



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Document à accès immédiat

Pollution des eaux souterraines par les PFAS au droit du champ captant de la commune de Rostrenen (22) – Avis du BRGM

Rapport final

BRGM/RP-74588-FR

Version 0 du 11 juillet 2025

Étude réalisée dans le cadre des projets d'appui aux politiques publiques

BRGM

Ce rapport a été vérifié le 20/06/2025 et approuvé le 30/06/2025 selon la procédure interne en vigueur au sein du BRGM, qui garantit le respect de ses engagements contractuels, de l'intégrité et de l'impartialité du contenu scientifique et technique du présent rapport, de l'éthique et de la déontologie du BRGM, ainsi que des dispositions réglementaires et législatives auquel il est soumis pour l'exercice de son activité.

Le système de management de la qualité et de l'environnement du BRGM
est certifié selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.

Contact : qualite@brgm.fr

Avertissement

Ce rapport est adressé en communication exclusive au demandeur, au nombre d'exemplaires prévu contractuellement.

Le demandeur assure lui-même la diffusion qu'il souhaite des exemplaires de ce tirage initial, dont il est seul propriétaire.

La communicabilité et la réutilisation de ce rapport sont régies selon la réglementation en vigueur, ainsi que par les termes de la convention.

Les justificatifs du contrôle qualité de ce rapport (auteur, vérificateur, approbateur) peuvent être communiqués à titre confidentiel au destinataire du rapport, à sa demande et dans le strict respect de la réglementation applicable au traitement des données à caractères personnels.

Le BRGM ne saurait être tenu responsable de la divulgation du contenu total ou partiel de ce rapport à un tiers non-autorisé qui ne soit pas de son fait et des éventuelles conséquences pouvant en résulter.

Votre avis nous intéresse

Dans le cadre de notre démarche qualité et de l'amélioration continue de nos pratiques, nous souhaitons mesurer l'efficacité de réalisation de nos travaux.

Aussi, nous vous remercions de bien vouloir nous donner votre avis sur le présent rapport en complétant le formulaire accessible par cette adresse <https://forms.office.com/r/yMgFcU6Ctq> ou par ce code :



Mots clés : Expertise, Appuis aux administrations, Qualité des eaux souterraines, PFAS, Alimentation en eau potable, Rostrenen, Côtes-d'Armor

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

BRGM 2025. Pollution des eaux souterraines par les PFAS au droit du champ captant de la commune de Rostrenen (22) – Avis du BRGM. Rapport final V0. BRGM/RP-74588-FR, 36 p.

© BRGM, 2025, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.
M-P2-12 – 13/03/2025

Synthèse

Contexte :

Date de la formulation de la demande d'expertise au BRGM : 11/10/2024

Demandeur : DDTM des Côtes-d'Armor

Nature de l'expertise / question posée : Quel est l'état des connaissances sur la pollution des eaux souterraines et quelles recommandations peuvent être faites quant aux études ultérieures à engager ?

Situation du sujet (commune, lieu-dit et adresse) : Commune de Rostrenen (22)

Nature de l'intervention du BRGM : examen de documents

Dossiers examinés :

Une cinquantaine de documents ont été mis à disposition du BRGM dont notamment les documents suivants :

- Rapport d'étude préliminaire à la définition du périmètre de protection (CG22, 1997)
- Etude agro-pédologique (2000)
- Avis de l'hydrogéologue agréé (2005)
- Document d'incidence relatif au projet de système de gestion des eaux pluviales (AETEQ, 2005)
- Rapport d'inspection du SDAEP (2011)
- Rapport de diagnostic du champ captant (Log Hydro, 2022)

Conclusions/Recommandations du BRGM :

Les données mises à disposition du BRGM ne permettent pas à l'heure actuelle d'identifier avec précision la source de la contamination. En revanche, un certain nombre de besoins d'informations complémentaires sont d'ores-et-déjà identifiés avec pour objectif de :

- Améliorer la compréhension du fonctionnement des écoulements des eaux souterraines ;
- Améliorer la connaissance des sources de contamination potentielles du secteur pour proposer un programme d'investigations pertinent ;
- Identifier les zones contaminées par les PFAS¹.

¹ Substances per- et polyfluoroalkylées (de l'anglais per- and polyfluoroalkyl substances).

Sommaire

1. Introduction	7
2. Documents consultés	8
3. Contextes	9
3.1. Contexte géographique	9
3.2. Contexte hydrographique	11
3.3. Le champ captant.....	12
3.4. Contexte géologique	14
3.5. Sens d'écoulements des eaux souterraines	15
3.6. Eléments structuraux (failles)	16
3.7. Forages et puits dans la zone d'étude	17
3.8. Activités anthropiques potentiellement polluantes	19
4. Analyse des données sur les PFAS.....	22
4.1. Données disponibles.....	22
4.2. Données de suivi.....	22
4.3. Analyse des données	27
4.3.1. Cortèges des PFAS	27
4.3.2. Chaines de dégradation	30
4.3.3. Influence des précipitations.....	31
4.3.4. Influence de la piézométrie	32
4.4. Interprétation.....	33
5. Conclusions et recommandations.....	35
6. Bibliographie	36

Liste des figures

Figure 1 : Localisation du champ captant de Koadernod et du périmètre de protection associé .	9
Figure 2 : Délimitation des périmètres de protection du champ captant de Koadernod.....	10
Figure 3 : Délimitation des différents bassins versants du champ captant de Koadernod	12
Figure 4 : Types d'ouvrage et de canalisation du champ captant de Koadernod	13
Figure 5 : Principe de fonctionnement hydraulique du champ captant de Koadernod.....	13
Figure 6 : Extrait de la carte géologique du secteur.....	14
Figure 7 : Profil d'altération en milieu de socle	14
Figure 8 : Profil d'écoulement des eaux souterraines influencé par la topographie.....	15
Figure 9 : Sens d'écoulement général des eaux souterraines dans le secteur du champ captant de Koadernod.....	15

Figure 10 : Direction des principaux éléments structuraux en Bretagne	16
Figure 11 : Représentation schématique de la direction des principaux éléments structuraux au droit du champ captant de Koadernod, sur fond topographique.	16
Figure 13 : Représentation schématique de la direction des principaux éléments structuraux au droit du champ captant de Koadernod, sur fond orthophotographique.	17
Figure 14 : Localisation des forages et puits dans le secteur du champ captant de Koadernod	18
Figure 15 : Localisation des sites CASIAS recensés dans le secteur du champ captant de Koadernod	19
Figure 16 : Localisation des carrières recensées dans le secteur du champ captant de Koadernod	21
Figure 17 : Localisation des points de suivi de la qualité des eaux souterraines en juillet et septembre 2024	23
Figure 18 : Concentrations (en ng/L) mesurées lors de la campagne de suivi de juillet 2024	23
Figure 19 : Somme des PFAS (µg/l) (en ordonnées) pour les eaux du champ captant	27
Figure 20 : Carte de chaleur pour l'ensemble des analyses PFAS	28
Figure 21 : Distribution des PFAS quantifiés dans les points de captage lors de la campagne de prélèvement du 02/09/2024 menée par l'ARS	29
Figure 22 : Chaîne de dégradation de deux types d'émulseurs	30
Figure 23 : Comparaison de l'évolution des concentrations en PFAS au point de suivi ADES (BSS000XFNM - 03124X0072/P1)	31
Figure 24 : Localisation du point de suivi 03124X0088/F	32
Figure 25 : Variation du niveau piézométrique (m NGF) au droit du point de suivi 03124X0088/F	32
Figure 26 : Statistiques relatives aux variations piézométriques du point de suivi 03124X0088/F	33

Liste des tableaux

Tableau 1 : Résultats des analyses en µg/l pour les composés détectés au moins une fois.	25
Tableau 2 : Résultats des analyses en µg/l pour les paramètres jamais quantifiés (< LQ).	26

1. Introduction

Depuis l'été 2024, le champ captant de Koadernod (ou Coadernault) n'est plus utilisé pour alimenter en eau potable les usagers des communes de Rostrenen (environ 2 000 personnes) et de Plouguernével (environ 200 personnes). En effet, en juillet 2024, un prélèvement réalisé dans le cadre d'une campagne nationale de recherche, a révélé des concentrations en PFAS supérieures à la limite de qualité applicable en France². Les usagers concernés sont depuis alimentés en eau par la réserve de Kerné Uhel.

La DDTM³ des Côtes d'Armor a sollicité le BRGM le 11/10/2024 pour :

- Réaliser un état des connaissances sur la pollution des eaux souterraines identifiée, sur la base des documents transmis et des données à disposition du BRGM ;
- Emettre des recommandations sur les actions à engager ;
- Participer aux échanges et rédiger un livrable de restitution.

Pour répondre à cette demande, un ensemble de documents (cf. 2) ont été fournis par la DDTM 22, l'ARS⁴, le Syndicat Mixte d'Adduction d'Eau Potable des Côtes d'Armor (SMAEP) entre le 15 octobre 2024 et le 4 mars 2025 et ont été examinés par le BRGM.

L'expertise s'inscrit dans le cadre des missions d'Appui aux Administrations menées par le BRGM au titre de l'année 2025.

² 100 ng/L pour la somme de 20 PFAS.

³ Direction Départementale des Territoires et de la Mer

⁴ Agence Régionale de Santé

2. Documents consultés

Pour répondre à cette demande, environ 50 documents ont été mis à disposition du BRGM dont notamment les suivants :

- Rapport d'étude préliminaire à la définition du périmètre de protection (CG22, 1997)
- Etude agro-pédologique (2000)
- Avis de l'hydrogéologue agréé (2005)
- Document d'incidence relatif au projet de système de gestion des eaux pluviales (AETEQ, 2005)
- Rapport d'inspection du SDAEP (2011)
- Rapport de diagnostic du champ captant (Log Hydro, 2022)

Des documents complémentaires ont été consultés par le BRGM dont notamment les suivants :

- Carte IGN sur www.geoportail.gouv.fr
- Cartes géologiques au 1/50 000ème du BRGM n°312 de Rostrenen <http://infoterre.brgm.fr>
- Banque de données du sous-sol (BSS) sur <http://infoterre.brgm.fr>
- Banque de données ADES (point BSS000XFNM - 03124X0072/P1, RCS, AELB⁵) <https://ades.eaufrance.fr/>
- Bases de données CASIAS, BASOL, ICPE, Secteurs d'information sur les sols » (SIS), Etablissements déclarant des rejets et transferts de polluants <https://www.georisques.gouv.fr/>
- Base de données sur les accidents technologiques (ARIA) <https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/>
- Base de données sur les prélèvements en eau (BNPE) <https://bnpe.eaufrance.fr/acces-donnees/>

⁵ Agence de l'Eau Loire Bretagne

3. Contextes

3.1. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE

Le champ captant de Koadernod est implanté au sud-est de la commune de Rostrenen, dans le département des Côtes d'Armor, à environ 50 km au sud-ouest de Saint-Brieuc (cf. Figure 1 et Figure 2).

Plus précisément, les puits sont localisés sur les parcelles cadastrales BM100, BM106, BM109 et BL94.



Figure 1 : Localisation du champ captant de Koadernod et du périmètre de protection associé
(Source : rapport de visite du SDAEP, juillet 2023)

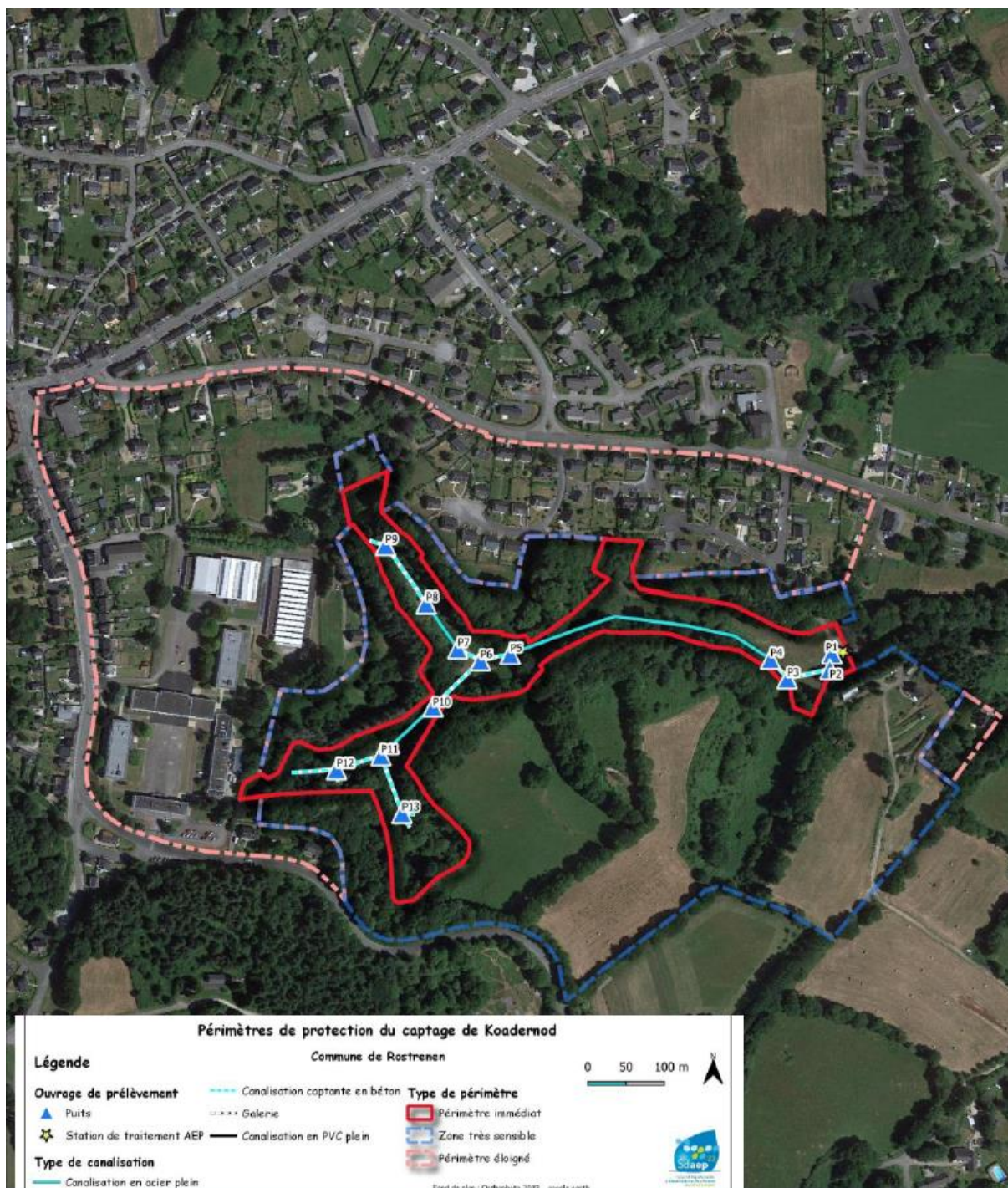


Figure 2 : Délimitation des périmètres de protection du champ captant de Koadernod
(Source : rapport de visite du SDAEP, juillet 2023)

3.2. CONTEXTE HYDROGRAPHIQUE

Le champ captant se situe au sein de la vallée de Koadernod (cf. Figure 3). Celle-ci est très encaissée et draine un ruisseau, affluent du Blavet, dont l'écoulement est permanent avec un lit individualisé qui peut être identifié en aval direct du champ captant. La haute vallée peut être subdivisée en deux talwegs principaux, particulièrement hydromorphes, dans lesquels se répartissent les puits, avec des caractéristiques hydrologiques différentes :

- Talweg n°1 : orienté nord-ouest / sud-est, alimentant les puits 9, 8, 7 et 6, à fond particulièrement hydromorphe (écoulement temporaire et nappe affleurante) et occupé par une zone humide. Le bassin versant de ce talweg (bassin versant 12. cf. Figure 3), d'une superficie d'environ 16 ha, est essentiellement occupé par des surfaces imperméabilisées (150 habitations environ, 1 Lycée d'Enseignement Professionnel et voirie).
- Talweg n°2 : orienté sud-ouest / nord-est, alimentant les puits 13, 12, 11 et 10, dont le fond est occupé par des bois. Le bassin versant de ce talweg (composé des sous-bassins 111 et 112. cf. Figure 3), d'une superficie d'environ 15 ha, est essentiellement occupé par des surfaces agricoles et des landes (10 habitations environ, partie sud (amont) du Lycée d'Enseignement Professionnel et voirie (D 764)).

Les puits 4, 3, 2 et 1 se situent dans la vallée principale (environ 16 ha) et collectent des eaux issues des bassins précédemment définis, avec un versant nord très urbanisé (lotissement) et un versant sud à agriculture extensive et friches.

En totalité, le bassin versant topographique du champ captant représente donc environ 47 ha.

Les pentes sont globalement fortes, pouvant atteindre plus de 20 % sur les versants de la vallée.

Au sein du périmètre immédiat, des écoulements temporaires et une remontée de la nappe peu profonde présente sur le site apparaissent en période de pluie.



(Source : Etude agro-pédologique, 2000)

3.3. LE CHAMP CAPTANT

Le site de prélèvement de Koadernod présente la particularité de capter les eaux d'une large zone sourceuse via un système de drainage de plusieurs centaines de mètres (cf. Figure 4). L'ensemble des écoulements est drainé et est amené gravitairement (Figure 5), via un réseau de conduite d'environ 800 m, vers l'ouvrage P1 à proximité de la station. L'eau fait alors l'objet d'un pompage dans le P1 à l'aide de deux pompes au débit de 40 m³/h.

Les 13 ouvrages, appelés « puits », correspondent à des ouvrages de gestion de niveau et de points de jonction entre conduites, et non à des ouvrages captant la nappe.

La profondeur des ouvrages (et donc des conduites) est comprise entre environ 2 m/TN (P8) et 8,20 m/TN (P1).

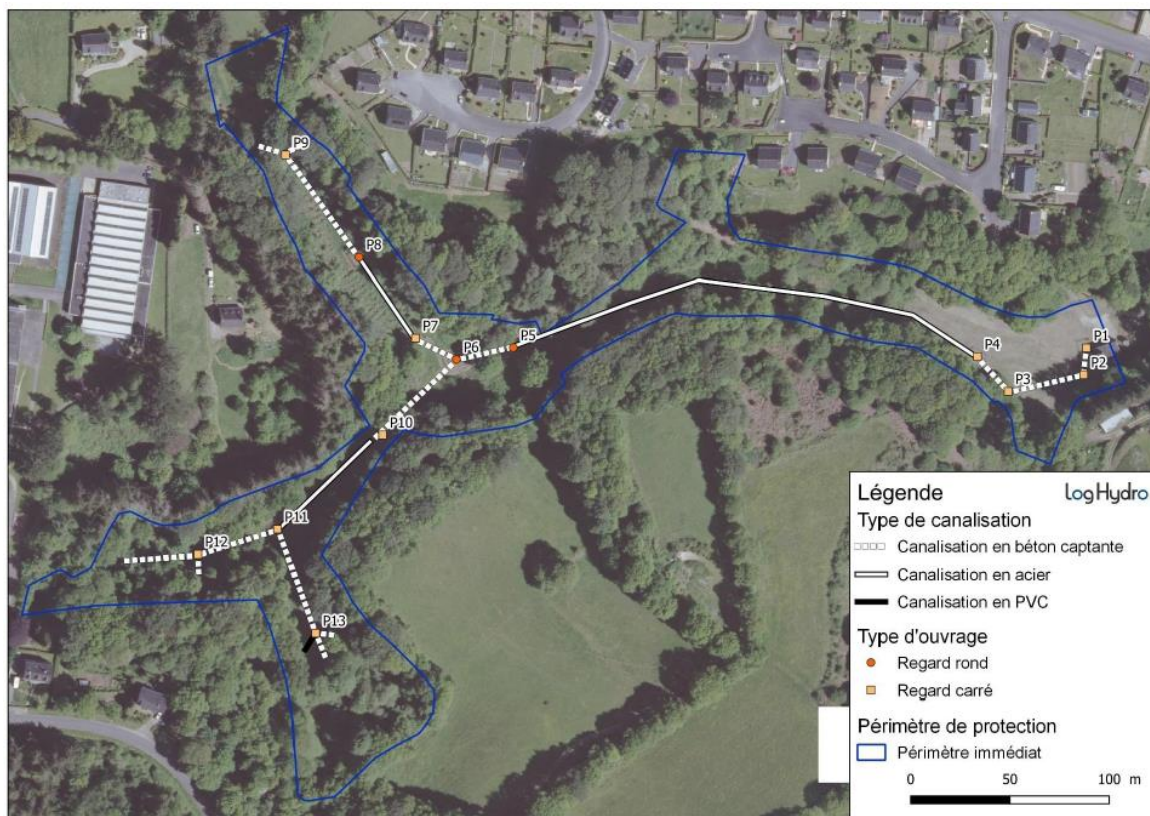


Figure 4 : Types d'ouvrage et de canalisation du champ captant de Koadernod
(Source : Log-Hydro, 2022)

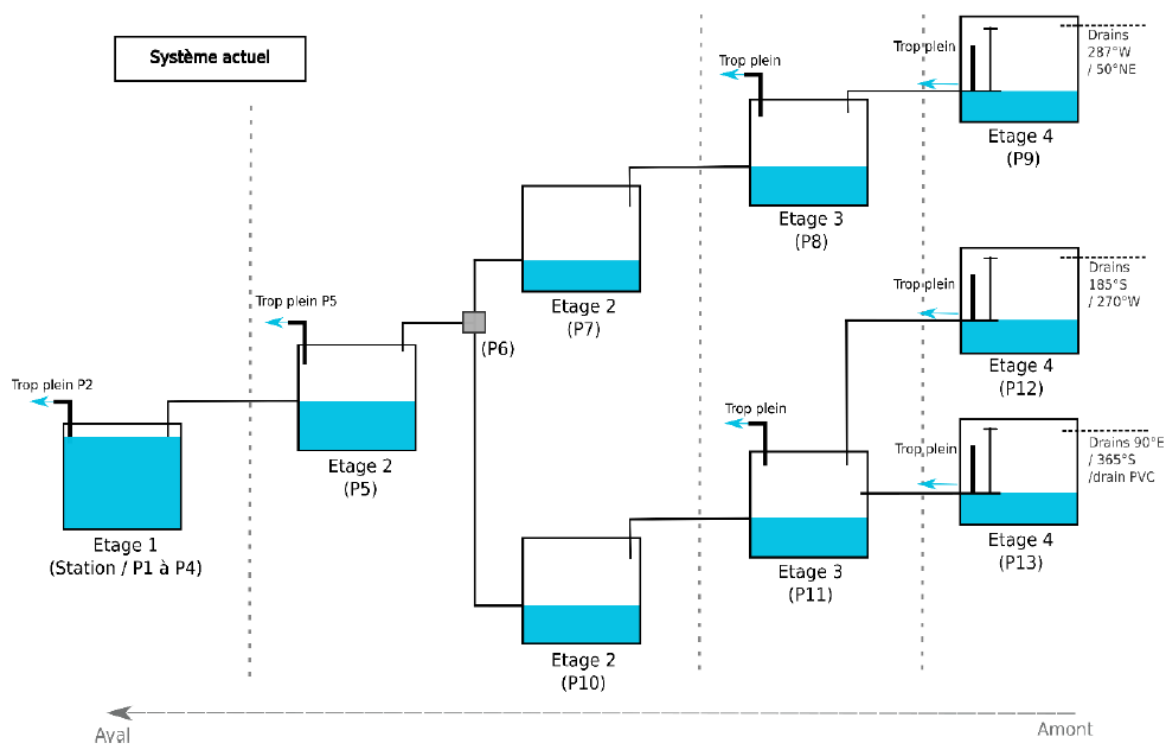
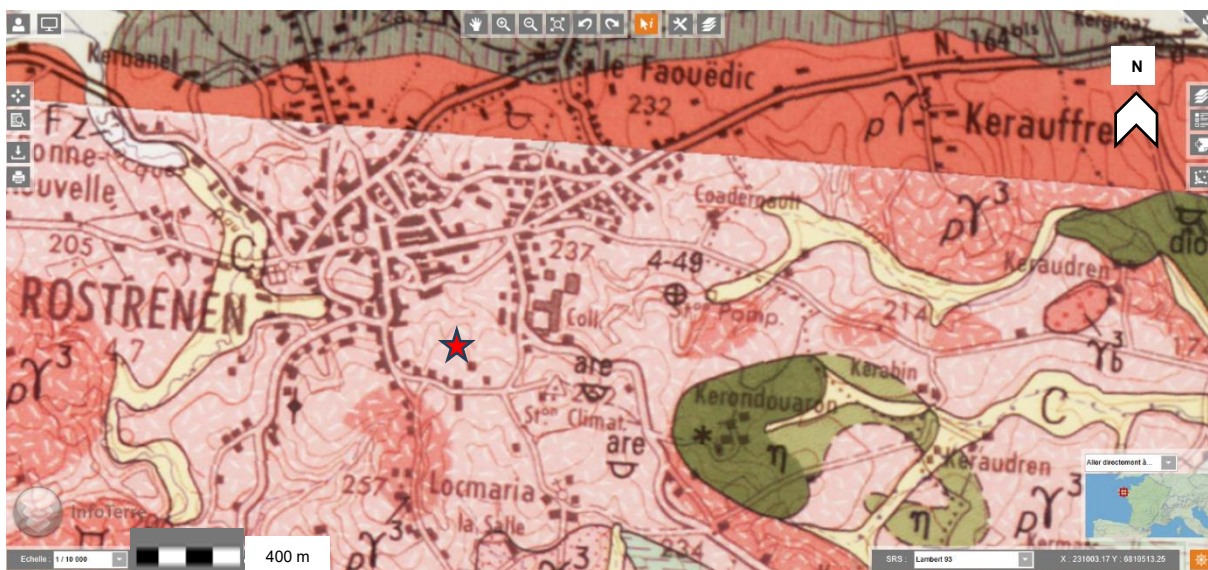


Figure 5 : Principe de fonctionnement hydraulique du champ captant de Koadernod
(Source : Log-Hydro, 2022)

3.4. CONTEXTE GEOLOGIQUE

D'après la carte géologique de Rostrenen, le champ captant est localisé au droit de l'arène granitique d'altération du granite porphyroïde de Rostrenen (cf. Figure 6).



- ★ Localisation du champ captant
- $\rho\gamma^3$ Arène de granite porphyroïde de Rostrenen, à cristaux géants de feldspath potassique
- η Diorites quartzifères

Figure 6 : Extrait de la carte géologique du secteur
(Source : <https://infoterre.brgm.fr/viewer/MainTileForward.do>)

Le profil d'altération typique des roches de socle comprend, de haut en bas :

- une couche d'altérites meubles à fonction essentiellement capacitive (lorsqu'elle est saturée en eau), surmontée par la cuirasse (généralement absente dans le contexte breton) ;
- une couche fissurée transmissive, composée de roche dure et présentant des fissures, en majorité, subhorizontales dans les granites (cf. Figure 7).

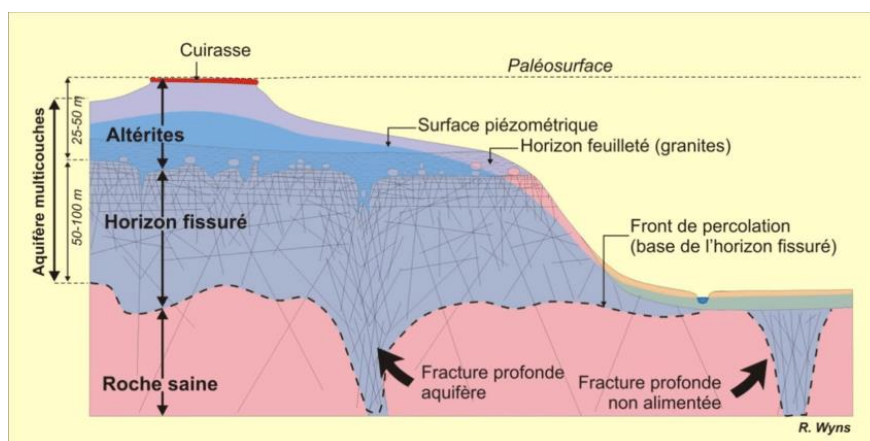


Figure 7 : Profil d'altération en milieu de socle
(Source : Lachassagne et Wyns, 2005)

Aucune information sur les altérites n'a été identifiée dans le secteur du champ captant.

3.5. SENS D'ÉCOULEMENTS DES EAUX SOUTERRAINES

Aucune carte piézométrique n'est disponible dans le secteur d'étude. Toutefois, il peut être considéré, comme dans d'autres contextes bretons similaires, qu'il existe un lien étroit entre la piézométrie et la topographie (cf. Figure 8).

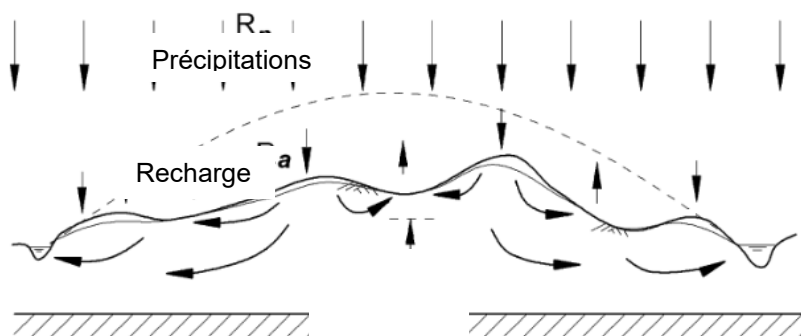


Figure 8 : Profil d'écoulement des eaux souterraines influencé par la topographie
(Source : Haitjema and Mitchell-Bruker, 2005)

En se basant sur les courbes de niveau de la carte topographique au 1/25 000^e, on peut donc considérer que les eaux souterraines s'écoulent globalement selon les flèches rouges figurées ci-après (cf. Figure 9).

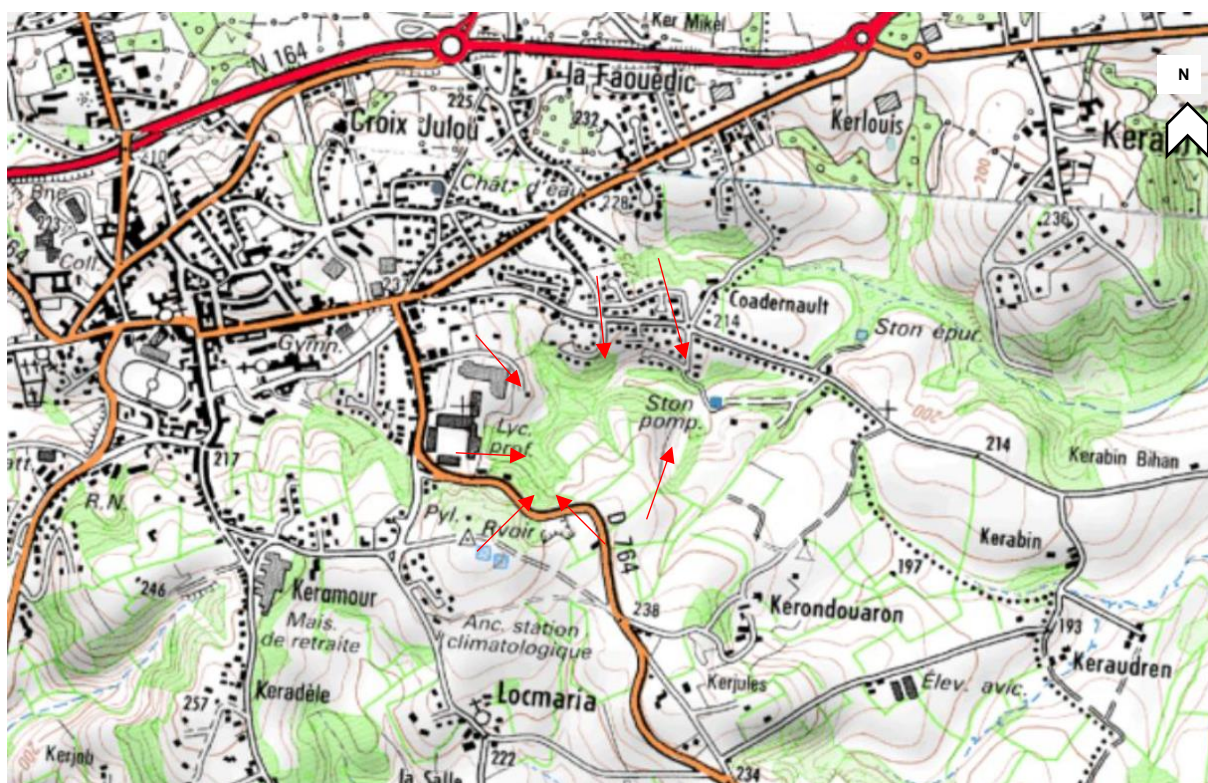


Figure 9 : Sens d'écoulement général des eaux souterraines dans le secteur du champ captant de Koadernod

Étant donné la faible profondeur des eaux souterraines et l'absence de formation de couverture susceptible de les protéger, la nappe peut être qualifiée de vulnérable vis-à-vis d'éventuelles pollutions provenant de la surface.

3.6. ELEMENTS STRUCTURAUX (FAILLES)

A l'échelle régionale, les directions principales des éléments structuraux (failles) sont N150° et N45°, reflétant le régime tectonique compressif qu'a subi la Bretagne au cours de son histoire géologique (cf. Figure 10).

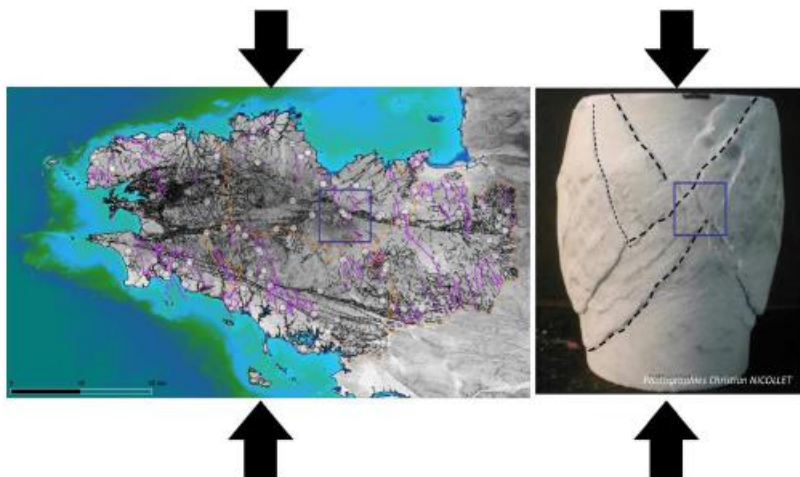


Figure 10 : Direction des principaux éléments structuraux en Bretagne
(Source : Schroëtter et al., 2020)

Il n'existe pas de cartographie locale précise des éléments géologiques structuraux présents au droit et à proximité du champ captant. Cependant, au vu du relief et du réseau hydrographique, il peut être supposé la présence des éléments structuraux représentés en noir sur les figures suivantes (cf. Figure 11 et Figure 12).

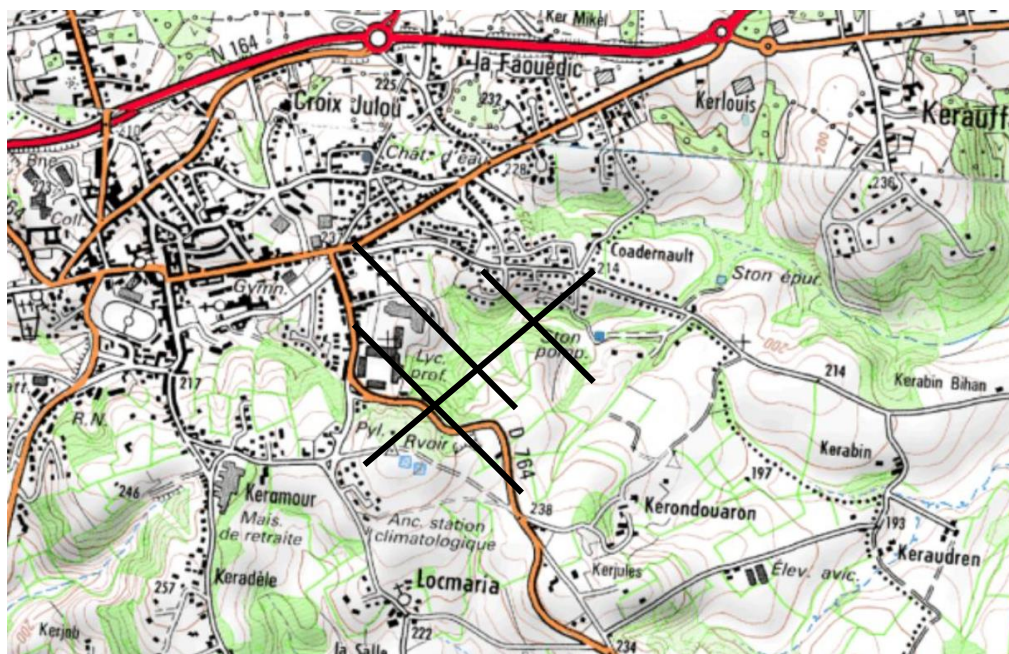


Figure 11 : Représentation schématique de la direction des principaux éléments structuraux au droit du champ captant de Koadernod, sur fond topographique.

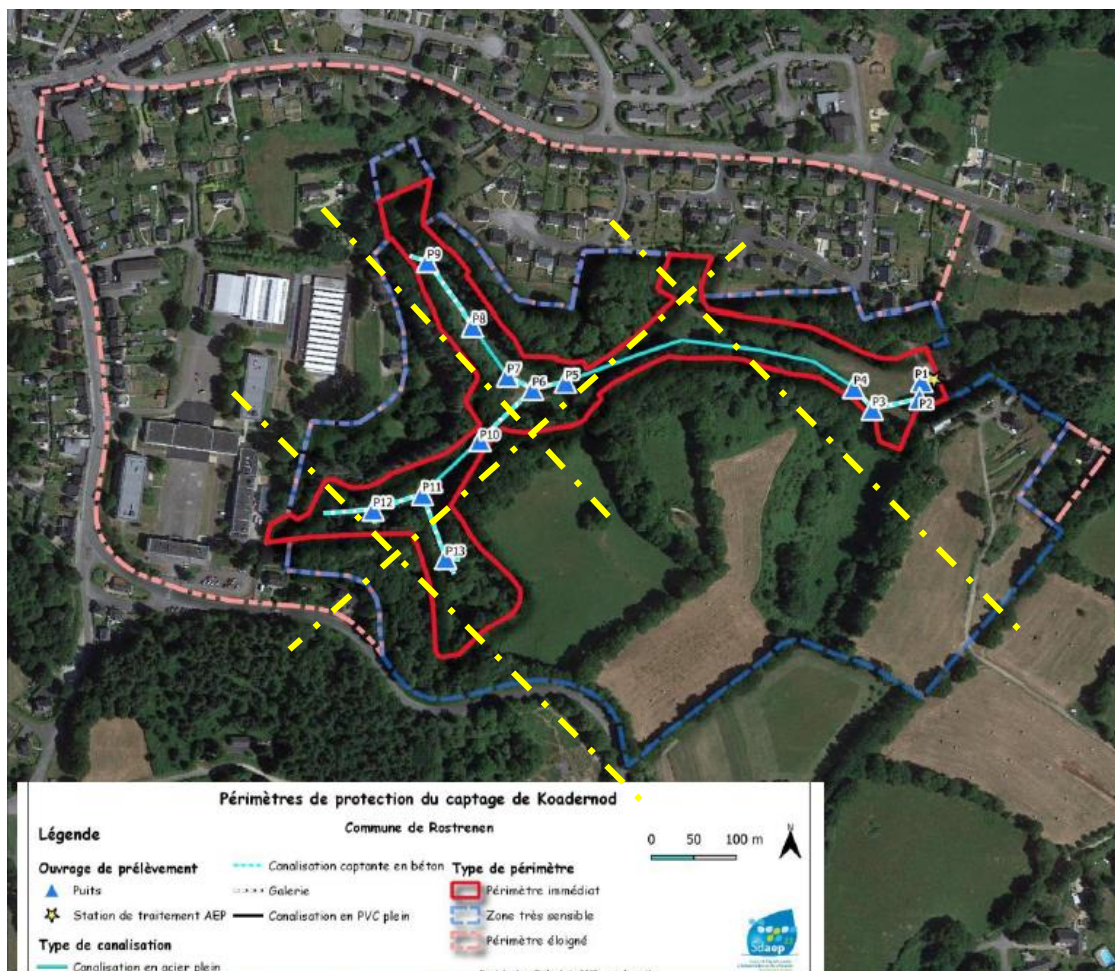


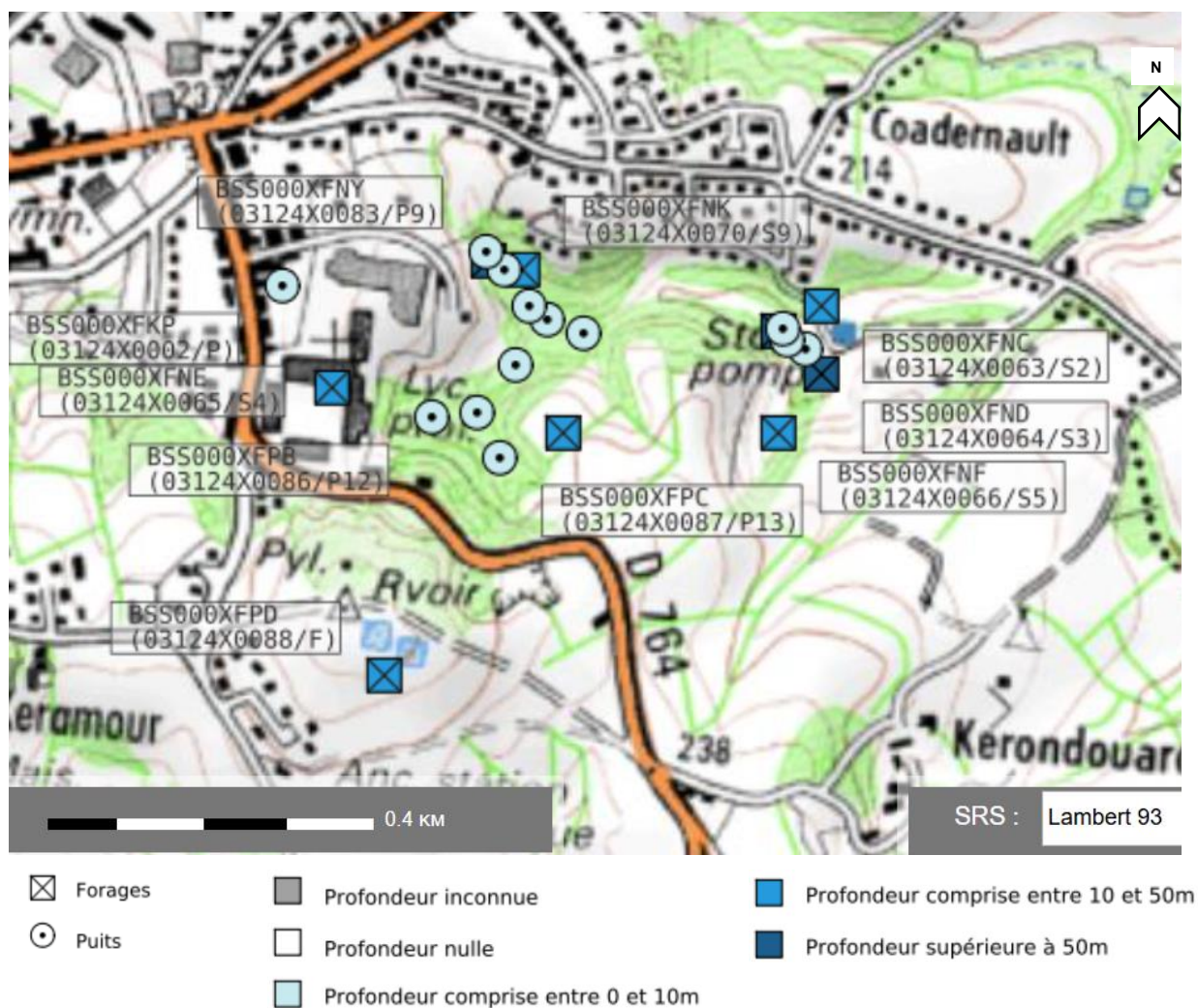
Figure 12 : Représentation schématique de la direction des principaux éléments structuraux au droit du champ captant de Koadernod, sur fond orthophotographique.

3.7. FORAGES ET PUIXS DANS LA ZONE D'ETUDE⁶

Hormis le captage de Koadernod, aucun point de prélèvement n'est recensé sur la commune de Rostrenen, dans la base de données BNPE (<https://bnpe.eaufrance.fr/accès-donnees>).

En revanche, plusieurs ouvrages (forages et puits) sont recensés dans la Banque de données du sous-sol (BSS) (cf. Figure 13).

⁶ Consultation réalisée par le BRGM en mars 2025.



D'après la BSS, deux points d'accès aux eaux souterraines sont présents au droit du Lycée :

- BSS000XFNE / 03124X0065 : Forage de 41 m de profondeur. Log validé : 2 m de terre végétale puis granite. Eau à partir de 8 m de profondeur ;
- BSS000XFKP / 03124X0002 : Puits de 9,5 m de profondeur. Réalisé en 1947. Tari les années sèches. 0,4 m de terre végétale puis arène granulitique.

3.8. ACTIVITES ANTHROPIQUES POTENTIELLEMENT POLLUANTES⁷

Les activités potentiellement polluantes, incluant tous types de polluants à proximité du champ captant, recensées dans la base de données CASIAS (Anciens sites industriels et activités de service) sont les suivantes :

- 1) **Dépôt de fuel (DLI⁸) et charbon** ([1965-1990]). Cuves enlevées et remplacées par une cour. [Fiche Casias - SSP3806291](#)
- 2) **Forge**, marteaux mécaniques, emboutissage, estampage, matriçage découpage ; métallurgie des poudres et **DLI** ([1924-1965]) [Fiche Casias - SSP3803852](#)
- 3) **Garage et DLI** ([1951-1980]) [Fiche Casias - SSP3804151](#)
- 4) **Garage et station-service** ([1956-1970]) [Fiche Casias - SSP3804548](#)
- 5) Fabrication de **machines agricoles et forestières** (tracteurs...) et réparation ([1970-?]) [Fiche Casias - SSP3805529](#)
- 6) **Garage et DLI** ([1945-1991]) [Fiche Casias - SSP3804366](#)
- 7) **Garage et station-service** ([1947-?]) [Fiche Casias - SSP3803959](#)
- 8) **Lycée d'enseignement Professionnel** et transformateur (PCB, pyralène...) ([?-?]) [Fiche Casias - SSP3806720](#)
- 9) **Démantèlement d'épaves**, récupération de matières métalliques recyclables (ferrailleur, casse auto...) ([?-1995]). En 2005, les ferrailles et carcasses de voitures sont toujours en place. [Fiche Casias - SSP3807267](#)

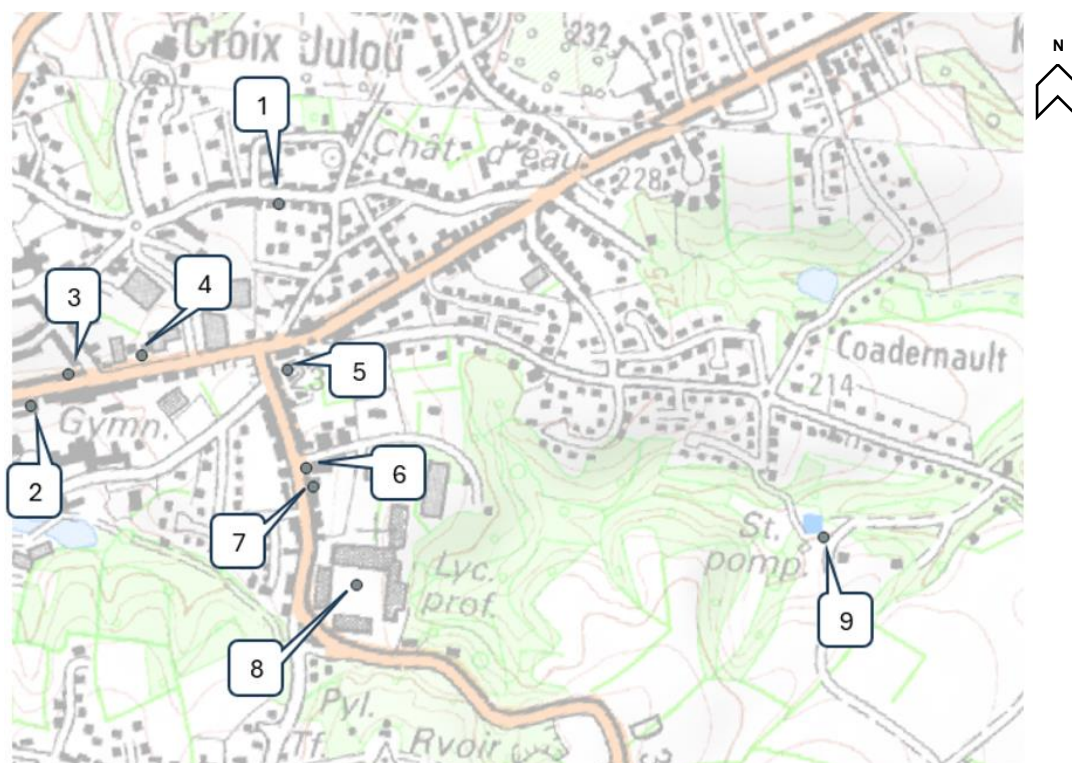


Figure 14 : Localisation des sites CASIAS recensés dans le secteur du champ captant de Koadernod
(Source : <https://www.georisques.gouv.fr/>)

⁷ Consultation réalisée par le BRGM en mars 2025.

⁸ Dépôt de liquide inflammable

D'autres sources d'information ont été consultées par le BRGM :

- Sites BASOL⁹ : Aucun site BASOL n'est recensé dans le périmètre de protection du champ captant ;
- Installations classées pour la protection de l'environnement » (ICPE)¹⁰ : Aucun site ICPE n'est recensé dans le périmètre de protection du champ captant ;
- Secteurs d'information sur les sols (SIS)¹¹ : Aucun SIS n'est recensé dans le périmètre de protection du champ captant ;
- Etablissements déclarant des rejets et transferts de polluants¹² : Aucun site n'est recensé à Rostrenen ;
- Servitudes d'utilité publique (SUP) : Aucune SUP n'est recensée dans le périmètre de protection du champ captant¹³.
- Accident technologique recensé dans la base de données ARIA¹⁴ : Un seul accident est recensé à Rostrenen (n° 939 - Transports routiers de fret. H49.41). Il s'agit d'un déversement de fioul sur la chaussée en 1989 : le 11/10/1989, au cours d'une manœuvre, un camion-citerne accroche l'angle d'un mur et arrache une de ses vannes de vidange. 4 000 L de fioul sont répandus sur la chaussée. Un barrage antipollution est mis en place.

Au vu de la nature du polluant déversé, aucun lien ne peut être établi entre cet accident et la pollution en PFAS constatée au droit du champ captant.

- Plusieurs carrières sont recensées dans la base de données Infoterre (couche « Carrières et matériaux »)¹⁵. Ces carrières sont localisées sur la Figure 15. La seule information disponible dans la base de données, pour ces sites, est que la production autorisée concerne des sables et graviers alluvionnaires.

Aucune information concernant l'éventuel remblaiement de ces carrières n'est précisée.

⁹ Sites et sols pollués, ou potentiellement pollués, appelant une action des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif. <https://www.georisques.gouv.fr/articles-risques/pollutions-sols-sis-anciens-sites-industriels/basol#summary-target-4>

¹⁰ <https://www.georisques.gouv.fr/risques/installations/donnees?page=1>

¹¹ <https://www.georisques.gouv.fr/risques/sites-et-sols-pollues/accueil>

¹² <https://www.georisques.gouv.fr/donnees/bases-de-donnees/installations-industrielles-rejetant-des-polluants>

¹³ <https://www.geoportail-urbanisme.gouv.fr/>

¹⁴ <https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/>

¹⁵ <https://infoterre.brgm.fr/viewer/MainTileForward.do>

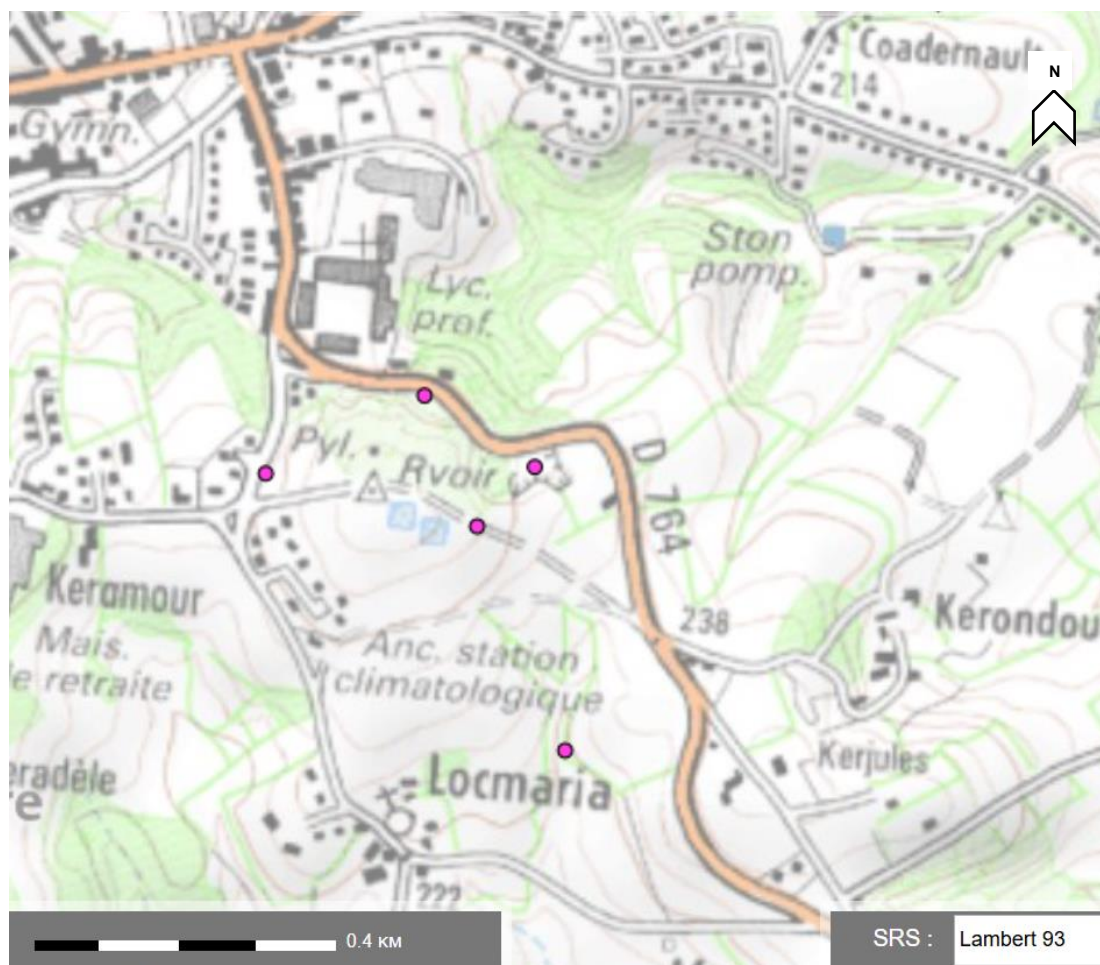


Figure 15 : Localisation des carrières recensées dans le secteur du champ captant de Koadernod
(Source : <https://infoterre.brgm.fr/viewer/MainTileForward.do>)

4. Analyse des données sur les PFAS

Les substances per- et polyfluoroalkylées, ou PFAS, représentent une vaste famille de plusieurs milliers de composés chimiques. Antiadhésives, imperméabilisantes, résistantes aux fortes chaleurs, ces substances sont largement utilisées depuis les années 1950 dans diverses applications industrielles et produits de consommation courante : textiles, emballages alimentaires, mousses anti-incendie, gaz réfrigérants, revêtements antiadhésifs, cosmétiques, dispositifs médicaux, produits phytopharmaceutiques, etc. Les très nombreux PFAS ont comme point commun d'être persistants dans l'environnement en raison de la solidité des liaisons carbone-fluor qu'ils contiennent.

4.1. DONNEES DISPONIBLES

Les analyses disponibles sur les PFAS sont les suivantes :

- Analyses ARS (juillet et septembre 2024) sur eau brute sur 6 points de captage du champ captant et eau traitée (31 PFAS recherchés) : sous forme de fichier excel (les bordereaux d'analyse n'ont pas été transmis) ;
- Analyses ADES¹⁶ (2017-2024, 20 PFAS recherchés) : export des données AELB¹⁷ du captage (RCS¹⁸ – BSS000XFNM - 03124X0072/P1 correspondant à la station P1) ;
- 1 analyse du SMAEP¹⁹/Saur (2024, 20 PFAS recherchés).

4.2. DONNEES DE SUIVI

La localisation des prélèvements réalisés par l'ARS en juillet et septembre 2024 est présentée sur la figure suivante (cf. Figure 16) :

¹⁶ Accès aux Données sur les Eaux Souterraines

¹⁷ Agence de l'Eau Loire Bretagne

¹⁸ Réseau de contrôle de surveillance

¹⁹ Syndicat Mixte d'Adduction d'Eau Potable

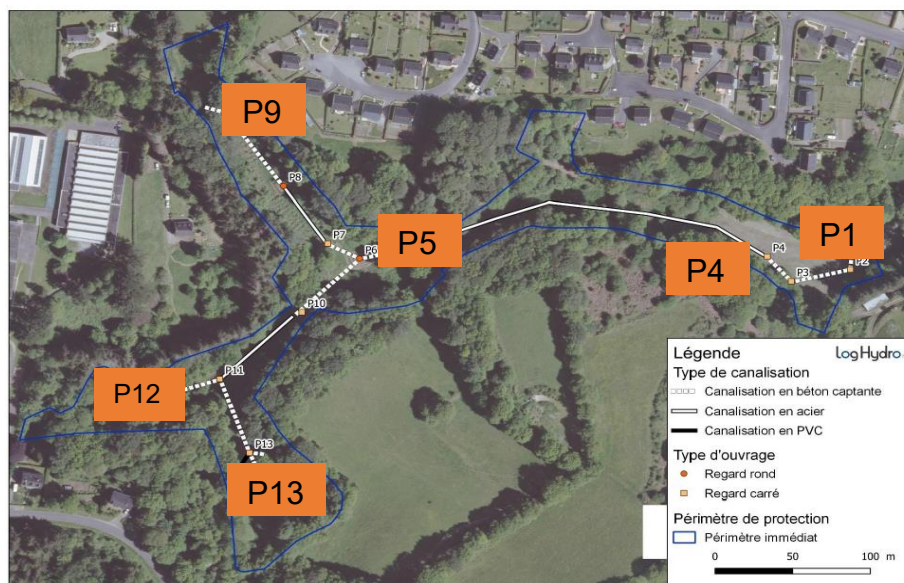


Figure 16 : Localisation des points de suivi de la qualité des eaux souterraines en juillet et septembre 2024
(Source : ARS)

Les résultats d'analyse associés à ces prélèvements sont présentés ci-après (cf. Figure 17).



Figure 17 : Concentrations (en ng/L) mesurées lors de la campagne de suivi de juillet 2024
(Source : ARS)

Les tableaux suivants présentent les concentrations obtenues pour les composés détectés au moins une fois (cf. Tableau 1) et les composés jamais quantifiés (cf. Tableau 2), pour l'ensemble des données disponibles (données ARS, ADES et SMAEP/Saur).

Pollution des eaux souterraines par les PFAS au droit du champ captant de la commune de Rostrenen (22) – Avis du BRGM

	01/07/24	01/07/24	02/09/24	02/09/24	02/09/24	02/09/24	02/09/24	02/09/24	05/06/24	06/05/17	03/10/17	18/04/18	29/09/18	06/04/19	05/10/19	28/09/20	15/04/21	28/09/21	03/04/23	27/09/23	21/03/24	25/09/24
	ARS								Saur	ADES												
	EB	ET	P4	P5	P9	P12	P13	P1	Station	BSS000XFNM												
PFOA	0.0088	0.0068	0.013	0.014	<0.002	0.0062	<0.002	0.011	0.011	0.018	0.014	0.011	0.011	0.012	0.028	0.051	0.02	0.012	0.0101	0.0133	0.0074	0.0203
PFHpA	0.011	0.0093	0.017	0.017	<0.002	0.0074	<0.002	0.017	0.013	<0.005	0.019	0.005	0.015	0.01	0.025	0.047	0.015	0.006	0.0094	0.0127	0.009	0.0195
PFHxA	0.044	0.036	0.063	0.065	0.0026	0.018	<0.002	0.057	0.044	0.026	0.014	0.033	0.058	0.04	0.113	0.136	0.148	0.246	0.0339	0.051	0.0276	0.0503
PFPeA	0.036	0.032	0.057	0.062	<0.005	0.019	<0.005	0.054	0.04	<0.05	<0.05	<0.05	0.089	0.05	0.102	0.09	0.038	0.019	0.0246	0.0393	0.0258	0.0527
PFBA	0.01	0.014	0.016	0.016	<0.005	0.0054	<0.005	0.015	0.012										<0.02	<0.02	<0.02	0.0151
PFBS	0.0061	0.0057	0.0093	0.0084	0.0012	0.0058	0.0013	0.0075	0.0091										0.0077	0.0112	0.005	0.0104
PFHpS	0.0057	0.004	0.0055	0.0094	<0.001	0.003	<0.001	0.0051	<0.0050								0.006	0.004	0.005	0.0044	0.0047	0.0036
PFOs	0.18	0.12	0.24	0.37	0.0083	0.1	<0.005	0.22	0.11	0.077	0.072	0.054	0.1302	0.0746	0.0924	0.3514	0.1358	0.0914	0.1998	0.1713	0.1023	0.1646
PFHxS	0.073	0.051	0.086	0.097	0.0043	0.082	0.0071	0.08	0.069	0.051	0.031	0.037	0.157	0.047	0.056	0.156	0.113	0.037	0.0681	0.028	0.0522	0.0958
PFPeS	0.011	0.0082	0.014	0.015	<0.001	0.0084	0.0015	0.0092	0.014										<0.05	<0.05	<0.05	0.0187
6:2 FTSA	0.034	0.025	0.033	0.031	<0.005	<0.005	<0.005	0.026														
6:2 FTAB	<0.01	<0.01	<0.01	0.011	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01														
Somme	0.4196	0.312	0.5538	0.7158	0.0164	0.2552	0.0099	0.5018	0.3221	0.172	0.15	0.14	0.4602	0.2336	0.4164	0.8374	0.4738	0.4164	0.358	0.3315	0.2329	0.4543

Tableau 1 : Résultats des analyses en µg/l pour les composés détectés au moins une fois.
EB et ET : Eau Brute et Eau Traitée à la station.



Code couleur : la couleur indique la position de la concentration dans la gamme des valeurs dans chaque colonne. Le dégradé de couleur est le suivant : les concentrations les plus faibles sont en vert et celles les plus élevées sont en rouge.

Pollution des eaux souterraines par les PFAS au droit du champ captant de la commune de Rostrenen (22) – Avis du BRGM

	01/07/24	01/07/24	02/09/24	02/09/24	02/09/24	02/09/24	02/09/24	02/09/24	05/06/24	06/05/17	03/10/17	18/04/18	29/09/18	06/04/19	05/10/19	28/09/20	15/04/21	28/09/21	03/04/23	27/09/23	21/03/24	25/09/24
	ARS								Saur	ADES												
	EB	ET	P4	P5	P9	P12	P13	P1	Station	BSS000XFNM												
PFDoDA	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0,0050	<0.025	<0.025	<0.025	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.005	<0.005	<0.005	<0.001
PFNA	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0,0010	<0.005	<0.005	<0.005	<0.002	<0.002	<0.002				<0.002	<0.002	<0.002	<0.001
PFDA	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0,0010	<0.005	<0.005	<0.005	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.005	<0.005	<0.005	<0.001
PFUnDA	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0,0050	<0.025	<0.025	<0.025	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.005	<0.005	<0.005	<0.001
PFTeDA																<0.002	<0.002	<0.002				
FOSA																<0.002	<0.002	<0.002				
PFTTrDA	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0,0050							<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.02	<0.02	<0.001
PFDS	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0,0050	<0.005	<0.005	<0.005	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.005	<0.005	<0.005	<0.001
PFNS	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0,0050										<0.05	<0.05	<0.05	<0.002
PFUnDS	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0,0050										<0.2	<0.2	<0.2	<0.002
PFDoDS	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0,0050										<0.2	<0.2	<0.2	<0.001
PFTTrDS	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0,0050										<0.2	<0.2	<0.2	<0.005
HFPO-DA	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01														
ADONA	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002														
PFPrS	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002														
FHxSA	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005														
5:1:2 FTB	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01														
5:3 FTB	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01														
PFMOPrA	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01														
4:2 FTSA	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002														
8:2 FTSA	<0.01	<0.01	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005														

*Tableau 2 : Résultats des analyses en µg/l pour les paramètres jamais quantifiés (< LQ).
EB et ET : Eau Brute et Eau Traitée à la station.*

Les treize analyses disponibles dans ADES (au droit du point BSS000XFNM - station P1), réalisées entre mai 2017 et septembre 2024, montrent systématiquement un dépassement de l'actuelle limite de qualité, fixée à 0,100 µg/l pour la somme de 20 PFAS. La concentration moyenne s'établit à 0,359 µg/l. Le taux le plus important, mesuré en septembre 2020, s'élève à 0,837 µg/l.

4.3. ANALYSE DES DONNEES

4.3.1. Cortèges des PFAS

Les cartes de chaleur (cf. Figure 19) permettent de comparer les cortèges de PFAS entre les échantillons en fonction des occurrences et des concentrations mesurées dans les eaux. L'ensemble des échantillons présentent des cortèges relativement similaires. Ainsi, le principal composé dans les eaux est le PFOS accompagné par le PFHxS. Il s'agit des deux composés majoritaires. Dans un second ordre de grandeur, les eaux contiennent du PFHxA et du PFPeA.

Depuis 2024, on note la présence de PFPeS, PFBA, probablement en raison de la diminution de la limite de quantification qui a diminué de 20 à 5 ng/l.

La campagne ARS a permis d'analyser les points P4, P5, P9, P12 et P13 (voir carte de la Figure 17). Les points P4 et P5 sont les plus concentrés ce qui est également mis en évidence par la somme des PFAS (cf. Figure 18).

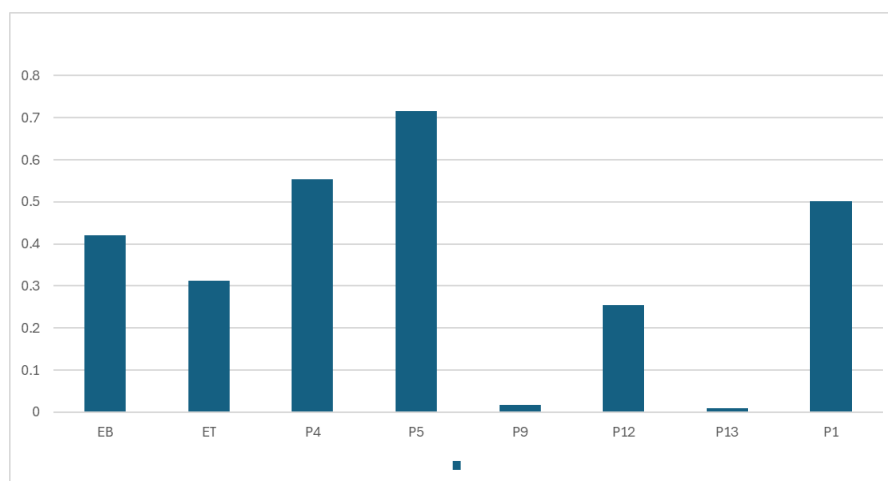


Figure 18 : Somme des PFAS (µg/l) (en ordonnées) pour les eaux du champ captant (données ARS de juillet et septembre 2024). EB et ET : Eau Brute et Eau Traitée à la station.

Le suivi du captage P1, point appartenant également au réseau RCS (BSS000XFNM) suivi par l'Agence de l'eau Loire Bretagne, montre une variabilité dans le temps, mais ces 4 PFAS (PFOS, PFHxS, PFHxA et PFPeA) restent dominants (cf. Figure 19).

Les analyses ARS ont porté sur la recherche d'un plus grand nombre de PFAS que celles réalisées dans le cadre du réseau RCS. Ceci a permis de montrer la présence de 6:2 FTSA et 6:2 FTAB (cf. Figure 19).

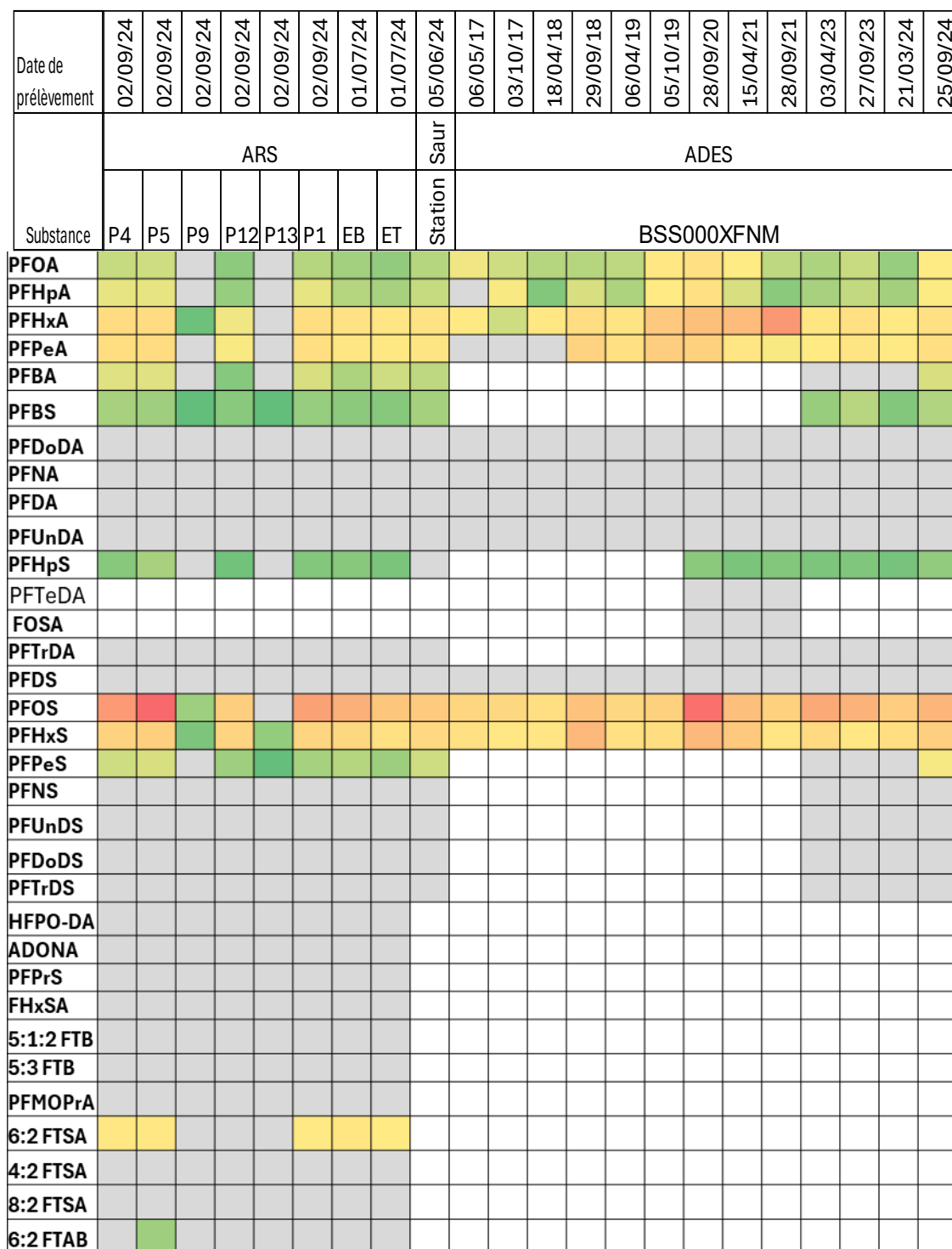


Figure 19 : Carte de chaleur pour l'ensemble des analyses PFAS.

Les cellules en gris représentent les valeurs < LQ, les cellules en blanc correspondant à l'absence d'analyse. Les valeurs quantifiées s'échelonnet du vert au rouge en fonction des concentrations mesurées (voir Tableau 1 pour les valeurs mesurées). EB et ET : Eau Brute et Eau Traitée à la station.



Code couleur : la couleur indique la position de la concentration dans la gamme des valeurs dans chaque colonne. Les concentrations les plus faibles sont en vert et celles les élevées sont en rouge :

L'empreinte en % permet de s'affranchir des concentrations et des effets de dilution (cf. Figure 20).

Le point P13 se distingue par l'absence de PFOS. Il draine les parcelles agricoles. Il s'agit également du point le moins contaminé en PFAS.

Les points P9, P12, P13 ne contiennent pas de 6:2 FTSA²⁰ contrairement aux autres points. Ces points moins concentrés sont localisés en partie haute du bassin versant. Cela peut s'expliquer soit par des eaux moins concentrées et donc une concentration en 6:2 FTA trop faible pour être détectée, soit par l'absence de ce composé dans les parties hautes du bassin versant ou sur les secteurs captés par ces trois captages.

Le point P5 se distingue par la présence en faible quantité de 6:2 FTAB (les concentrations sont proches de la LQ). Il s'agit de l'échantillon le plus concentré en PFAS (somme des PFAS). Il n'est donc pas exclu que du 6:2 FTAB puisse être retrouvé sur les autres points d'eau en quantité inférieure à la LQ.

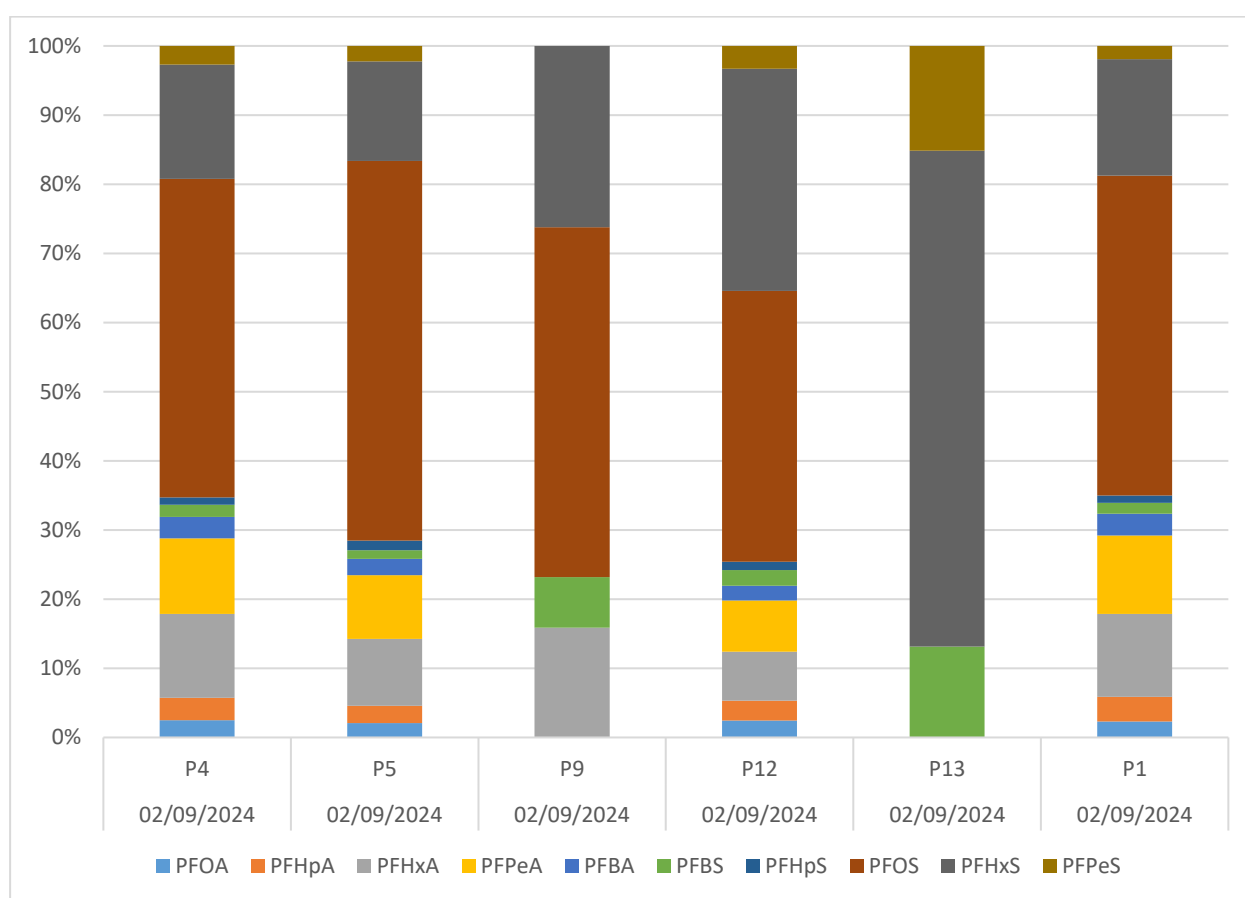


Figure 20 : Distribution des PFAS quantifiés dans les points de captage lors de la campagne de prélèvement du 02/09/2024 menée par l'ARS.

²⁰ Les FTSA sont parfois appelés FTS.

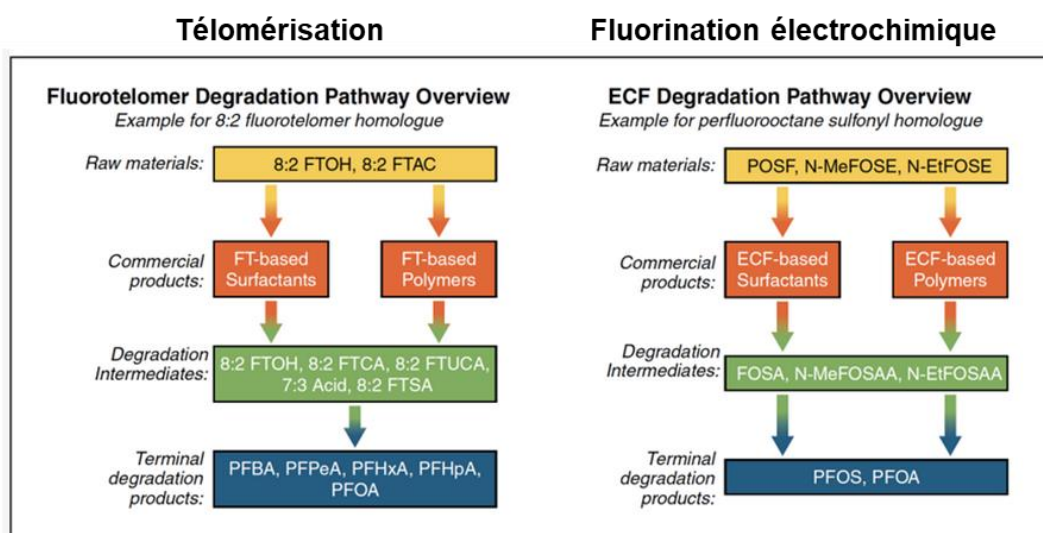
4.3.2. Chaines de dégradation

Dans l'hypothèse d'une source de type mousse anti-incendie/émulseur, il est possible de distinguer différents types de produits ayant chacun un cortège de PFAS spécifiques qui dépendent des deux principales méthodes de production de PFAS, la fluorotélomérisation (FT) et la fluorination électrochimique (ECF).

Ainsi, il existe de nombreuses familles de substances dans les émulseurs (BRGM/RP-73431-FR – février 2024). Les plus utilisées en fonction du temps sont : les PFSA et les PFCAs particulièrement utilisés avant 2007, tandis que les Fluorotélomères sulfonates (FTS ou FTSA), les Fluorotélomères sulfonamides alkylbétaines (FTAB), les Fluorotélomères thioether amido sulfonates (FtTAoS) sont rencontrés dans les mousses plus récentes.

En fonction de ces précurseurs, il existe différentes chaines de dégradation menant à la formation de différents produits de dégradation, des produits intermédiaires puis des produits terminaux spécifiques.

Ces cortèges sont décrits dans la littérature. Le premier type correspond aux mousses les plus anciennes ayant des précurseurs de type « C8 » produit par ECF menant au relargage de composés tels que FOSA, PFOS, PFOA. Le second type concerne les mousses les plus récentes, il s'agit des émulseurs de type "C6" produit par la voie FT menant au relargage de produit tels que PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA.



<https://pfas-1.itrcweb.org/2-2-chemistry-terminology-and-acronyms/>

Figure 21 : Chaîne de dégradation de deux types d'émulseurs

Parmi les PFAS quantifiés, on note la présence de 6:2 FTAB (P5, 11 ng/l) et 6:2 FTSA (P4, P5, P1 – 25 à 34 ng/l). Ceci permet de supposer que des émulseurs en C6 ont été utilisés en amont.

La présence de PFOS et de PFHxS sur le secteur laisse présumer la présence d'autres précurseurs, comme l'utilisation d'autres émulseurs plus anciens produits par ECF.

Sur la base d'une hypothèse supposant l'origine de PFAS uniquement par des apports liés aux mousses anti-incendie, il est possible de supposer une origine double en termes de type d'émulseurs utilisés. Cette double origine est fréquemment rencontrée sur les sites d'utilisation des émulseurs de type AFFF²¹, où la composition des mousses utilisées a évolué progressivement pour s'adapter à la réglementation en vigueur.

²¹ Agent formant un film flottant

4.3.3. Influence des précipitations

Une station météorologique est présente à Rostrenen (station n°22266001) avec des données disponibles depuis 2017.

La pluviométrie de 2020 peut potentiellement expliquer le pic de concentration en PFAS observé en septembre 2020 car les données mesurées à cette station montrent que l'année 2020 a été plus pluvieuse que les années précédentes. En effet, le cumul pluviométrique annuel est respectivement de 810 mm, 1 020 mm, 1 060 mm, 1 220 mm, 950 mm, 980 mm et 1 100 mm en 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022 et 2023.

Toutefois, les données journalières ne montrent pas d'épisode pluviométrique particulièrement intense précédant la campagne de prélèvement (28/09/2020) où ce pic a été observé (cf. Figure 22)²². Par ailleurs, la fréquence de prélèvement (environ tous les 6 mois) ne permet pas une analyse plus fine de la corrélation entre pluviométrie et concentration en PFAS.

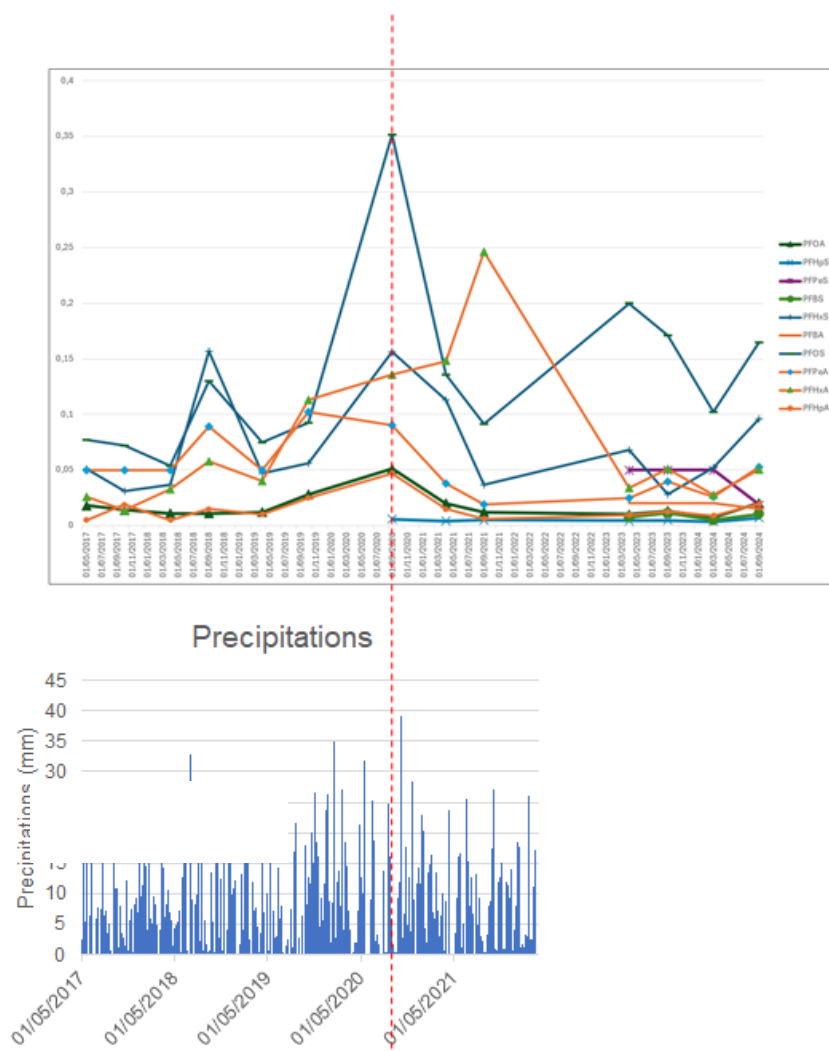


Figure 22 : Comparaison de l'évolution des concentrations en PFAS au point de suivi ADES (BSS000XFNM - 03124X0072/P1) (en haut) et de l'évolution des précipitations journalières à la station de Rostrenen (station n°22266001) (en bas). La barre verticale en pointillé rouge correspond au pic de concentration observé en PFAS.

²² Un épisode de pluviométrie importante a été observé du 30/09/2020 au 03/10/2020, soit quelques jours après la campagne où le pic de concentration en PFAS a été mesuré (campagne du 28/09/2020).

4.3.4. Influence de la piézométrie

Un point de suivi piézométrique du réseau national est présent à Rostrenen, à proximité du champ captant de Koadernod (point n°03124X0088/F) (cf. Figure 23).

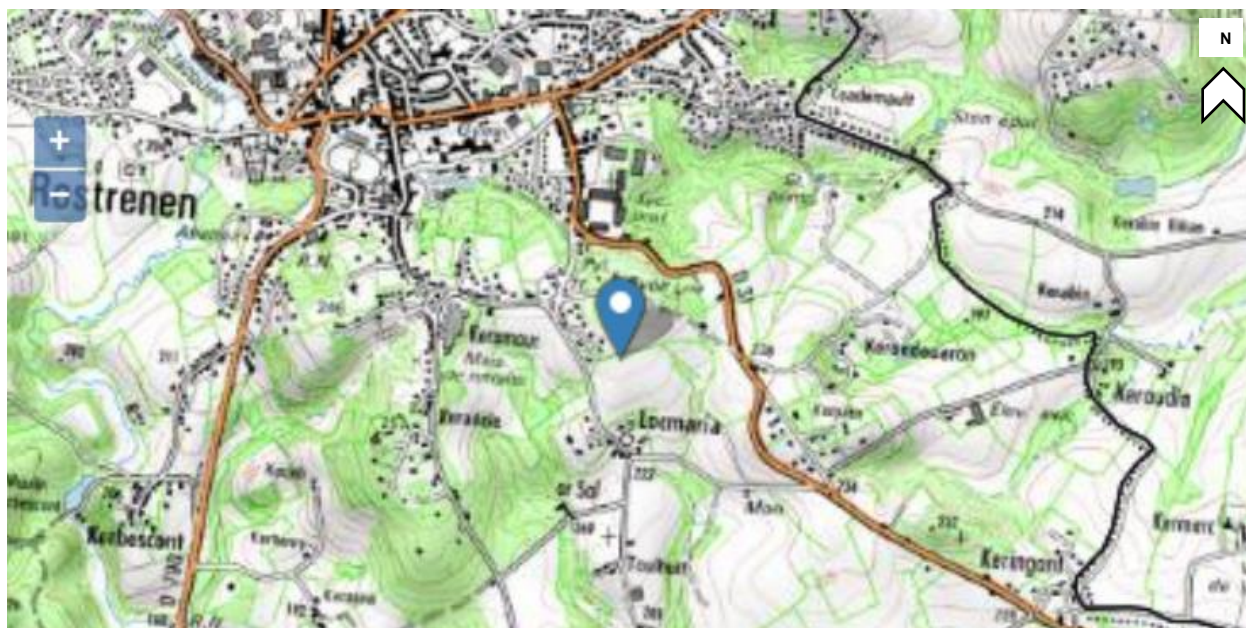


Figure 23 : Localisation du point de suivi 03124X0088/F
(Source : ADES)

Les variations du niveau piézométrique au droit de ce point sont présentées sur la figure suivante (cf. Figure 24).

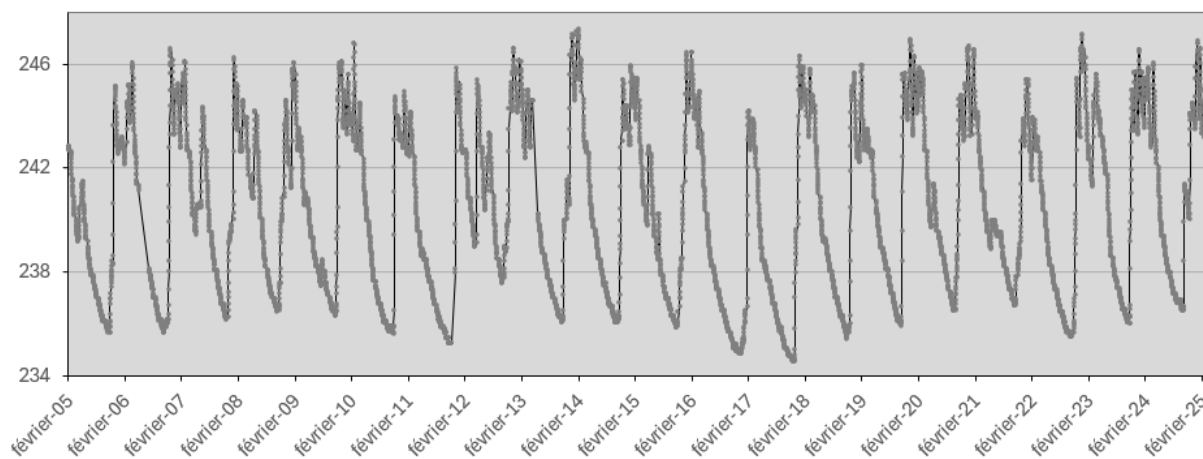


Figure 24 : Variation du niveau piézométrique (m NGF) au droit du point de suivi 03124X0088/F
(Source : ADES)

Une analyse statistique des variations piézométriques au droit de ce point montre que les niveaux d'eau en hiver et à l'automne 2020 ont été, en moyenne, plus élevés que les années précédentes (cf. Figure 25).

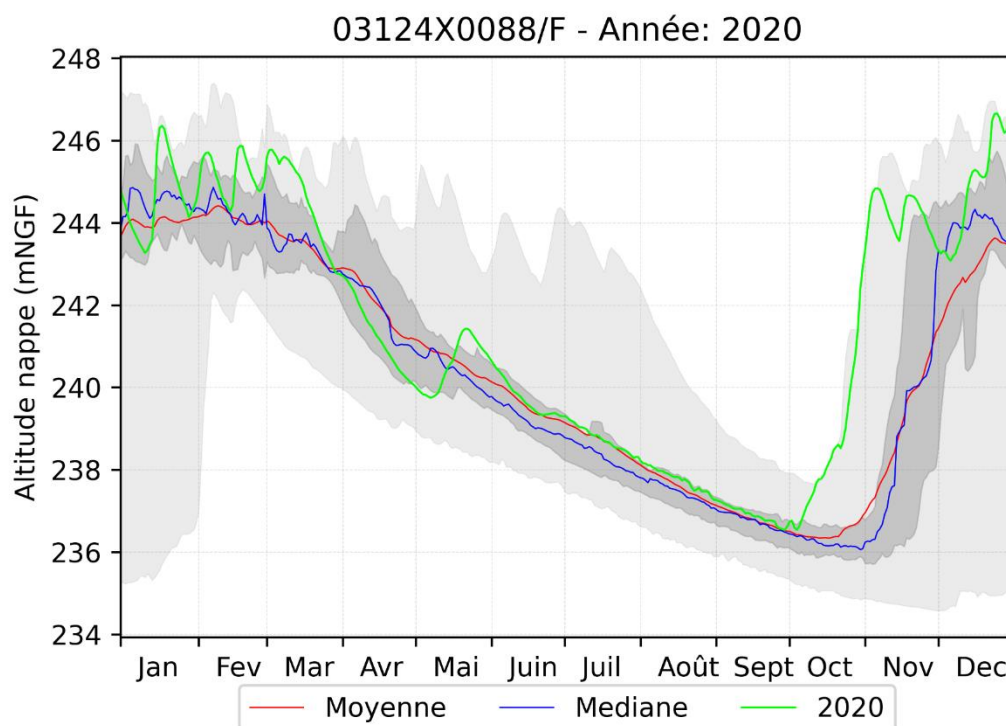


Figure 25 : Statistiques relatives aux variations piézométriques du point de suivi 03124X0088/F (Données ADES)

La hausse des niveaux piézométriques en 2020 peut potentiellement expliquer le pic de concentration en PFAS observé en septembre 2020²³ mais la fréquence de prélèvement (environ tous les 6 mois) ne permet pas une analyse plus fine de la corrélation entre piézométrie et concentration en PFAS.

4.4. INTERPRETATION

Sur la base des données étudiées, il est possible de formuler plusieurs hypothèses afin d'élaborer un schéma conceptuel du fonctionnement hydrogéologique du site.

Hypothèses sur le fonctionnement hydrogéologique du site :

- Les points P9, P12 et P13 se trouvent dans les parties les plus élevées du site ;
- P9 draine une portion du lycée ainsi que le bassin des eaux pluviales ;
- P13 draine principalement les terres agricoles, avec l'hypothèse qu'il n'y a pas d'apport en provenance du lycée ;

²³ Il est à noter que, s'il existe une influence entre la piézométrie et les concentrations observées en PFAS dans les eaux souterraines, ce n'est pas la hausse des niveaux piézométriques observée en octobre qui explique le pic de concentration car ce pic a été identifié lors de la campagne du 28/09/2020 (c'est-à-dire avant la hausse des niveaux piézométriques).

- P12, quant à lui, draine une partie du lycée. Il est donc crucial de localiser les zones de manipulation des mousses AFFF²⁴ et les points de rejet des eaux pluviales ;
- P5, situé en aval, collecte les eaux provenant des drains P12, P13, P9 ainsi que celles du lycée ;
- Les points P6, P7 et P10 pourraient drainer des flux en provenance du lycée, impactant ainsi la qualité des eaux mesurées en P5 ;
- Le point P4 drainerait également la partie correspondant aux parcelles résidentielles, ce qui amène à formuler l'hypothèse d'une dilution par rapport aux valeurs mesurées en P5.

Hypothèses concernant les sources de PFAS :

- Deux familles de PFAS ont été identifiées :
 - PFOS et PFHxS ;
 - PFHxA et PFHPeA, qui sont plus mobiles que les précédents mais ne proviennent pas des mêmes précurseurs ;
- Il est possible qu'il y ait une évolution temporelle des sources de PFAS ou que celles-ci proviennent de deux localisations distinctes. Cette hypothèse nécessite une investigation approfondie, tant d'un point de vue historique que sur le terrain, via des analyses de sols ou une campagne de prélèvements d'eaux, afin de détecter d'éventuelles émergences ou vérifier la possibilité de prélèvements d'eaux souterraines notamment à l'aplomb du lycée.

²⁴ Agent formant un film flottant

5. Conclusions et recommandations

Les données disponibles ne permettent pas à l'heure actuelle d'identifier avec précision la source de la contamination. En revanche, un certain nombre de besoins d'informations complémentaires sont d'ores-et-déjà identifiés.

Objectif : Améliorer la compréhension du fonctionnement des écoulements des eaux souterraines

- Interprétation de la chronique piézométrique au regard de la pluviométrie et des concentrations mesurées en PFAS
- Localisation des émergences et des ouvrages captant la nappe
- Caractérisation de la zone non saturée (ZNS) : épaisseur, profondeur de la nappe
- Visite de terrain : identifier la structure des altérites (visuel ou avec une tarière)
- Elaboration d'un modèle conceptuel sur le fonctionnement hydrogéologique du champ captant

Objectif : Améliorer la connaissance des sources de contamination potentielles du secteur pour proposer un programme d'investigations pertinent

- Au droit du Lycée professionnel : préciser la localisation des zones d'utilisation/stockage des mousses anti-incendie, les volumes utilisés/stockés, les types de mousse et périodes d'utilisation, la gestion des effluents/eaux usées/eaux pluviales, les autres polluants potentiels (huiles, solvants, résines...)
- Sur tout le bassin : recenser de manière chronologique les actions de gestion des eaux (eaux pluviales et eaux usées) et voir l'éventuelle influence sur l'évolution des concentrations en PFAS. Rechercher dans l'environnement des éléments explicatifs (ex : des aménagements)
- Etablir une liste de paramètres PFAS à rechercher (eau/sol) en fonction des sources potentielles

Objectif : Identifier les zones contaminées par les PFAS

- Réaliser des campagnes de prélèvement pour l'analyse d'un cortège de PFAS élargi (eaux et sols)
- Analyse des PFAS dans les eaux : piézomètres au droit du lycée, puits du champ captant, émergences potentielles, rejets eaux pluviales
- Analyse des teneurs en PFAS dans les sols et ZNS au droit du lycée + autres sources potentielles
- Etablir un modèle conceptuel sur les voies de transferts entre les sources potentielles et le champ captant, conformément à la méthodologie nationale relative aux « sites et sols pollués ».

6. Bibliographie

Environnement et Forêts de Bretagne (2000). Etude agro-pédologique. Périmètre de protection de captage. Coadernault. Commune de Rostrenen.

Haitjema and Mitchell-Bruker (2005). Are water tables a subdued replica of the topography ? Vol. 43, No. 6—GROUND WATER—November–December 2005 (pages 781–786).

Lachassagne P. et WYNS R. (2005). Aquifères de socle : nouveaux concepts. Application à la prospection et la gestion de la ressource en eau. Géosciences, 2, 32-37.

Log-Hydro (2022). Diagnostic des ouvrages du champ captant de Coadernault. Commune de Rostrenen (22). Rapport n°R-22-14.

Schroëtter, J.-M., Boisson, A., Lucassou, F., Bader, A.-G., Beccaletto, L., Ouergui, Y., Tournlière, B., 2020. ANAFORE : Analyse multicritère des données de forages les plus productifs de Bretagne - Rapport Final (No. BRGM/RP-70280-FR). BRGM.

SDAEP (2023). Périmètre de protection de Koadernod ou Coadernault. Rostrenen. Rapport de visite de juillet 2023.



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Centre scientifique et technique

3, avenue Claude-Guillemain
BP 36009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34

Direction régionale Bretagne

Rennes Atalante Beaulieu
2 rue de Jouanet
35700 Rennes - France
Tél. +33 (0)2 99 84 26 70

www.brgm.fr