à l'aise dès mon arrivée. L'ambiance de travail est légère mais sérieuse et chacun·e est à même de transmettre ses savoirs et compétences aux autres. Finalement, cette cohésion d'équipe participe à rendre le travail agréable.

Le stage s'établit comme le passage entre la vie étudiante et la vie active. Or, les deux postures, étudiante et professionnelle, ne sont pas tout à fait compatibles et il peut être difficile de concilier les deux. Les exercices effectués en cours, bien qu'ils s'appuient sur des données existantes, ont pour principal objectif d'engager la réflexion. Ils ne nécessitent pas de mettre en place des actions concrètes par la suite. Les tâches effectuées dans le cadre de missions professionnelles donnent quant à elles lieu à un prolongement dans la réalité. Travaillant simultanément pour mon école et mes structures d'accueil, les missions de stage se sont érigées à la fois comme occupation professionnelle et comme exercice universitaire. Toutefois, ces missions, et particulièrement la dernière, sont ancrées dans l'actualité. Elles m'ont ainsi appris à percevoir les implications de terrain dès sortie du résultat. Alors qu'auparavant j'aurais traité la donnée comme un exercice sans conséquence directe, aujourd'hui je suis capable de réagir.

Une difficulté générale qui s'est manifestée au cours de ce stage est celle de la confrontation des temporalités :

- de l'histoire géologique (millions d'années),
- des projets, de leur première commande (potentiellement il y a une vingtaine d'années) et de leur réalisation (plusieurs mois voire années),
- des processus hydrogéologiques (temporalité variable),
- de mes propres actions, inscrites dans le présent (semaines),
- des conséquences des missions accomplies (jusqu'à une année dans le futur).

La superposition de toutes ces échelles de temps, qu'il convient de maîtriser individuellement dans un premier temps, a parfois provoqué quelques confusions. J'ai par ailleurs été surprise à mon arrivée lorsque j'ai réalisé que certaines missions pouvaient prendre leur origine jusqu'à des dizaines d'années en arrière du fait de contraintes et lenteurs administratives.

En ce qui concerne les missions, les enjeux qui se cachent derrière sont nobles. Elles ont toutes pour objet la protection de la ressource en eau. Toujours est-il que les deux dernières se démarquent, prenant naissance d'une démarche proactive. S'engager sur une mission avant même d'en être contraint·e a l'avantage pour le·a commanditaire de fluidifier le processus, qui plus est en se préservant d'une temporalité réglementaire supplémentaire. Quoi qu'il en soit, en l'état actuel des choses, je pense que l'ensemble des méthodes mises en œuvre ont permis de répondre aux intentions initialement posées pour ces missions.

CONCLUSION ET PROJECTIONS

Pour conclure, mon stage s'est déroulé sous la tutelle de deux organismes : l'Agence Départementale d'Ingénierie et le Syndicat Départemental de l'Eau de l'Orne. Ils se sont associés, à la lumière de leurs compétences variées, dans le but de répondre à une mission d'analyse des eaux souterraines au droit d'un centre de traitement des déchets. A ce titre, cette mission rejoint les ambitions des deux suivantes que j'ai effectuées pour le seul compte du SDE : inscrire les périmètres de protection des captages dans les documents d'urbanisme et réviser les seuils d'alerte sécheresse à l'échelle du département. En effet, les trois revêtent des enjeux sanitaires et environnementaux forts en matière de protection de la ressource en eau. Pour les réaliser, il a tout d'abord fallu prendre en main le contexte hydrogéologique bivalent de l'Orne. A l'Ouest, la ressource en eau de surface est vulnérable du fait d'aquifères du domaine de socle peu productifs. Tandis qu'à l'Est, le domaine sédimentaire favorise la productivité des aquifères et ainsi le soutien des cours d'eau à l'étiage. Je me suis alors vouée à la réalisation de ces trois missions qui m'ont apporté de multiples connaissances techniques et administratives – à la fois en termes d'organisation et de procédures. J'ai par ailleurs été face à différents acteurs qui m'ont fait revoir ma posture professionnelle. Finalement, malgré quelques difficultés inévitables, le bilan de ce stage est très positif.

La question de départ était : comment cette expérience a-t-elle fait évoluer mes projections professionnelles et mon état d'esprit ? La réponse que je peux maintenant donner est qu'elle m'a convaincue qu'entrer dans la vie active pouvait être réjouissant. Grâce à la stimulation permanente et les enseignements quotidiens dont j'ai bénéficié durant ce stage, ma motivation s'est nettement accrue et mes perspectives se sont élargies. Bien que l'hydrogéologie ne soit originellement pas mon domaine de prédilection, j'ai accepté la proposition d'emploi du SDE pour contribuer à l'amélioration des connaissances autour de la recherche en eau. En effet, ces thématiques se sont révélées particulièrement intéressantes et, comme me l'a judicieusement fait remarquer mon maître de stage, la sécurisation de l'eau est un champ dans lequel il reste beaucoup à faire, qui plus est dans l'Orne. En outre, après ces quelques mois de stage, je ne me voyais pas « en rester là ». Pouvoir approfondir ces sujets au sein d'une équipe engagée et bienveillante représente ainsi pour moi une opportunité formidable.

L'année dernière, je conclusais mon rapport de stage par cette déclaration : « *[j]'envisage de créer des outils d'évaluation pour les projets de conservation de la faune et de ses habitats.* » En effet, ayant travaillé sur la réalisation d'un bilan carbone, j'avais apprécié l'association du traitement de données à la préservation environnementale dans ma pratique professionnelle. Bien que le stage de cette année, axé sur l'hydrogéologie, paraisse par son sujet remarquablement différent de celui de l'année dernière, cette même association s'est retrouvée dans les missions sur lesquelles je me suis penchée. Elle se retrouvera également dans mes futures missions dont une consistera à participer à l'acquisition et la mise en forme des données qui permettront d'étayer les connaissances en matière de gestion de la ressource en eau. Ceci étant, durant ce stage m'a été présentée la possibilité d'orienter mes missions vers d'autres domaines comme par exemple l'hydraulique. Celle-ci n'a toutefois pas aboutie. Autant que les métiers dans lesquels nous nous retrouvons nous forment, nous les modelons par la même occasion.

REFERENCES

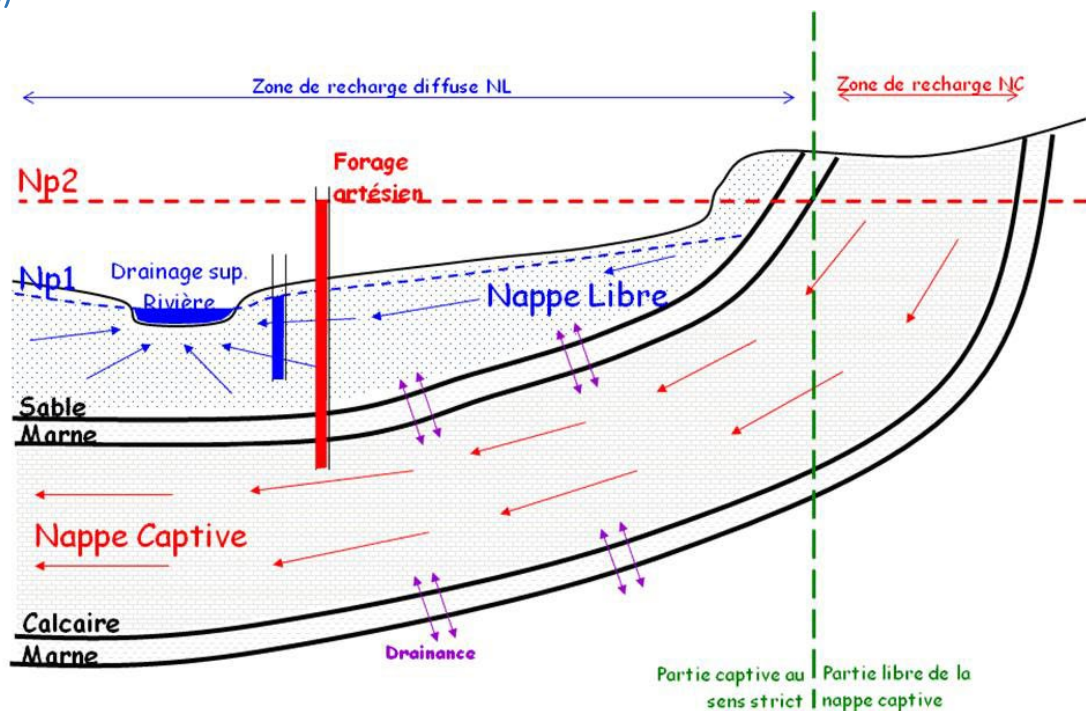
- ADI61 (2021a). *Agence Départementale d'Ingénierie de l'Orne*.
<https://ingenierie.orne.fr/sites/default/files/2021-11/Plaqueette-ADI%202021%20web.pdf>
- ADI61 (2021b). *Statuts de l'Agence Départementale de l'Orne*.
https://ingenierie.orne.fr/sites/default/files/2021-11/2021-Statuts%20Agence%20d%C3%A9partementale%20de%20l%27Orne-Final_0.pdf
- Agreste (2019). *Effectifs de bétail hors équidés*. https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-saiku/?plugin=true&query=query/open/SAANR_6#query/open/SAANR_6
- Aquilina, L. (s. d.). *Dynamique des écoulements souterrains*. Consulté 21 août 2022, à l'adresse https://ressources.uved.fr/modules/moduleDynRessNat/html/m2c2_m2c2p3_m2c2p3sp3_2.html
- Article L. 214-18, Code de l'Environnement (2006).
https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000006833152/
- Article L. 1321-2, Code de la Santé Publique (2019).
https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000038887375/
- Arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine mentionnées aux articles R. 1321-2, R. 1321-3, R. 1321-7 et R. 1321-38 du code de la santé publique, Pub. L. No. SANP0720201A (2007).
<https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000000465574/>
- Arrêté du 2 février 1998 relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute nature des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation, Pub. L. No. ATEP9870017A (1998).
<https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/LEGITEXT000005625281/>
- Baran, P., Larinier, M., & Courret, D. (2008). *Les méthodes d'aide à la détermination de valeurs de débit minimum*. 34 p.
- BRGM (s. d.-a). *Aquifères de socle en Normandie (ex-Basse-Normandie)*. SIGES Seine-Normandie. Consulté 21 août 2022, à l'adresse <https://sigessn.brgm.fr/spip.php?article288#2>
- BRGM (s. d.-b). *Glossaire*. SIGES Seine-Normandie. Consulté 21 août 2022, à l'adresse <https://sigessn.brgm.fr/spip.php?page=glossaire&#gloss28>
- BRGM (s. d.-c). *L'eau souterraine : De l'eau contenue dans les roches*. SIGES Seine-Normandie. Consulté 21 août 2022, à l'adresse <https://sigessn.brgm.fr/spip.php?article24>
- BRGM (s. d.-d). *Outils de gestion de l'eau*. SIGES Aquitaine. Consulté 21 août 2022, à l'adresse <https://sigesaqi.brgm.fr/Outils-de-gestion-de-l-eau,421.html>
- BRGM (s. d.-e). *Périmètres de protection des captages (PPC)*. SIGES Seine-Normandie. Consulté 21 août 2022, à l'adresse <https://sigessn.brgm.fr/spip.php?article82>
- BRGM (s. d.-f). *Qu'est ce qu'un schéma départemental d'AEP ?* SIGES Aquitaine. Consulté 21 août 2022, à l'adresse <https://sigesaqi.brgm.fr/Qu-est-ce-qu-un-schema-departemental-d-AEP.html>
- BRGM (2003). *Echelle des temps géologiques*.
https://sigessn.brgm.fr/IMG/jpg/vignette_echelle_temps_geologiques_simplifiee.jpg
- CD61 (2022). *Conseil Départemental de l'Orne*. <https://www.orne.fr/sites/default/files/2022-07/Organigramme-CD61-aout%202022.pdf>

- Chantraine, J., Autran, A., & Cavelier, C. (1996). *Carte géologique de la France* (6^e éd.) [Map]. BRGM. <http://elecoix.free.fr/geol/GEOL%20Carte%20million/carte%20million.pdf>
- CTI (2020). *Références et orientations de la Commission des titres d'ingénieur* (Livre #1; 65 p.). https://api.cti-commission.fr/uploads/documents/backend/document_25_fr_references-et-orientations-livre-1_07-02-2020.pdf
- Dacharry, M. (1996). *Dictionnaire français d'hydrologie*.
- DDT du Puy-de-Dôme (2013). *Débits réservés*. https://www.puy-de-dome.gouv.fr/IMG/pdf/130517_plaquette_debit_reserve_version_imprimerie.pdf
- Décret n° 2006-881 du 17 juillet 2006 modifiant le décret n° 93-743 du 29 mars 1993 relatif à la Nomenclature des opérations soumises à autorisation ou à déclaration en application de l'article 10 de la loi n° 92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau et le décret n° 94-354 du 29 avril 1994 relatif aux zones de répartition des eaux, Pub. L. No. DEVO0640035D (2006). <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000000790604/>
- Guillat, N., Morel, C., Peigner, P., Oller, G., & Chateau, G. (2009). *Protection des captages d'eau - Acteurs et stratégies—Guide technique mai 2008* (Ministère de la Santé et des Sports). Editions Dicom 09016. https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/guide_protection_des_captages_d_eau.pdf
- Idée, E., Jallais, N., Boisson, A., & Neveux, A. (2019). *Synthèse des connaissances géologiques et hydrogéologiques du département de l'Orne—Volet hydrogéologique* (Rapport final BRGM/RP-69331-FR; p. 257). BRGM.
- Ingiusto, D., & Picard, F. (2019). *La population française au 1er janvier 2019*. Vie Publique. <https://www.vie-publique.fr/carte/270614-france-population-au-1er-janvier-2019>
- INSA Lyon (2019). *Le mâchefer, un matériau prometteur*. INSA Lyon. <https://www.insa-lyon.fr/fr/actualites/machefer-materiau-prometteur>
- INSEE (2019). *Comparateur de territoires – Département de l'Orne (61)*. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/1405599?geo=DEP-61>
- Lang Delus, C. (2011). Les étiages : Définitions hydrologique, statistique et seuils réglementaires. *Cybergeo : European Journal of Geography*. <https://doi.org/10.4000/cybergeo.24827>
- Ménillet, F., Lebreton, P., Charnet, F., Hérard, B., Lemoine, B., & Perron, C. (1998). *Notice explicative—Carte géologique de la France (1/50000)—Feuille L'Aigle (214)*. Orléans : BRGM.
- Ministère de la Transition Ecologique (2021). *Guide de mise en œuvre des mesures de restriction des usages de l'eau en période de sécheresse*. https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Guide%20secheresse_VF.pdf
- OEHHA (1997a). *Public health goal for ethylbenzene in drinking water*. California Environmental Protection Agency. <https://oehha.ca.gov/media/downloads/water/public-health-goal/etbx2c.pdf>
- OEHHA (1997b). *Public health goal for xylene in drinking water*. California Environmental Protection Agency. <https://oehha.ca.gov/media/downloads/pesticides-water/public-health-goal/xylenec.pdf>
- OEHHA (1999). *Public health goal for toluene in drinking water*. California Environmental Protection Agency. <https://oehha.ca.gov/media/downloads/water/public-health-goal/toluf.pdf>
- OEHHA (2007). *Water soluble polychlorinated biphenyls expected to be found in drinking water*. California Environmental Protection Agency. <https://oehha.ca.gov/media/downloads/water/chemicals/phg/pcbphg10052007.pdf>

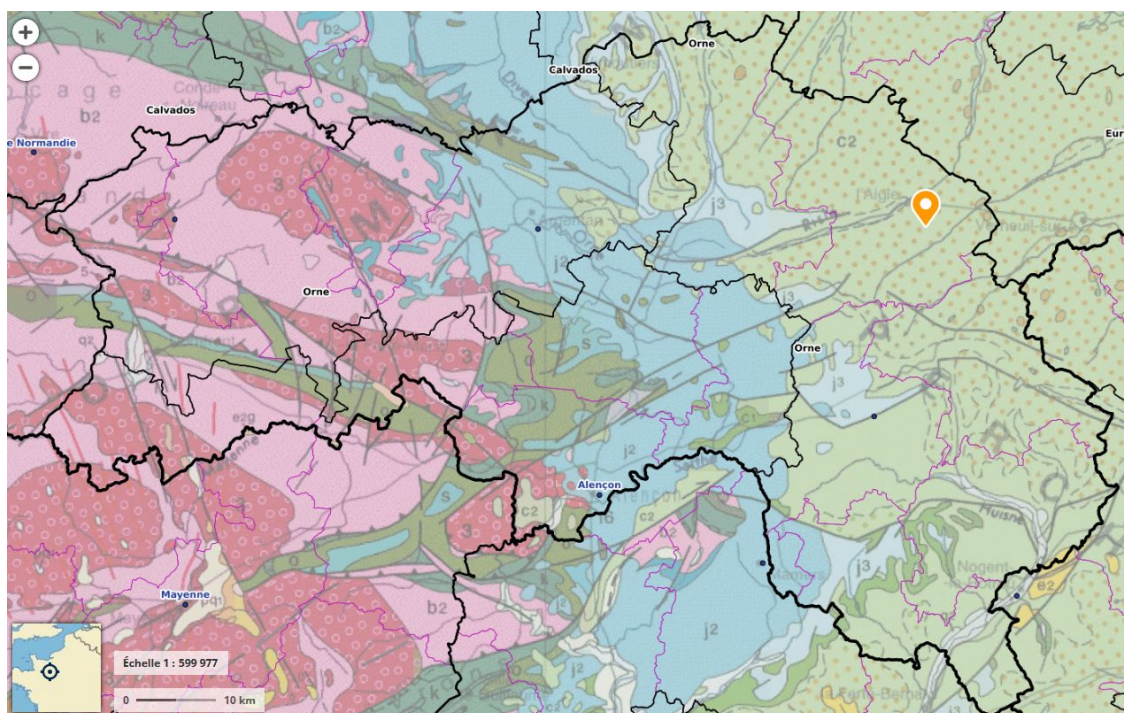
- Peycru, P., Dupin, J.-M., Fogelgesang, J.-F., Grandperrin, D., Van Der Rest, C., Cariou, F., Perrier, C., & Augère, B. (2008). *Géologie : Tout-en-un, 1re et 2e années BCPST*. Dunod.
- Préfecture de l'Orne (2017). *Définition NGF IGN 69 ou point coté*. Le site internet de l'État dans l'Orne. <https://www.orne.gouv.fr/definition-ngf-ign-69-ou-point-cote-r2749.html>
- Rodrigues, S. (s. d.). *DAE3 – UE 6.1 Introduction à l'hydrogéologie*. Polytech Tours.
- SDE61 (s. d.-a). *L'eau dans l'Orne—Caractéristiques ornaïses*. Syndicat Départemental de l'Eau de l'Orne. Consulté 21 août 2022, à l'adresse <https://www.sde61.fr/la-ressource-en-eau/caracteristiques-ornaïses/>
- SDE61 (s. d.-b). *S.D.E. organisation*. Consulté 21 août 2022, à l'adresse <https://www.sde61.fr/presentation-du-syndicat/page-presentation-2/>
- SDE61 (s. d.-c). *S.D.E. son histoire*. Syndicat Départemental de l'Eau de l'Orne. Consulté 21 août 2022, à l'adresse <https://www.sde61.fr/presentation-du-syndicat/page-presentation-1/>
- SDE61 (2015). *Statuts du Syndicat Départemental de l'Eau de l'Orne*. <http://www.sde61.fr/wp-content/uploads/2011/05/Statuts-SDE-juin-2015.pdf>
- SISPEA (2019). *Consommation moyenne par abonné*. Observatoire des services publics de l'eau et de l'assainissement : prix de l'eau et performance des services. <https://www.services.eaufrance.fr/indicateurs/vp.231/ep>
- SMIRTOM de la Région de L'Aigle (s. d.). *Le SMIRTOM*. Communauté de Communes des pays de L'Aigle. Consulté 21 août 2022, à l'adresse <https://www.paysdelaigle.com/vivre/dechets/le-smirtom>
- Ward, D., & McKague, K. (2007). *Les exigences en eau du bétail*. Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales (Canada). <http://omafra.gov.on.ca/french/engineer/facts/07-024.htm>

ANNEXES

Annexe 1 : Schéma de rappel du fonctionnement des nappes libre et captive (Aquilina, s.d.)



Annexe 2 : Localisation du SMIRTOM de la Région de L'Aigle au sein du département de l'Orne sur fond de carte géologique (géoportail.gouv.fr, 16/08/2022)



Le SMIRTOM de la Région de L'Aigle est situé dans le Nord-Est du département de l'Orne et repose sur des formations (en vert) du Bassin Parisien, comme c'est expliqué en troisième partie.

Annexe 3 : Annexe II de l'arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes pour la production d'eau destinée à la consommation humaine

GROUPES DE PARAMÈTRES	PARAMÈTRES	LIMITES de qualité	UNITÉS
Paramètres organoleptiques.	Couleur (Pt) (1).	200	mg/L
Paramètres physico-chimiques liés à la structure naturelle des eaux.	Chlorures (Cl ⁻) (1).	200	mg/L
	Sodium (Na ⁺) (1).	200	mg/L
	Sulfates (SO ₄ ²⁻) (1).	250	mg/L
	Taux de saturation en oxygène dissous pour les eaux superficielles (O ₂) (1) (4).		%
	Température (1) (2).	25	°C
Paramètres concernant les substances indésirables.	Agents de surface réagissant au bleu de méthylène (lauryl-sulfate de sodium).	0,50	mg/L
	Ammonium (NH ₄ ⁺).	4,0	mg/L
	Baryum (Ba) pour les eaux superficielles.	1,0	mg/L
	Carbone organique total (COT) (1) (3).	10	mg/L
	Hydrocarbures dissous ou émulsionnés.	1,0	mg/L
	Nitrates pour les eaux superficielles (NO ₃ ⁻).	50	mg/L
	Nitrates pour les autres eaux (NO ₃ ⁻).	100	
	Phénols (indice phénol) (C ₆ H ₅ OH).	0,10	mg/L
	Zinc (Zn).	5,0	mg/L

Paramètres concernant les substances toxiques.	Arsenic (As).	100	µg/L
	Cadmium (Cd).	5,0	µg/L
	Chrome total (Cr).	50	µg/L
	Cyanures (CN ⁻).	50	µg/L
	Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) : Somme des composés suivants : fluoranthène, benzo[b]fluoranthène, benzo[k]fluoranthène, benzo[a]pyrène, benzo[g,h,i]pérylène et indéno[1,2,3-cd]pyrène.	1,0	µg/L
	Mercure (Hg)	1,0	µg/L
	Plomb (Pb)	50	µg/L
	Sélénium (Se)	10	µg/L
Pesticides	Par substances individuelles, y compris les métabolites	2,0	µg/L
	Total	5,0	µg/L
Paramètres microbiologiques	Entérocoques	10 000	/100 mL
	Escherichia coli	20 000	/100 mL
(1) L'avis de l'Agence de sécurité sanitaire des aliments mentionné à l'article R. 1321-7 (III) n'est pas requis pour les paramètres notés (1). Toutefois, l'avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments est sollicité lorsque la ressource en eau utilisée est de l'eau de mer. (2) La limite de qualité pour le paramètre température ne s'applique pas dans les départements d'outre-mer. (3) Le plan de gestion des ressources en eau prévu à l'article R. 1321-42 n'est pas requis pour les paramètres notés (3). (4) Le taux de saturation en oxygène dissous pour les eaux superficielles (O₂) doit être supérieur à la limite indiquée.			

Annexe 4 : Liste des paramètres à analyser dans les eaux s'écoulant au droit du site du SMIRTOM de la Région de L'Aigle d'après l'arrêté préfectoral du 16 juillet 2018

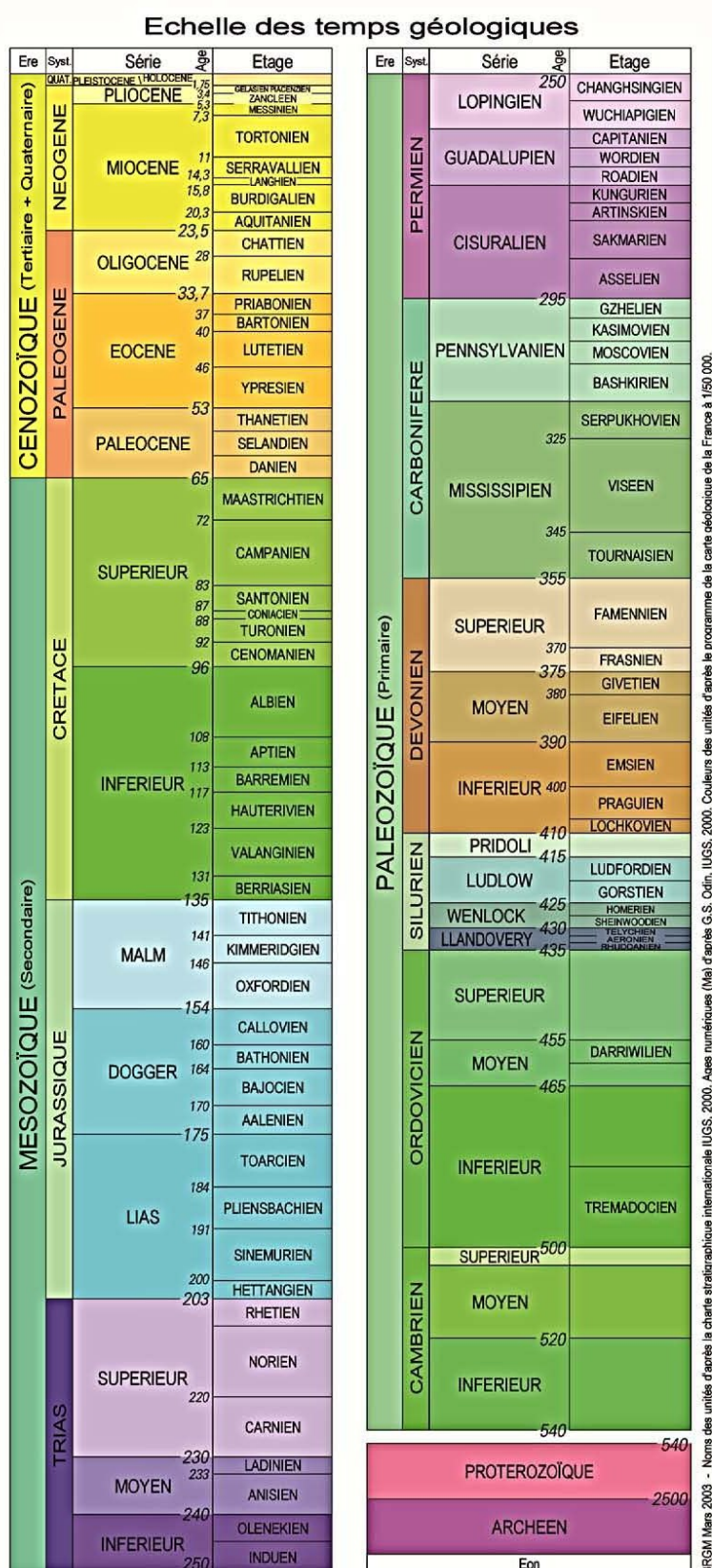
A minima :

- Pour les eaux souterraines : carbone organique total (COT), sulfates, métaux et notamment cadmium (Cd), mercure (Hg), plomb (Pb) et chrome hexavalent (Cr VI), arsenic (As), polychlorobiphényles (PCB), hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), indice phénol, BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène et xylène), les dioxines (PCDD) et les furanes (PCDF).
- Pour les eaux superficielles : également potentiel hydrogène (pH), température et matières en suspension (MES).

Annexe 5 : Seuils sécheresse dans l'Orne définis en annexe VI de l'arrêté du 1^{er} avril 2022

Bassin hydrographique	Nom du cours d'eau	Commune de la station	Seuils (l/s)			
			Vigilance (SV)	Alerte (SA)	Alerte Renforcée (SAR)	Crise (SC)
Orne amont	L'Orne	La Courbe	825	555	450	380
Orne moyenne	La Rouvre	Ségrie Fontaine	190	115	85	70
	Le Noireau	Cahan	490	330	260	220
Dives, Vie	La Dives	Beaumais (14)	495	354	280	219
Touques	La Touques	Mardilly	250	205	190	175
Risles, Charentonne, Guiel	La Guiel	Montreuil-l'Argilé (27)	390	320	290	260
	La Risle	Rai	480	440	400	360
Iton	L'Iton	Bourth (27)	410	330	280	250
Égrenne, Varenne	La Varenne	Dornfront	360	310	280	250
Mayenne amont	La Mayenne	Ambrière les Vallées (53)	700	450	385	320
Huisne	L'Huisne	Nogent le Rotrou (28)	3000	2330	2220	2100
Sarthe amont	La Sarthe	Saint Céneri le Gerei	700	540	480	420

Annexe 6 : Echelle des temps géologiques (BRGM, 2003)



Les âges sont indiqués en millions d'années. Les couleurs des unités proviennent du programme de la carte géologique de la France à 1/50 000. Elles ne correspondent donc pas nécessairement à celles de la figure 7.

Annexe 7 : Extraits du tableur de résultat d'analyses des eaux souterraines au droit du site du SMIRTOM de la Région de L'Aigle (A. Gayton)

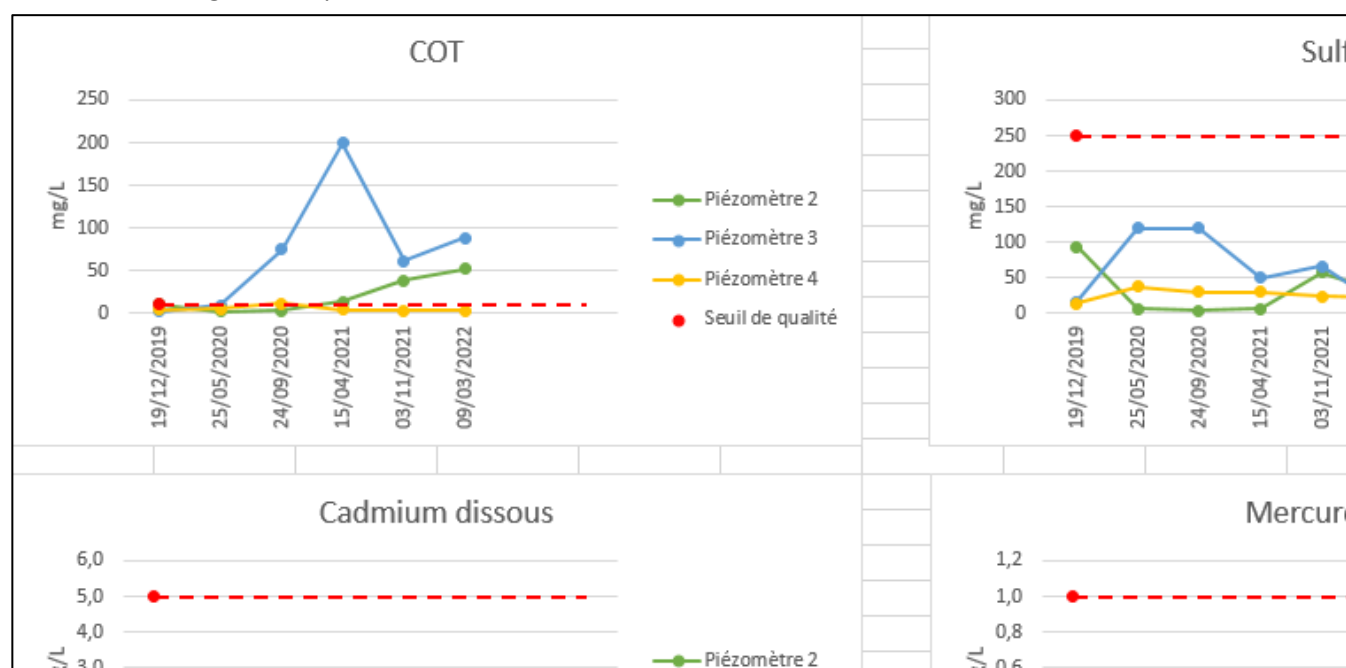
■ Onglet « Fiche prélèvements »

	PZ3
	19/12/2019 25/05/2020 24/09/2020 15/04/2021 03/11/2021 09/03/2022
Positionnement GPS (CC49)* :	X : 1527274,18 m ; Y : 8173198,13 m
Nivellement (mNGF)*/** :	251,71
Conditions météo :	beau beau beau beau beau
Position de l'aspiration (m/rep) :	9 9 10 10 10
Durée de pompage (mn) :	1 20 20 20 15
Débit de pompage (m ³ /h) :	0,7 0,7 0,7 0,7 0,7

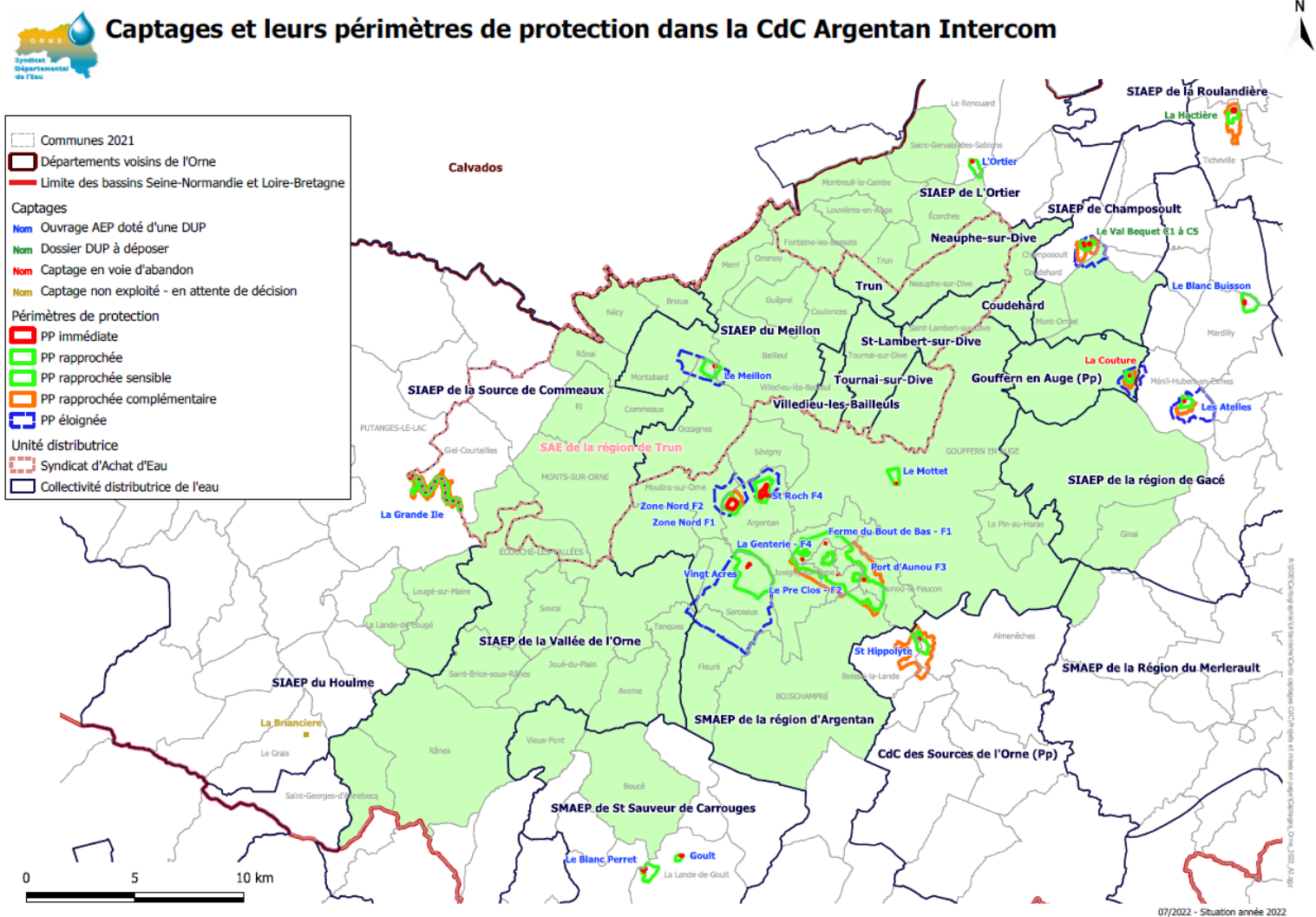
■ Onglet « Résultats d'analyse »

					Résultats d'analyse du prélèvement en date du			
Groupe de paramètres	Paramètre	Limite de qualité*	Unité	Piézomètre	19/12/2019	25/05/2020	24/09/2020	15/04/2021
Paramètres physico-chimiques	Carbone organique total (COT)	10	mg/L	2	11	2,5	3,5	14
		10		3	2,7	9,4	75	200
		10		4	4,3	5,1	12	3,8
	Sulfates (SO ₄ ²⁻)	250	mg/L	2	93	6,5	3,5	6,2
		250		3	16	120	120	< 50,00
		250		4	14	37	30	30
	Arsenic (As) dissous	100	µg/L	2	0,45	< 0,25	< 0,25	4,4
		100		3	< 0,25	0,45	1,0	6,4
		100		4	0,49	0,36	0,59	0,34
	Cadmium (Cd) dissous	5,0	µg/L	2	0,22	1,2	0,33	< 0,025
		5,0		3	0,40	0,30	0,57	< 0,25
		5,0		4	< 0,025	0,041	0,12	< 0,025

■ Onglet « Graphes »



Annexe 8 : Exemple d'une carte des captages et leurs périmètres de protection à l'échelle des CDC de l'Orne (A. Gayton)



Annexe 9 : Extraits du tableur de comparaison des seuils sécheresse de l'Orne (A. Gayton)

						Seuil (L/s)			
						Vigilance (SV)	Alerte (SA)	Alerte Renforcée (SAR)	Crise (SC)
Contexte géologique	Bassin hydrographique	Nom du cours d'eau	Commune de la station sécheresse	Commune de la station DMB	Nom de la prise d'eau				
Domaine de socle	Orne moyenne	La Rouvre	Ségrie-Fontaine		La Laudière	190	115	85	70
		Le Noireau	Cahan	Montilly-sur-Noireau	La Rouillerie	490	330	260	220
	Égrenne, Varenne	La Varenne	Domfront	Saint-Fraimbault	Le Moulin d'Auvilliers	360	310	280	250
	Mayenne amont	La Mayenne	Ambrières-les-Vallées (53)		Pont de Couterne	700	450	385	320
Mixte	Orne amont	L'Orne	La Courbe		Grande Ile	825	555	450	380
	Sarthe amont	La Sarthe	Saint-Céneri-le-Gérei			700	540	480	420
Domaine sédimentaire	Touques	La Touques	Mardilly			250	205	190	175
	Huisne	L'Huisne	Nogent-le-Rotrou (28)			3000	2330	2220	2100
	Risles, Charentonne, Guiel	La Risle	Rai			480	440	400	360
		La Guiel	Montreuil-l'Argillé (27)			390	320	290	260
	Dives, Vie	La Dives	Beaumais (14)			495	354	280	219
	Iton	L'Iton	Bourth (27)			410	330	280	250

Légende	Seuil de crise infranchissable
	Seuils très bas
	Seuils moyens
	Seuils les moins aberrants

Débits caractéristiques d'étiage en station sécheresse ¹ (L/s)											
1/10 du module ²	QMNA5	VCN10-2	VCN3-2	VCN3-5	VCN3-10	VCN3-20	avant-dernière valeur de VCN3	période de retour associée (années)	dernière valeur de VCN3	période de retour associée (années)	10 e du module / QMNA5
340	175	209	191	121	95	78	104	> 10	96	> 20	1,9
687	515	567	513	348	283	239	332	> 10	279	> 20	1,3
283	280	326	295	196	158	133	138	> 20	101	> 50	1,0
880	395	480	418	227	165	126	145	≈ 20	126	> 50	2,2
735	802	976	905	616	504	427	543	> 10	517	> 20	0,9
698	702	789	688	469	384	326	360	> 20	321	> 50	1,0
78	228	254	242	200	181	166	177	> 10	172	> 20	0,3
624	2811	2952	2799	2337	2127	1968	1750	> 20	1700	≈ 100	0,2
141	467	496	467	396	364	339	334	> 20	304	≈ 100	0,3
68	349	393	382	324	297	277	255	> 20	242	> 50	0,2
159	411	495	500	354	277	214	202	> 20	130	≈ 100	0,4
129	323	387	372	293	259	234	274	> 10	272	> 20	0,4

¹ hydro.eaufrance.fr (07/2022)

² arrondi au supérieur

Débit caractéristique assimilé au débit minimum (DCADM) ⁹	SC < valeur
⇒ 1/10 mod : QMNA5 ≈ 1/10 mod	
⇒ VCN10-2 : QMNA5 > 1/10 mod	
SV < DCADM	

⁹ (Baran P., Larinier M., Courret D., Les méthodes d'aide à la détermination de valeurs de débit minimum)

module de la station DMB (L/s) ³	Débits Minimum Biologiques (L/s)		Débit réservé à la prise d'eau ⁵	Situation au 17/07/2022		Justification code couleur des cours d'eau	Comm
	En station DMB ³	En station sécheresse ⁴		Débit moyen journalier (L/s) ⁶	Mesure mise en place par arrêté préfectoral ⁷		
			L. 214-18 CE : 1/10 mod	145	x	SV <<< DCADM ; SC <<< dernières valeurs de VCN3	Les dei atteint
2230	180	555	DMB	306	x	SV <<< DCADM et DMB ; SC <<< dernières valeurs de VCN3	
7520	540	203	1/10 mod (148 L/s)	283	x	SV >>> DCADM ; SC >>> DMB >>> dernières valeurs de VCN3	Le QMI pas ab
			1/10 mod (518 L/s)	263	Vigilance	SV <<< DCADM ; SC >>> DMB >>> dernières valeurs de VCN3	
			L. 214-18 CE : 1/10 mod	761	x	SV <<< DCADM ; SC <<< dernières valeurs de VCN3	Les riv nappe: débit référe: travail:
		600		494	x	SV ≈ DCADM ; SC <<< DMB mais SC > VCN3-10	
				226	x	SV ≈ DCADM ; SC ≈ dernières valeurs de VCN3	
				2453	Vigilance	SV ≈ DCADM ⁸ ; SC ≈ VCN3-10 >> dernières valeurs de VCN3	
				476	x	SV ≈ DCADM ; SC ≈ VCN3-10 > dernières valeurs de VCN3	
				432	x	SV ≈ DCADM ; SC ≈ VCN3-20 ≈ dernières valeurs de VCN3	
				492	x	SV ≈ DCADM ; SC ≈ VCN3-20 > dernières valeurs de VCN3	
				315	Vigilance	SV ≈ DCADM ; SC < dernières valeurs de VCN3	

³ Aquascop 2015 ; 2022 ⁵ arrêtés préfectoraux ⁶ SDE ⁷ Propiluvia ⁸ par principe de proportionnalité

⁴ rapport des modules appliqué aux DMB

SV < DMB		A atteint le SV
SC < DMB		A atteint le SA
		A atteint le SC
		Sup. aux seuils



Préservation des ressources en eau souterraines et superficielles dans le département de l'Orne

Résumé/Abstract :

L'eau est une ressource vulnérable qu'il convient de protéger, qu'elle s'écoule sous terre ou en surface. Différents outils parfois complémentaires ont été développés à cet effet. Mon stage se focalise sur trois d'entre eux : l'analyse qualitative de prélèvements d'eau, les périmètres de protection des captages d'eau potable ainsi que les seuils sécheresse de débit des cours d'eau. L'ensemble de ces outils mobilise des notions distinctes de l'hydrogéologie. J'ai ainsi eu l'opportunité d'approfondir mes connaissances sur le fonctionnement des nappes souterraines de même que sur le fonctionnement statistique des cours d'eau, tout ceci dans le contexte hétérogène du département de l'Orne.

Water is a vulnerable resource that must be protected, whether it flows underground or on the surface. Various tools, some of which are complementary, have been developed for this purpose. My internship focuses on three of them: the qualitative analysis of water samplings, the protection areas of drinking water catchments as well as the drought thresholds for river flows. All these tools make use of distinct notions of hydrogeology. Thereby, I had the opportunity to deepen my knowledge on the functioning of groundwater tables as well as on the statistical functioning of rivers, all of which within the heterogeneous context of the Orne department.

Mots Clés :

Hydrogéologie, alimentation en eau potable (AEP), nappe souterraine, périmètres de protection des captages (PPC), seuils sécheresse

Département de l'Orne
27, Boulevard de Strasbourg
61000 Alençon

Tuteurs entreprise :

Denis MARTINS DE ALMEIDA
Chargé d'opération ADI61
Julien FERET
Hydrogéologue départemental et Directeur adjoint du SDE61

Tutrice académique :

Francesca DI PIETRO