





## PREAMBULE

« Ce rapport est le résultat d'un travail effectué par un étudiant de Master STEE-Spécialité Géoressources, 2<sup>ème</sup> année, Parcours Gestion et Exploitation Environnementale des Géoressources. Ce document est tel qu'il a été remis par l'étudiant et ne comporte aucune correction ou commentaire de l'institut EGID – Bordeaux 3. Ce rapport ne doit donc être considéré que comme un exercice de formation »

## REMERCIEMENTS

Je tiens en premier lieu à remercier Astrid Gadet, animatrice du SAGE, pour le suivi qu'elle m'a apporté tout au long de ce stage. Ses critiques avisées ont souvent permis de clarifier et d'étayer les travaux de l'étude. Son sens de la communication et de l'organisation du travail ont permis sa réalisation sereine.

Je remercie Boris Lustgarten, Directeur de l'Institution Interdépartementale du Bassin de la Sèvre Nantaise pour m'avoir accueilli au sein de son établissement et pour l'intérêt qu'il a porté à l'égard de mon travail.

Je remercie également Claude Roy pour s'être rendu disponible à plusieurs reprises malgré son emploi du temps chargé. Son rôle a été déterminant pour la validation des études menées durant ce stage, et ses conseils d'hydrogéologue ont largement guidé mes recherches.

Merci à Vendée Eau (syndicat départemental de l'alimentation en eau potable de la Vendée), à la CAC (Communauté d'Agglomération du Choletais), et en particulier à leurs membres, Elisabeth Macé, Sandrine Savinaud et Christophe Puaud pour les visites de captages et l'accès à la documentation relative à l'hydrogéologie.

Merci également à toute l'équipe de l'Institution de la Sèvre Nantaise pour sa bonne humeur, et l'esprit d'entraide qui met la connaissance de chacun au service tous. Je tiens tout spécialement à remercier Sébastien Renou et Franck Benjamin pour leur dévouement et leur rigueur informatique, nécessaire à l'emploi des SIG. Sébastien Van Waelfelghem et Sarah Paulet, tous deux stagiaires à l'Institution ont également été de précieux conseillers pour la réalisation des travaux.

Enfin je tiens à remercier les nombreux Yonnais que j'ai pu rencontrer tout au long de ce stage qui m'ont fait partager les richesses de la Vendée. Cet environnement chaleureux ne pouvait être que bénéfique à la réalisation de l'étude.

## TABLE DES MATIERES

### INTRODUCTION

1	Contexte de l'étude	4
1.1	Le bassin versant et l'Institution de la Sèvre Nantaise .....	4
1.2	Des objectifs Européens à une problématique locale .....	6
1.2.1	Des objectifs Européens.....	6
1.2.2	Une problématique locale.....	7
2	Hydrogéologie de socle et statistiques litho-hydrogéologiques	9
2.1	Un héritage géologique complexe .....	9
2.1.1	Une géologie très riche.....	9
2.1.2	Un concept de l'hydrogéologie de socle .....	10
2.2	Etude statistique sur 1400 forages .....	14
2.2.1	Réalisation d'une carte litho-hydrogéologique .....	14
2.2.2	Détermination de lithologies productives .....	16
2.2.3	Détermination d'une profondeur idéale d'investigation .....	22
3	Configuration actuelle de l'exploitation des eaux souterraines	24
3.1	Réalisation de fiches d'identité des captages utilisés pour l'alimentation en eau potable .....	24
3.2	Approche « physique » de l'implantation des captages .....	25
3.2.1	Captage de la Rucette (Le Puy-Saint-Bonnet) .....	25
3.2.2	Captage du Tail (Pouzauges).....	27
3.3	Qualité de l'eau, et vulnérabilité de la ressource .....	31
3.3.1	Captage de la Rucette (Le Puy-saint-Bonnet) .....	31
3.3.2	Captage du Tail (Pouzauges).....	34
3.4	Synthèse des éléments « physiques » et de la vulnérabilité des captages existants ..	39
3.4.1	Détermination de contextes favorables à la présence d'eau souterraine en domaine de socle, au vu des captages existants.....	39
3.4.2	Synthèse de la vulnérabilité de la ressource en eau, au vu des captages existants. ....	41
4	Répartition de la ressource et perspectives d'exploitation	43
4.1	Méthode .....	43
4.2	Secteur de Pouzauges .....	44
4.2.1	Contexte géologique régional.....	44
4.2.2	Répartition des altérites .....	44
4.2.3	Répartition de la ressource .....	46
4.3	Secteur Clisson .....	51
4.3.1	Contexte géologique régional.....	51
4.3.2	Répartition des altérites .....	52
4.3.3	Répartition de la ressource .....	53

CONCLUSION GENERALE.....	58
BIBLIOGRAPHIE.....	59
TABLE DES FIGURES.....	61
INDEX DES ABREVIATIONS.....	62
TABLE DES ANNEXES.....	63

## INTRODUCTION

La majorité de la ressource en eau du bassin versant de la Sèvre Nantaise provient des eaux de surface, et particulièrement des retenues artificielles. Les ressources en eau souterraine sont exclusivement exploitées dans la partie amont du bassin versant, et ce de manière très localisée.

Le Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) de la Sèvre Nantaise, adopté par arrêté préfectoral en 2005, apporte peu de préconisations quant à la gestion des eaux souterraines. Dans l'optique de la révision du SAGE, qui doit être réalisée à l'horizon 2012, les élus locaux ont décidé de mener une réflexion sur cette thématique. Elle doit permettre de répondre à une problématique concrète centrée sur « *l'état des lieux de la ressource en eau souterraine sur le bassin versant de la Sèvre Nantaise* ».

Cette étude doit livrer des éléments sur la qualité et la disponibilité de la ressource souterraine. Un bilan actuel des prélèvements doit être dressé, il sert de base à la définition de critères favorables à la présence d'eau souterraine. Ces critères sont ensuite repris et servent à l'élaboration d'une méthode de recherche à l'échelle du bassin versant. Ces éléments de recherche doivent être employés de manière délimiter des zones intéressantes du point de vue hydrogéologique.

La première partie du rapport s'attache à situer l'étude dans son cadre géographique. Elle développe le rôle de l'Institution Interdépartementale de la Sèvre Nantaise (IIBSN) dans la mise en place du SAGE (Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux) et les objectifs affichés par la Directive Cadre Européenne (DCE) et le SDAGE en matière d'eau souterraine. Des objectifs plus ciblés et spécifiques au bassin versant sont énoncés, ils servent de base à la définition d'une problématique.

L'étude hydrogéologique ne peut s'appréhender sans la prise en considération des multiples formations géologiques en présence. La seconde partie de l'étude reprend des éléments de géologie locale et permet d'aborder la réalisation d'une carte litho-hydrogéologique simplifiée sur l'ensemble du bassin versant. Cette carte sert de base à l'étude statistique menée sur les débits de forages. Cette dernière aura pour but la détermination de lithologies plus intéressantes en terme de ressource hydrogéologique. Parallèlement, une étude de la profondeur idéale d'investigation est entreprise.

La troisième partie de l'étude est centrée sur l'état des lieux précis de l'actuelle exploitation des eaux souterraines pour l'alimentation en eau potable. Elle reprend les caractéristiques physiques d'implantation des forages, et leurs caractéristiques physico-chimiques. Une synthèse évalue, d'après les captages étudiés, un certain nombre de critères favorables à la présence d'eau souterraine. Elle s'attachera aussi à décrire les principaux problèmes de qualité de l'eau et de vulnérabilité de la ressource.

La quatrième et dernière partie s'appuiera sur les éléments connus de répartition de la ressource. Ces éléments, issus des conclusions des deux précédentes parties et appuyés par une reconnaissance terrain, servent de base à l'élaboration d'une méthodologie. Celle-ci reprend les critères favorables à la présence d'eau souterraine, et les met en œuvre dans le cadre d'une étude élargie.

# 1 Contexte de l'étude

## 1.1 Le bassin versant et l'Institution de la Sèvre Nantaise

**L'Institution Interdépartementale du Bassin de la Sèvre Nantaise** (IIBSN) est un établissement Public Territorial de Bassin (EPTB) fondé en 1985 sous l'impulsion des maires riverains de la Sèvre des quatre départements concernés : la Loire-Atlantique, la Vendée, le Maine-et-Loire, les Deux-Sèvres.

Créée pour la prévention des risques d'inondation et la gestion de l'eau, elle assure aujourd'hui la coordination de la **gestion de l'eau** sur le bassin versant de la Sèvre Nantaise. De plus, elle assure la maîtrise d'ouvrage d'études d'intérêt général sur l'ensemble du bassin versant et éventuellement des travaux. Elle permet également une gestion patrimoniale des cours d'eau sur l'ensemble du bassin. Par ailleurs, l'institution est la structure porteuse du SAGE. Elle en assure l'animation et contribue à son évolution.

Le bassin versant de la Sèvre Nantaise appartient au **bassin Loire-Bretagne**, l'un des cinq bassins hydrographiques français. Sur chaque bassin, des schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) sont développés. Ce sont des outils de planification et d'amélioration concertés de la politique de l'eau. Ils sont ensuite déclinés à l'échelle de bassins versants plus réduits, les Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE). La dernière version du SDAGE Loire Bretagne a été adoptée en décembre 2009 pour la période 2010-2015.

La Sèvre Nantaise prend sa source à 215 m d'altitude sur le plateau de *la Gâtine*, au village *des Gâts* sur la commune de Neuvy-Bouin. Son cours peut être assimilé à un axe globalement Sud-est/Nord-ouest passant non loin de Moncoutant, puis par Mortagne-sur-Sèvre, Clisson et enfin Vertou, pour ensuite confluer avec la Loire au Sud de Nantes. Le réseau hydrographique du bassin est intimement lié au cours de la Sèvre Nantaise, ses affluents majeurs sont l'*Ouin*, la *Moine*, et la *Sanguèze* sur sa rive droite, la *Crume* ainsi que les petites et grandes *Maine* sur sa rive gauche. Le **Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux** (SAGE) de la Sèvre Nantaise s'applique sur un bassin versant de 2350 km<sup>2</sup> qui couvre 143 communes (figure 1).

BASSIN VERSANT DE LA SEVRE NANTAISE

CARTE ADMINISTRATIVE

Région Poitou Charentes

Région Pays de la Loire



Légende

- Limite du bassin versant de la Sèvre Nantaise
- Communes du SAGE du bassin de la Sèvre Nantaise :**
- Communes du département de Loire-Atlantique (44) (29)
- Communes du département du Maine-et-Loire (49) (28)
- Communes du département des Deux-Sèvres (79) (31)
- Communes du département de Vendée (85) (55)
- Principales agglomérations
- Limite régionale
- Limites départementales
- Cours d'eau principaux

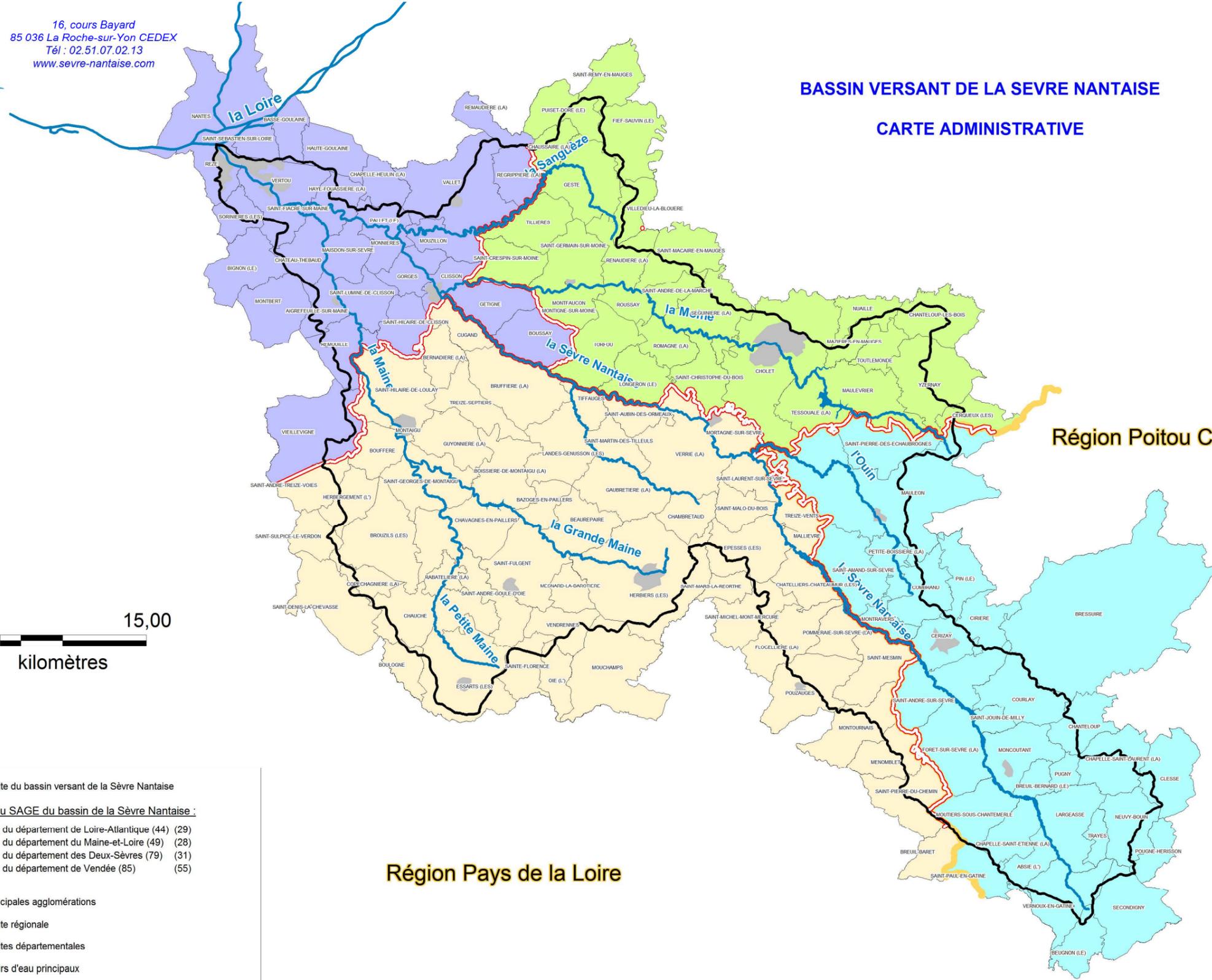


figure 1: Carte administrative du bassin de la Sèvre Nantaise (Source IIBSN)

## 1.2 Des objectifs Européens à une problématique locale

### 1.2.1 Des objectifs Européens...

Fin 2000, l'Union européenne a adopté la Directive **Cadre sur l'Eau** (DCE). Cette directive prévoit que dans toute l'Europe la qualité de l'eau et des milieux aquatiques soit principalement abordée au travers de la biodiversité. C'est la notion d'état écologique.

Dans les eaux souterraines, il n'y a que très peu de vie aquatique et la notion d'état écologique ne s'y applique pas. L'évaluation au niveau du bassin Loire-Bretagne, se fait alors au travers de deux notions : l'état **quantitatif** et l'état **chimique**. Comme son nom l'indique, le premier consiste dans un bon équilibre entre prélèvements et ressources. Le second porte principalement sur les teneurs en nitrates et pesticides, les deux principales familles de polluants qui affectent les eaux souterraines.

Pour satisfaire à ces objectifs, la DCE (Directive Cadre sur l'Eau) définit le **bon état quantitatif** des eaux souterraines (paragraphe 2.1.2 de l'annexe V): « *Le bon état quantitatif est celui où le niveau de l'eau souterraine dans la masse d'eau est tel que le taux annuel moyen de captage à long terme ne dépasse pas la ressource disponible de la masse d'eau souterraine* ». L'arrêté du 17 décembre 2008 précise les critères d'évaluation et les modalités de détermination de l'état des eaux :

L'état quantitatif des masses d'eau souterraines est apprécié à partir des éléments suivants permettant de déceler une éventuelle dégradation : une représentation de l'évolution des niveaux piézométriques, l'observation d'un assèchement anormal des cours d'eau et des sources à l'étiage, le classement en zone de répartition des eaux.

Ainsi l'état quantitatif a été défini en considérant deux critères majeurs : la baisse régulière depuis plusieurs années des piézomètres du réseau de surveillance de la quantité des masses d'eau souterraines et l'alimentation insuffisante des cours d'eau à l'étiage ou conflits d'usages. L'objectif est donc d'assurer un équilibre sur le long terme entre les volumes s'écoulant au profit des autres milieux ou d'autres nappes, les volumes captés et la recharge de chaque nappe.

L'évaluation de l'**état chimique** des masses d'eau souterraines résulte des prescriptions nationales et européennes basées sur les éléments de cadrage apportés par la directive cadre sur l'eau et par la directive 2006/118/CE du 12 décembre 2006 sur la protection des eaux souterraines contre la pollution et la détérioration, communément appelée "directive fille eaux souterraines".

La méthode employée est celle décrite dans l'arrêté du 17 décembre 2008 établissant les critères d'évaluation et les modalités de détermination de l'état des eaux souterraines. Elle repose principalement sur la comparaison entre une concentration moyenne calculée et la valeur seuil définie au niveau européen ou au niveau national.

Les normes de qualité pour les nitrates et les pesticides ont été fixées par la directive fille à l'échelle européenne : 50 mg/l pour les nitrates et, 0,1 µg/l par substance ainsi que 0,5 µg/l au total pour les pesticides sont à prendre en compte, sauf si ces valeurs sont insuffisantes pour

garantir le bon état écologique et/ou chimique des masses d'eau de surface et des écosystèmes terrestres associés et alors une valeur inférieure peut être retenue.

Pour les autres paramètres, des valeurs seuils du SEQ Eau (Système d'Evaluation de la Qualité des eaux) sont prises en compte. Le document du SEQ Eaux souterraines à pris forme dans le cadre d'un programme d'étude inter-agences (Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement et des DIREN)

### 1.2.2 Une problématique locale

La gestion de l'approvisionnement en eau potable sur le bassin versant doit satisfaire une population d'environ 290 000 habitants. Le SAGE de la Sèvre Nantaise, adopté par arrêté préfectoral en 2005, établit un constat quant à l'alimentation en eau potable :

**90 % de l'eau potable provient de prélèvements de surface** essentiellement à partir de trois ressources :

- la retenue de Longeron, implantée sur la Sèvre Nantaise permet le prélèvement de 1,5 millions de mètres cubes,
- le barrage de Ribou, sur la Moine, fournit 5,4 millions de mètres cubes,
- le barrage de la Bultière, sur la grande Maine, permet l'approvisionnement de 4,5 millions de mètres cubes,

Au total, ces ressources représentent environ 12 millions de m<sup>3</sup> d'eau par an. A ces ressources provenant directement du bassin versant, s'ajoute le prélèvement dans d'autres retenues artificielles, situées hors du bassin versant:

- la retenue du Cebron (Deux-Sèvres),
- les retenues de Mervent et de Rochereau (Vendée).

**10% de l'eau potable provient de prélèvements souterrains.** Ces prélèvements représentent l'approvisionnement de un million de mètres cubes d'eau potable annuellement. Ils sont présentés comme des ressources complémentaires, les captages mentionnés dans le SAGE sont ceux de *La Rucette*, la Pommeraie-sur-Sèvre, *Le Tail*, et le puits *des Martyrs*. Le SAGE fait aussi mention de la sollicitation de ressources extérieures :

- Le champ captant de Basse Goulaine, situé dans la nappe alluviale de la Loire, qui alimente le bassin dans sa partie Loire-Atlantique.

Partant de ce constat, plusieurs remarques peuvent être dégagées :

- Le fait que l'eau potable dépende largement des ressources superficielles présente un intérêt d'un point de vue quantitatif et d'accessibilité. Mais il présente aussi des inconvénients liés directement au **traitement des pollutions**. Les filières de traitement sont lourdes et coûteuses, la ressource est fortement vulnérable aux pollutions diffuses et accidentelles.
- la ressource souterraine est peu exploitée sur le bassin versant de la Sèvre Nantaise. Le bassin versant est **moins équipé en matière de captages souterrains** que les bassins versants voisins, qui dispose de plusieurs nappes identifiées et aux propriétés hydrodynamiques connues. Cette faible exploitation est due, nous le verrons, au **contexte géologique particulier** de la zone d'étude ;

- d'autre part, le bassin versant n'est pas autosuffisant en matière de ressources hydriques, ceci étant valable aussi bien pour les ressources superficielles que souterraines.

Dans l'optique de la révision du SAGE de la Sèvre Nantaise, qui doit être réalisée pour fin 2012, une réflexion est menée sur la thématique des eaux souterraines, elle s'articule sur **deux axes principaux** qui peuvent être résumés ainsi :

- faire un **état des lieux** de la configuration actuelle de la gestion des ressources souterraines sur le bassin de la Sèvre Nantaise. Celle-ci devant prendre en considération l'aspect quantitatif et qualitatif des prélèvements sur le bassin, ainsi que le modèle de ressource exploité ;

- évaluer, à partir des données géologiques et hydrogéologiques existantes, les **ressources mobilisables** sur des zones actuellement inexploitées ou sous-exploitées ;

Ces deux points s'intégreront dans la révision du SAGE sous la forme d'un état des lieux de la gestion actuelle et dans la définition d'un plan d'investigation des recherches et exploitations à mener pour une meilleure exploitation de la ressource en eau souterraine.

## 2 Hydrogéologie de socle et statistiques litho-hydrogéologiques

La réalisation d'une étude statistique nécessite une bonne compréhension de la géologie locale, qui met en jeu des formations magmatiques et métamorphiques diverses. Cette approche descriptive est nécessaire à la compréhension du modèle conceptuel d'aquifère de socle. Les données de forages propres au bassin versant seront exploitées dans la partie statistique.

### 2.1 Un héritage géologique complexe

#### 2.1.1 Une géologie très riche

##### Contexte géologique régional (à partir des cartes au 250 000°)

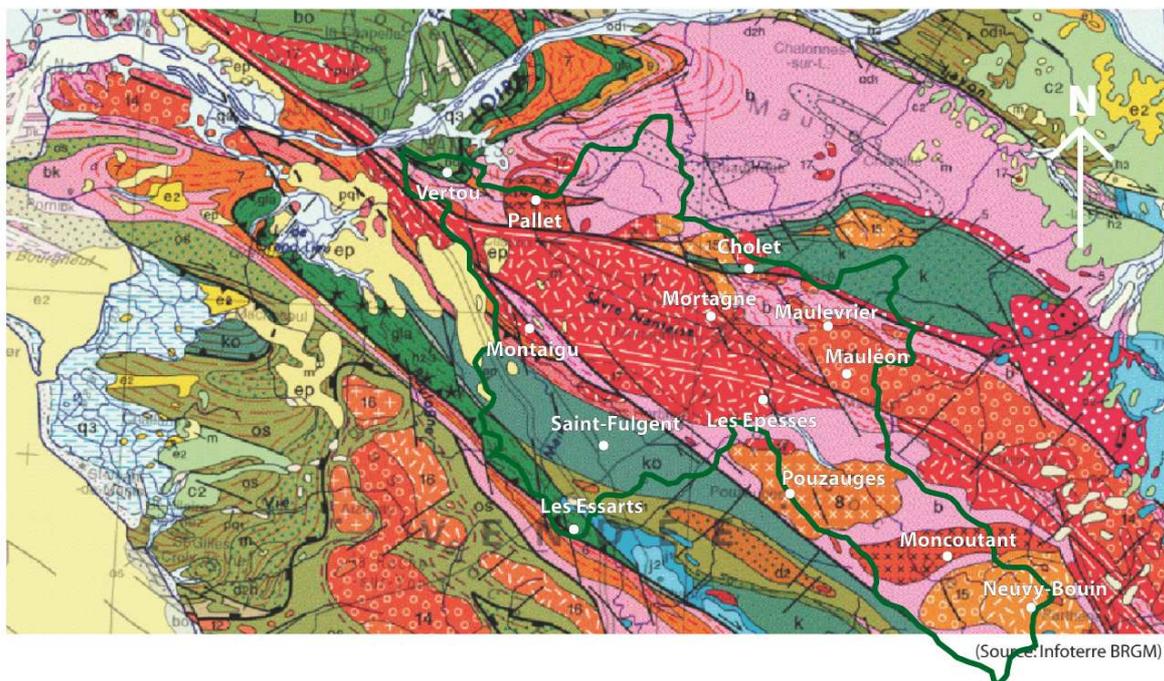


figure 2: Contexte géologique régional (Source BRGM)

Les roches rencontrées sur le bassin versant témoignent d'une longue histoire géologique, les dépôts sédimentaires superficiels récents sont peu présents. La zone étudiée appartient au **sud du domaine Armoricaïn**. Cette portion du socle hercynien est isolée par des failles majeures de la zone de cisaillement sud-armoricain. L'agencement complexe des multiples formations métamorphiques et volcaniques (annexe 1) nécessite une approche simplificatrice par grandes unités géologiques. Du Nord au Sud, le contexte structural peut être schématisé comme suit :

- un premier panneau E-W peut-être individualisé de Vertou à Cholet. Il est constitué des formations métamorphiques du Rezé (gneiss) et des Mauges (micaschistes). Cet ensemble comprend aussi l'intrusion du gabbro du Pallet, et quelques autres plutons granitiques vers l'Est ;
- le complexe rhyolitique Cambrien du Choletais (région de Cholet) constitue une unité homogène au NE du bassin versant, quelques élongations amphibolitiques NNW-SSE marque le métamorphisme subit par ces formations initialement volcaniques ;

- l'unité Nord du haut bocage est limitée au Nord par la faille de Cholet et au Sud par celle de Mauléon-Bressuire. Elle comprend des migmatites qui encaissent des granitoïdes, notamment le monzogranite de Moulins, au sud de Maulevrier, qui s'étend selon une direction NW-SE bien au-delà des limites du bassin versant ;
- le **leucogranite de Mortagne** occupe une grande partie du bassin versant, il est bien individualisé entre les failles de Mauléon-Bressuire au Nord, et par celles de Secondigny et des Epesses à l'Est et au sud ;
- le **Monzogranite de Pouzauges** est associé à des sédiments métamorphisés lors de sa mise en place. Une auréole de schistes et micaschistes est identifiable à proximité du massif. Cette intrusion granitique forme une unité au SE du Leucogranite de Mortagne, et est borné par les deux failles NW-SE parallèles de Mauléon-Bressuire et de Secondigny. Au Nord, la faille des Epesses l'individualise du leucogranite de Mortagne ;
- à l'extrême Sud-est du bassin versant de la Sèvre Nantaise, deux batholithes sont juxtaposés à celui de Pouzauges au Nord, il s'agit du granite de Moncoutant et de celui de Neuvy-Bouin ;
- le complexe leytino-amphibolitique de Montaigu / Saint-Paul-en-Pareds s'étend suivant une bande étroite d'orientation NW-SE. Il est composé des amphibolites massives de Montaigu, associées à des leytinites. Cette formation est recoupée par le massif granitique d'Orthais ;
- au sud de cette formation fortement métamorphisée, les grès et siltites de Saint-Fulgent composent les rares formations sédimentaires présentes sur le bassin versant. Cette unité est elle aussi disposée selon les grands axes de déformation régionale, à savoir selon une direction NW-SE ;
- au sud des formations sédimentaires, le complexe des gneiss feuilletés des Essarts prend aussi une orientation caractéristique NW-SE, il se compose de grandes linéations amphibolitiques de faciès éclogite (métamorphisme de plus haut grade) dans un encaissant gneissique.

Ces formations géologiques variées (Annexe 6) subissent depuis leur mise en place une altération qui modifie profondément leurs propriétés hydrogéologiques. Ces altérations ont fait l'objet d'une conceptualisation.

### 2.1.2 Un concept de l'hydrogéologie de socle

L'objectif poursuivi est de fournir des documents synthétiques des pompages en contexte de socle. Cette étude s'attachera à décrire un modèle de fonctionnement des aquifères de socle (figure 3) ainsi que l'exploitation idéale de ce type d'aquifère à des fins d'alimentation en eau.

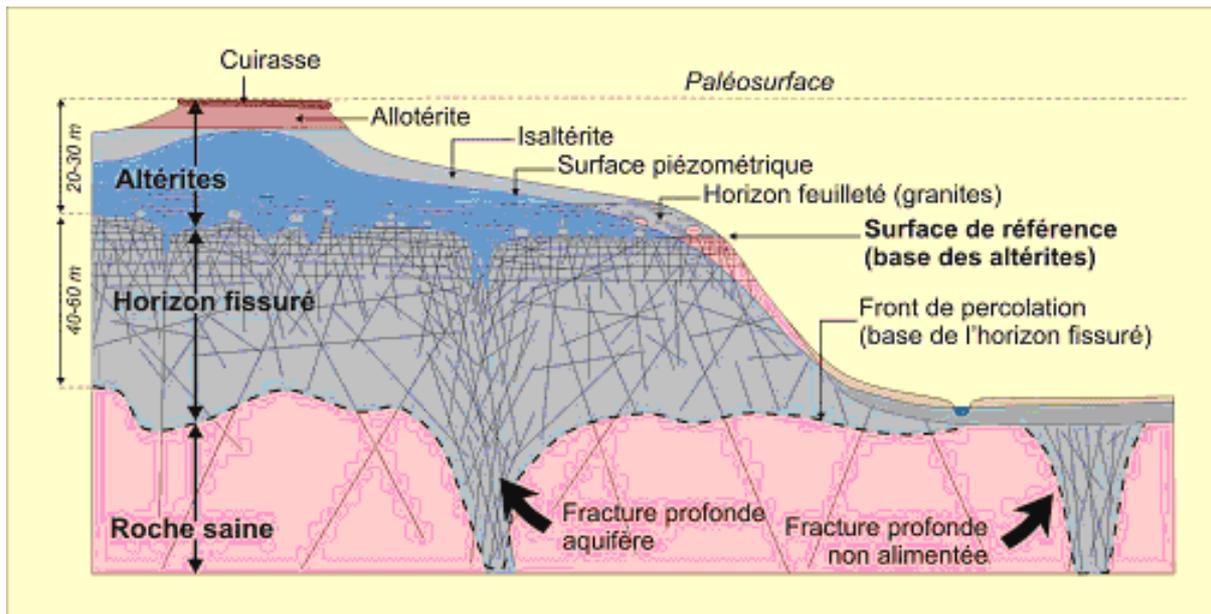


figure 3: Modèle d'aquifère de socle (Source : Wyns et al.)

De part leur relativement faible perméabilité et porosité, les aquifères de socle sont caractérisés par une **productivité modeste** (débit de quelques mètres cubes par heure à quelques dizaines de mètres cubes par heure) comparée aux autres types d'aquifères, alluvionnaires notamment. Le fonctionnement de ces aquifères est encore mal connu, de récentes études ont mis en évidence un certain nombre de caractéristiques permettant de généraliser la configuration géologique en lien avec les propriétés de circulation et de rétention de l'eau.

Les formations granitiques sont particulièrement représentatives des aquifères de socle. **L'altération**, et les propriétés hydrogéologiques des granites ont été mises en évidence par R. Wyns. Le modèle d'aquifère de socle peut-être **compartimenté** en trois parties présentant une structure et des propriétés intrinsèques spécifiques. De haut en bas peuvent être distingués une partie superficielle, un horizon fissuré et la roche mère.

### **La partie superficielle (saprolite)**

Elle comprend plusieurs horizons d'altération :

- une cuirasse ferrugineuse ou bauxitique d'épaisseur métrique, dure, souvent absente. Sa formation résulte de transformations pédogénétiques importantes, et peut-être expliquée par l'altération latéritique quaternaire qui se poursuit de nos jours. Le développement de ce type de cuirasse est néanmoins plus fréquent sur des formations d'origine sédimentaire, calcaires ou argileuses.

- le profil se compose parfois d'une épaisseur pluri-métrique **d'allotérites**. Il s'agit là encore d'un stade d'altération très poussé de la roche mère, sa composition est dépendante de la nature du substratum. Ainsi, il s'agira **d'argiles imperméables** pour les schistes, et d'une arène silteuse à argileuse pour les granites. Cette arène granitique présente une faible perméabilité ainsi qu'une faible teneur en eau mobile.

- les **isaltérites** présentent des propriétés de porosité importante. Elles constituent le **réservoir** des eaux d'infiltration. La constitution granulométrique de cet horizon est fortement dépendante de la roche mère. Les schistes induisent une dominante silto-argileuse de

l'horizon, l'aspect capacitif de ce dernier est intéressant, mais sa perméabilité l'est nettement moins. A l'altération des granites correspondra un horizon plus sableux et plus perméable.

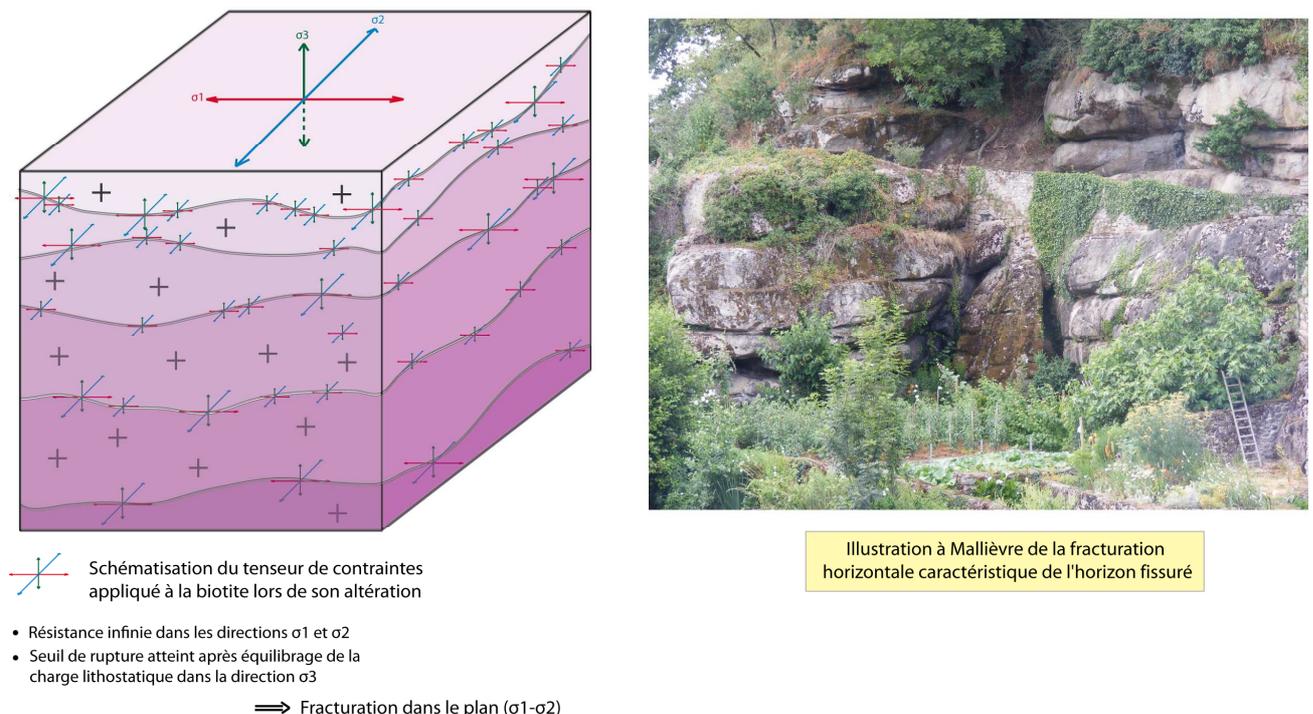
### *La zone fissurée*

Les travaux de recherches réalisés par le BRGM (Wyns et *al.* 1999) ont permis de mettre en évidence la présence, dans les massifs métamorphiques et plutoniques, d'un **horizon fissuré** sous la saprolite auquel l'aquifère doit sa perméabilité.

La **densité de fissure** est maximale au sommet de l'horizon et décroît vers le bas. Les fissures sont le résultat des contraintes induites dans la roche par le gonflement de certains minéraux au stade précoce de l'altération, en particulier de la biotite (et secondairement de la muscovite, micas blancs). Lors de l'altération, **la biotite s'hydrate** et se transforme en vermiculite ou en chlorite (selon la température), l'écartement interfoliaire passe alors de 10 à 14 Angströms.

Ces réactions débutent au voisinage du front de percolation, à plusieurs dizaines de mètres de profondeur. La **fracturation horizontale** est caractéristique (figure 4). Elle résulte du déviateur de contraintes généré par l'altération : les deux composantes principales du tenseur ( $\sigma_1$  et  $\sigma_2$ ) sont horizontales, tandis que la composante minimale ( $\sigma_3$ ) est verticale. La dilatation est impossible dans le plan horizontal car le milieu est infini, les composantes horizontales du tenseur de contrainte augmentent tout simplement. Dans le plan vertical, la composante verticale du tenseur de contraintes va augmenter jusqu'à l'équilibrage de la charge lithostatique. Dans un tel système de contraintes s'ouvre principalement des fentes dans le plan  $\sigma_1$ - $\sigma_2$ , c'est-à-dire dans le plan horizontal. A la base des arènes, le même phénomène est mis en évidence, qui s'exprime par un feuilletage caractéristique.

Altération des formations granitiques



**figure 4: Altération des formations granitiques, concept et exemple (Source personnelle)**

L'horizon fissuré constitue un rôle important dans le concept d'aquifère des roches métamorphiques et plutoniques. Sa porosité efficace est voisine de 5% au sommet et décroît progressivement vers le bas. La perméabilité est comprise entre  $10^{-4}$  et  $10^{-6}$  m/s dans la partie supérieure. Cet horizon joue un **rôle capacitif et transmissif**, en collectant et distribuant les eaux issues de l'horizon d'altération sus-jacent (Wyns et *al.*).

### La roche mère

La roche mère, peu ou pas altérée, ne présente pas de bonnes qualités hydrodynamiques, elle est affectée par des **failles majeures profondes**, d'ampleur régionale ( $10^4$  m) ou microrégionale ( $10^3$  m). Le succès lié à la recherche de ces accidents majeurs pour l'hydrogéologie faisant appel à des techniques géophysiques, cet aspect fractural sera peu développé dans le rapport.

A partir de ces caractéristiques propres à l'aquifère de socle, une configuration idéale d'exploitation peut-être exposée (figure 5)

Schématisation d'un pompage dans un aquifère de socle granitique

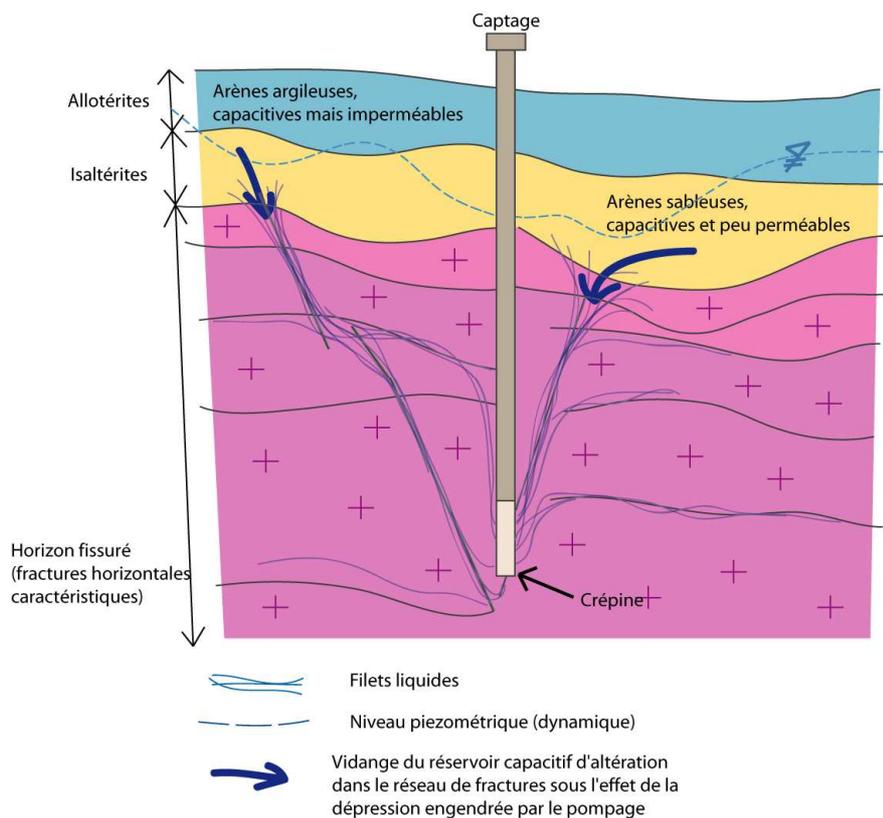


figure 5: Schématisation d'un pompage dans un aquifère de socle (granitique) (Source personnelle)

A partir des caractéristiques de porosité et de perméabilité des horizons de socle décrits dans la partie précédente, il est possible de définir un modèle d'exploitation idéal :

- un horizon altéritique supérieur constitué de **matériau très fin, argileux et imperméable** qui préserve le réservoir sous-jacent d'une éventuelle pollution accidentelle.

- un horizon d'isaltérites s'apparentant à un **réservoir poreux** puisque composé d'arènes granitiques sableuses. Ses bonnes qualités de rétention de l'eau ne permettent cependant pas un pompage direct, car sa perméabilité reste limitée.
- un horizon fissuré sous la couverture altéritique présentant de **bonnes caractéristiques de perméabilité**, du fait d'un réseau de fractures bien développé formé par l'interconnexion entre fractures verticales et horizontales. Dans les zones de socle, les forages les plus productifs atteignent cet horizon fissuré. Le pompage dans cet horizon permet de drainer les horizons capacitifs sus-jacents.

La réalité du terrain révèle souvent des configurations de captage qui s'éloignent plus ou moins du modèle conceptuel, faible épaisseur d'altérites, pas d'interception de fracture productive etc... Les débits d'exhaure sont donc très différents selon les forages.

## 2.2 Etude statistique sur 1400 forages

### 2.2.1 Réalisation d'une carte litho-hydrogéologique

L'idée d'effectuer un regroupement lithologique est basée sur le principe que les roches dont la mise en place et le chimisme sont similaires subissent des modifications physico-chimiques (altérations) de même nature. **Les propriétés hydrogéologiques induites par l'altération seront semblables.** La réalisation d'une carte litho-hydrogéologique simplifiée permet de former des groupements homogènes, sur lesquels pourront s'appliquer des études statistiques. L'objectif est donc l'identification de disparités entre les formations géologiques, afin de pouvoir isoler les plus intéressantes d'un point de vue hydrogéologique.

La méthode de regroupement nécessite l'emploi de cartes imprimées du BRGM et leurs notices. Les cartes qui couvrent le bassin versant sont les suivantes : Nantes (n°481), Vallet (n°482), Saint-Philibert-de-Grand Lieu (n°508), Clisson (n°509), Cholet (n°510), Montaigu (n°536), Les Herbiers (n°537), Bressuire (n°538), et Chantonay (n°563) au 50 000°. A ces cartes au 50 000° s'ajoutent celles au 80 000° de La Roche-sur-Yon et de Bressuire qui couvrent la zone de Moncutant non disponible au 50 000°.

A partir de ces formations (Annexe 6), douze groupes ont été formés :

- les **roches métamorphiques** sont classées en **quatre groupes**, les métasédiments (schistes et micaschistes), les métavolcanites (Complexe du Choletais), les formations gneissiques (gneiss et orthogneiss), et les amphibolites / leypinites.
- les **roches magmatiques** sont classées en **quatre groupes** : les granites de type leuco et monzo-granites, et des gabbros, migmatites, granodiorites, et monzonites (plagiogranites).
- les **roches sédimentaires** sont classées en **trois groupes** : les grés, les séricitoschistes et les siltites

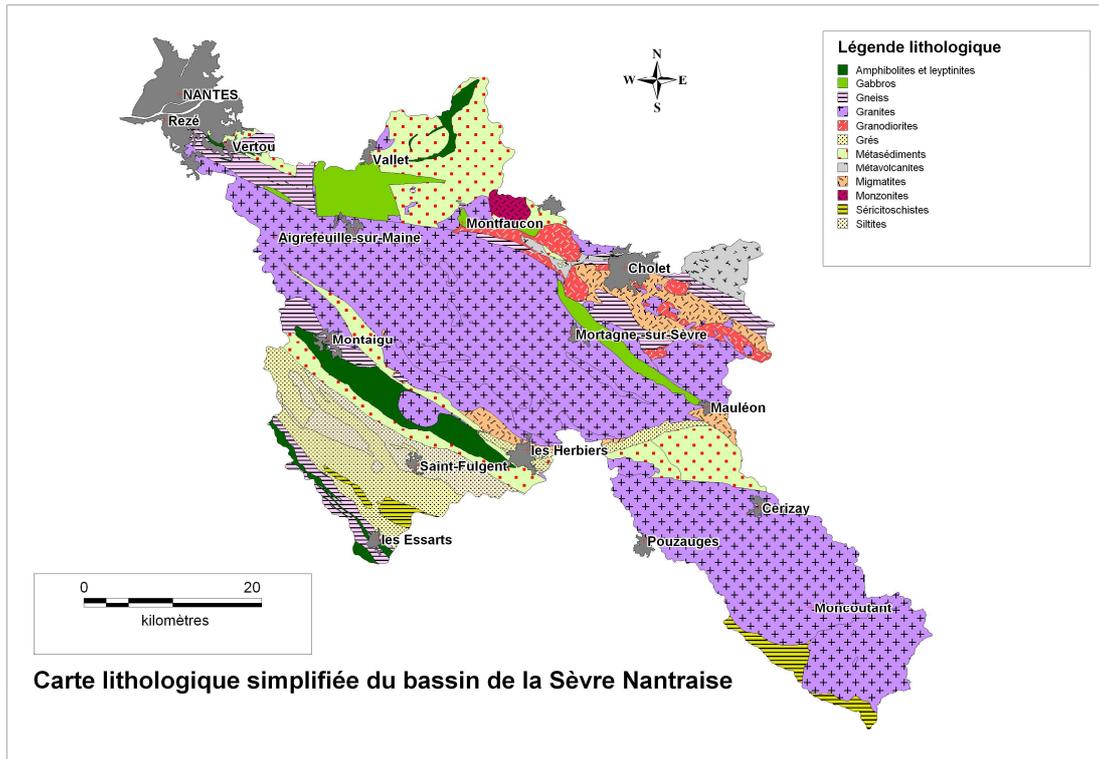


figure 6: Carte lithologique simplifiée du bassin de la Sèvre Nantaise (Source personnelle)

Le regroupement lithologique est une approche simple qui ne prend pas en compte certains aspects de la complexité géologique de la zone :

- les formations sont cartographiées à l’affleurement, les données de géologie profonde ne sont pas toujours concordantes avec celles de la surface. Certains forages parmi les moins profonds peuvent ne recouper que les formations alluvionnaires superficielles.
- la classification ne tient pas compte de l’âge des formations, or celui-ci peut-être déterminant. Exemple : le monzogranite de Pouzauges, dont la mise en place date de l’Ordovicien, est beaucoup plus ancien que celui de Mortagne, et a par conséquent subi une altération plus poussée, les propriétés hydrogéologiques inhérentes à cette altération s’en trouvent modifiées.
- les lithologies cartographiées appartiennent parfois à deux groupes. Exemple : les gneiss-migmatitiques du haut-bocage.
- Cette simplification s’effectue au détriment d’un certains nombre d’informations précises de terrain, mais permet en outre d’améliorer la cohérence (entre deux cartes au 50 000°, les descriptions diffèrent), la lisibilité, mais aussi le traitement des données, qui entre pleinement dans le cadre de l’étude statistique qui va suivre.

## 2.2.2 Détermination de lithologies productives

Les données de lithologie et de forages fournissent la base de l'étude statistique, qui a pour objectif de déterminer les lithologies potentiellement plus intéressantes au plan hydrogéologique. Les cartes présentent les **débites d'exhaure des forages au soufflage**, et ceci par classe de productivité. Cette étude est basée sur la méthode développée dans *La cartographie de la réserve en eau souterraine du massif granitique de La-Roche-sur-Yon*, réalisée par le BRGM en 1999.

La méthode a été élaborée pour satisfaire à cet objectif, elle peut-être découpée en trois étapes. Le premier relève des regroupements lithologiques, le second des débits d'exhaure, et le troisième concerne les critères de classement.

### *Regroupements lithologiques*

Etant donné les grandes disparités d'occupation de l'espace des différentes lithologies sur ce bassin versant, il a fallu, dans l'unique but d'avoir une représentativité statistique intéressante, opérer à des regroupements.

Le nombre de « granitoïdes » et la surface occupée par ceux-ci étant très importants sur le bassin versant, les formations ont été regroupées en deux classes selon leur chimisme pour l'étude statistique (Annexe 7) :

- Les granites de type *leuco* et *monzo* présentent des concentrations en feldspaths plagioclases et potassiques similaires, ils appartiennent donc au même groupement lithologique.
- Les granodiorites, monzonites, et gabbros sont riches en feldspaths plagioclases, c'est le critère qui détermine leur appartenance au même groupement lithologique.
- La mise en place des migmatites est légèrement différente de ces granitoïdes, puisqu'il s'agit de roches partiellement métamorphisées (du grec « migma » « mélange »), elles ont néanmoins été placées dans le groupement de plagio-granites, car de chimisme similaire et pour limiter que les poids statistiques (nombre de forages) ne diffèrent trop entre les groupements.

La pertinence de cette classification pourra être évaluée avec les données de forages. Les débits d'exhaure devront être relativement homogènes pour chaque groupe. Si des disparités importantes apparaissent dans un même groupe, la création de nouveaux groupes devront être envisagés.

Les regroupements finaux retenus pour cette analyse sont au nombre de cinq :

- les leuco et monzo-granites,
- les plagio-granites : granodiorites, gabbros, monzonites et migmatites,
- les formations sédimentaires : grés, séricitoschistes et siltites,
- les formations peu-métamorphisées que sont les métasédiments et les métavolcanites,
- les formations ayant subies un métamorphisme important (gneiss et amphibolites).

### *Les débits*

Cinq classes de productivité sont formées, la première regroupe les forages secs, le captage ayant été un échec, celui-ci est le plus souvent abandonné, voire rebouché. La seconde classe de productivité regroupe les forages à faible débit, compris entre 0,01 et 5 m<sup>3</sup>/h. La troisième classe de productivité concerne les débits de 5 à 10 m<sup>3</sup>/h. Les quatrième et cinquième classes concernent les forages considérés comme réussis (débit supérieur à 10 m<sup>3</sup>/h), ils sont susceptibles de faire l'objet d'une alimentation en eau potable collective.

Les débits au soufflage, utilisés comme base de l'étude statistique, sont des débits déterminés lors de l'injection d'air lift destiné à dégager la tête de forage des débris de roche qui l'encombre. La détermination du débit faite par le foreur est souvent surestimée de 20 à 30%.

### *Les critères de classement*

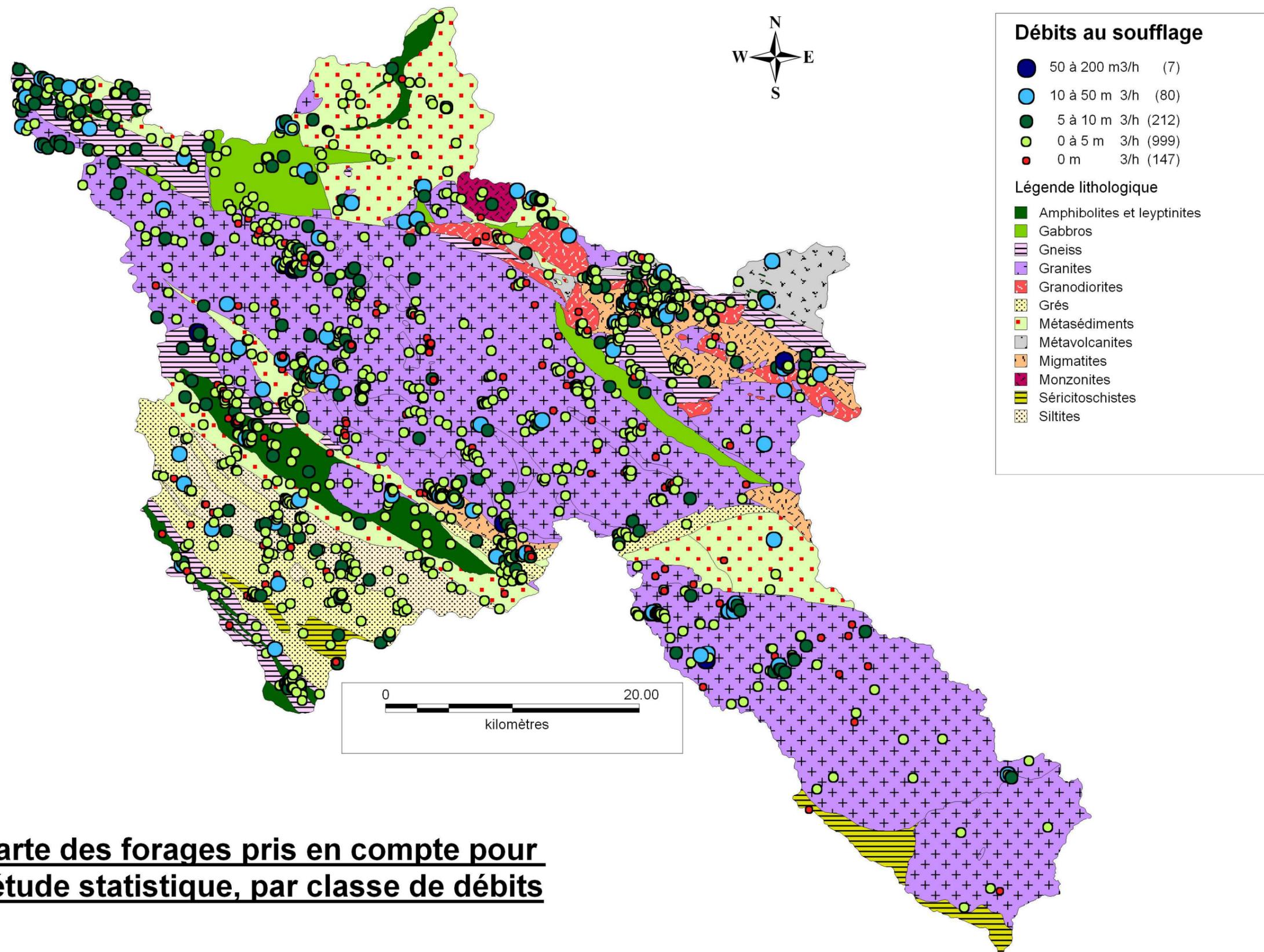
L'analyse statistique se base sur les pourcentages de forages appartenant à ces différentes classes. Deux critères ont été retenus pour classer les regroupements lithologiques les uns par rapport aux autres :

- le pourcentage de forages délivrant un débit supérieur à 10 m<sup>3</sup>/h donne une bonne image de la probabilité d'obtenir un forage au débit d'exploitation correct dans la formation géologique,
- le débit moyen des 25% de meilleurs forages (pour chaque regroupement lithologique) est intéressant pour cibler une formation.

La base de données établie dans le cadre de l'étude ainsi que la carte lithologique réalisée permettent de fournir une carte des forages sur le bassin versant, classés par débits.

Ces forages font l'objet d'une étude statistique sur les regroupements lithologiques. Cinq cartes sont présentées après la carte générale :

- les forages implantés sur les lithologies gneissiques et amphibolitiques (Annexe 1),
- les forages implantés sur les lithologies de leuco et monzogranites (Annexe 2),
- les forages implantés sur les lithologies de plagio-granites (Annexe 3),
- les forages implantés sur les lithologies sédimentaires (Annexe 4),
- les forages implantés sur les lithologies peu métamorphisées (Annexe 5).



**Carte des forages pris en compte pour l'étude statistique, par classe de débits**

figure 7: Carte des forages pris en compte pour l'étude statistique, par classe de débits (Source personnelle)

Les forages concernés par les regroupements lithologiques ont fait l'objet d'une étude statistique. Les histogrammes suivants font référence aux pourcentages de forages dans chaque classe de débit.

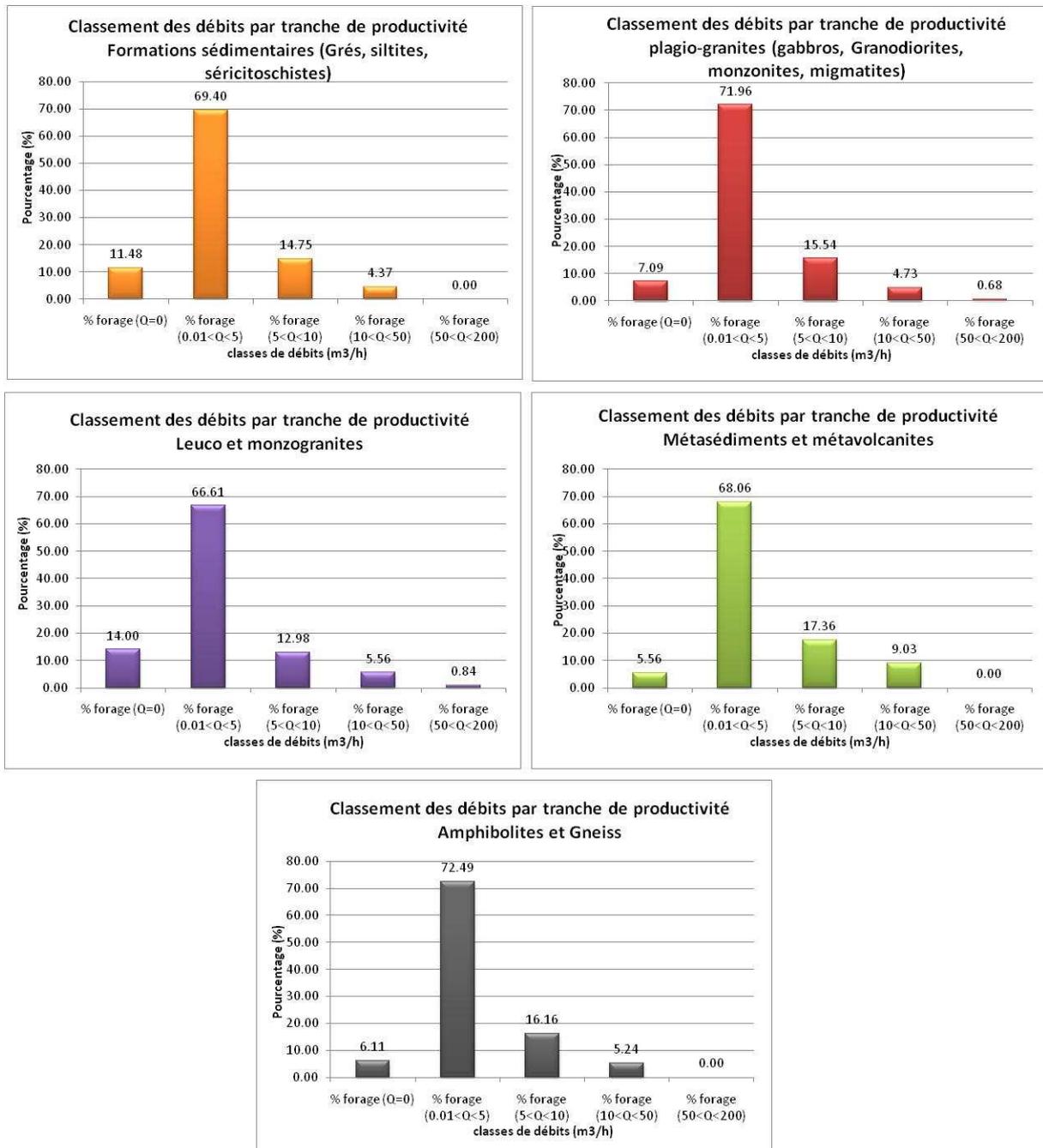


figure 8: Classement des débits au soufflage par classe de productivité, pour chaque regroupement lithologique (Source personnelle)

La répartition des débits par classe de productivité pour les cinq regroupements lithologiques donne les résultats suivants :

- la distribution des pourcentages de débits par classe de productivité est sensiblement la même pour les cinq regroupements. **La probabilité d'obtenir un forage au débit instantané compris entre 0,1 et 5 m<sup>3</sup>/h est d'environ 70% ;**
- seules les formations granitiques présentent statistiquement la possibilité d'obtenir un forage très productif, de **débit supérieur à 50 m<sup>3</sup>/h**. Les probabilités associées à ce type de forage sont néanmoins très faibles, toujours inférieur à 1% ;
- le pourcentage d'échec (forage sec) est le plus faible dans les formations peu métamorphisées (5,56%) et le plus élevé dans les formations de leuco et monzo-granites (14,00%),
- la probabilité d'obtenir un forage correct, à savoir un débit instantané supérieur ou égal à 10 m<sup>3</sup>/h est faible, oscille de 4,37 % pour les formations sédimentaires, à 9,03% pour les formations méta-sédimentaires.

La moyenne des 25% de meilleurs forages, effectuée pour chaque regroupement, permet d'obtenir des résultats significatifs. Seuls les **deux regroupements de granitoïdes** (leuco et monzo-granites d'une part, plagiogranites d'autre part) présentent une moyenne supérieure à 10 m<sup>3</sup>/h pour le quartile supérieur (10,65 m<sup>3</sup>/h et 11,01 m<sup>3</sup>/h respectivement). Viennent ensuite les formations peu métamorphisées (9,66 m<sup>3</sup>/h de moyenne), puis les gneiss et amphibolites (8,39 m<sup>3</sup>/h) et enfin les formations sédimentaires (7,85 m<sup>3</sup>/h).

L'analyse croisée permet de **classer les groupements lithologiques par intérêt**, et ainsi de mettre en évidence les lithologies les plus intéressantes d'un point de vue hydrogéologique, et celles qui le sont moins.

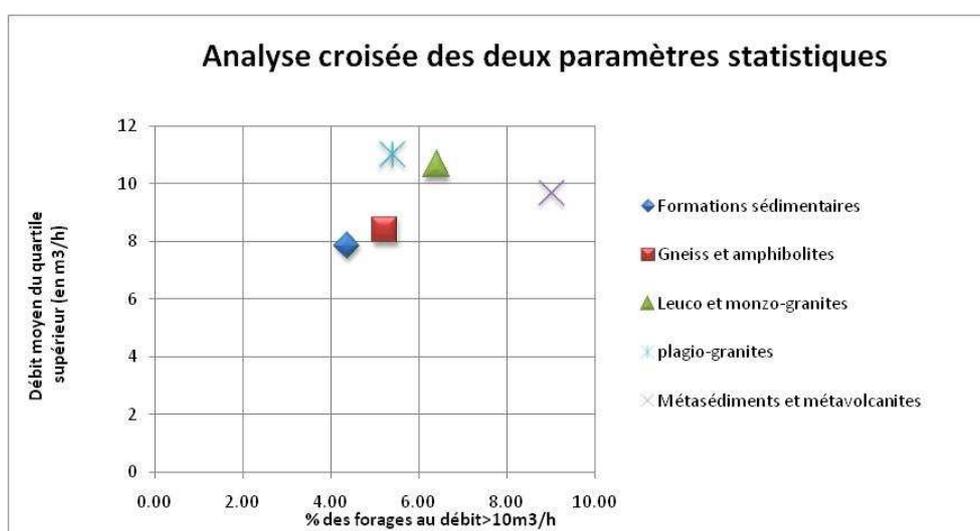


figure 9: Analyse croisée des deux paramètres statistiques (Source personnelle)

Les résultats de l'étude (figure 9), permettent d'identifier trois types de comportements :

- les formations gneisso-amphibolitiques et sédimentaires, qui offrent nettement moins d'intérêt que les autres groupements de part leur positionnement dans le quart gauche du graphique.

- les formations granitiques qui présentent un comportement similaire, indépendamment du fait qu'il s'agisse de plagio-granites ou de leuco-monzogranite. Leurs propriétés, déjà évoquées dans la partie descriptive, sont intéressantes, car la **moyenne de débit des 25% des meilleurs forages est la plus élevée.**
- les formations peu métamorphisées (métasédiments et métavolcanites) qui ont un comportement nettement différent des autres groupements. Le pourcentage de forages réussis (dont le débit est supérieur à 10 m<sup>3</sup>/h) est de loin le plus important, car il avoisine les 10%. En revanche il **n'existe pas dans ces types de formations, de forages très productifs** comme dans les formations granitiques. Notons que ce regroupement de formations comprend un échantillonnage de 144 forages, il est donc accompagné d'un indice de confiance moins important que celui des formations leuco et monzogranitiques, qui regroupe 593 ouvrages.

Dans la suite de l'étude, les recherches et investigations sont largement orientées vers le potentiel hydrogéologique des formations granitiques. Les raisons de ce choix sont dictées par les résultats statistiques. En effet, les forages les plus productifs sont implantés dans des terrains granitiques.

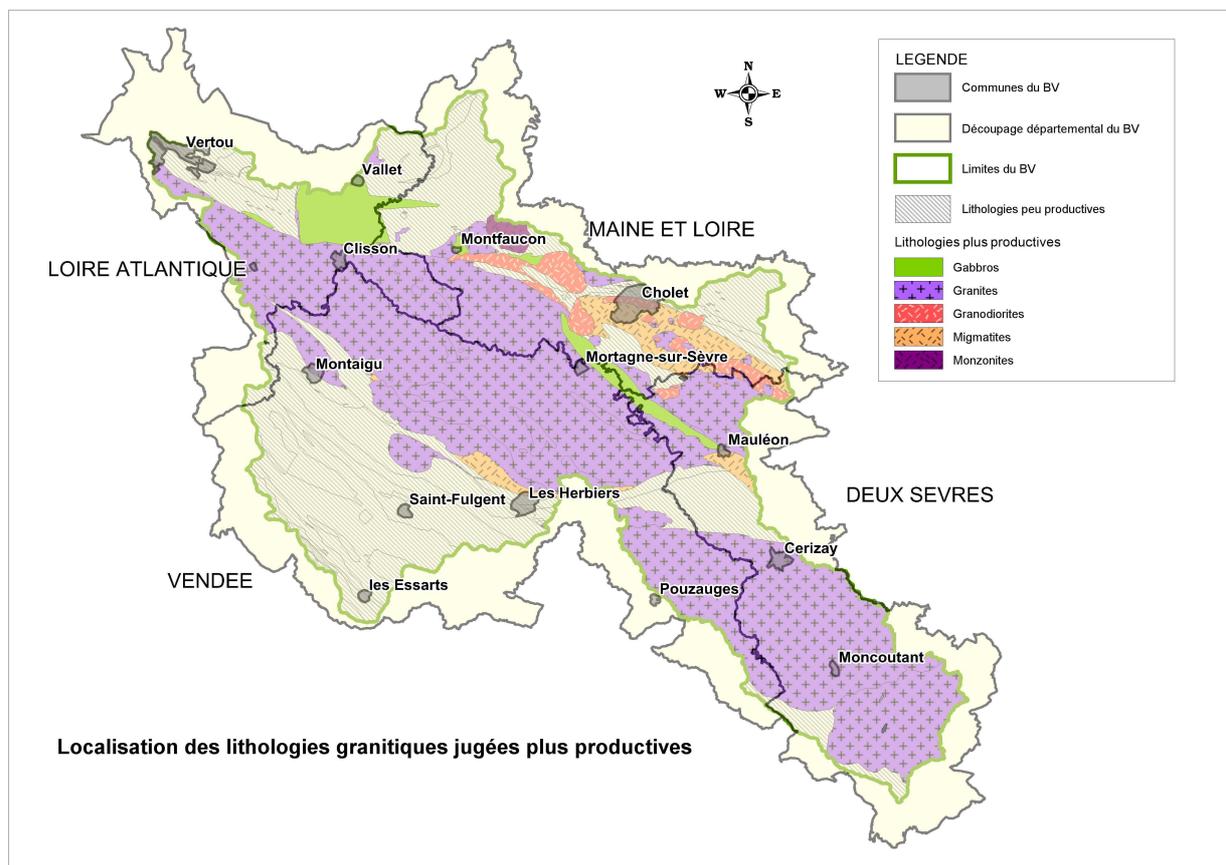


figure 10: Localisation des lithologies granitiques (Source personnelle)

Les résultats de l'étude statistique permettent, à défaut de cibler une zone précise à prospecter sur le bassin versant, les zones où les recherches de la ressource ne doivent pas être entreprises. Les zones figurées en gris sur la carte (figure 10), **ne présentent pas d'intérêt hydrogéologique particulier**, et la recherche doit être accentuée et précisée sur les lithologies granitiques.

### 2.2.3 Détermination d'une profondeur idéale d'investigation

L'étude réalisée sur la profondeur des forages s'appuie sur la Base de données du Sous-Sol (BSS) du BRGM et s'appuie sur les mêmes forages que pour l'étude précédente. Elle est réalisée d'après des travaux similaires sur les aquifères de socles, notamment en Corée du sud. L'objectif est de préciser un intervalle de profondeur d'investigation favorable au captage de la ressource.

La méthode employée met en relation le débit total du puits au soufflage [ $\text{m}^3/\text{j}$ ] rapportée à l'épaisseur de la formation recoupée [en m], mesurée à partir de la base des altérites. En ordonnées, l'épaisseur de la formation recoupée est également mesurée à partir de la base des altérites [en m]. Cette valeur ainsi obtenue correspond au **débit linéaire**. Cette représentation permet d'évaluer l'intérêt des forages selon une relation de proportionnalité entre le débit et la profondeur. Elle permet ainsi de s'affranchir de la seule productivité du forage.

En l'absence de données spécifiant l'épaisseur de l'horizon d'altération pour chaque forage, elle est considérée comme étant égale à 20 mètres pour l'ensemble des forages. Elle ne prend donc pas en compte la spécificité du terrain pour chaque forage, mais reflète une valeur conforme aux études menées sur les aquifères de socle.

*Remarque : il ne s'agit que d'une représentation mathématique, les arrivées d'eau étant ponctuelles, et non régulières au fur et à mesure de l'avancement du forage.*

La distribution du nuage de point sur le graphique (figure 11) permet de dégager certaines caractéristiques intéressantes.

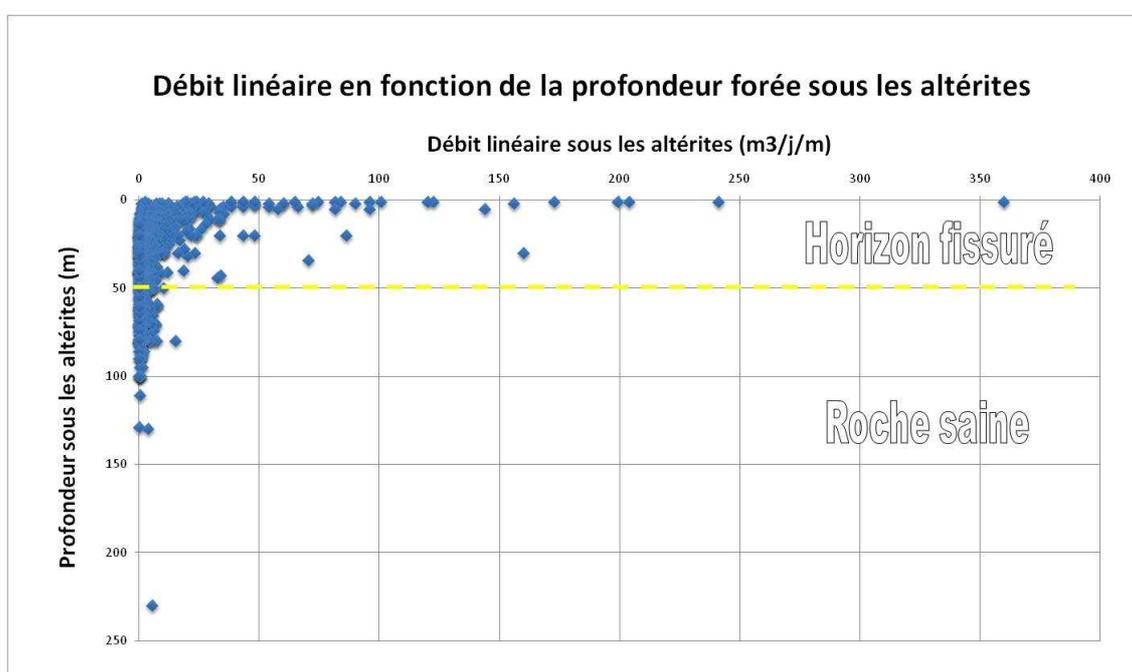


figure 11: Graphique représentant le débit linéaire en fonction de la profondeur forée (Source personnelle)

- les forages les plus intéressants du point de vue du débit linéaire (fonction de la profondeur forée) se situent dans un intervalle de profondeur bien limité, situé entre **zéro et 50 mètres** en dessous de la base des altérites. Au-delà de cet intervalle de profondeur, les forages présentent un débit linéaire très médiocre, proche de zéro.

- l'intervalle productif mis en évidence correspond à l'horizon fracturé fissuré, qui doit être recherché lors de captages d'eau souterraine en zone de socle.

*Remarque : cette démonstration est limitée du fait du faible nombre de forages atteignant une profondeur supérieure à 100 mètres sous les altérites. La représentativité statistique pour ce type de forage est plus limitée que pour ceux dont la profondeur est comprise entre 0 et 100 mètres sous les altérites.*

Cette étude statistique basée sur un échantillonnage représentatif de forages fournit d'importantes disparités de débits. Pour identifier plus précisément les conditions qui déterminent la réalisation d'un forage réussi et exploitable, il est nécessaire de décrypter les conditions d'implantation de celui-ci. Ces caractéristiques seront abordées dans une troisième partie, avec la notion de vulnérabilité des captages.

## 3 Configuration actuelle de l'exploitation des eaux souterraines

### 3.1 Réalisation de fiches d'identité des captages utilisés pour l'alimentation en eau potable

Seuls les captages du *Tail* (Pouzauges), de la Pommeraie-sur-Sèvre, de Saint-Laurent-sur-Sèvre, et de *La Rucette* (Cholet), sont employés à l'approvisionnement en eau potable sur le bassin versant de la Sèvre Nantaise.

L'objectif poursuivi est de livrer un état des lieux de chaque captage, formé à partir de données compilées et d'études complémentaires. Dans un souci de lisibilité, les deux captages présentés seront abordés selon une suite de thèmes individualisés dans deux rubriques distinctes. Les deux autres captages (La Pommeraie-sur-Sèvre et Saint-Laurent-sur-Sèvre) ont été étudiés de la même manière mais n'apparaissent pas dans l'étude pour alléger le rapport. Ces thèmes abordés sont les suivants :

Approche « physique » de l'implantation des captages

- le contexte du captage regroupant la description des ouvrages, et les prélèvements, annuels et horaires des installations,
- le contexte géologique reprenant des observations de terrain, des éléments de notices BRGM ainsi que des coupes interprétatives,
- le contexte hydrogéologique présentant des éléments piézométrie, des conditions aux limites de l'aquifère, les conditions de recharge et zones d'infiltration préférentielles, ainsi que les paramètres hydrodynamiques lorsqu'ils sont définis,

Impact anthropique sur la ressource en eau

- l'occupation du sol et la vulnérabilité de la ressource,
- la qualité de l'eau, qui dresse un état des lieux des analyses physico-chimiques et microbiologiques sur les eaux brutes du captage,

La méthode qui vise à satisfaire cet objectif comprend une étude bibliographique, une étude de cartes et une reconnaissance terrain. Les données utilisées sont de plusieurs ordres :

- les études préalables à la définition des périmètres de protection des captages, réalisées par le bureau d'étude *CALLIGEE*, et les études complémentaires, réalisées par d'autres bureaux d'études, tels que *Geo Hydro Investigation* ou encore *Ouest Conseils Etudes Environnement*,
- les données géologiques du BRGM (cartes et coupes géologiques) associées aux observations de terrain qui permettent de livrer un modèle d'exploitation du captage, en complément des rapports des bureaux d'étude.
- les périmètres de protection des captages et bassins d'alimentation obtenus avec *Vendée Eau* et la *Communauté d'Agglomération du Choletais*, couplés avec la base de

données *corine land cover*, permettent d'identifier les pressions polluantes exercées sur les zones de prélèvement,

- des données relatives à la qualité de l'eau fournies par les rapports annuels des délégataires (exploitants des captages), ainsi que les analyses détaillées de la DDASS (Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales) par l'intermédiaire du site ADES (portail d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines).

La description des quatre captages du bassin versant permettra dans un premier temps de proposer une série de **préconisations** pour les deux captages développés. Ces préconisations prendront en considération les éléments de qualité de l'eau et de vulnérabilité de la ressource, spécifiques à chaque contexte d'implantation.

Dans un deuxième temps, une synthèse mettra en évidence, au vu des captages existants, un certain nombre de **contextes favorables** à la présence de ressources en eau souterraine en domaine de socle. De la même manière, la synthèse reprendra les pressions majeures qui s'exercent sur la ressource, ainsi que leur vulnérabilité.

## 3.2 Approche « physique » de l'implantation des captages

### 3.2.1 **Captage de la Rucette (Le Puy-Saint-Bonnet)**

#### *Contexte du captage*

L'aquifère de *la Rucette* comprend onze ouvrages de captage souterrain. Les essais de pompage sur les différents ouvrages ont révélé des débits d'exhaure de 6 à 18 m<sup>3</sup>/h sur des essais de pompage de 17 à 18 heures. Le puits à drains rayonnants est le plus productif, il permet une exploitation à 92 m<sup>3</sup>/h. Le nombre d'ouvrage en service est actuellement de neuf et le débit autorisé en simultané est de 150 m<sup>3</sup>/h sur une plage horaire définie. Les prélèvements à l'année représentent 300 000 m<sup>3</sup> et sont utilisés pour l'alimentation en eau potable de la Communauté d'Agglomération du Choletais (CAC)

## Champ captant de La Rucette Configuration géologique et ressource exploitée



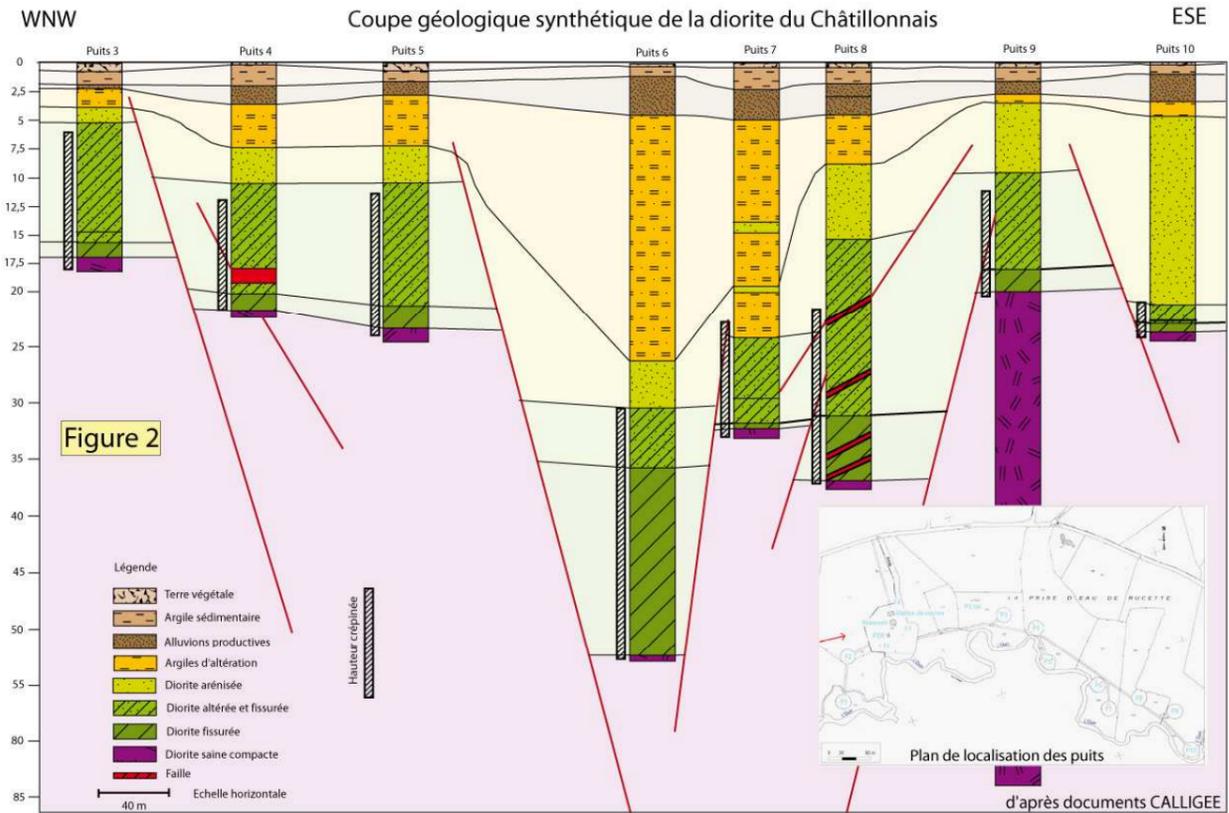
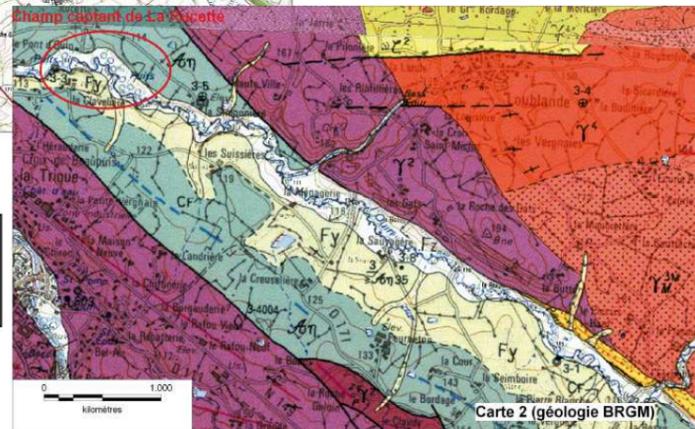
Localisation du champ captant de La Rucette en Maine-et-Loire (sud de Cholet, commune du Puy Saint-Bonnet)

Figure 1

Le champ captant de la Rucette est implanté dans le massif dioritique du Châtillonnais. Ce massif s'étend selon une bande orientée NW-SE d'une quinzaine de kilomètres de long sur environ un kilomètre de large.

La bande de diorite affleure mal sur le terrain, elle forme une dépression topographique très nette (carte 1) entre les granites encaissants de Mortagne sur le flanc SW et de Moulins sur le flanc NE. (carte 2)

La configuration de pompage du champ captant de la Rucette dans cette dépression formée par la diorite du Châtillonnais présente l'intérêt de conserver alluvions et couverture altéritique.



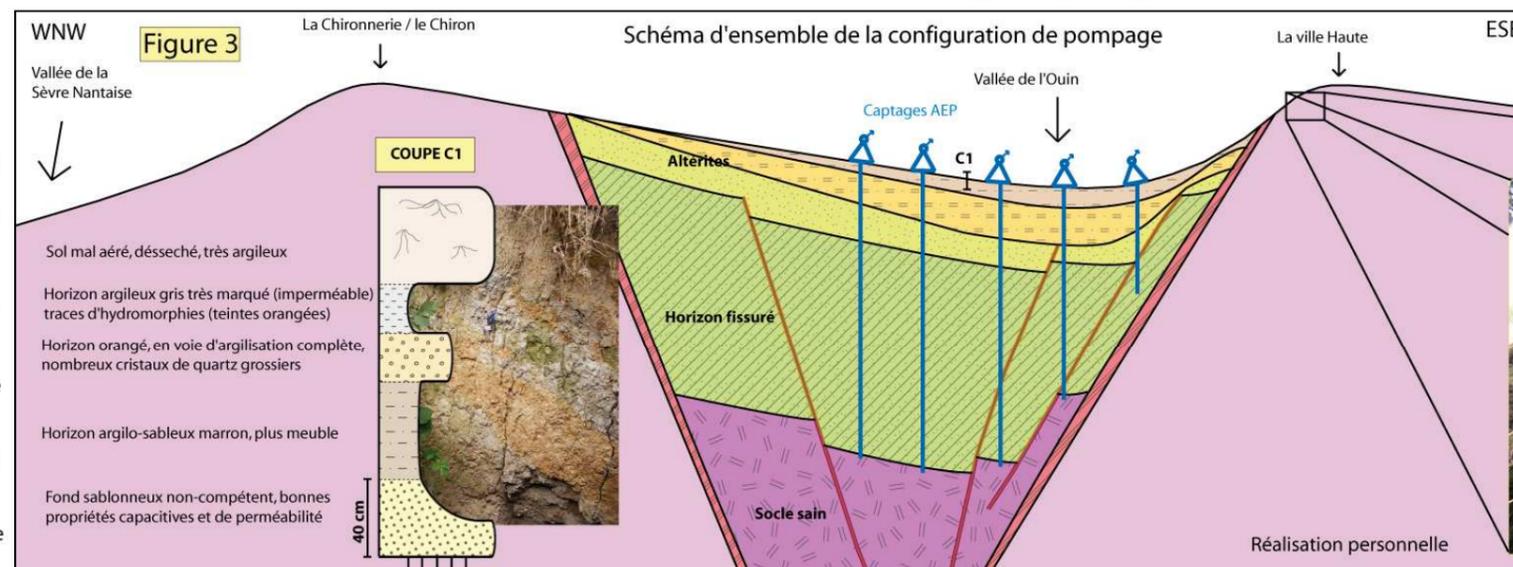
Les différents forages de la zone montrent une superposition identique des lithologies: sous la terre végétale (sol), deux formations superficielles sédimentaires s'étagent sur une épaisseur métrique (sur les extrémités), à plurimétrique (au centre de la dépression). Ces formations sont différenciées par leur lithologie, argileuse pour l'une et sableuse pour l'autre (matériel plus grossier). Ces formations superficielles sont décrites en détail sur la coupe C1.

Les lithologies sous-jacentes proviennent du démantèlement de la roche mère dioritique. Les argiles d'altération proviennent d'une altération très poussée de la roche mère (allotérites), l'épaisseur de l'horizon est fortement accentuée vers le centre de la dépression. La diorite arénisée constitue le réservoir principal capté par les forages de La Rucette. Cet horizon est drainé par l'intermédiaire de l'horizon fissuré, ici individualisé en diorite altérée et fissurée et diorite fissurée.

Le schéma d'ensemble permet de visualiser la configuration de pompage du champ captant de la Rucette.

L'encaissant granitique de la diorite du Châtillonnais est figuré en rose, il s'agit du granite de Mortagne à l'Ouest et de celui de Moulins à l'Est.

Les décalages horizontaux des faciès suivant la coupe Est-Ouest (figure 2) suggèrent le jeu de failles normales symétriques à l'axe du bassin. Figurées en rouge sur le schéma et la coupe, elles permettent d'expliquer l'épaisseur plus conséquente des horizons vers le centre de la dépression (création d'espace pour l'accumulation sédimentaire et altération préférentielle).



Le sol de type ranker présenté à droite du schéma correspond à un sol peu épais développé sur la roche à nu. Sur les coteaux, il ne peut y avoir de développement altéritique, l'érosion est importante et le transport des sédiments orienté vers la vallée de l'Ouin. Le débit de la roche en dalles horizontales est caractéristique de l'altération des roches cristallines. La coupe C1 permet d'illustrer trois horizons: premièrement le développement d'un sol sur 50 centimètres, puis un ensemble très argileux sur environ un mètre, et enfin un ensemble sablonneux qui constituent des alluvions productives de l'Ouin.

figure 12: Champ captant de la Rucette, configuration géologique et ressource exploitée (Sources diverses)



### ***Rappel de la configuration géologique***

Le champ captant de *la Rucette* capte un aquifère de socle dont la configuration est assez singulière (figure 12). **Deux aquifères productifs sont superposés**, le premier est situé immédiatement sous les dépôts argileux sédimentaires de l'Ouin (aquifère alluvial), le second est constitué par les arènes d'altération de la diorite du Châtillonnais (aquifère de socle) sous une épaisse couche argileuse d'altération (allotérites).

L'indépendance entre les deux aquifères est assez nette d'un point de vue géologique. Les deux réservoirs sont séparés par des argiles d'altération formant un horizon d'épaisseur variable mais jamais nulle. Cet horizon est d'environ 20 mètres au puits 6, et de moins d'un mètre au puits 9.

Plusieurs constats peuvent-être effectués à partir des observations et des documents faisant référence au captage :

- l'aquifère de socle est en principe bien protégé, avec au milieu de la vallée alluviale de l'Ouin, une **épaisseur d'argile d'altération** conséquente. Cette épaisseur d'argile présente la particularité de **s'amincir** vers l'extérieur de la vallée, rendant la ressource plus vulnérable. De plus, la nature du terrain sur les côteaux (roche à nue), favorise l'infiltration de l'eau vers la nappe, probablement le long de plans de faille.
- la connectivité hydraulique entre les aquifères alluviaux et de socle est avérée par les investigations du bureau d'études, du fait d'une hauteur de cimentation insuffisante pour plusieurs forages. Ceci amoindri la protection de la nappe vis-à-vis des pollutions générées en surface.

### **3.2.2 Captage du Tail (Pouzauges)**

#### ***Contexte du captage***

Deux ouvrages sont exploités sur le site du *Tail* à Pouzauges, un puits (5634X0001/P) conçu entre 1953 et 1956, ainsi qu'un forage (5634X0012/F2) réalisé en 1980. Le puits de gros diamètre pénètre à 20,4 mètres de profondeur. Ce puits est l'ouvrage le plus productif, il a produit en moyenne 36 m<sup>3</sup>/h pendant l'année 2009, contre environ 30 m<sup>3</sup>/h pour le forage. La production d'eau potable sur le site est assez fluctuante, 162 000 m<sup>3</sup> en 2005, 247 000 m<sup>3</sup> en 2008 et 222 000 m<sup>3</sup> en 2009 pour ces dernières années, et un pic de production annuelle en 1980 à plus de 340 000 mètres cubes.

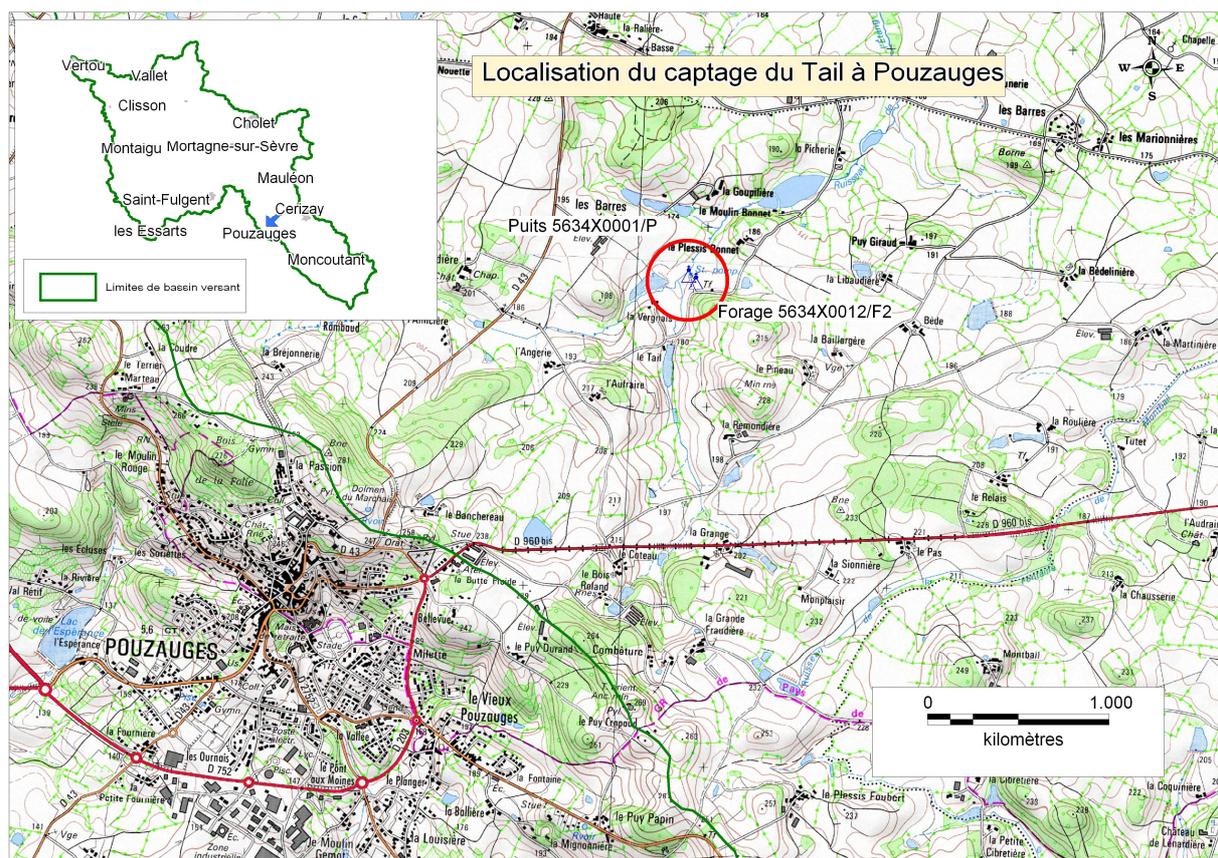


figure 13: Localisation du captage du Tail à Pouzauges (Source IGN)

### Contexte géologique

Le site de captage est implanté dans l'intrusion granitique de Pouzauges (monzogranite). Le bassin topographique du captage présente une superficie de 6,5 km<sup>2</sup>. Il culmine à 281 mètres, sur les hauteurs qui dominent Pouzauges. Ces reliefs constituent les points hauts les plus élevés de Vendée. Ils surmontent de près de 80 mètres les sources des ruisseaux de *La Cacaudière* et du *Tail*, et dominent vers l'Ouest le bassin de Chantonnay de plus de 150 mètres.

Les formations superficielles se composent d'une **bonne couverture altéritique** comprise entre 6 m d'épaisseur au pied du versant et 14,80 m près du lit actuel du cours d'eau.

La cartographie électromagnétique VLF (Very Low Frequency) effectuée par FORALO en 1980 met principalement en évidence un couloir conducteur de direction N110°E, d'une extension de 200 mètres, situé entre *Les Barres*, la station de pompage du *Tail*, et l'étang du vallon de *La Baillargère*. Ce couloir de fracturation présente une bonne corrélation avec le contexte de fracturation régional fortement imprimé par la direction de déformation armoricaine (N120°).

### Contexte hydrogéologique

L'aquifère sollicité par le captage est un aquifère continu de socle; les eaux souterraines circulent dans le massif à la faveur de fractures ouvertes. La couverture plus ou moins épaisse d'arènes surmontant la roche saine exerce **un rôle capacitif**.

Le niveau statique relevé dans les différents points d'eau investigués ne permet pas de fournir une carte piézométrique recouvrant l'ensemble de la zone d'étude. La piézométrie sur le site a tout de même été déterminée (Annexe 9). Il est communément admis que la piézométrie est largement influencée par la topographie. Les niveaux piézométriques sur le site fluctuent entre les cotes 167,6 (pour le forage F1) et 169,6 (pour le puits P2), soit au maximum entre 1 et 2 mètres par rapport au niveau du sol. L'aquifère apparaît captif sous des formations argileuses superficielles reconnues en forage. En bordure du ruisseau le niveau statique s'établit à un mètre du sol, soit une cote légèrement inférieure à celle du ruisseau.

Les paramètres de **transmissivité et d'emmaganement** ont été déterminés suite à des essais de pompage sur le champ captant. La transmissivité (T) a été évaluée à  $8,8.10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s et l'emmaganement (S) à  $3.10^{-3}$ . Ces paramètres devraient en toute rigueur s'appliquer à un aquifère poreux et isotrope, or l'aquifère étudié comporte une partie poreuse (altérites) et une partie fracturée (horizon fissuré). Ces paramètres sont à apprécier avec prudence car il ne s'agit d'un aquifère continu.

Le système aquifère de Pouzauges bénéficie d'un suivi piézométrique régulier (figure 13). La séquence de données enregistrées et analysées sur la période 2000-2010 montrent des valeurs de basses eaux comprises entre 158 et 161 mètres NGF et des valeurs de hautes eaux comprises entre 163 et 169 mètres NGF. Les captages du Tail étant implantés à une cote NGF de 169,5 mètres, cela confirme le caractère superficiel de la nappe.

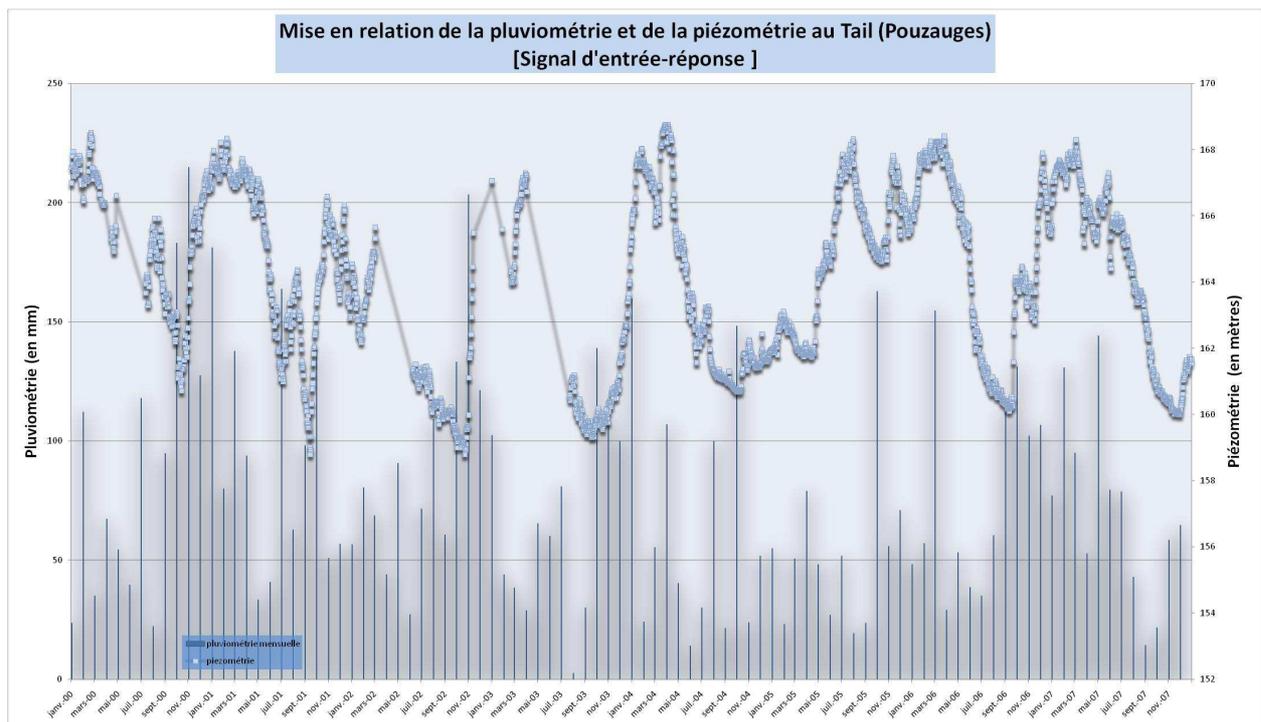
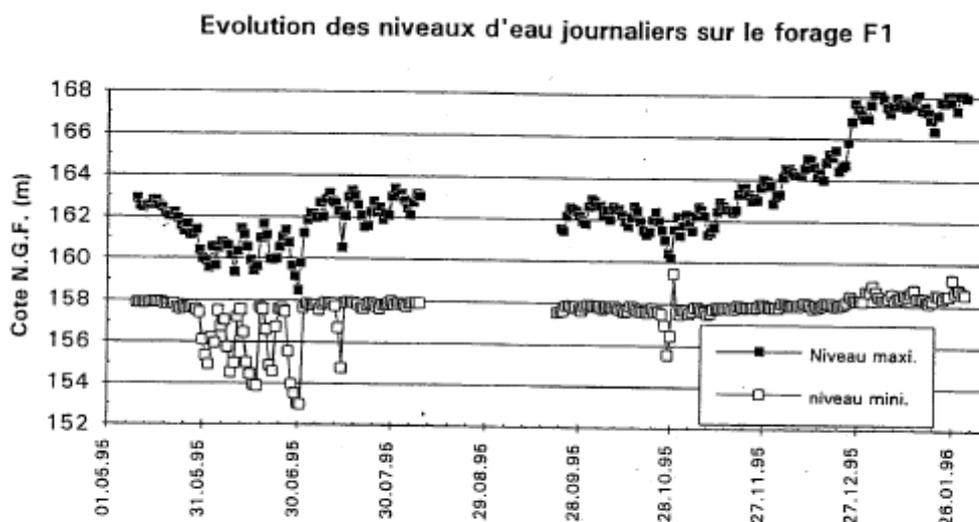


figure 14: Mise en relation de la pluviométrie au Tail (Pouzauges) (Sources : Piézométrie ADES, pluviométrie Météo France)

Cet aspect superficiel peut-aussi être mis en évidence par la relation entre piézométrie et pluviométrie (figure 14). La pluviométrie mensuelle totale est répercutée nettement par une variation piézométrique dans une durée de l'ordre de quelques mois. La morphologie piézométrique en « dents de scie » peut s'expliquer par la contribution des massifs fissurés alentours, qui participent à la recharge de l'aquifère avec des **temps de transfert rapides**.



**Figure 13 : Courbe d'évolution des niveaux piézométriques minimum et maximum sur le Forage F1**

**figure 15: Evolution des niveaux d'eau journaliers sur le forage F1 au Tail (Pouzauges) (Source : Calligee)**

Le service départemental d'hydrogéologie a mis en place en 1995 des piézomètres sur le champ captant. Une des chroniques établies présente la courbe d'évolution des niveaux piézométriques minimum et maximum sur le forage F1 (figure 15). Cette évolution des niveaux d'eau journaliers permet de bien caractériser la configuration de pompage.

- premièrement, les relevés montrent des niveaux piézométriques plus bas durant le mois d'août 1995, et des niveaux qui remontent progressivement à partir d'octobre. La percolation jusqu'à la nappe s'effectue sur un temps très court elle est intimement liée à l'hydrologie de surface.
- deuxièmement, des limites capacitives peuvent être mises en évidence. Une ligne horizontale se dégage clairement suivant les hauteurs d'eau minimales enregistrées, elle est située à 158 m. Au-delà de cette limite, les niveaux piézométriques plongent à des valeurs très basses (jusqu'à 153 mètres le 1<sup>er</sup> juillet 1995). Ce phénomène s'explique par la configuration géologique de l'aquifère. En effet, la base des altérites est située à 158 mètres, celles-ci forment le réservoir de l'aquifère avec l'eau interstitielle qu'elles contiennent. **L'horizon fissuré ne bénéficie que d'une porosité de fracture, nettement plus limitée**, ce qui explique le phénomène de « dénoyage » observé lorsque le niveau piézométrique descend sous le seuil de 158 m.

### 3.3 Qualité de l'eau, et vulnérabilité de la ressource

#### 3.3.1 Captage de la Rucette (Le Puy-saint-Bonnet)

##### *Occupation du sol et vulnérabilité de la ressource*

Les périmètres de protection du champ captant de *La Rucette* sont mis en place dans la vallée de l'Ouin. Ils sont strictement limités à une partie de la vallée et ne s'étendent pas au delà des côteaux. Les captages sont tous situés en rive droite de l'Ouin, et se succèdent le long du cours d'eau du sud-est au nord ouest. Plusieurs exploitations sont concernées par le périmètre de protection éloigné, le champ captant se situe dans une zone très agricole.

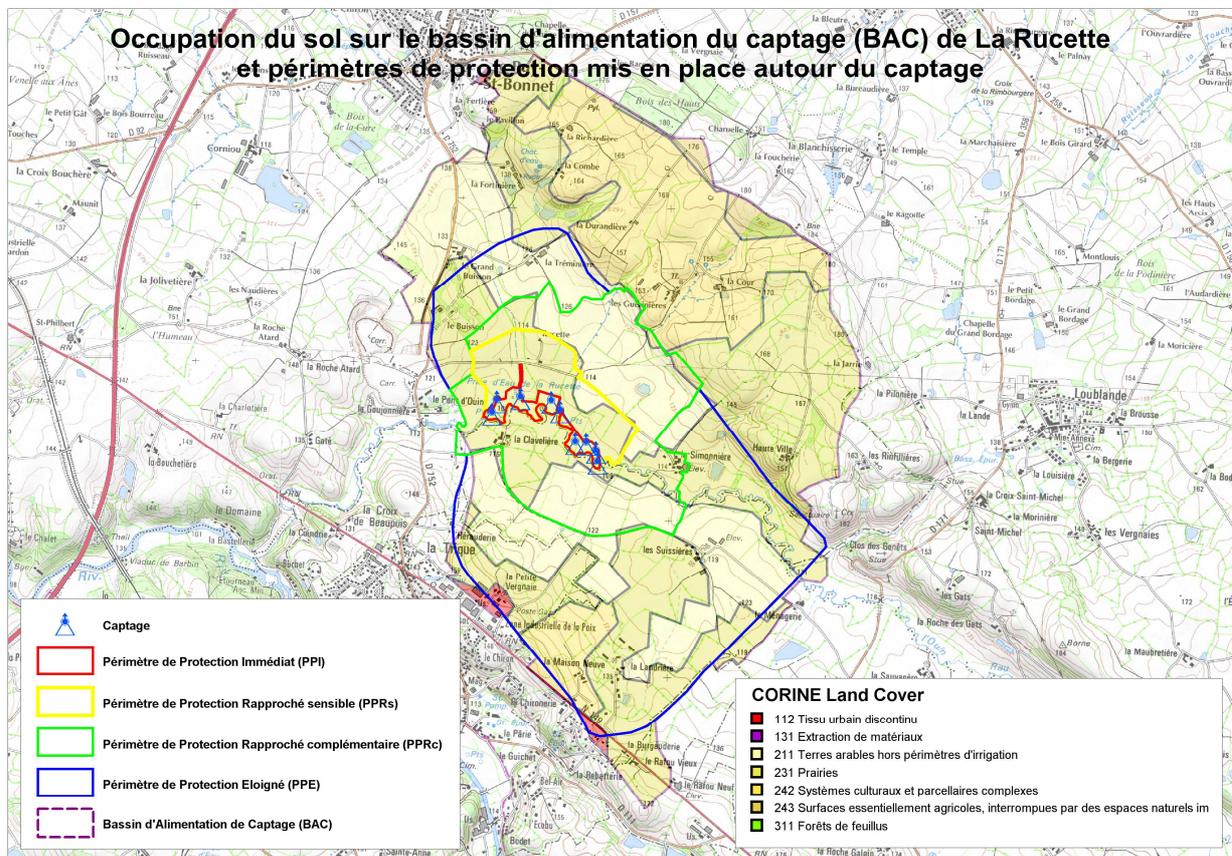


figure 15: Occupation du sol sur le bassin d'alimentation du captage (BAC) de la Rucette et périmètres de protection mis en place (Sources : IGN, Corine Land Cover, Vendée Eau)

L'occupation du sol du périmètre de protection éloigné est constituée pour moitié de prairies, soit un espace réservé au pâturage du bétail. Sur la carte, les prairies occupent la zone directement en contact avec l'Ouin. 42% de la surface limitée par le périmètre est couverte par des cultures ne bénéficiant pas d'une irrigation. L'espace restant se partage entre des systèmes culturaux et une zone urbanisée réduite dans le périmètre.

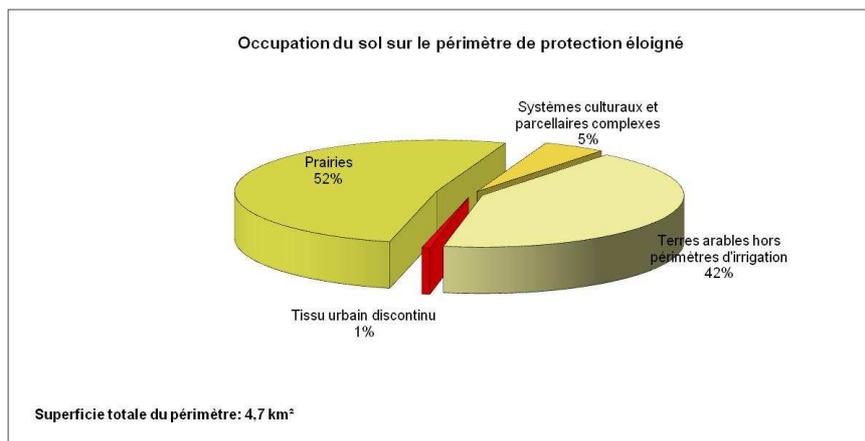


figure 16: Occupation du sol dans le périmètre de protection éloigné

Les périmètres de protection rapprochés (sensible et complémentaire) sont **constitués quasi-exclusivement de terres arables non irriguées et de prairies**. Ce type d'occupation présente moins de risques de pollution, la percolation vers la nappe des intrants n'étant pas favorisée par l'irrigation.

Le bassin d'alimentation du captage s'étend lui au-delà des coteaux, il englobe une surface agricole importante au Nord-est, qui n'est pas soumise aux mêmes préconisations et actions mises en place dans les périmètres. Les terrains situés dans les périmètres sont soumis à des Mesures Agro-Environnementales (MAE) qui comprennent par exemple la mise en place d'installations de stockage des pesticides.

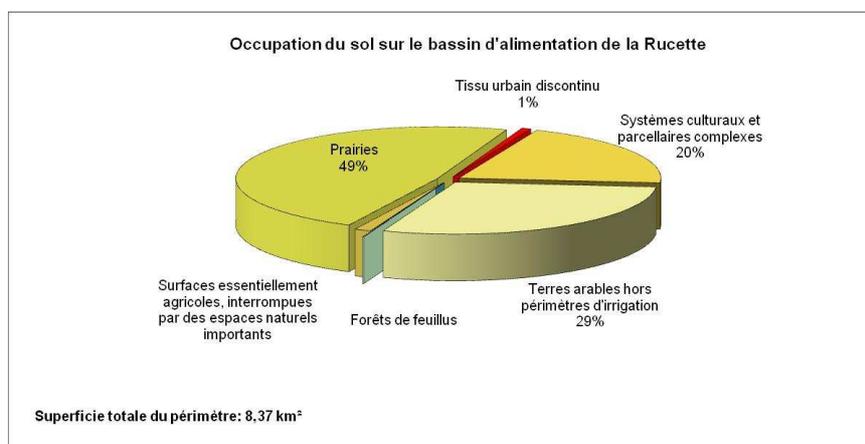


figure 17: Occupation du sol sur le bassin d'alimentation du captage

Sur le bassin d'alimentation du captage (figure 17), à la différence des périmètres de protection, un cinquième de l'espace est occupé par des cultures irriguées. **Ces espaces présentent un risque plus fort de mobilisation des pollutions vers la nappe d'eau souterraine**. Cette mobilisation des pollutions est favorisée par la localisation en surplomb des terres cultivées irriguées. La configuration géologique du site favorise largement les transferts d'eau vers la nappe *via* les coteaux affleurants.

## *Qualité de l'eau*

Le suivi de la qualité des eaux de *La Rucette* par le bureau d'étude Calligee s'appuie sur des analyses de 1985 à 2008. Ces analyses présentent des fréquences et des périodicités différentes pour chaque point de prélèvement. Elles s'attachent à plusieurs paramètres : le pH la conductivité, le Carbone Organique Total (COT), les nitrates, sulfates, chlorures, le manganèse, mais aussi des paramètres phytosanitaires tels que l'atrazine et ses métabolites (atrazine déisopropyl et atrazine déséthyl), la simazine, le glyphosate et son métabolite l'AMPA.

Seuls les paramètres pouvant être discriminants pour la qualité de l'eau ou importants pour évaluer la connection entre les eaux superficielles et souterraines sont mentionnés ci-dessous.

### **Nitrates**

Le paramètre nitrate ne pose pas de problèmes de dépassement de la norme avec des valeurs toujours en deçà de 50 mg/l. De 2000 à 2002, l'évolution des concentrations en nitrates dans les eaux souterraines semblent se rapprocher de la concentration des eaux superficielles. Les phénomènes observés sont toutefois moins brutaux et décalés dans le temps, ce qui semble mettre en évidence une communication entre les circulations de surface et souterraine.

### **Pesticides**

En ce qui concerne l'atrazine, dont l'utilisation est interdite depuis le 1<sup>er</sup> octobre 2003, des dépassements sont observés sur les analyses de 1998, 2003 et 2004. Les puits ne présentent pas toujours des valeurs similaires. Ainsi le puits à drains rayonnants présente des concentrations nettement plus élevées que les autres puits.

Les mesures effectuées sur l'atrazine déséthyl (métabolite de l'atrazine) présentent de fortes variations de concentrations dans les eaux brutes de mélange. Les évolutions de concentrations sont difficiles à évaluer, des pics ont fait l'objet de **dépassements en 2001, 2002, 2003, 2005, et 2006**. Le puits à drains rayonnants présente des concentrations variables mais toujours supérieures à la norme de potabilité. Ces dépassements ont justifié la mise en place d'une unité de traitement au charbon actif.

Notons que les eaux superficielles ne présentent pas de traces de ce métabolite. Les analyses les plus récentes marquent la disparition de cette matière active dans les eaux souterraines de *la Rucette*

L'atrazine déisopropyl (autre métabolite de l'atrazine), la simazine ainsi que le glyphosate et son métabolite l'AMPA n'ont pas fait l'objet de dépassements de la norme. La présence de glyphosate et de son métabolite l'AMPA est néanmoins avérée dans le milieu superficiel.

Le problème associé aux pesticides est limité aux **concentrations d'atrazine et d'atrazine déséthyl** qui à partir de 2002 dépassaient ponctuellement les normes de potabilité. Les résultats d'analyses montrent toutefois une baisse constante des concentrations.

Les conclusions apportées par le bureau d'étude au vu de ces analyses sont déclinées en trois points majeurs :

- il n'y a **pas de liaison hydraulique préférentielle** entre le réseau des eaux superficielles et les eaux captées dans le champ captant de *la Rucette*.

- la **non contamination** des eaux souterraines par le **glyphosate et l'AMPA** indiquent une bonne couverture argileuse des terrains.
- les résidus d'atrazine et de ses métabolites sur *la Rucette* indiquent qu'en cas de pollution chronique, **l'écran protecteur argileux n'est pas totalement imperméable**.

En fonction des pollutions auxquelles la nappe exploitée de *la Rucette* est soumise (principalement pesticides), et au vu de la configuration géomorphologique du site, il serait souhaitable d'étendre les diagnostics agro-environnementaux à l'ensemble du bassin d'alimentation du captage. En effet le risque de percolation d'intrants agricole paraît accentué sur les coteaux qui surplombent la vallée de l'Ouin, ceci étant favorisé par l'absence du recouvrement argileux identifié en fond de vallée.

### 3.3.2 Captage du Tail (Pouzauges)

#### *Occupation du sol et vulnérabilité de la ressource*

Le périmètre de protection du captage de Pouzauges est situé en limite de bassin versant. La ligne de crête matérialise à la fois la limite du bassin versant de la Sèvre Nantaise et la limite du périmètre de protection éloigné du captage (figure 16). La plus grande partie de la population de la commune de Pouzauges est établie sur le versant Sud-ouest de la ligne de crête. De ce fait, le risque de pollution anthropique est minimisé, le nombre d'habitants vivants sur le bassin versant (Périmètre de Protection Eloigné) du captage est limité à 110 personnes. Les habitations ne sont pas reliées à un système d'assainissement collectif, les systèmes autonomes sont prépondérants. Les rejets ne présentent cependant pas un facteur de risque particulier.

L'occupation du sol est séparée majoritairement en cinq types de zones, les zones urbaines étant considérées comme négligeables sur le périmètre de protection éloigné (<1%). Le périmètre de protection éloigné (PPE) du captage est occupé largement par des terres à vocation agricole, elles déterminent le type de pressions exercées sur le captage.

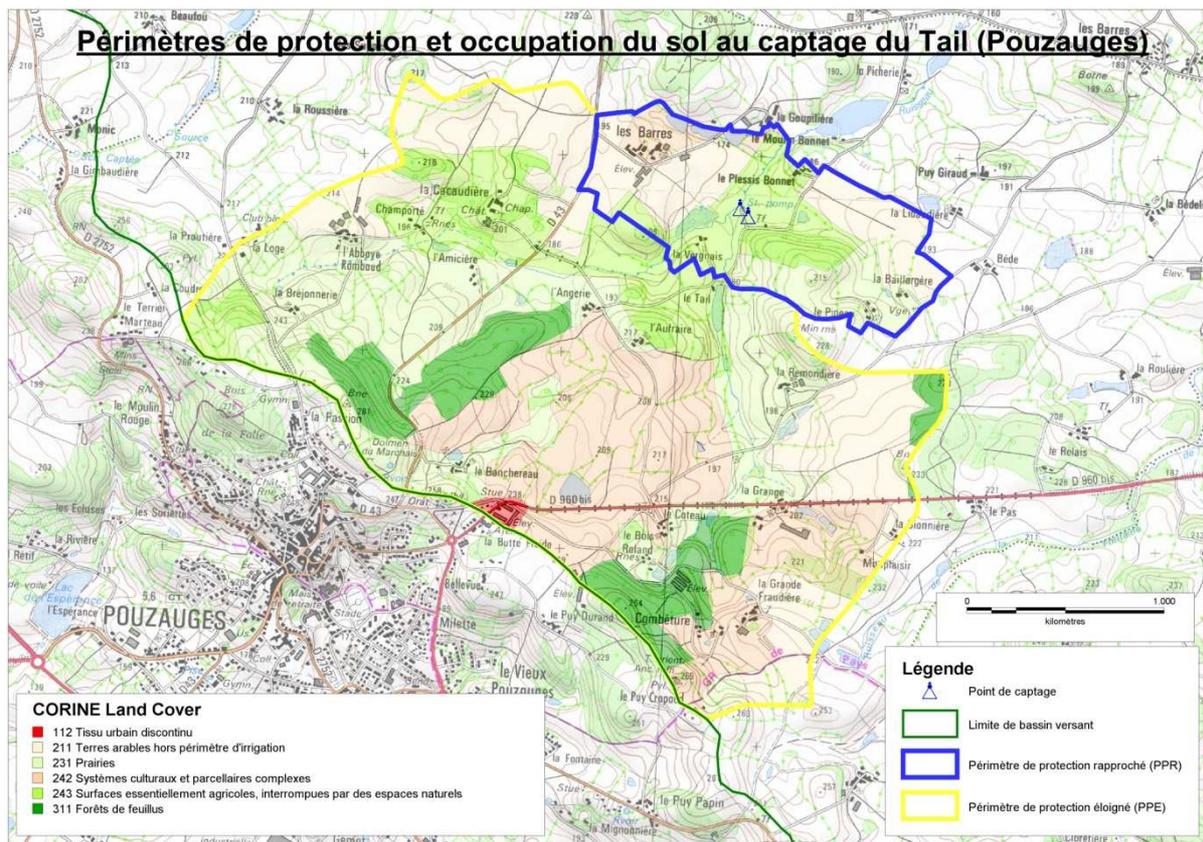


figure 16: Périmètres de protection et occupation du sol au captage du Tail (Pouzauges) (Sources : IGN, Corine Land Cover, Vendée Eau)

Les terres agricoles occupent environ 90% de l'espace sur le périmètre de protection étendu du captage (terres arables, surfaces essentiellement agricoles, systèmes culturaux et prairies réservées au pâturage) (figure 17). Le plan de gestion du captage doit s'articuler en fonction de ces pressions, il comprend des Mesures Agro-Environnementales (MAE).

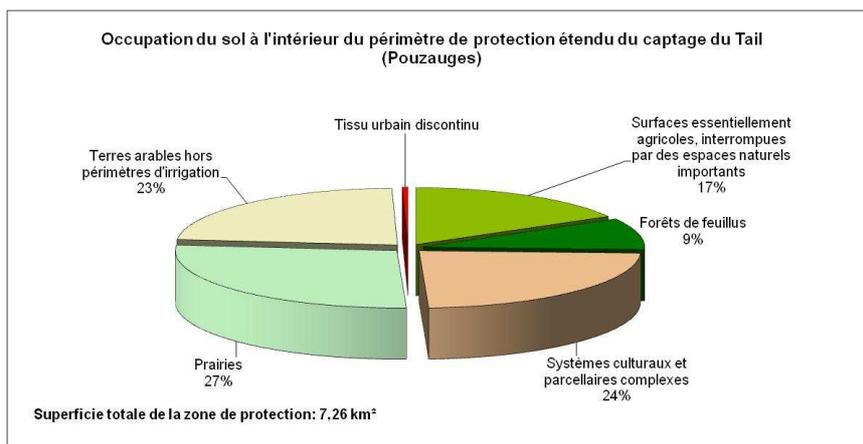
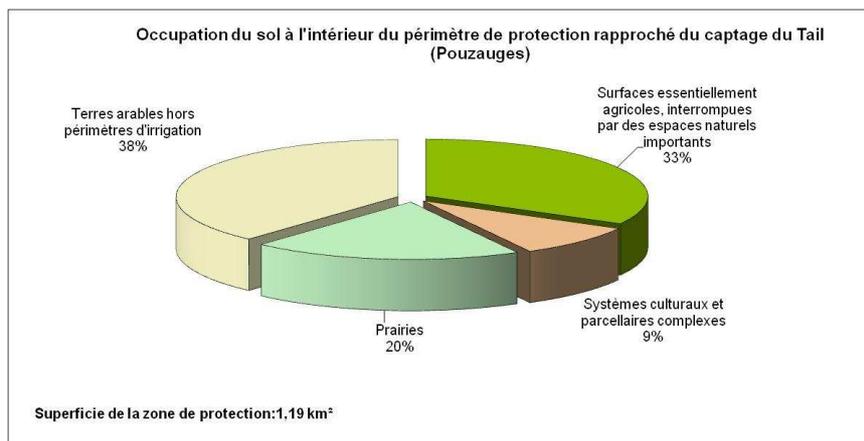


figure 17: Occupation du sol dans le périmètre de protection étendu du captage du Tail (Pouzauges)



**figure 18: Occupation du sol dans le périmètre de protection rapproché du captage du Tail (Pouzauges)**

**L'occupation du sol sur le périmètre de protection rapproché du captage ne comprend que des terres agricoles.** L'enjeu est donc d'autant plus illustré pour ce périmètre rapproché.

Le stockage d'hydrocarbures est assez répandu sur le secteur. 25 cuves ont été dénombrées dans la zone d'étude, aucune ne possède de cuve de rétention étanche. Les volumes stockés ont été évalués à 18 000 litres de fuel, et 2500 litres de gas-oil.

Les risques de pollutions liés à la route départementale 960 bis sont à prendre en considération, une partie de son tracé passe sur le bassin d'alimentation du captage.

### ***Qualité de l'eau***

Les analyses physico-chimiques et microbiologiques présentées sur les eaux brutes du champ captant du *Tail* sont issues des données de l'exploitant (Veolia) sur la période 2007-2009, et des analyses de l'organisme de contrôle (Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales, DDASS), sur la période 2000-2007.

Les eaux captées sur le champ captant du *Tail* sont de type peu minéralisées à faciès chloruré sodique dominant. Elles sont acides et nécessitent un traitement correctif à la chaux pour obtenir un pH proche de la neutralité. Leur turbidité reste en général bien en dessous de la norme fixée à 2 NTU. De même, la norme fixée pour les concentrations de fer et manganèse n'est que très exceptionnellement dépassée.

Les concentrations en nitrates montrent de nettes augmentations à partir de 1990, les teneurs deviennent alors régulièrement supérieures à 30 mg/l. Ces teneurs sont voisines de 35 mg/l jusqu'en 1993 et augmentent ensuite légèrement. L'évolution des pratiques culturales et le développement de l'irrigation peuvent être en partie responsables. Les analyses réalisées par la DDASS (Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales), permettent d'observer les résultats suivants (figure 19) :

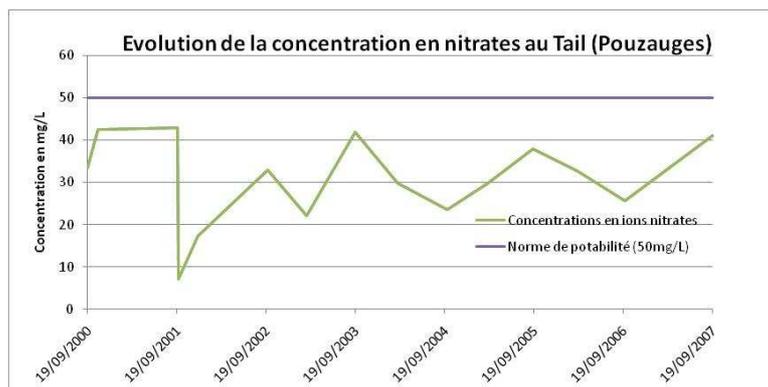


figure 19: Evolution de la concentration en nitrates au Tail (Pouzauges) (Source : ADES)

Les valeurs oscillent entre 7 mg/L, et 42,9 mg/L, soit toujours dans la norme de potabilité. Il est difficile de noter une évolution à court terme sur ces mesures ponctuelles, néanmoins, l'eau souterraine pompée au *Tail* reste vulnérable à ce paramètre nitrates.

### Fer et manganèse

Les concentrations en **éléments ferromagnésiens** sont variables selon les ouvrages et peuvent être problématiques. Ainsi, la concentration en ions manganèse dépasse régulièrement la norme de potabilité (figure 20), notamment sur le puits n°5634X0001/P. Les eaux d'exhaures du forage (n°5634X0012/F2) permettent de réduire les concentrations par dilution.

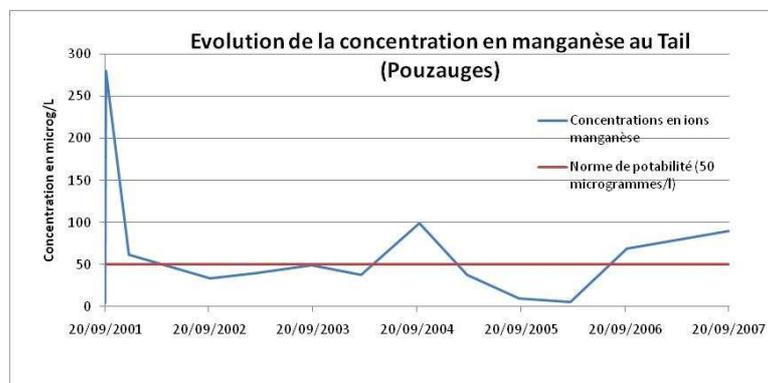


figure 20: Evolution de la concentration en manganèse au Tail (Pouzauges) (Source : ADES)

L'exploitation d'un forage de remplacement (pour cause de travaux sur le puits en activité), supposerait un traitement par filtration, les concentrations en éléments ferromagnésiens étant trop élevées.

### Pesticides

De manière générale, le captage n'est pas soumis aux problèmes de pollutions aux pesticides. Seul l'atrazine déséthyl donne des valeurs supérieures au seuil de détection de l'appareil de mesure, mais celles-ci restent dans la classe d'aptitude « optimale » (concentration inférieure à 0,05 µg/l)

Les analyses physico-chimiques révèlent une absence de métaux lourds. La présence d'hydrocarbures dissous dans les eaux brutes reste exceptionnelle.

## Préconisations

Deux catégories d'altérations sur les eaux brutes peuvent-être distinguées au captage du *Tail* de Pouzauges.

- la première catégorie regroupe les paramètres dépendants des **caractéristiques intrinsèques** du substrat rocheux. Parmi eux, le titre alcalimétrique et le pH très faibles, ou la concentration en manganèse. La prise en compte de ces caractéristiques s'est traduite par la mise en place d'une injection de chaux.
- la seconde catégorie concerne les altérations influencées par les activités anthropiques et qui entraînent des perturbations de la qualité de l'eau.

Le **paramètre nitrates** montre d'après les analyses d'importantes fluctuations, mais toujours comprises dans la norme de potabilité. Ce paramètre doit faire l'objet d'une **surveillance régulière**.

**Les pesticides** ne présentent pas de valeurs discriminantes pour la qualité de l'eau brute du captage. Le seul paramètre présentant des concentrations supérieures au seuil de détection de l'appareil de mesure est un des métabolites de l'atrazine, l'atrazine-déséthyl. Les concentrations de cette substance restent bien en deçà des limites de potabilité, elles ne nécessitent **pas de suivi plus régulier**.

Le périmètre de protection du captage et les mesures mises en place à l'intérieur semblent être efficaces pour délivrer une eau de qualité au consommateur.

Concernant la mise en place des analyses, certaines améliorations pourraient être apportées. Le seuil de détection des appareils de mesure est parfois supérieur au seuil de potabilité. C'est notamment le cas pour l'altération des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP), ainsi que certaines altérations de micropolluants organiques (Hexachlorobenzène et Hydrocarbures dissous). Cette configuration laisse peu de chance à la détection d'une pollution.

### 3.4 Synthèse des éléments « physiques » et de la vulnérabilité des captages existants

#### 3.4.1 **Détermination de contextes favorables à la présence d'eau souterraine en domaine de socle, au vu des captages existants.**

Partant du principe que les captages exploités sur le bassin versant de la Sèvre Nantaise présentent un intérêt local fort pour l'approvisionnement en eau potable, leurs similitudes et disparités seront mises en évidence afin de faire apparaître certains contextes favorisant la présence d'eau souterraine.

Le but poursuivi est d'arriver à la détermination de critères permettant de généraliser la recherche en eau sur un secteur élargi, celui du bassin versant. Les critères ne sont pas nécessairement communs à tous les captages, mais ils permettent de préciser un ou plusieurs modes (ou configurations) d'exploitation en domaine cristallin. L'objectif est basé sur un raisonnement par analogie qui servira dans une autre partie à proposer des secteurs, ou parcelles d'investigation.

Les contextes favorables seront abordés suivant plusieurs critères :

- a. la configuration géologique prend toute son importance dans la définition de zones favorables, elle sera déclinée en plusieurs critères (structural, lithologique, et d'altération supergène),
  - b. le lien avec l'hydrologie de surface,
  - c. situation topographique
- a. configuration géologique

**La géologie structurale** comprend l'étude des contraintes appliquées aux roches et qui ont pour effet leur transformation, leur déformation. Les reliques de déformations des ensembles géologiques du bassin versant résident notamment dans la présence de failles. Les fracturations majeures cartographiées sur l'ensemble de la zone étudiée, ou précisées ultérieurement par des études complémentaires (méthodes géophysiques), sont importantes pour caractériser des circulations préférentielles de fluides.

Le massif armoricain (et par conséquent le bassin versant) est principalement marqué par une direction de déformation hercynienne (également appelée direction armoricaine), d'orientation N120°.

Plusieurs captages AEP sont implantés sur un secteur largement affecté par des failles. Ainsi, le champ captant de la *Rucette* présente une configuration en « diorite fracturée » recouverte par les alluvions de l'Ouin. Le Champ captant du Tail est implanté sur un couloir de fracturation mis en évidence par VLF. Les captages non développés dans le rapport présentent également des accidents tectoniques identifiés lors des études d'implantation.

La fracturation imprime des couloirs de circulation préférentiels des fluides au sein du substrat rocheux. Elle doit être prise en compte pour la recherche en eau souterraine.

**Les encaissants géologiques** des quatre champs captants ne présentent pas une grande variabilité. Les captages des *Martyrs*, la *Rucette*, le *Tail*, et la Pommeraie-sur-Sèvre sont implantés dans un encaissant granitique (respectivement leucogranite, diorite et monzogranite). Il s'agit du monzogranite de Pouzauges pour le *Tail* et la Pommeraie, même si pour ce dernier, deux lithologies sont étroitement mêlées, les cornéennes et le monzogranite. **Les granitoïdes** sont donc particulièrement bien représentés pour les captages du bassin versant.

**L'altération et les formations superficielles** présentent pour chaque captage une disposition et composition bien singulière. Leur caractérisation est essentielle à une bonne compréhension du fonctionnement hydrogéologique.

L'agencement et le développement des formations superficielles altéritique suivent toujours le même schéma d'ensemble. Il est valable pour les captages de la Rucette, Le Tail, et la Pommeraie-sur-Sèvre. Ces captages présentent en outre des profils altéritiques particulièrement bien développés, ce qui en fait une caractéristique commune. Le captage des Martyrs à Saint-Laurent-sur-Sèvre, présente une configuration tout à fait différente, la formation superficielle est sédimentaire, elle est constituée par la nappe alluviale de la Sèvre.

**Les formations superficielles et altéritiques** représentent le principal atout des formations de socle en matière d'hydrogéologie. Leur **développement est prépondérant** pour une exploitation durable.

#### b. Lien avec l'hydrologie de surface

Les captages étudiés présentent des similitudes flagrantes du point de vue de **l'hydrologie surfacique**. Les captages sont tous situés à moins de 100 mètres d'un cours d'eau pérenne. Le champ captant de la Rucette, est implanté sur la rive droite de l'Ouin, celui des Martyrs dans la nappe alluviale de la Sèvre, et les captages du Tail et de la Pommeraie non loin du ruisseau de la Cacaudière.

La présence d'un cours d'eau pérenne dénote d'une circulation d'eau superficielle, toujours en lien étroit avec une circulation d'eau souterraine. Ces zones montrent le plus souvent d'une connectivité hydraulique des sédiments et/ou altérites qui y sont accumulées. La concentration et la circulation d'eau interstitielle dans ces zones forment véritablement l'aspect capacitif du réservoir.

#### c. Situation topographique

**La situation topographique** est le corolaire de l'hydrologie de surface. Les cours d'eau s'inscrivent dans des dépressions qui se comportent comme les réceptacles des matériaux altéritiques et détritiques. Ces dépressions favorisent la conservation des matériaux de démantèlement des zones en érosion et constituent de véritables « réservoirs altéritiques ».

*Remarque : ceci est uniquement valable pour les zones concernées par les captages étudiés, nous verrons que la conservation altéritique obéit à d'autres principes dans le secteur de Clisson.*

Synthèse : Au vu des captages étudiés, un certain nombre de contextes favorables à la présence d'eau souterraine en domaine de socle peuvent être dégagés. Ces contextes peuvent être regroupés en un modèle succinct qu'il conviendra de rechercher pour exploiter de nouvelles ressources.

Le modèle d'aquifère recherché se situe dans un **secteur granitique** au sens large (indépendamment des concentrations relatives en quartz, feldspath alcalin et plagioclase), dans un **contexte fracturé** facilitant les circulations d'eau. Cet aquifère devra présenter obligatoirement un **développement altéritique**, gage d'une **qualité capacitive**, et étroitement dépendant de la **topographie** et de l'**hydrographie**.

### 3.4.2 Synthèse de la vulnérabilité de la ressource en eau, au vu des captages existants

L'étude de la qualité de l'eau des captages AEP révèle deux types de caractéristiques. La première catégorie regroupe les caractéristiques dites intrinsèques. Elles sont liées au contexte hydrogéologique du bassin versant et plus particulièrement aux substrats dits de « socle » ou encore « cristallins ». Des traits globalement identiques sont identifiables sur les captages étudiés. La deuxième catégorie regroupe les altérations de la ressource imprimées par les activités anthropiques. En raison de la disparité de ces activités sur le bassin d'alimentation des captages, les caractéristiques peuvent être fluctuantes mais conservent toutefois une assez bonne concordance.

#### Caractéristiques intrinsèques :

- l'eau contenue dans les aquifères de socle étudiés présente souvent des teneurs élevées en fer et manganèse. Ces valeurs dépassent ponctuellement les normes de potabilité sur les eaux brutes. Ces paramètres sont corrigés par des procédés de dilution, une filtration est parfois envisagée.
- d'autre part, dans l'altération minéralisation et salinité, plusieurs paramètres déclassent régulièrement la qualité de l'eau. L'analyse de la dureté de l'eau (ou titre hydrotimétrique) révèle souvent une eau très douce, puisque la valeur est régulièrement inférieure à 8 °f. Ces valeurs traduisent une faible minéralisation, notamment en calcium ( $\text{CaCO}_3$ ). Les concentrations en ion calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) sont en effet souvent inférieures au seuil fixé pour une qualité d'eau optimale. Le Titre Alcalimétrique Complet (TAC) révèle encore une fois, par les faibles valeurs mesurées lors des analyses, le déficit en carbonates. Dans la même altération, on notera un pH acide, régulièrement compris entre 6,5 et 5,5. Ces caractéristiques sont souvent corrigées à l'aide d'une injection de chaux avant stockage.

Ces résultats observés sur les prélèvements sont typiques d'une eau circulant dans un substrat cristallin, constitué de roches dites « acides », c'est-à-dire essentiellement de silice. L'absence de carbonates dans la roche explique le déficit de ceux-ci dans les analyses de dureté et de TAC, ainsi que l'acidité du milieu quantifiée par le pH.

*Dureté de l'eau ou titre hydrotimétrique : 0°f < eau très douce < 8°f ; 8°f < eau satisfaisante pour l'AEP < 40°f ; eau très dure > 40°f.*

*Concentration en ion calcium : 32 mg/l <  $[\text{Ca}^{2+}]$  < 160 mg/l pour une qualité d'eau optimale*

Concentration en Fer total : 0 mg/l < qualité acceptable < 200 mg/l

Concentration en Manganèse : 0 mg/l < qualité acceptable < 50 mg/l

#### Autres caractéristiques :

Plusieurs facteurs interviennent principalement dans la détection de paramètres discriminants qui ne sont pas propres à la ressource. **L'occupation du sol** est prépondérante, ainsi que la **protection de la nappe** vis-à-vis des activités de surface.

Les **pollutions diffuses** retrouvées fréquemment dans les eaux souterraines sont de deux types : nitrates et pesticides. Les nitrates ne dépassent que très rarement les normes de potabilité. Néanmoins, les concentrations observées sont fréquemment voisines de 30 mg/l, et ne montrent pas d'affaiblissement ces dernières années. Les aquifères de socle bénéficient en outre d'un système d'épuration naturelle, responsable d'un amoindrissement probable de ces valeurs (Annexe 12). Les pesticides sont également présents dans les eaux souterraines, les teneurs sont variables et justifient parfois l'équipement d'une unité de traitement au charbon actif (*La Rucette*). Les pesticides sont présents principalement sous forme d'atrazine et de ses métabolites ou de glyphosate et de ses métabolites.

Le facteur mis en cause dans ces pollutions peut-être relié en partie à l'activité agricole sur les secteurs de pompage. Les Mesures Agro-environnementales (MAE) mises en place pour chaque captage sont destinés à une meilleure gestion de ces pollutions diffuses.

D'autres risques de **pollutions dites accidentelles** sont identifiés sur plusieurs périmètres de protection. Les risques de pollutions liés au stockage de fuel non sécurisés (pas de cuvette de rétention étanche) et au facteur routier sont identifiés sur les captages du *Tail* (Pouzauges), et des *Martyrs* (Saint-Laurent-sur-Sèvre). Les installations de type SPANC (assainissement non-collectif), présentent aussi un facteur de risque.

L'occupation du sol est prépondérante pour déterminer un certain nombre de risques, mais la **vulnérabilité de la ressource** est aussi en partie dépendante de sa **couverture protectrice**. Cette couverture argileuse (allotérites) protège, ou du moins ralentie la percolation d'intrants polluants. Elle est souvent mal définie sur les captages. Au *Tail* (Pouzauges), à la Pommeraie-sur-Sèvre et à la *Rucette* (le Puy-Saint-Bonnet), sa répartition est inégale sur les périmètres de protection et des couloirs d'infiltration privilégiés, sous forme de fractures, ont été mis en évidence. A Saint-Laurent-sur-Sèvre, cette couverture argileuse est peu ou pas développée.

La vulnérabilité de ces nappes superficielles reste importante de manière générale, mais une prise en compte des risques et une gestion adéquate de ceux-ci permet une exploitation sereine de la ressource. Ainsi, les eaux brutes de captages souterrains subissent des traitements **beaucoup plus légers** que les eaux brutes superficielles. Les installations de traitement comprennent la plupart du temps une simple correction de pH et une chloration avant mise sur le réseau, parfois une filtration sur charbon actif comme à *La Rucette*. Le traitement subit par les eaux de surface est autrement plus lourd, et nécessite souvent une décantation suivie d'une double filtration et d'une désinfection.

La compréhension de ces éléments d'implantation et de vulnérabilité doit permettre d'élargir la recherche de zones favorables. Cette recherche s'effectue selon une approche sectorisée.

## 4 Répartition de la ressource et perspectives d'exploitation

### 4.1 Méthode

Les études sectorisées répondent à plusieurs objectifs précis. L'analyse des captages souterrains dans la deuxième partie de l'étude a permis la compréhension d'un certain nombre de contextes favorisant la présence de ressources en eau souterraines. **L'objectif** poursuivi dans cette partie est d'étendre l'étude à des zones d'environ 10 km<sup>2</sup>, et d'y décrypter les relations entre accumulation altéritique, topographie, et hydrographie. Cette étude sur des secteurs différents du bassin versant est indispensable pour affirmer ou infirmer certaines hypothèses relatives aux contextes favorables à la présence d'eau souterraines.

Les secteurs de Pouzauges et de Clisson sont abordés dans cette partie. **Les outils** qui permettent de préciser les relations précédemment évoquées sont de plusieurs ordres. La cartographie géologique du BRGM au 50 000<sup>e</sup>, et topographique au 25 000<sup>e</sup> sert de base à l'étude ; elle est appuyée par une reconnaissance sur le terrain, dont la restitution donnera lieu à quelques illustrations. La base de données du sous-sol (BSS) du BRGM est encore une fois employée pour ses précieuses coupes géologiques.

- 1) pour chaque secteur étudié, la même **méthode** en trois points est employée. Une synthèse de quelques lignes introduit le contexte géologique régional, prépondérant pour identifier le type de formation étudiée.
- 2) ensuite, les secteurs permettent de présenter la répartition et la nature des altérites dans un cadre géographique bien défini. La représentation des données est faite de la manière suivante :
  - définition de tampons autour de chaque rivière et cours d'eau, de façon à bien faire figurer le développement alluvionnaire associé au réseau hydrographique. Celui-ci présente une continuité hydraulique qu'il est important de signifier. Les cours d'eau sont assertis d'une zone tampon de 50 mètres et la Sèvre Nantaise d'une zone tampon deux fois plus grande. Ces paramètres sont fixés d'après la cartographie géologique.
  - à chaque sondage est associé deux étiquettes de données. La première (X en noir) indique l'épaisseur totale de la couverture (alluvions et altérites) sur la roche mère. La seconde (Y en rouge) représente l'épaisseur de couverture potentiellement drainable, c'est-à-dire constituée de matériaux grossiers, sableux. Les allotérites argileuses ne sont pas comptabilisées dans cette mesure.

Le document de secteur donne lieu à plusieurs observations sur la répartition des altérites, et conduit à la définition de zones potentiellement aquifères. Afin d'avoir un certain recul par rapport aux affirmations et propositions d'investigation, les secteurs n'ont pas été définis au hasard. Ces secteurs comprennent un ou plusieurs captages en activité ou ayant fonctionné pendant une certaine période. Leur présence permet de contrôler le bien fondé de la méthode.

- 3) Les observations font l'objet d'une note de synthèse sur la répartition de la ressource sur le secteur étudié, qui donne lieu à un modèle illustré de cette répartition. Le

modèle est toujours accompagné d'une notice descriptive, et parfois complété par des observations complémentaires.

**Les résultats** attendus par ces travaux permettent de préciser la répartition des ressources en eau sur les zones étudiées, et servent de base à un élargissement de l'étude à l'échelle du bassin versant.

## 4.2 Secteur de Pouzauges

### 4.2.1 Contexte géologique régional

Le massif granitique de Pouzauges affleure en bordure méridionale de la carte des Herbiers (n°537), et s'étend largement sur les cartes voisines de Bressuire, Moncoutant et Chantonay. Le toit du massif est irrégulier et imprime la topographie. Les nombreuses enclaves de cornéennes sont interprétées comme des « roofs pendants » ou « panneaux effondrés ». Elles proviennent du métamorphisme des grés de Saint-Mars-Ardelay, lors de la mise en place du granite dans un contexte distensif Cambro-Ordovicien. Ce sont de grandes enclaves d'engraissant effondrées dans le sommet de l'intrusion granitique encore non-consolidée.

*Remarque : Dans les cartes et illustrations qui suivent, le monzogranite de Pouzauges est représenté en orange, et ses cornéennes en vert.*

### 4.2.2 Répartition des altérites

La carte ci-dessous a pour objectif d'établir un lien direct entre l'épaisseur altéritique développée sur le socle granitique pouzaugeais et la ressource en eau. Le cadre d'étude couvre une superficie de 10 km<sup>2</sup>. Il a volontairement été défini sur le monzogranite de Pouzauges, à l'intérieur des limites du bassin versant, et sur la carte géologique des herbiers qui fournit un niveau de détail satisfaisant.

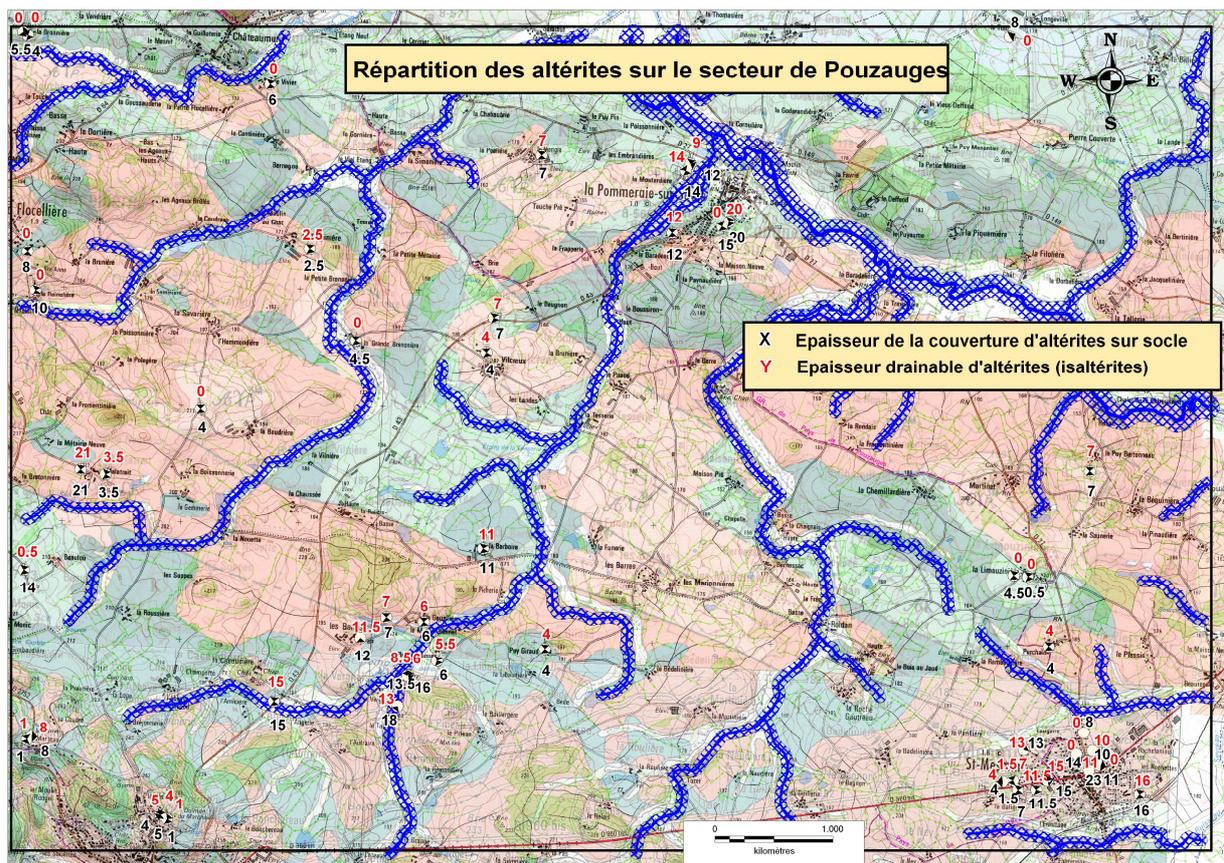


figure 21: Répartition des altérites sur le secteur de Pouzauges (Sources : géologie BRGM, données BRGM infoterre)

Les épaisseurs d'altérites sableuses (de type isaltérites) varient de manière importante sur le secteur de Pouzauges. Sur les sondages disponibles, elles prennent des valeurs comprises entre 0 et 21 mètres (développement exclusif d'allotérites argileuses ou roche affleurante). Les épaisseurs varient de manière importante sur des surfaces restreintes, comme à Saint-Mesmin (en bas à droite) et à la Pommeraiie-sur-Sèvre, en bord de Sèvre.

En fonction des données disponibles, trois secteurs retiennent l'attention :

- la première zone est située au NW de la commune de Pouzauges ( en bas à droite). Les épaisseurs d'isaltérites y sont conséquentes (15, 13, 8,5 mètres), relativement homogènes, et en lien avec le réseau hydrographique ;
- la deuxième zone, qui ressort moins clairement est celle de la Pommeraiie-sur-Sèvre. Un sondage évalue l'épaisseur d'isaltérites à 12 mètres à l'immédiate proximité du ruisseau de la Cacaudière dont le lit est bien développé à cet endroit. Néanmoins, la rareté des sondages autour de La Pommeraiie ne permet pas de se prononcer sur l'extension d'une zone potentiellement intéressante ;
- la zone localisée au Sud-est à Saint-Mesmin indique des valeurs conséquentes d'isaltérites. Des sondages supplémentaires près du ruisseau du *Sevreau* pourraient fournir des résultats prometteurs ;

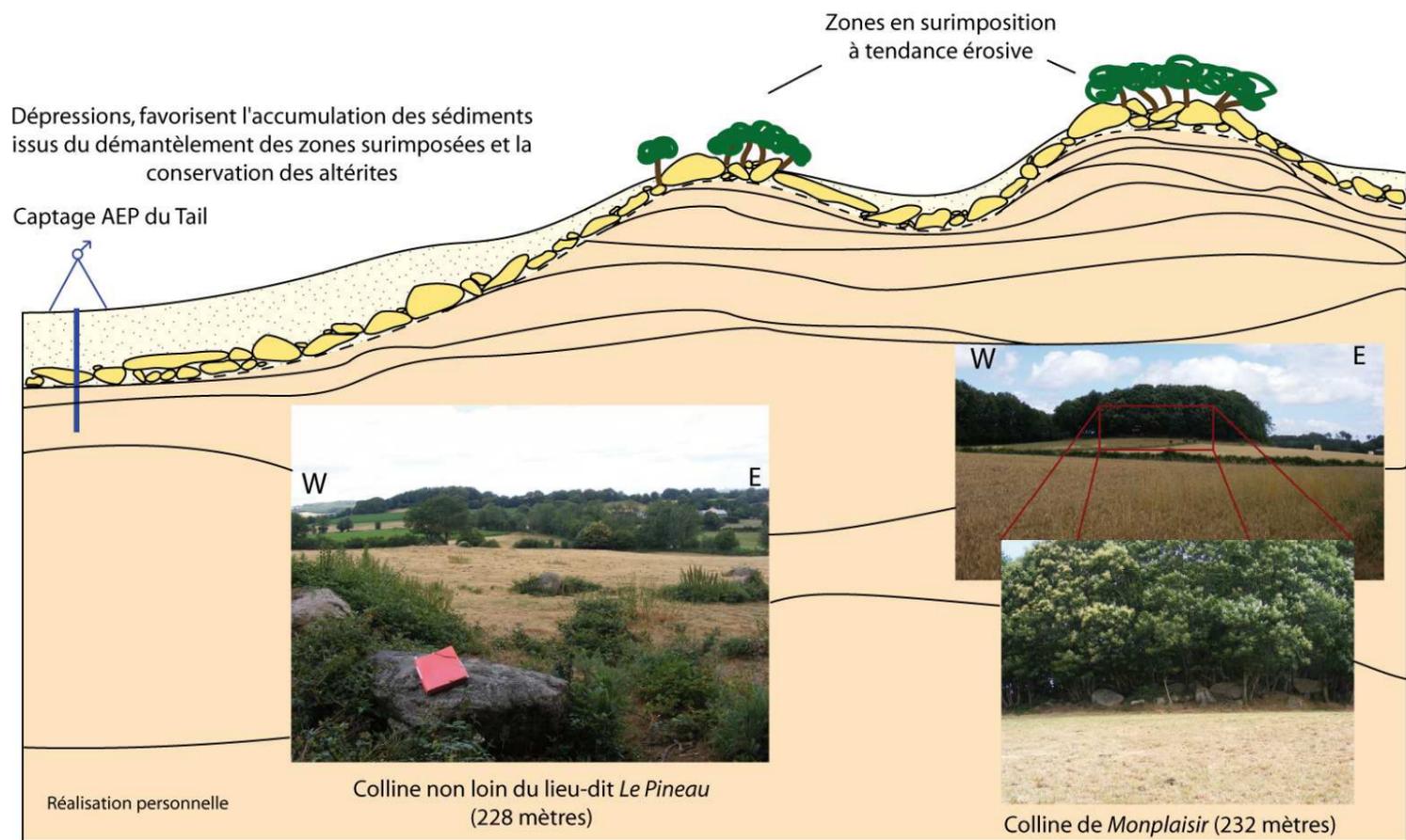
### 4.2.3 Répartition de la ressource

Parmi les trois secteurs retenus, deux d'entre eux correspondent aux captages souterrains du Tail (Pouzauges) et de la Pommeraie-sur-Sèvre. Ces observations viennent confirmer deux paramètres :

- le potentiel hydrogéologique sur le monzogranite de Pouzauges est contrôlé par l'épaisseur des altérites et plus particulièrement des isaltérites ;
- au vu des différents sondages du secteur, l'accumulation et la conservation d'altérites se fait bien dans les dépressions topographiques (figure 22) ou aux abords d'accidents tectoniques majeurs (figure 23)

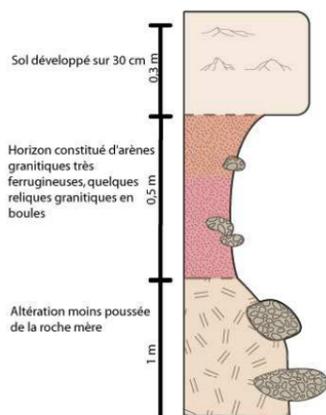
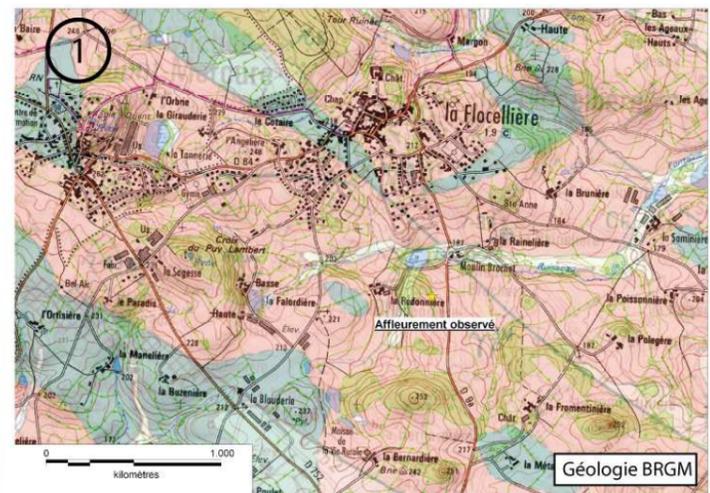
Les études cartographiques, consultation de base de données et observations de terrains permettent de présenter un modèle d'altération géologique sur le monzogranite de Pouzauges (figure 22).

# Géomorphologie des collines Pouzaugaises et lien avec l'hydrogéologie



1

Développement d'altérites sur substrat granitique



Développement d'altérites sur cornéennes

2

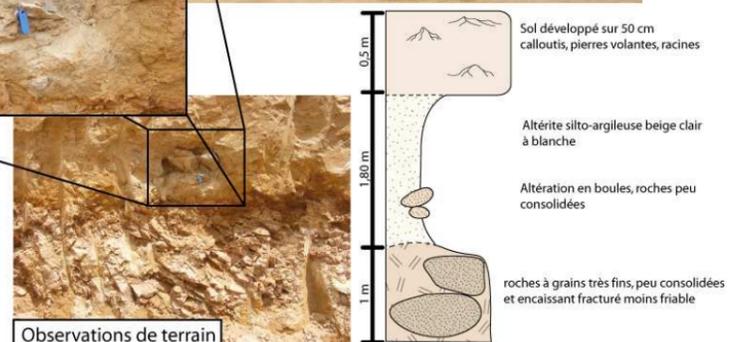
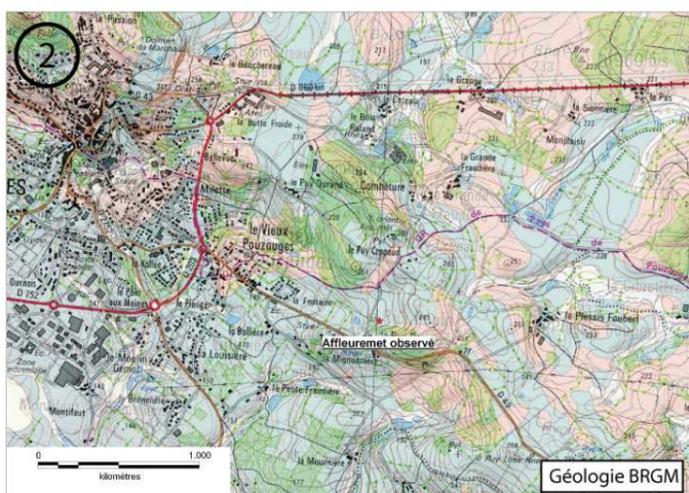


figure 22: Géomorphologie des collines pouzaugaises et lien avec l'hydrogéologie (Sources diverses)

Notice de l'illustration (figure 22):

- le monzogranite de Pouzauges a une couleur généralement rosâtre parfois grise et de teinte souvent sombre. Son grain est moyen (3 à 4mm) et homogène. La roche forme de fréquentes boules dans les champs, visibles notamment sur les reliefs (colline de Monplaisir, Le Pineau). Les points hauts ne pouvant pas être cultivés, ils présentent généralement une végétation très boisée (figure 34 carte 1).

Les altérites recouvrent une grande partie du monzogranite de Pouzauges, la roche nue affleure rarement. Les épaisseurs d'altérites sont très hétérogènes, et sont largement dépendantes de la géomorphologie. L'affleurement présenté (figure 22) est situé en pente, l'accumulation altéritique y est par conséquent limitée, mais elle permet l'observation d'une coupe fraîche. Ces altérites granitiques se présentent sous la forme de boules résiduelles, dans une matrice sablo-argileuse. Sous un premier horizon fortement arénisé, l'altération supergène est moins marquée et laisse apparaître des vestiges moins démantelés du granite originel, il s'agit de la base des isaltérites.

- Les cornéennes associées au monzogranite présentent une structure grenue. Elles sont composées d'une matrice fine essentiellement quartzeuse à grains de 0,1 millimètre. Leur répartition sur la carte géologique montre une présence accrue vers l'ouest de l'intrusion, l'érosion ayant facilité leur absence vers l'est.

Leur observation à l'affleurement (figure 22) révèle deux horizons bien distinctifs. Le premier se compose d'une matrice silto-argileuse de couleur beige à blanche qui laisse apparaître quelques boules résiduelles non-consolidées constituant l'altération ultime de la roche. Ce sont les allotérites. Les isaltérites conservent l'aspect de la roche mère tout en étant faiblement consolidées (de couleur ocre sur la figure 22, illustration 2).

Les deux affleurements décrits (1 et 2 sur l'illustration) présentent un développement faible d'altérites. Ceci peut s'expliquer par la géomorphologie locale alternativement haute (altérites décapées comme pour les collines de Monplaisir et du Pineau), et basses (altérites préservées). La notice de la carte géologique des Herbiers (n°537) propose trois domaines de répartition :

- des plateaux altéritiques sub-horizontaux à 175-200 mètres (portion nord-est de la carte au 50 000°),
- des dépressions piégeant les altérites à 100-140 mètres d'altitude (dépressions du Petit-Lay au sud-ouest, de la Sèvre au centre et de l'Ouin au nord-est),
- des zones en liaison structurale entre les régions précédentes à 100-290 mètres d'altitude.

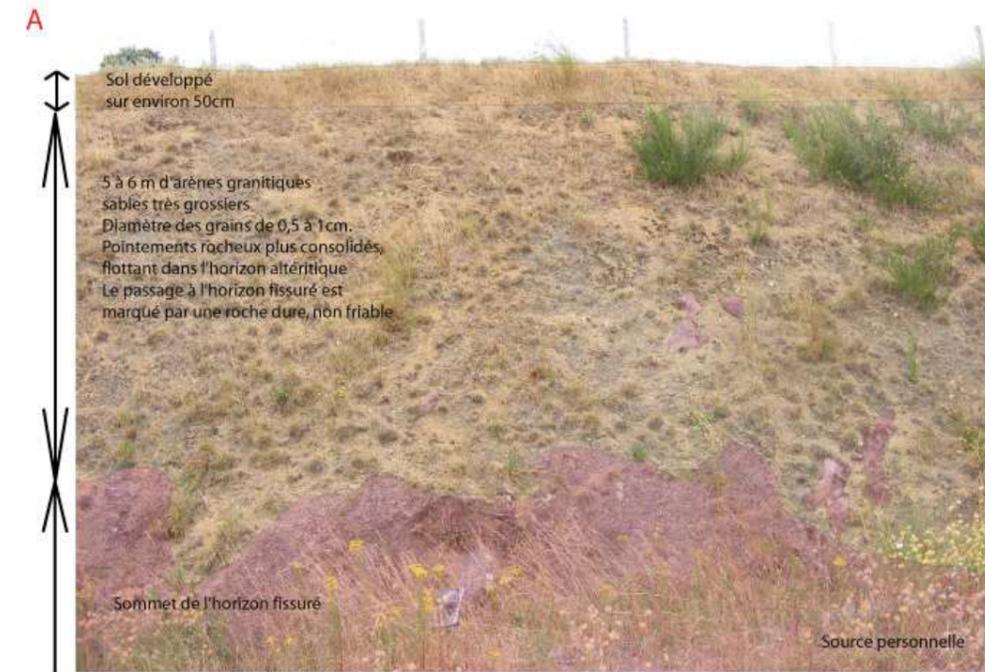
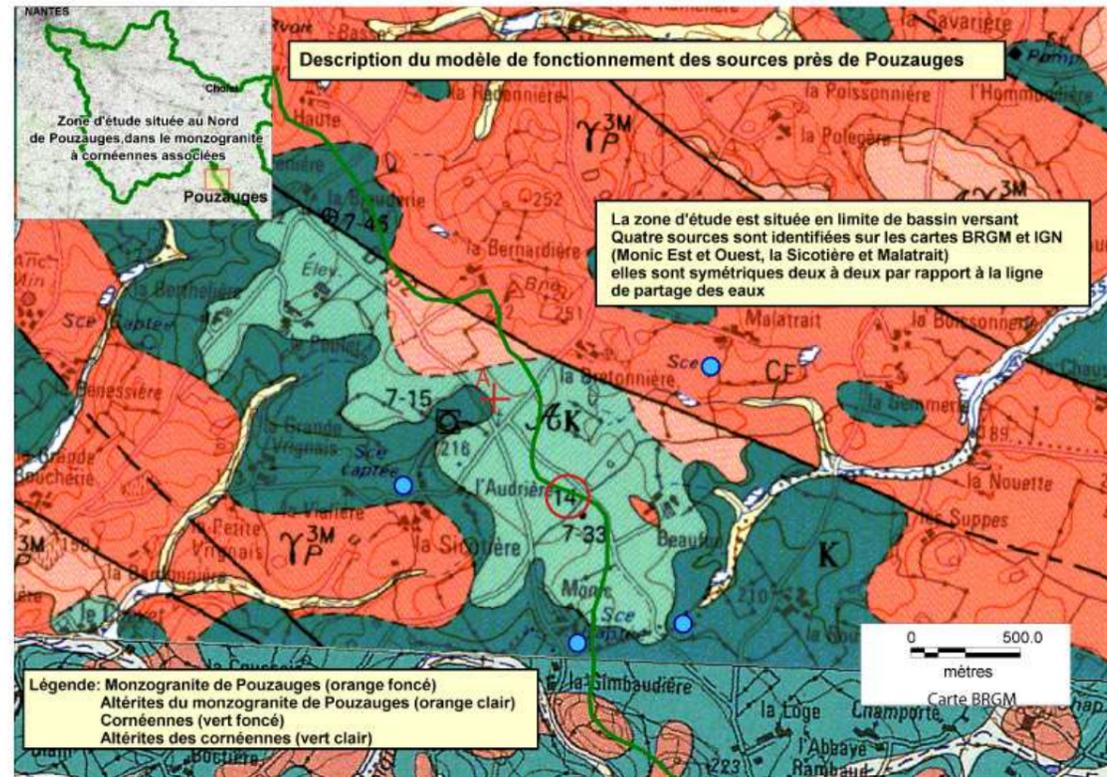
Cette configuration géologique détermine la répartition des ressources en eau souterraine. Les zones qui présentent des accumulations préférentielles d'altérites sont celles au potentiel hydrogéologique le plus important. Il convient donc, pour découvrir de nouvelles ressources, de repérer les zones où la conservation des altérites se fait préférentiellement.

*Remarque : le captage du Tail est situé à une altitude d'environ 170 mètres, mais présente la particularité de se situer dans une forte dépression, entre les collines du Pineau et de l'Aufraire.*

### Notice de l'illustration (figure 23)

Le monzogranite de Pouzauges est caractérisé par un grand nombre de sources. Les observations de terrain fournissent une explication à l'existence de ces sources. Pour cet exemple, la conservation des altérites est effective en raison de la topographie peu accentuée, mais aussi en raison du facteur structural qui joue un rôle important. La structure du granite de Pouzauges est profondément affectée par de grandes failles de direction armoricaines (N120°), induites par la déformation hercynienne. La faille de Secondigny, d'importance majeure borde au Sud-ouest le massif. D'autres failles, d'importance moindre, décalent des « lanières » les unes par rapport aux autres, donnant ainsi une morphologie en gradins. Cette morphologie particulière donne lieu à une interruption brutale des altérites sur les blocs en surimposition. L'accumulation altéritique étudiée au nord de Pouzauges présente ce type de configuration, les altérites sont décapées au nord-est, et préservées le long de la faille, sur le toit du bloc affaissé.

## Observations hydrogéologiques au Nord de Pouzauges



Affleurement dégagé par les travaux de la route départementale D2752

L'épaisseur d'altérites à fait l'objet d'une mesure près de Beaufou (indice BSS 5377X0033), elle à été évaluée à 14 mètres proche de la ligne de crête. L'affleurement décrit présente une épaisseur altéritique de 5 à 6 mètres.

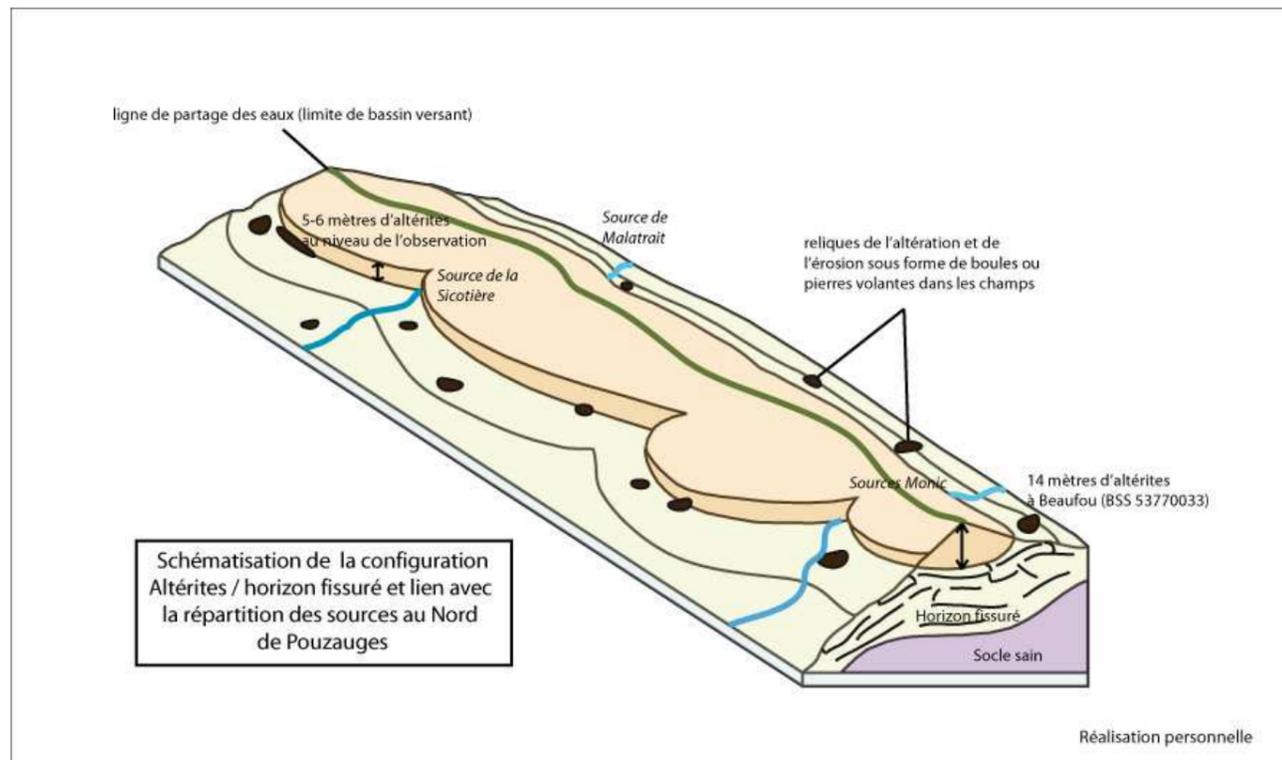


figure 23: Observations hydrogéologiques au Nord de Pouzauges (Sources diverses)

La zone représentée est associée à une topographie peu accentuée (point culminant près du lieu-dit Monic, à 221 mètres). Elle se situe à proximité de reliefs plus marqués, autour de 260-270 mètres immédiatement au sud de la zone (commune de Pouzauges). L'altération du Monzogranite de Pouzauges explique la formation du "chapeau altéritique" représenté sur le schéma, et la topographie explique sa conservation. Les sources sont situées à l'interface entre les altérites capacitives et l'horizon fissuré qui fait office de barrière étanche.

Deux aspects sont à distinguer devant ces observations:

- D'une part l'intérêt capacitatif des altérites, ici démontré par l'alimentation de quatre sources pérennes, l'une fournissant jusqu'à 4m<sup>3</sup>/j (source de Monic Ouest) et la source de la Sicotière ayant fait l'objet d'une exploitation pendant de nombreuses années (alimentation du hameau en eau potable).
- D'autre part, la dépendance de la conservation des altérites vis-à-vis de la géomorphologie. Les zones présentant un relief peu accentué ou en dépression sont propice à leur conservation. ces zones doivent être recherchées et cartographiées dans le cadre de la recherche en eau

## 4.3 Secteur Clisson

Afin de ne pas limiter l'étude à une formation géologique unique, un autre secteur a été défini, il est situé dans la partie aval du bassin versant, à proximité de Clisson.

### 4.3.1 Contexte géologique régional

Le secteur d'étude délimité dans la région de Clisson présente une topographie très molle de plateau façonné dans un socle cristallin largement couvert de dépôts d'altération du substratum et de formations superficielles remaniées. La topographie est peu marquée, les points les plus hauts se situant à une altitude d'environ 100 mètres près de Montigné-sur-Moine et s'abaissent à 40 mètres à l'Ouest, vers Clisson.

L'hydrographie est marquée par le cours de la Sèvre, qui coupe l'extrême sud-ouest du cadre (figure 24), ainsi que deux de ses affluents principaux, les rivières de la Moine (au sud) et de la Sanguèze (au Nord), qui suivent une direction Est-Ouest.

Le contexte géologique régional est marqué par la présence de terrains métamorphiques plissés précambriens d'origine sédimentaire et éruptive appartenant à plusieurs unités d'extension régionale. Ces unités sont recoupées par des granites hercyniens. L'histoire post-stéphanienne (carbonifère supérieur) n'est marquée que par l'érosion et la formation des dépôts sédimentaires récents.

Trois unités géologiques peuvent être individualisées sur le cadre d'étude (figure 24):

- les micaschistes des mauges occupent un large quart Nord-Est de la carte (en vert clair). Il s'agit d'un ensemble grésopélitique fin, avec quelques niveaux gréseux plus grossiers ayant subi un métamorphisme intense décroissant vers le Nord-Est. Son plissement intense est vraisemblablement contemporain de l'orogénèse cadomienne ;
- le gabbro coronitique à olivine du Pallet est l'une des unités principales du cadre d'étude. Il s'étend sur un large quart Nord-Ouest de la feuille (en vert foncé) et est interrompu par l'intrusion du granite de Clisson Mortagne au Sud (en mauve). A l'est et au nord, il est en contact avec la série des Mauges. Il est largement masqué par des formations superficielles ;
- le batholite complexe de Clisson-Mortagne (en mauve) s'étend sur une très large partie du bassin versant de la Sèvre Nantaise. Sa mise en place pendant la période hercynienne a bouleversé l'ensemble des formations gneissiques dont il a pris la place. Il recoupe en outre les nombreuses intrusions sporadiques le long de l'accident bordier de direction Est-Ouest. Sur le cadre d'étude, le granite de Clisson-Mortagne occupe la partie sud.

Les formations quaternaires superficielles récentes sur le cadre d'étude (figure 24) se limitent à deux unités :

- Les limons éoliens : ceux-ci occupent de vastes zones, notamment à Mouzillon, *La Brebionnière*, *la Turlière* ou *le Bordage*, plus à l'ouest. La conservation de ces limons

est conditionnée par la disposition géomorphologique, ils sont localisés aux interfluves, sur des terrains assez aplanis. Ces limons peuvent se présenter sous forme de couverture continue, l'épaisseur du manteau limoneux variant de la dizaine de centimètres à deux mètres, ou en couverture mince et discontinue, les limons étant mêlés aux formations sous-jacentes. Cette dernière configuration est caractéristique d'un mélange limons/altérites souvent due au labourage, responsable d'une remontée du matériel de socle (sables, graviers).

- Les alluvions récentes constituent le remblaiement des fonds de vallées, épais de un à quelques mètres. Elles sont constituées par des limons argileux, des limons sableux à lits de graviers intercalés plus ou moins abondants.

#### 4.3.2 Répartition des altérites

La carte (figure 24) couvre une superficie légèrement supérieure à 10 km<sup>2</sup>, elle représente la répartition des altérites dans un secteur au Nord du bassin versant.

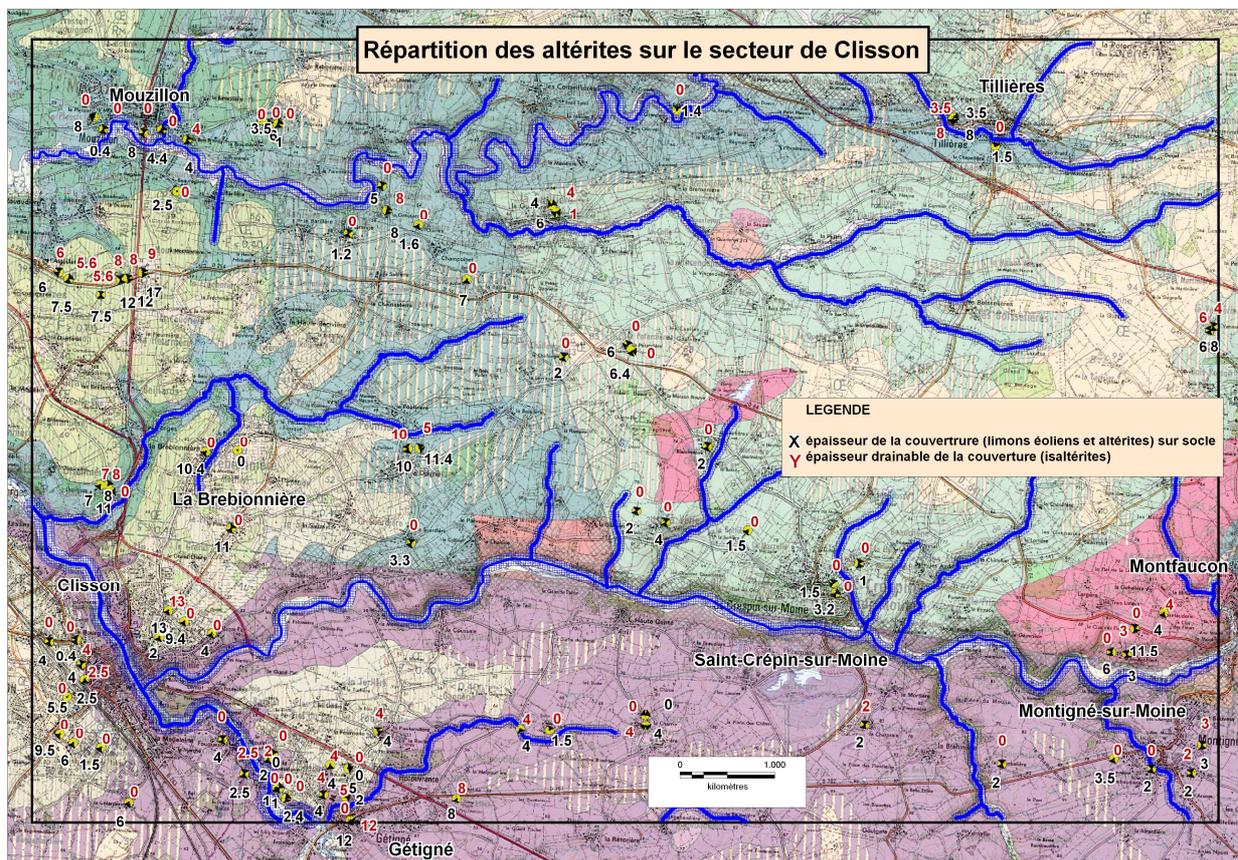


figure 24: Répartition des altérites sur le secteur de Clisson (Sources : géologie BRGM, données BRGM infoterre)

La répartition des points de sondage, situés majoritairement en bordure de cours d'eau, rend assez difficile l'analyse de la répartition des altérites sur le secteur. Néanmoins, plusieurs observations peuvent être faites. D'une part, l'épaisseur de la couverture meuble sur le socle est limitée, elle est (d'après les données exploitées) au maximum de 17 mètres au sud de

Mouzillon. Une reconnaissance de terrain a permis l'observation de roche affleurante, notamment en bord de Sèvre.

Malgré des valeurs d'épaisseur de couverture assez disparates, plusieurs tendances peuvent être dégagées. Les sondages en bordure de cours d'eau font état d'une épaisseur de couverture moins développée que sur les reliefs. L'épaisseur de couverture s'épaissit notamment de part et d'autre de la Sèvre à Clisson. En outre, la lecture des données X et Y fait état d'une épaisseur drainable (matériaux grossiers) très faible sur l'ensemble de la carte, révélant une composition argileuse dominante.

Quelques zones échappent néanmoins à cette constante parmi lesquelles :

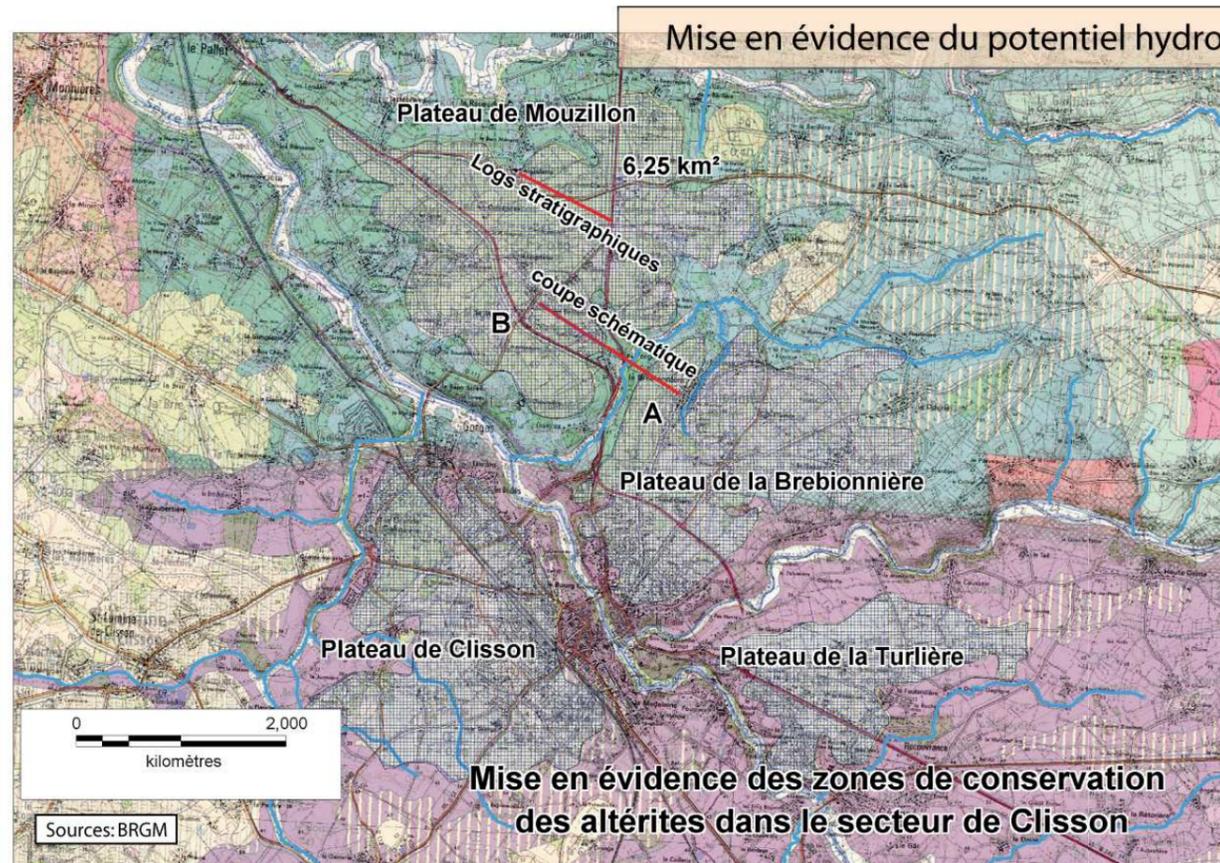
- une zone localisée à Tillières (Nord-Est de la carte), qui révèle une couverture exclusivement constituée de matériaux drainable. Une vérification sur le terrain montrera des terrasses alluviales d'extension limitée dans la vallée très encaissée du ruisseau de *la Braudière*.
- une zone au Nord-Est de *la Brebionnière* permet l'observation de deux sondages disposant une épaisseur d'altérites drainable assez conséquente pour le secteur (entre 10 et 5 mètres). Cette zone pourrait faire l'objet d'une investigation plus approfondie pour évaluer l'extension de la zone intéressante.
- une zone se dégage très clairement sur l'ensemble du secteur, située au sud de Mouzillon, elle dispose d'une épaisseur de couverture conséquente (entre 6 et 17 mètres d'après les sondages), et d'une épaisseur drainable tout à fait satisfaisante (entre 6 et 9 mètres). Cette zone, dont on peut deviner l'extension sur la carte, correspond à l'aquifère autrefois exploité de Mouzillon.

### 4.3.3 Répartition de la ressource

La géomorphologie du secteur influence largement la répartition des formations potentiellement aquifères (formations superficielles et altérites). A l'inverse du secteur de Pouzauges, les points hauts du relief sont ici constitués par des reliques de formations éoliennes qui chapeautent une épaisseur variable d'altérites de socle, et non par des pointements de socle peu altérés.

Le modèle proposé par R.Wyns (figure 3) s'applique parfaitement à cette configuration géomorphologique. L'altération soustractive (zones en érosion) s'exerce ici sur les zones meubles, situées aux interfluves. La zone de *la Turlière* est bien circonscrite entre la Sèvre Nantaise, la Moine et un autre petit affluent de la Sèvre. La zone de *la Brebionnière* est circonscrite de la même façon entre la Moine au Sud, la Sèvre à l'ouest et un petit affluent de la Sèvre au nord (*le Chaintreau*). Une zone de plus grande extension est située entre la Sèvre à l'est, la Sanguèze au nord et *le Chaintreau* au sud. Du sud au nord, trois zones relativement aplanies illustrent la conservation sédimentaire et altéritique entre les vallées incisées de la Sèvre Nantaise et de ses affluents.

Les observations de terrain, la notice géologique ainsi que l'étude de la répartition altéritique sur le secteur de Clisson, permettent de proposer un modèle de répartition de la ressource.

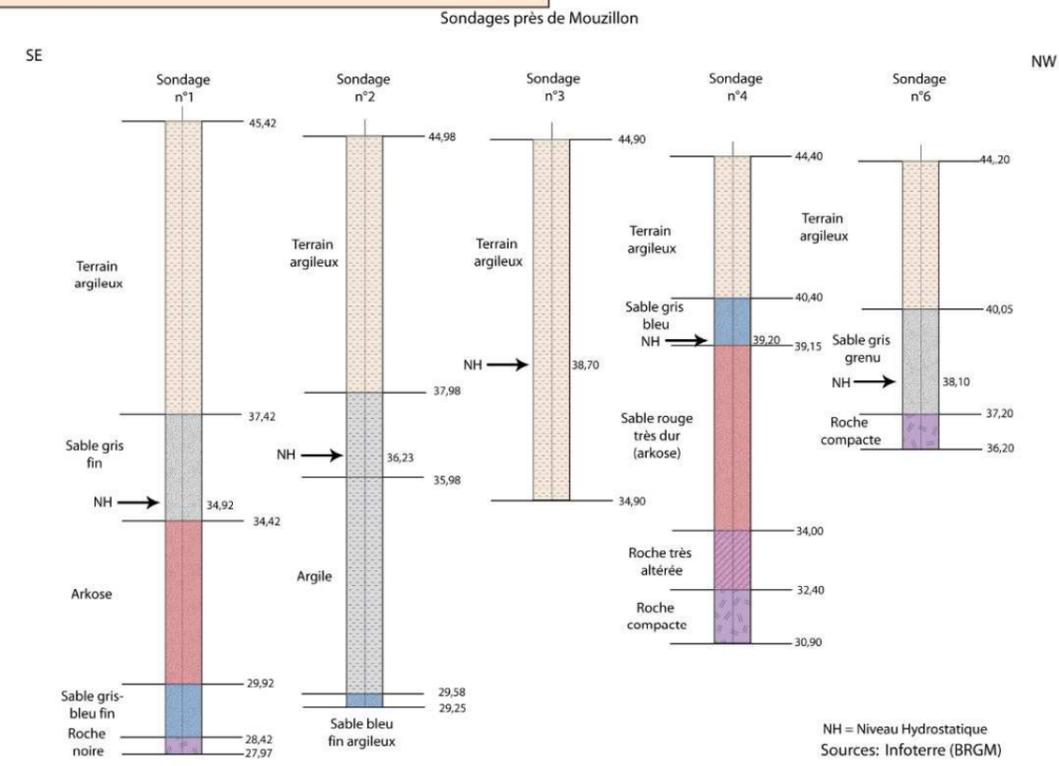


Mise en évidence du potentiel hydrogéologique dans le secteur de Clisson

Mise en évidence des zones de conservation des altérites dans le secteur de Clisson

La zone ci-dessus présente un substratum granitique, le gabbro du Pallet est figuré en vert dans la partie nord et le leucogranite de Clisson-Mortagne en violet dans la partie sud. Ces intrusions sont incisées par des rivières et cours d'eau: la Sèvre Nantaise coule suivant une direction SE-NW et ses affluents sont globalement NE-SW.

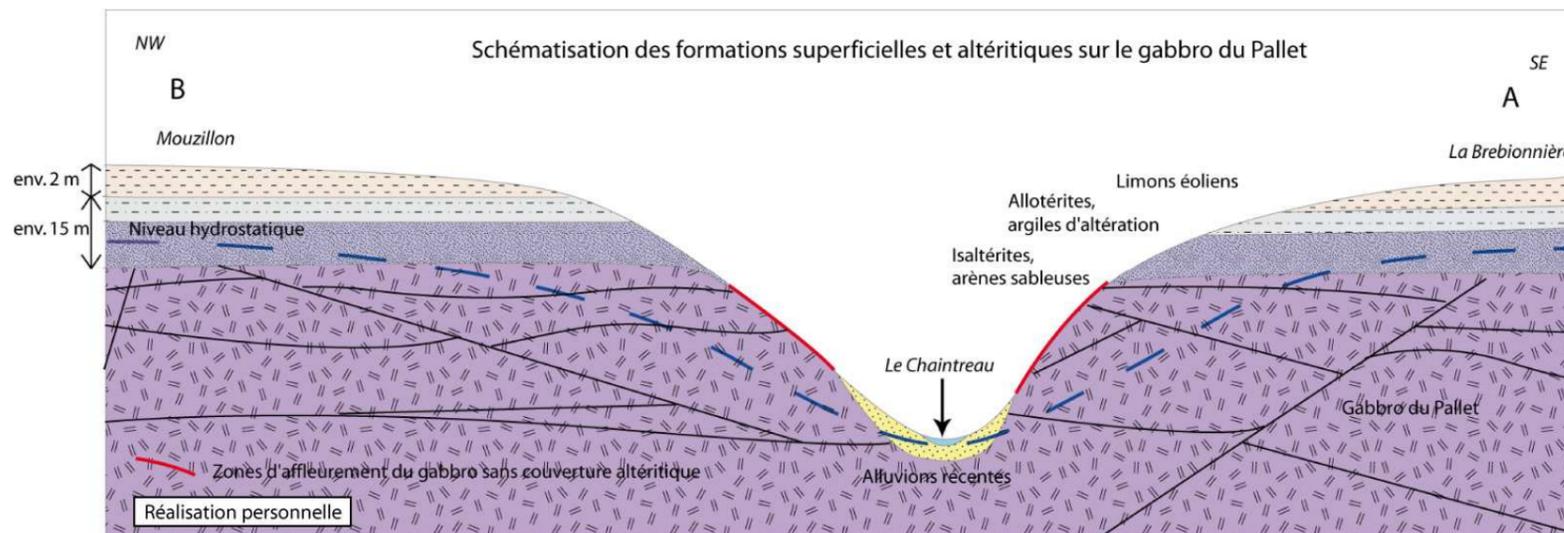
- Quatre plateaux sont mis en valeur sur la carte, ils présentent au moins deux similitudes :
- la présence d'un dépôt éolien et d'altérites sur le socle, qui peut atteindre deux mètres,
  - la conservation de ces dépôts altéritiques et superficiels à des zones particulières, les interfluves.



Les sondages

Les sondages réalisés à Mouzillon illustrent la succession verticale des faciès. Les limons éoliens et les termes les plus poussés de l'altération (allotérites) ne sont pas différenciés, ils sont regroupés sous l'appellation de "terrains argileux".

Le développement d'arènes granitiques (isaltérites) de granulométrie plus importante est située à l'interface entre la couverture argileuse et la roche de socle moins altérée. Cet intervalle sablonneux constitue l'aquifère de Mouzillon, il a été exploité à des fins d'alimentation en eau potable, aujourd'hui, il fait simplement l'objet d'un contrôle piézométrique.



La coupe Schématique

La configuration géologique du secteur peut-être schématisée sous forme de coupe. Elle reprend des éléments d'observation et de cartographie :

- les limons éoliens imperméables coiffent les dépôts altéritiques. Ces derniers peuvent-être individualisés en deux horizons distincts en fonction du degré de l'altération subie;
- les isaltérites sont souvent mêlés aux dépôts éoliens et forme un écran protecteur de l'horizon d'arènes sableuses sous-jacent;
- enfin, sur les coteaux trop abrupts pour permettre un dépôt ou la conservation des altérites, la roche mère gabbroïque ou leucogranitique affleure sous une forme moins altérée.

Dans ce secteur, les rivières présentent la particularité d'évoluer dans des lits très encaissés, cette configuration n'est pas propice à l'accumulation sédimentaire.

Les réserves hydrogéologiques du secteur de Clisson sont circonscrites à l'horizon d'isaltérites développé sur le socle. Elles sont localisées dans les zones hautes et planes, situées aux interfluves.

figure 25: Mise en évidence du potentiel hydrogéologique dans le secteur de Clisson (Sources diverses)

Les différents logs stratigraphiques réalisés sur le secteur de Mouzillon illustrent la succession verticale des faciès, qui peut être généralisée à l'ensemble du gabbro du Pallet :

- l'horizon supérieur est composé de formations éoliennes, retranscrites sur les logs en « terrains argileux ». Ces terrains ont un faciès proche de celui des allotérites (argiles issues de l'altération très poussée de la roche mère). Ceci explique la non-différenciation entre ces deux horizons dont la genèse est pourtant bien différenciée (dépôts sédimentaires glaciaires pour les dépôts éoliens et altération d'une roche granitique pour les allotérites), cette dernière est confirmée par la notice géologique qui estime une épaisseur maximale de deux mètres pour les dépôts éoliens. Or les argiles décrites sur les dépôts éoliens sont développées sur une épaisseur parfois égale à dix mètres (sondage n°3). D'après ces informations, si on considère une épaisseur homogène de deux mètres de dépôts éoliens au sommet de l'altération, les isaltérites présentent une épaisseur d'environ cinq mètres sur le plateau de Mouzillon.
- une épaisseur de sables sous-jacents est souvent mise en évidence (sondages n°1, 2, 4, 6), elle représente le développement d'arènes granitiques (isaltérites). Son épaisseur est hétérogène, sa présence n'est pas mentionnée sur le sondage n°3, elle peut-être considérée égale à un peu moins de dix mètres au centre du plateau. Cet horizon constitue l'aspect capacitif du réservoir.
- cette épaisseur altéritique d'environ quinze mètres (allotérites et isaltérites) est donc surmontée de dépôts éoliens dont l'épaisseur n'excède pas deux mètres. Cette couverture s'amincit à proximité des rivières, jusqu'à disparaître totalement et laisser apparaître la roche affleurante comme dans la vallée de Clisson.
- les dépôts fins qui surmontent les sables altéritiques font office d'écran protecteur contre les pollutions. Néanmoins, la nappe reste vulnérable aux intrants, le temps de transfert de la surface vers la nappe est estimé de deux à trois mois (Annexe 13).

De manière générale, le secteur de Clisson présente bien un potentiel de ressource en eau au sud de Mouzillon. Au vu des sondages sur les autres plateaux, la constitution des terrains paraît en grande partie argileuse et donc peu propice à une exploitation en eau durable. L'exploitation de la nappe de Mouzillon a été abandonnée dans les années 80, la nappe alluviale de la Loire (basse-goulaine) ayant été jugée plus productive. Elle fait actuellement l'objet d'un contrôle piézométrique.

## CONCLUSION PARTIELLE

Les observations de terrain, les données cartographiques et de forages permettent de proposer des précisions sur la répartition des altérites et de la ressource en eau qui en est dépendante. Ces travaux aboutissent sur la description de deux modèles de répartition, à Pouzauges et Clisson. Ces modèles n'ont pas la prétention d'être représentatifs de la répartition de la ressource sur l'ensemble du bassin versant, et d'autres zones mériteraient des investigations de terrain.

Néanmoins, le monzogranite de Pouzauges présente des caractéristiques intéressantes. Ces caractéristiques tiennent d'un développement altéritique important, largement constitué d'arènes sableuses, d'un réseau hydrographique développé, de la présence de nombreuses sources. De plus, le monzogranite de Pouzauges présente une importante fracturation marquée par l'orogénèse hercynienne. Son histoire géologique (mise en place à l'Ordovicien), plus longue que n'importe quel autre massif sur le bassin versant, est peut-être un élément qui détermine une altération poussée et la présence d'eau dans cette zone.

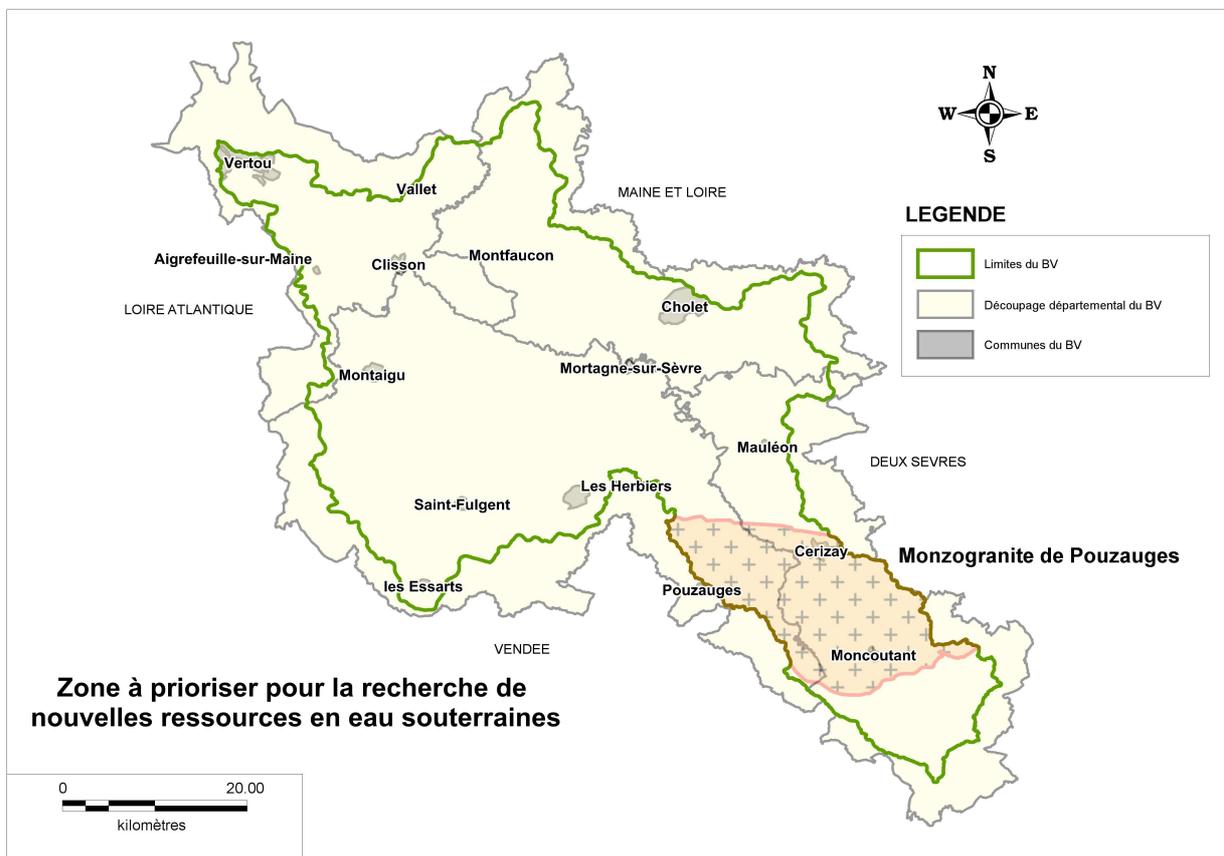


Figure 26: Zone à prioriser pour la recherche de nouvelles ressources en eau souterraines (Source personnelle)

Cette zone bénéficie d'une précipitation annuelle moyenne de 860 mm d'après une étude réalisée par Duermael en 1996 sur la période 1951-1980. La pluie efficace est évaluée à 400 mm et l'infiltration à 120 mm par an.

Pour localiser de nouvelles ressources en eau dans cette zone, plusieurs recherches doivent être entreprises, elles peuvent être synthétisées en quatre étapes distinctes :

- La première étape du travail doit s'appuyer sur une étude géomorphologique, le but étant de repérer les zones topographiquement basses, susceptibles de comporter une épaisseur conséquente d'altérites. Cette étude peut se faire par le biais d'un modèle numérique de terrain (MNT). Le réseau hydrographique peut également servir de base à la localisation de ces zones.
- Une campagne de terrain doit être envisagée à l'issue de cette première localisation. Elle doit s'accompagner de sondages de reconnaissance à la tarière dans les zones présentant une bonne extension. Cette reconnaissance est nécessaire pour apprécier l'altération et noter l'hétérogénéité des terrains. A l'issue de cette étape, une carte sera établie qui délimitera une ou plusieurs zones d'exploitation potentielle.
- Dans une troisième étape, l'aspect structural doit être pris en considération. L'étude de photos aériennes permet de repérer des linéaments marqueurs de la fracturation. La mise en évidence de ces linéaments est facilitée par l'occupation du sol largement agricole dans la zone ciblée. Une reconnaissance terrain doit appuyer les observations photographiques.
- Enfin, une étude géophysique est indispensable à la confirmation des critères favorables relevés dans les étapes précédentes (altération et fracturation). L'étude menée doit préciser l'épaisseur et la qualité de l'altération, ainsi que le développement de la fracturation.

A l'issue de la validation de ces quatre étapes, des sondages de reconnaissance pourront être entrepris dans les zones favorables, et ainsi révéler le potentiel en eau souterraine sur le monzogranite de Pouzauges.

## CONCLUSION GENERALE

Le bassin versant présente une diversité géologique qui ne facilite pas l'évaluation du potentiel en ressources souterraines. La prise en compte des différentes formations du bassin versant et leur classement lithologique a permis d'identifier un groupe plus intéressant, celui des granitoïdes au sens large. L'étude statistique révèle, sur l'ensemble des forages étudiés pour cette lithologie, une moyenne du quartile supérieur des débits d'exhaure supérieure aux autres groupes lithologiques. Cette statistique justifie la focalisation sur ce type de formation dans la suite de l'étude. En effet, la principale entrave à l'exploitation souterraine en domaine de socle réside dans les faibles débits d'exploitation, majoritairement compris entre 0 et 5 m<sup>3</sup>/h.

L'exploitation effective des eaux souterraines pour l'alimentation en eau potable est limitée à quatre captages sur le bassin versant. L'étude approfondie de l'implantation de ces captages a confirmé le concept stratiforme de la structure et des propriétés hydrogéologiques des aquifères de socle. Les captages exploités peuvent être ramenés à un modèle simple constitué d'un horizon supérieur, capacitif et peu perméable, et d'un substratum fracturé perméable qui permet de le drainer en exploitation.

Les analyses sur ces captages ont révélé une eau peu minéralisée à pH légèrement acide. A ces caractères intrinsèques s'ajoute une vulnérabilité variable aux pesticides et nitrates, fortement dépendante du recouvrement argileux issu de l'altération ultime de la roche mère. Les transferts d'intrants vers le réservoir altéritique capacitif sont favorisés par les circulations préférentielles suivant les failles. La ressource, du fait de son positionnement en surface, reste vulnérable aux pollutions dites accidentelles que peuvent constituer les stockages de produits dangereux ou les déversements dus aux structures routières. Cependant, en règle générale, les concentrations de polluants dans les eaux souterraines nécessitent peu de traitements.

L'étude des captages productifs ainsi que les investigations de terrain ont mis en évidence certains critères favorables à la présence de ressource en eau souterraine dans le socle armoricain. Au vu des investigations menées, l'épaisseur d'isaltérites (altérites sableuses) paraît déterminante pour l'exploitation d'une ressource souterraine. La compréhension de leur répartition, en partie due à la géomorphologie, a fait l'objet de représentations schématiques dans deux secteurs distincts du bassin versant. Ces descriptions doivent être étendues à des zones plus grandes, et au besoin complétées par d'autres modèles précis.

Ainsi, une carte de représentation de l'épaisseur altéritique sur l'ensemble du bassin versant (non réalisé à présent) permettrait d'identifier des zones intéressantes. Cette carte devra prendre en compte l'épaisseur des deux horizons d'altération reconnus sur le bassin versant, et s'attacher à mettre en évidence des zones étendues (notion de continuité hydraulique) à fort développement d'isaltérites.

Selon les travaux actuels, une zone paraît importante à prioriser dans la recherche en eau, elle se limite à une partie amont du bassin versant, située au sud d'un axe Est-ouest Saint-Michel-Monts-Mercure / Cerizay. Les sondages disponibles dans cette zone font état d'un développement inégal mais parfois important d'isaltérites, ce qui n'est pas le cas à l'aval du bassin versant (zone Clisson). La poursuite des recherches dans le secteur s'appuyant sur des critères géomorphologiques, d'altération et de fracturation doit permettre de révéler de nouvelles ressources en eau souterraine.

## BIBLIOGRAPHIE

CALLIGEE sciences et techniques géologiques, diagnostic des ouvrages de production, captage du Tail, N05-85212, juillet 2005, 20p.

CALLIGEE sciences et techniques géologiques, études préalables à la définition des périmètres de protection du captage du Tail, octobre 1996, 43p.

Geo Hydro Investigation, station de pompage du Tail, puits et forage d'exploitation F2, inspection télévisée et diagraphie, aout 2005

Service départemental d'hydrogéologie de Vendée, travaux de réhabilitation de décembre 1999 du forage et pompage d'essai, février 2000

SIAEP du Haut Bocage, révision des périmètres de protection, modification de l'autorisation de prélèvement et enquête parcellaire, sept pièces, janvier 2010

Marget Thierry, avis hydrogéologique sur la définition des périmètres de protection du captage des Martyrs commune de Saint-Laurent-sur-Sèvre, juillet 2002

Ouest Conseils Etudes Environnement, études complémentaires pour la protection de la ressource en eau sur le captage des Martyrs à Saint-Laurent-sur-Sèvre, traçage et réalisation d'un plan d'alerte pour la prise d'eau du Bodet en cas de pollution accidentelle, octobre 2007, 153 p.

SIAEP Mortagne, étude préalable à la révision des périmètres de protection du captage des Martyrs (commune de Saint-Laurent-sur-Sèvre), avril 1999, 102p.

Ouest Conseils Etudes Environnement, études complémentaires pour la protection de la ressource en eau sur le captage des Martyrs (commune de Saint-Laurent-sur-Sèvre), avril 2007, 54 p.

DDASS, L'eau potable en Maine-et-Loire, bilan 2007, 39 p.  
Publications

CARN A., DHEILLY, BRGM, novembre 2007, avis sur la présence de nitrates et/ou de pesticides dans l'eau des captages de Lohéac, Médréac, Landujan et La Chapelle du Lou (35), RP-55982-FR, 21p.

PAUWELS H., BRGM, juillet 1999, Examen des données chimiques et isotopiques des eaux souterraines du bassin versant de Naizin (56), R 40670, 18 p.

RICORDEL-PROGNON C., QUESNEL F., THIRY M., 2000, Les altérites, l'épiderme de la terre, 8p.

Dossier ANDRA, juin 2005, Dossier 2005 Granite, évolution phénoménologique du stockage géologique, 198p.

AUBERTIN G., THOUVENIN J.M., BRGM, ANDRA, septembre 1986, granite de Neuvy-Bouin, 49 p.

PERRIN J., LEONARDI V. BRGM, HydroSciences Montpellier, 2008, Caractérisation hydrodynamique détaillée de l'horizon fissuré des aquifères de socle : établissement d'un site hydrogéologique expérimental, 12p.

LACHASSAGNE P., WYNS R., Aquifères de socle : nouveaux concepts, application à la prospection et la gestion de la ressource en eau, 6p.

LABORDE J.P., CNRS, 2000, Eléments d'hydrologie de surface, 204p.

PETIT V., LACHASSAGNE P., ROUXEL E., BAUDOUIN V., septembre 2007, Détermination de contextes favorables à la présence de ressources en eau souterraine de moyenne profondeur en domaine de socle sur le département de Loire-Atlantique, RP-55585-FR, 73p.

GOMBERT P., 1997, Variabilité spatiale de la productivité aquifère du socle sahélien en hydraulique rurale, projet RESO, Burkina faso, p.113-123

KOUSSOUBE Y., NINDAOUA SAVADOGO A., NAKOLENDOUSSE S., février 2003, Les différentes signatures des fractures de socle cristallin en zone sahélo-soudanienne du Burkina-Faso (bassin versant de Bidi, province du Yatenga), 9 p.

VERNOUX J.F., WUILLEUMIER A., DORFLIGER N., BRGM, janvier 2008, Délimitation des bassins d'alimentation des captages et de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses, guide méthodologique, 73 p.

## TABLE DES FIGURES

figure 1: Carte administrative du bassin de la Sèvre Nantaise (Source IIBSN).....	5
figure 2: Contexte géologique régional (Source BRGM) .....	9
figure 3: Modèle d'aquifère de socle (Source : Wyns et <i>al.</i> ).....	11
figure 4: Altération des formations granitiques, concept et exemple (Source personnelle) ....	12
figure 5: Schématisation d'un pompage dans un aquifère de socle (granitique) (Source personnelle) .....	13
figure 6: Carte lithologique simplifiée du bassin de la Sèvre Nantaise (Source personnelle) .	15
figure 7: Carte des forages pris en compte pour l'étude statistique, par classe de débits (Source personnelle) .....	18
figure 8: Classement des débits au soufflage par classe de productivité, pour chaque regroupement lithologique (Source personnelle) .....	19
figure 9: Analyse croisée des deux paramètres statistiques (Source personnelle) .....	20
figure 10: Localisation des lithologies granitiques (Source personnelle) .....	21
figure 11: Graphique représentant le débit linéaire en fonction de la profondeur forée (Source personnelle) .....	22
figure 12: Champ captant de la Rucette, configuration géologique et ressource exploitée (Sources diverses) .....	26
figure 13: Localisation du captage du Tail à Pouzauges (Source IGN) .....	28
figure 14: Mise en relation de la pluviométrie au Tail (Pouzauges) (Sources : Piézométrie ADES, pluviométrie Météo France).....	29
figure 15: Evolution des niveaux d'eau journaliers sur le forage F1 au Tail (Pouzauges) (Source : Calligee).....	30
figure 16: Périmètres de protection et occupation du sol au captage du Tail (Pouzauges) (Sources : IGN, Corine Land Cover, Vendée Eau) .....	35
figure 17: Occupation du sol dans le périmètre de protection étendu du captage du Tail (Pouzauges) .....	35
figure 18: Occupation du sol dans le périmètre de protection rapproché du captage du Tail (Pouzauges) .....	36
figure 19: Evolution de la concentration en nitrates au Tail (Pouzauges) (Source : ADES) ...	37
figure 20: Evolution de la concentration en manganèse au Tail (Pouzauges) (Source : ADES) .....	37
figure 21: Répartition des altérites sur le secteur de Pouzauges (Sources : géologie BRGM, données BRGM infoterre).....	45
figure 22: Géomorphologie des collines pouzaugeaises et lien avec l'hydrogéologie (Sources diverses) .....	47
figure 23: Observations hydrogéologiques au Nord de Pouzauges (Sources diverses) .....	50
figure 24: Répartition des altérites sur le secteur de Clisson (Sources : géologie BRGM, données BRGM infoterre).....	52
figure 25: Mise en évidence du potentiel hydrogéologique dans le secteur de Clisson (Sources diverses) .....	54
Figure 26: Zone à prioriser pour la recherche de nouvelles ressources en eau souterraines (Source personnelle).....	56

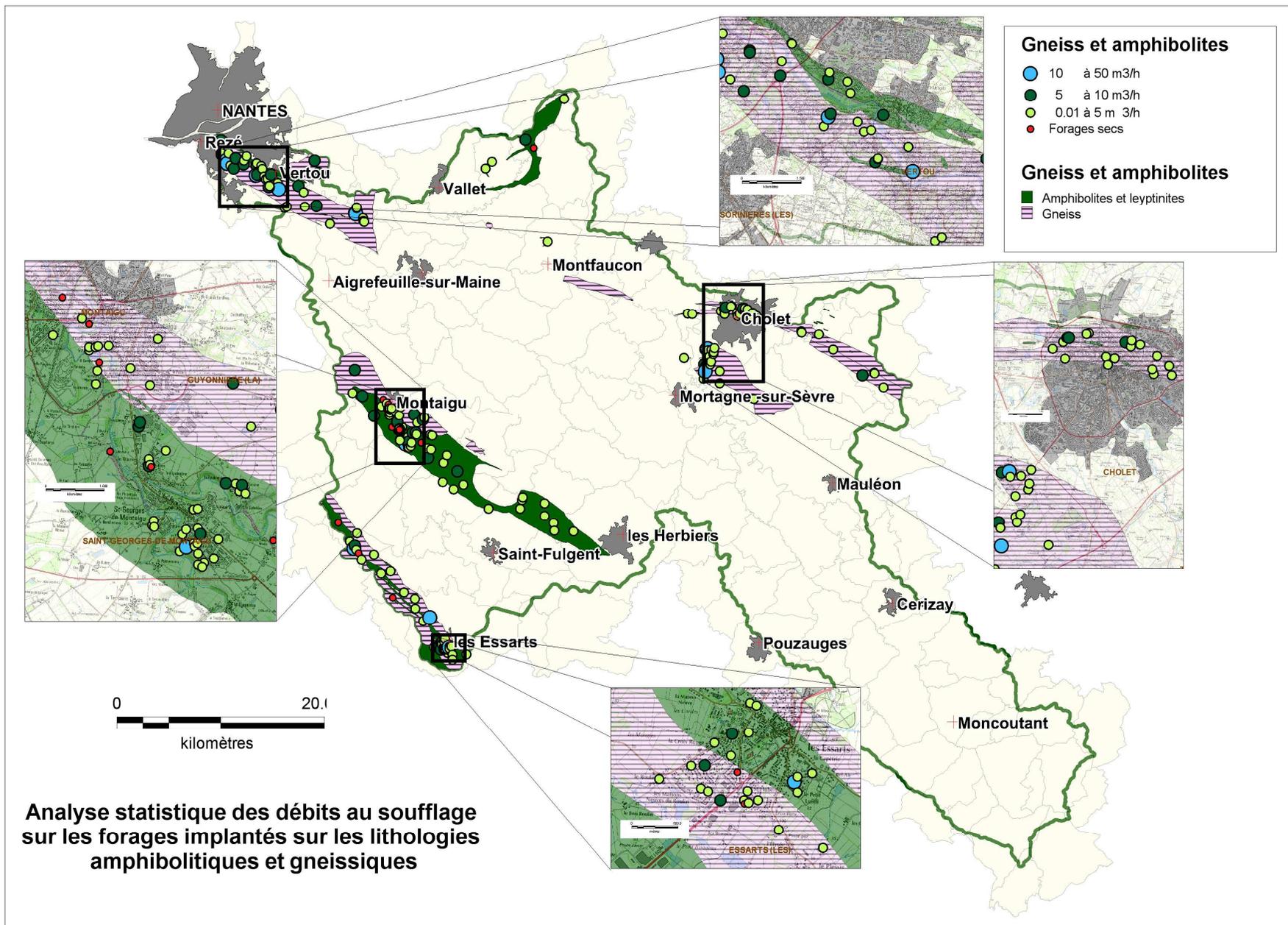
## INDEX DES ABREVIATIONS

ADES	portail d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines
AEP	Alimentation en Eau Potable
AMPA	Acide aminométhylphosphonique
ANDRA	Agence Nationale pour la gestion des Déchets Radioactifs
BA	Bassin d'Alimentation
BRGM	Bureau des Ressources Géologique et Minières
BSS	Base de données du Sous-Sol
CAC	Communauté d'Agglomération du Choletais
COT	Carbone Organique Total
DCE	Directive Cadre sur l'Eau
DDASS	Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales
DIREN	Direction Régionale de l'Environnement
EPTB	Etablissement Public Territorial de Bassin
F	Forage
HAP	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
IIBSN	Institution Interdépartementale du Bassin de la Sèvre Nantaise
MAE	Mesures Agro-Environnementales
MNT	Modèle Numérique de Terrain
NGF	Nivellement Général de la France
NTU	Nephelometric Turbidity Unit
P	Puits
pH	potentiel Hydrogène
PPE	Périmètre de Protection Eloigné
PPI	Périmètre de Protection Immédiat
PPRc	Périmètre de protection Rapproché complémentaire
PPRs	Périmètre de protection Rapproché sensible
S	Emmagasinement
SAGE	Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SDAGE	Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SEQ	Système d'évaluation de la Qualité de l'eau
SPANC	Service Public d'Assainissement Non Collectif
T	Transmissivité
TAC	Titre Alcalimétrique Complet
VLF	Very Low Frequency

## TABLE DES ANNEXES

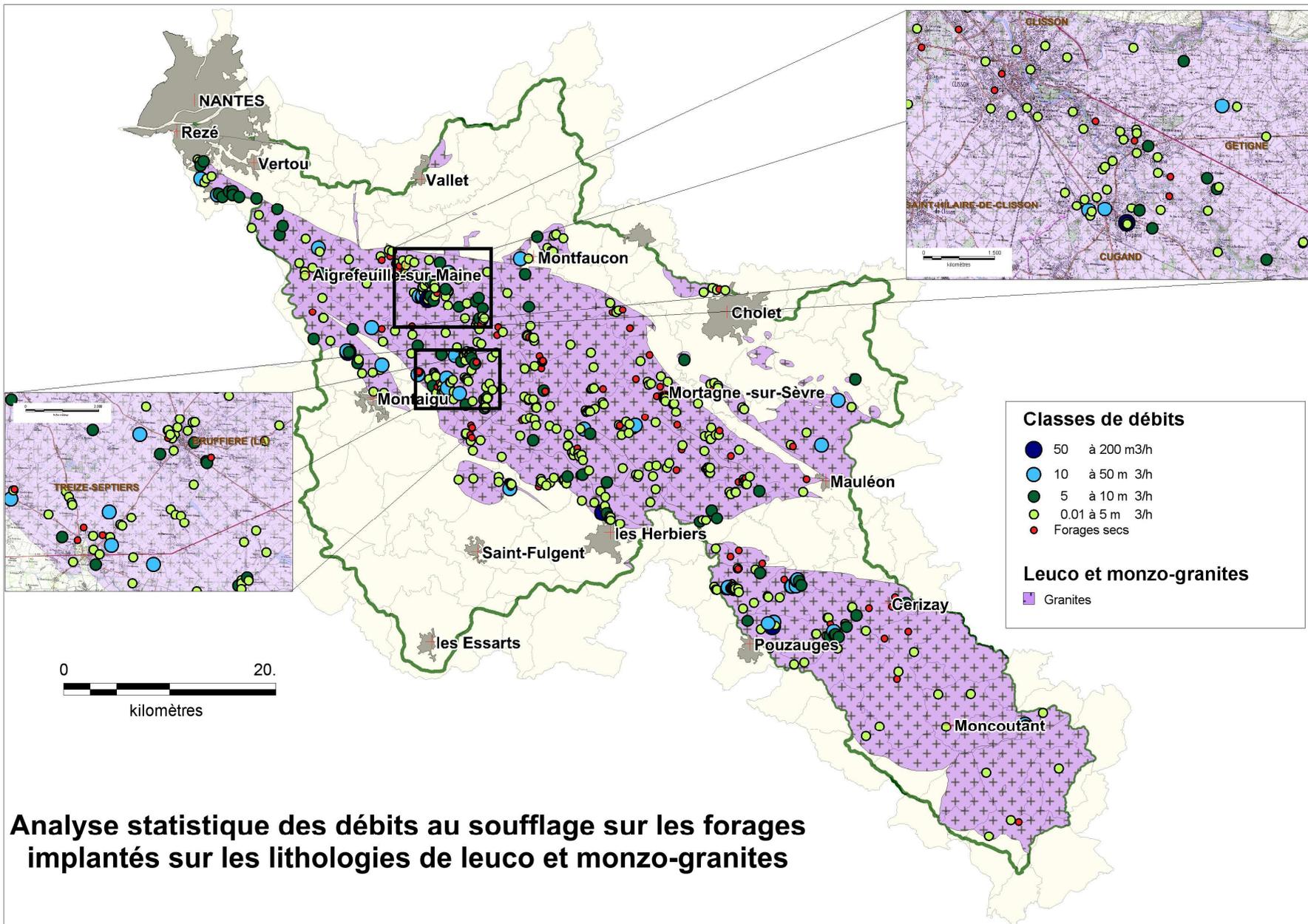
Annexe 1: Légende de la carte géologique (Source BRGM) .....	64
Annexe 2: Analyse statistique des débits au soufflage sur les forages implantés sur les lithologies amphibolitiques et gneissiques (D'après données cartographiques et de forage BRGM Infoterre).....	65
Annexe 3: Analyse statistique des débits au soufflage sur les forages implantés sur les lithologies de leuco et monzogranite (D'après données cartographiques et de forage BRGM Infoterre).....	66
Annexe 4: Analyse statistique des débits au soufflage sur les forages implantés sur les lithologies de plagiogranites (D'après données cartographiques et de forage BRGM Infoterre) .....	67
Annexe 5: Analyse statistique des débits au soufflage sur les forages implantés sur des lithologies sédimentaires (D'après données cartographiques et de forage BRGM Infoterre).....	68
Annexe 6: Analyse statistique des débits au soufflage sur les forages implantés sur des lithologies peu métamorphosées (D'après données cartographiques et de forage BRGM Infoterre).....	69
Annexe 7: Carte des regroupements lithologiques sur le bassin de la Sèvre Nantaise (Réalisation personnelle, d'après cartes BRGM).....	70
Annexe 8: Classification modale des roches plutoniques (Streckeisen) (ANDRA).....	72
Annexe 9: Bassin topographique et bassin d'alimentation au captage du Tail (Pouzauges) (Source Calligee) .....	73
Annexe 10: Mesures piézométriques du 15 mars 1996 au voisinage du captage du Tail (Source Calligee) ...	74
Annexe 11: Carte piézométrique en période d'étiage (14/16 août 1998) à Saint-Laurent-sur-Sèvre (Les martyrs) (Source : Thierry Marguet ingénieur Hydrogéologue).....	75





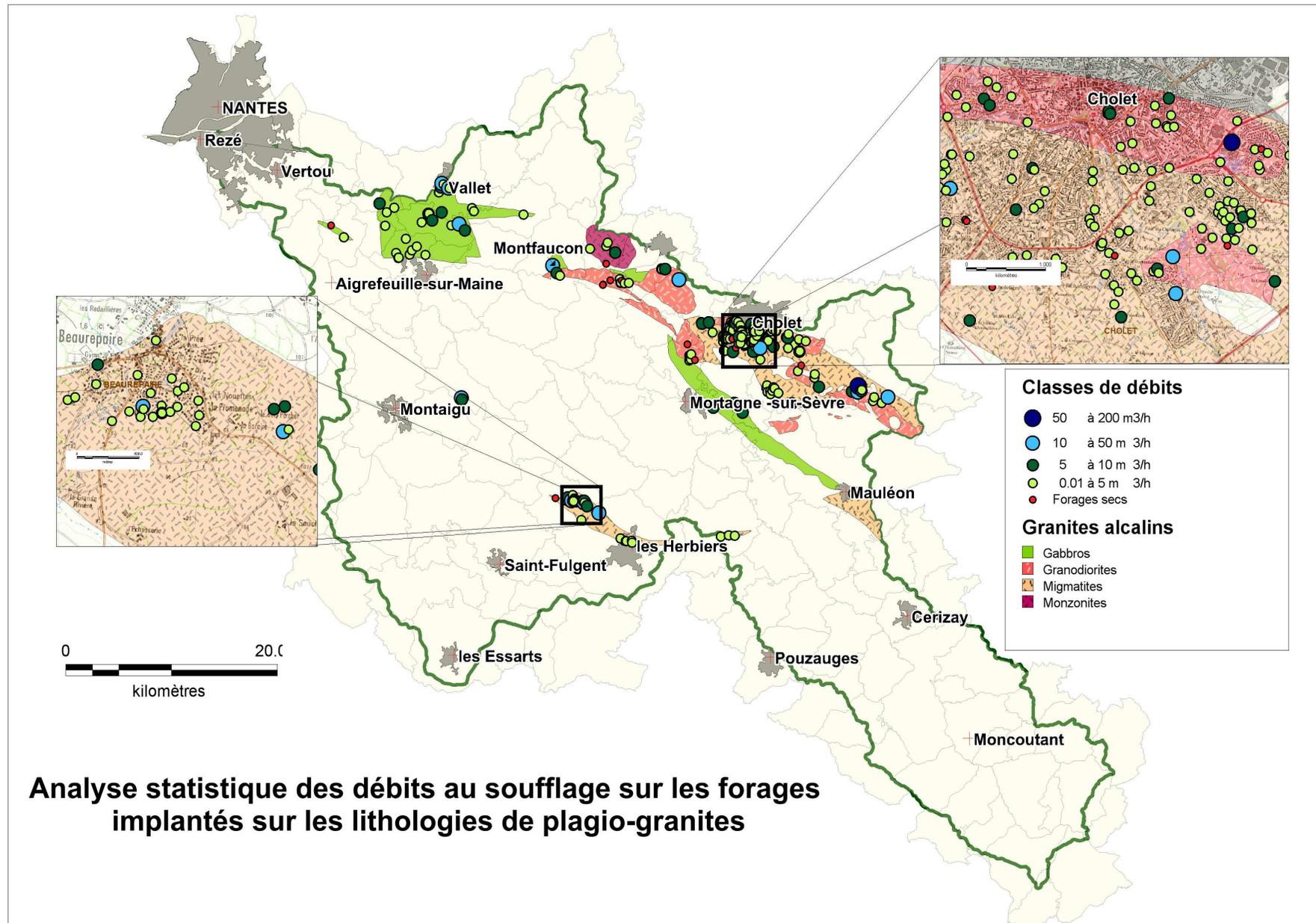
Annexe 2: Analyse statistique des débits au soufflage sur les forages implantés sur les lithologies amphibolitiques et gneissiques (D'après données cartographiques et de forage BRGM Infoterre)

Etat des lieux de la ressource en eau souterraine sur le bassin versant de la Sèvre Nantaise

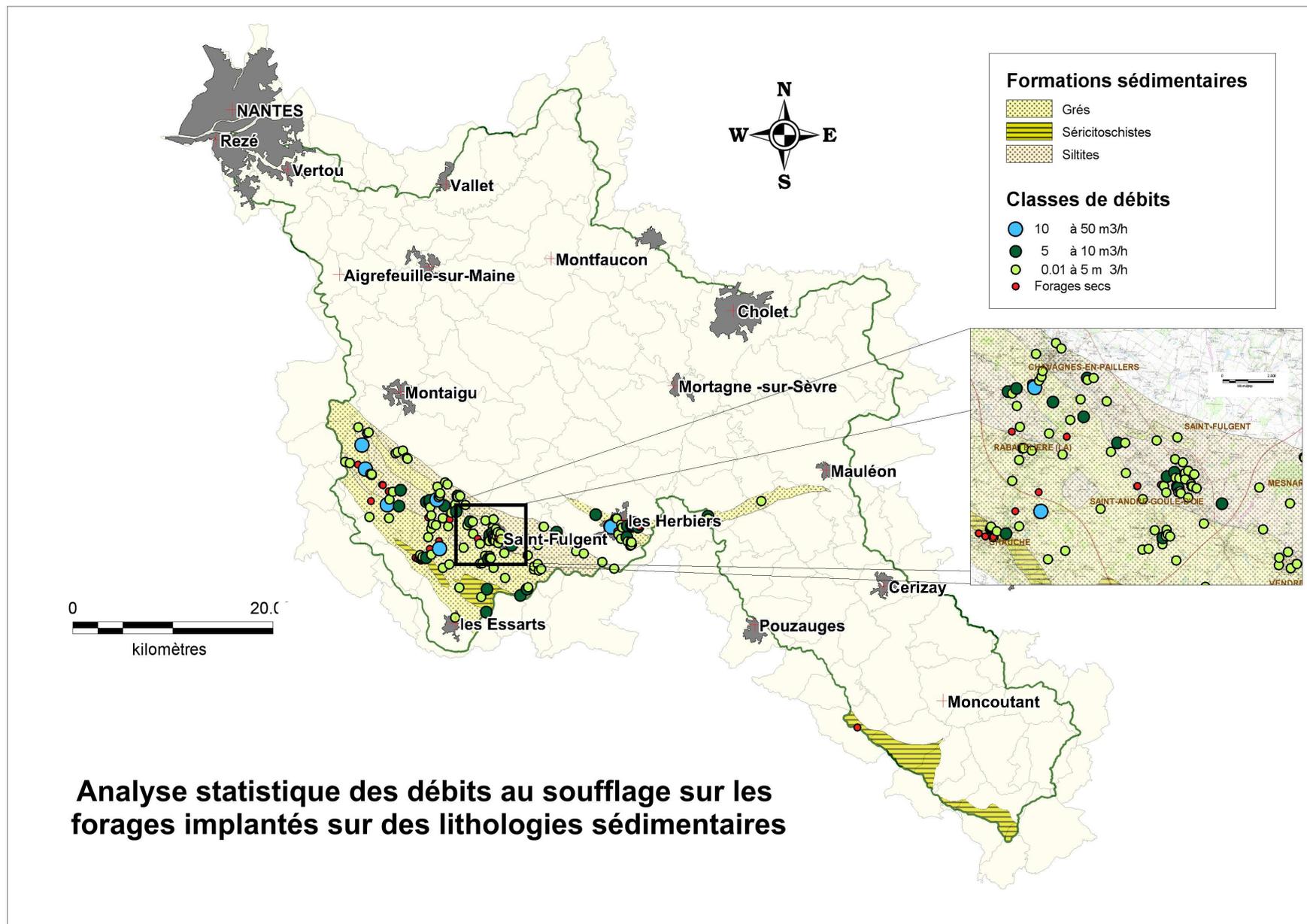


Annexe 3: Analyse statistique des débits au soufflage sur les forages implantés sur les lithologies de leuco et monzogranite (D'après données cartographiques et de forage BRGM Infoterre)

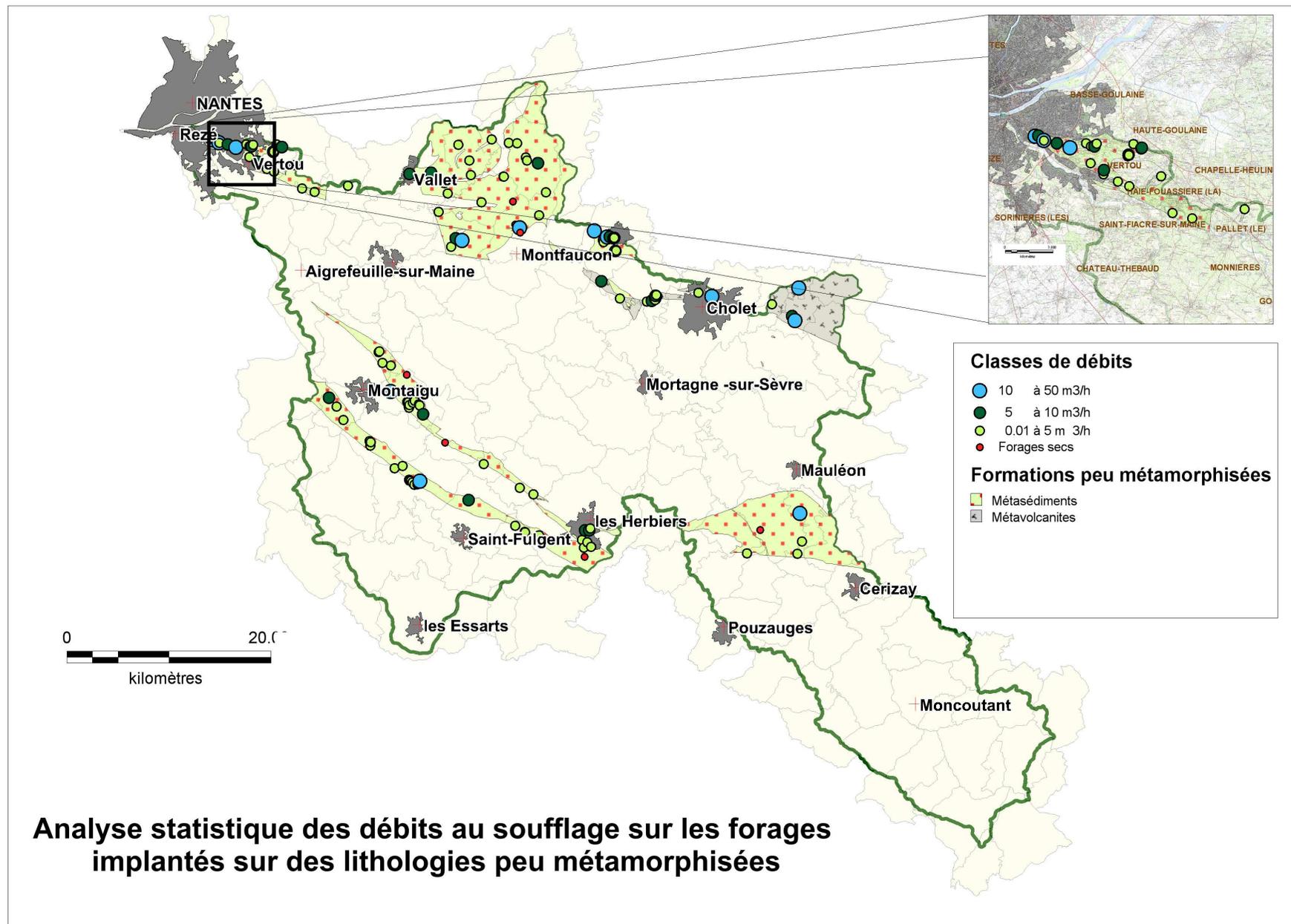
Etat des lieux de la ressource en eau souterraine sur le bassin versant de la Sèvre Nantaise



Annexe 4: Analyse statistique des débits au soufflage sur les forages implantés sur les lithologies de plagiogranites (D'après données cartographiques et de forage BRGM Infoterre)

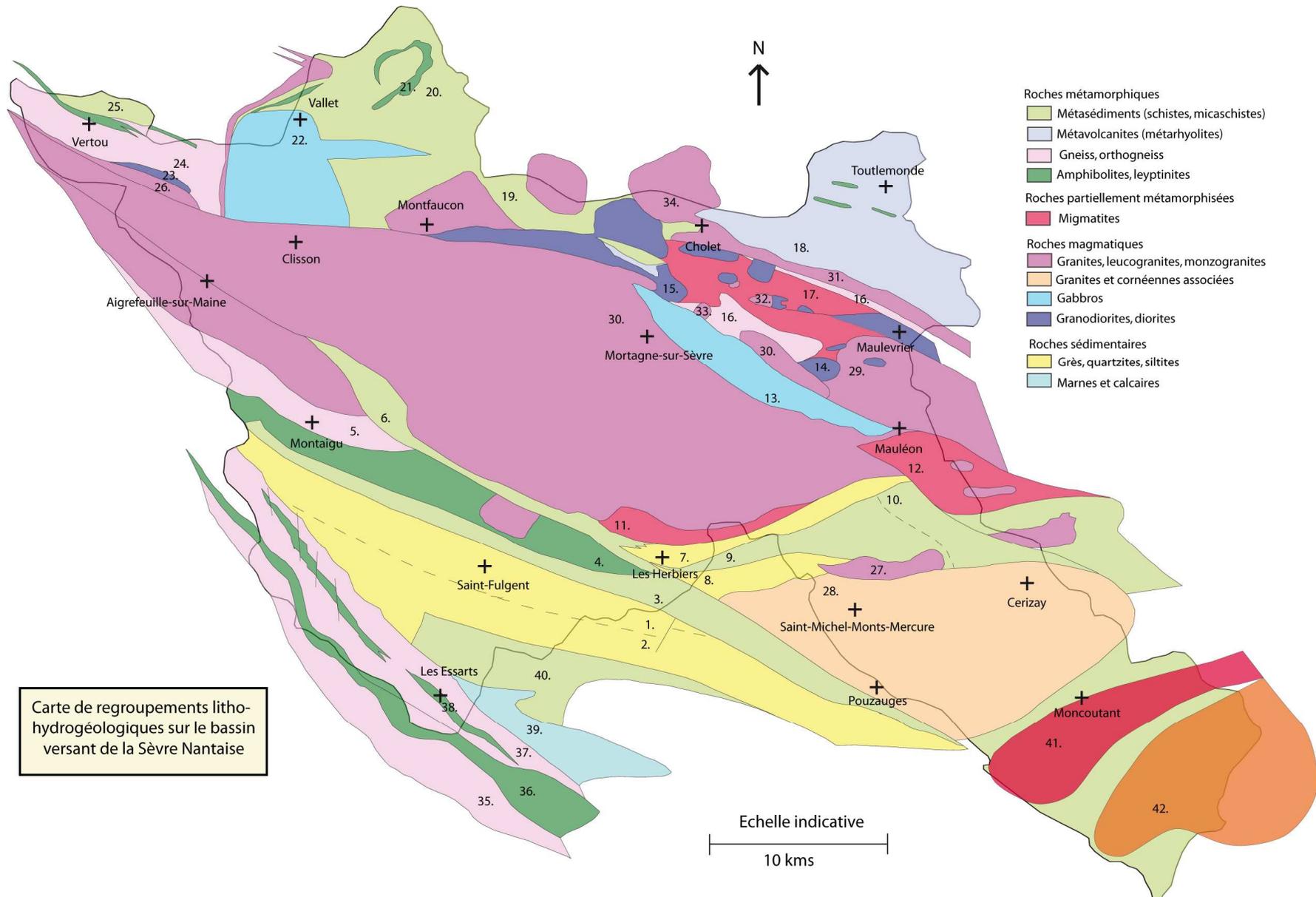


Annexe 5: Analyse statistique des débits au soufflage sur les forages implantés sur des lithologies sédimentaires (D'après données cartographiques et de forage BRGM Infoterre)



Annexe 6: Analyse statistique des débits au soufflage sur les forages implantés sur des lithologies peu métamorphisées (D'après données cartographiques et de forage BRGM Infoterre)

Etat des lieux de la ressource en eau souterraine sur le bassin versant de la Sèvre Nantaise

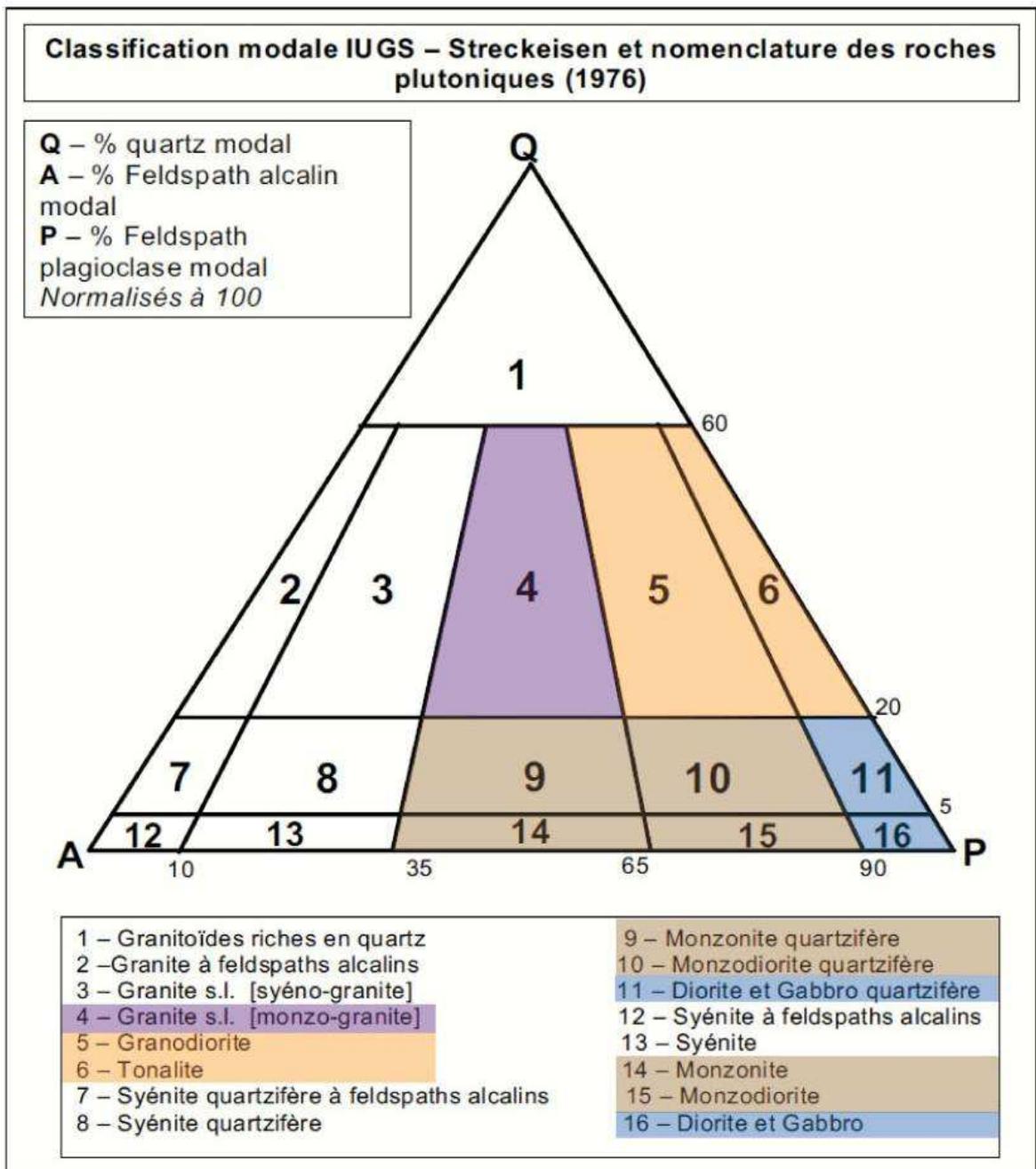


**Annexe 7: Carte des regroupements lithologiques sur le bassin de la Sèvre Nantaise (Réalisation personnelle, d'après cartes BRGM)**

## Légende des formations géologiques

1. Formation de la Pillaudière : siltites brunes avec bancs de grauwackes (Cambrien)
2. Formation de la Jonchère : grès grauwackeux fins, verdâtres (Cambrien)
3. Formation de Saint-Paul-en-Parade : micaschistes et méta-grauwackes à biotite, muscovite et grenat (Briovérien probable).
4. Leyptinites de la Faguelinière, à grosses muscovites. Plus au Nord, amphibolites massives de Montaigu.
5. Gneiss à biotites et orthoclases.
6. Micaschistes à biotite, muscovite et grenat.
7. Formation des Epesses : grès quartzitiques à schisteux à débit en plaquette et grès grauwackeux plus massifs.
8. Formation de Saint-Mars-Ardelay : grès grauwackeux fins homogène.
9. Formation de la Burnière : schistes.
10. Formation de Saint-Amand-sur-Sèvre : micaschistes.
11. Métatexites et gneiss rubanés (Migmatites).
12. Diatexites, métatexites, nébulites, gneiss rubanés (Migmatites)
13. Gabbro-diorite à amphibole et cumulats associés (hornblendite, anorthosite, péridotite) : massif des 4 étalons et du Châtillonnais.
14. Granodiorite de gros grains à biotite (plus ou moins de pyroxène et d'hornblende).
15. Granodiorite et diorite quartzique à biotite et hornblende (Massif de Roussay, Saint-André-la-Marche, Saint-Christophe-du-Bois).
16. Gneiss plagioclastique à biotite (parfois sillimanite), muscovite secondaire.
17. Gneiss migmatitique : essentiellement diatexites à sillimanites et cordièrites, muscovites secondaires.
18. Métarhyolites, méta-ignimbrites et méta-dacites (avec intercalations de niveaux volcano-sédimentaires de chimisme intermédiaire).
19. Micaschistes et schistes d'origine pélitique avec intercalations de schistes noirs.
20. Micaschistes albitiques à deux micas, faciès finement grenu quartzeux (micaschistes du Fuilet), différents faciès (feuilletés, zones intrudées par des granites).
21. Amphibolites.
22. Gabbro du Pallet.
23. Gabbro coronitique de l'Inlière.
24. Gneiss à deux micas et grenat, gneiss de Rezé.
25. Micaschistes albitiques à deux micas (biotite partiellement chloritisée).
26. Granite à biotite et hornblende écrasé.
27. Leucogranite et leucomonzogranite de Châteaumur, granite albitique des Châtelliers.
28. Granite de Pouzauges : granite monzonitique associé aux cornéennes et schistes tâchetés.
29. Monzogranite à biotite de Moulins, grains isotopes.
30. Leucomonzogranite de gros grains porphyroïques à biotite (plus ou moins de muscovite), associé à d'autres granites.
31. Métagranite alcalin (apophyses du massif de Thouars).
32. Monzogranite de grain moyne à fin à biotite.
33. Leucomonzogranite à biotite et muscovite (tendance aplitique).
34. Granite Leucocarte rouge (massifs de Limière, de St-Léger-sur-Cholet, apophyses du massif de Chemillé).
35. Orthogneiss.
36. Complexe métavolcanique basique. Amphibolites avec ou sans grenat.
37. Complexe des gneiss feuilletés. Ensemble de para et orthogneiss.
38. Complexe des gneiss feuilletés. Amphibolites dérivant de l'éclogite.
39. Calcaires et marnes.
40. Groupe de Réaumur. Séricitoschistes.
41. Batholite granitique.
42. Granite de Neuvy-Bouin

(D'après notices BRGM)

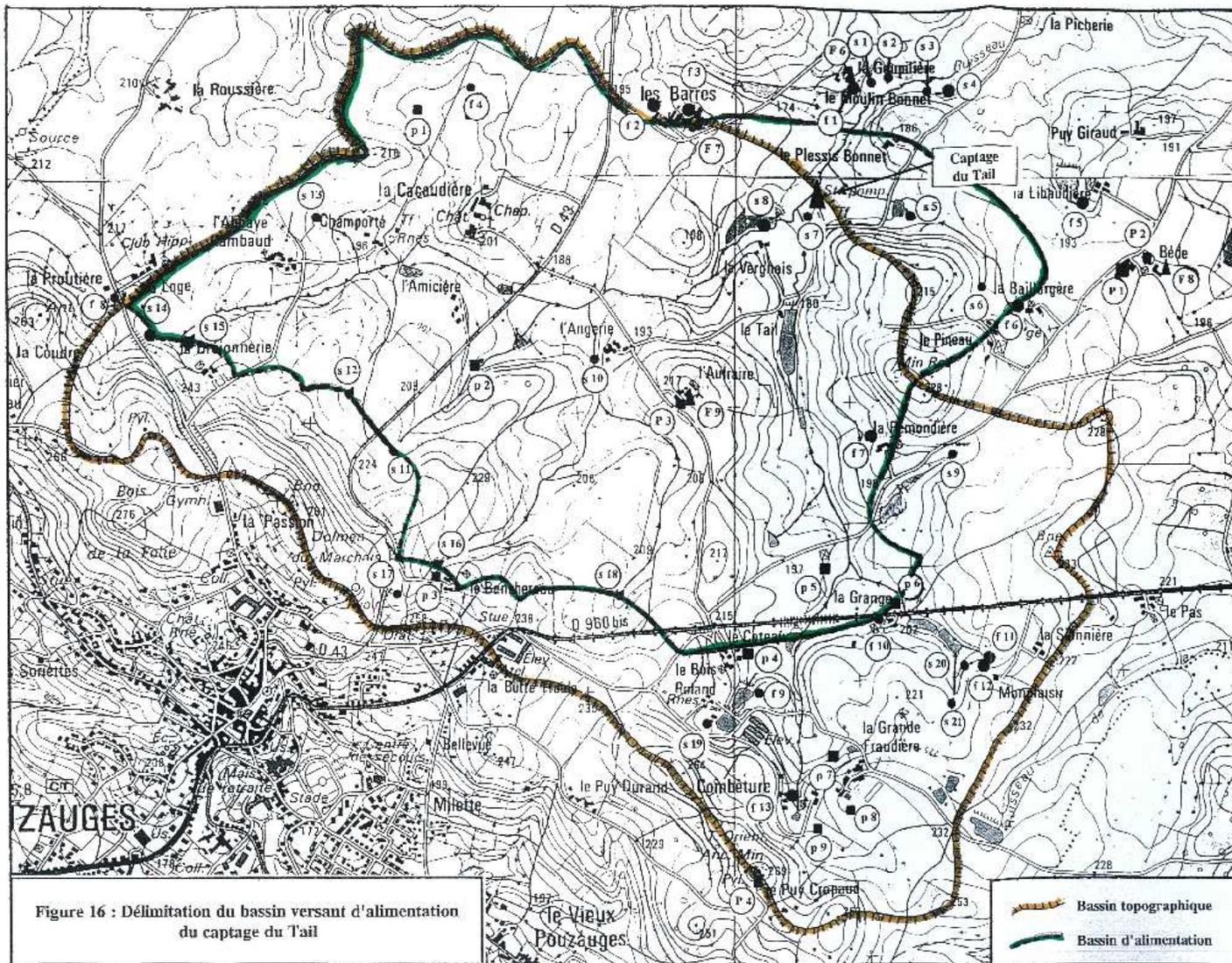


(D'après document ANDRA - Dossier 2005 Granites)

Nomenclature retenue pour la classification des granites sur le BV de la Sèvre Nantaise

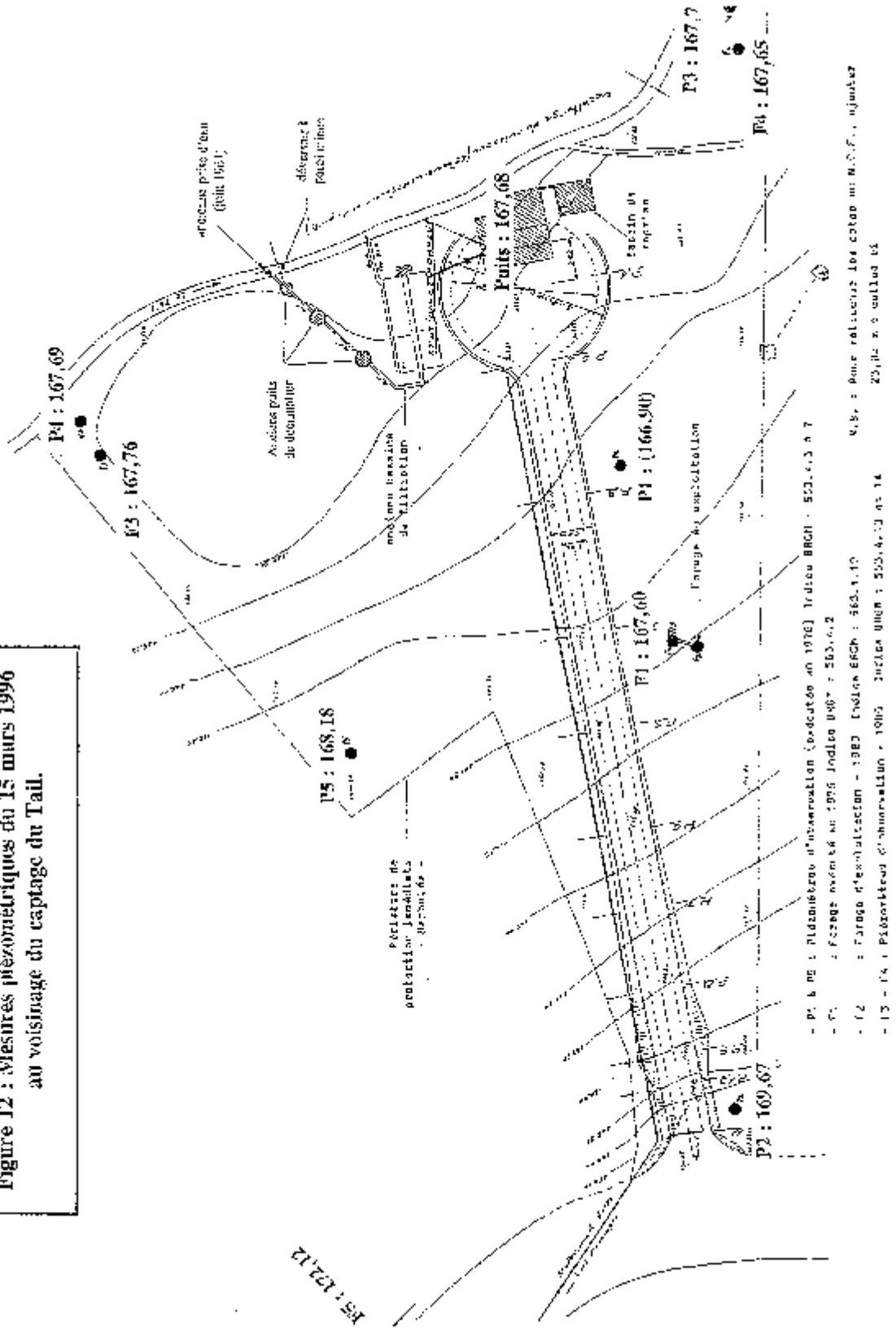


**Annexe 8: Classification modale des roches plutoniques (Streckeisen) (ANDRA)**

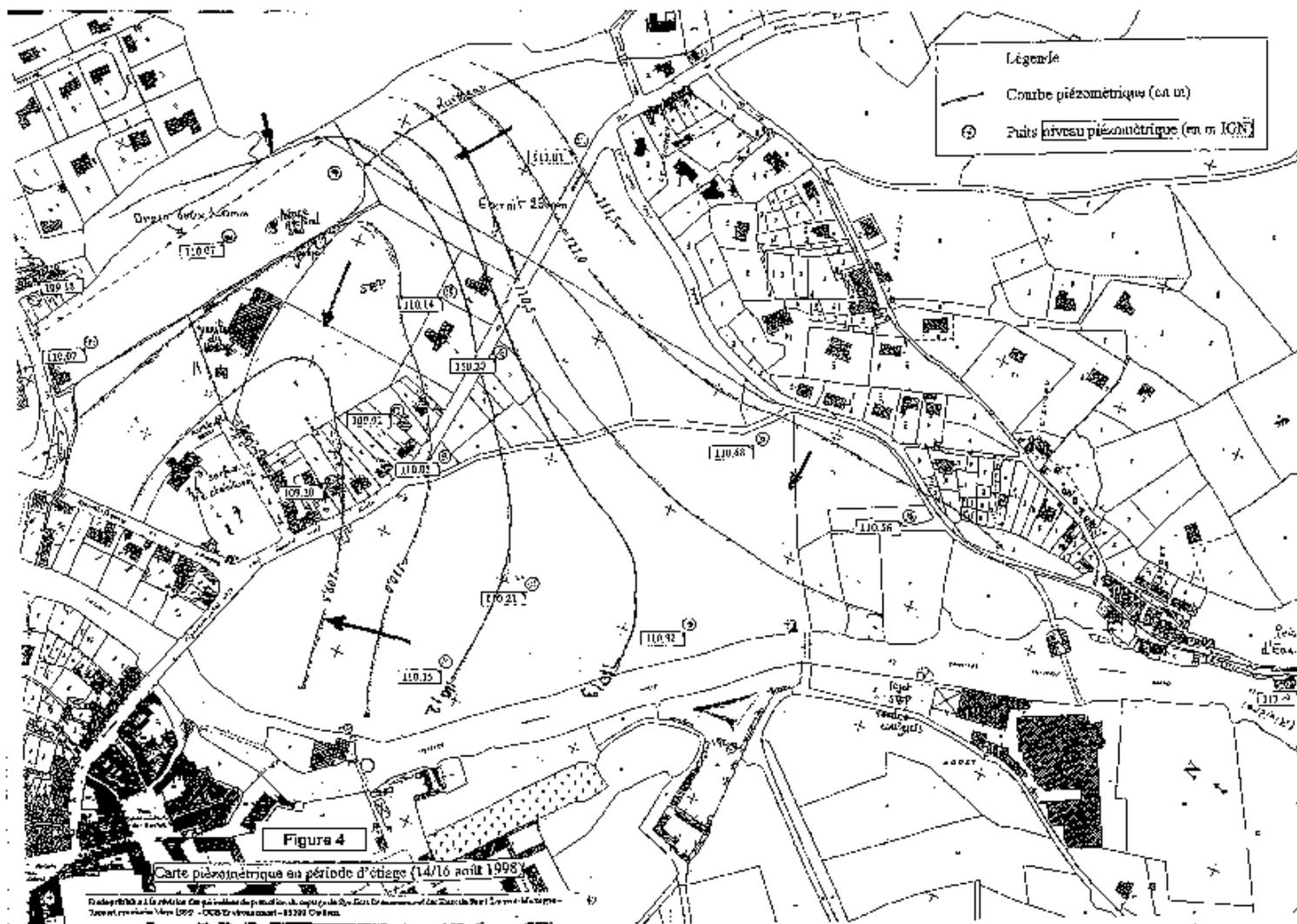


Annexe 9: Bassin topographique et bassin d'alimentation au captage du Tail (Pouzauges) (Source Calligee)

Figure 12 : Mesures piézométriques du 15 mars 1996 au voisinage du captage du Tail.



Annexe 10: Mesures piézométriques du 15 mars 1996 au voisinage du captage du Tail (Source Calligee)



Annexe 11: Carte piézométrique en période d'étiage (14/16 août 1998) à Saint-Laurent-sur-Sèvre (Les martyrs) (Source : Thierry Marguet ingénieur Hydrogéologue)

## Dénitrification naturelle

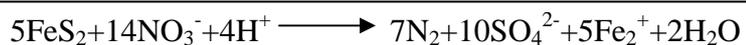
Les analyses de nitrates aux différents points de prélèvements du bassin versant révèlent des valeurs de concentrations toujours en deçà de la valeur indiquant la nécessité d'un traitement (50mg./l). Ces valeurs peuvent surprendre, compte tenu de l'occupation du sol sur le bassin versant, largement consacrée aux activités agricoles. En effet, ces activités favorisent la pénétration d'intrants azotés, lessivés dans les sols et responsables de la présence d'azote sous forme nitratée dans les cours d'eau, rivières, et nappes phréatiques.

Le phénomène de pollution nitratée est bien connu pour les eaux superficielles. Outre les problèmes de qualité d'eau qu'il engendre, il est aussi responsable de l'eutrophisation des milieux aquatiques du fait de son association avec le phosphore.

L'évolution des nitrates ( $\text{NO}_3^{2-}$ ) dans les ressources souterraines des aquifères de socle (contexte géologique du bassin versant) à été évaluée dans le cadre de plusieurs études BRGM. Celles-ci ont démontré la réalité d'un processus de dénitrification, et qui explique la disparition des nitrates avec la profondeur.

Deux types de processus sont mis en évidence pour expliquer cette dénitrification :

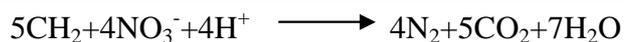
- le premier processus s'appuie sur une dénitrification par oxydation de la pyrite



Le fer étant à son tour oxydé



Le second processus est la dénitrification par oxydation de la matière organique

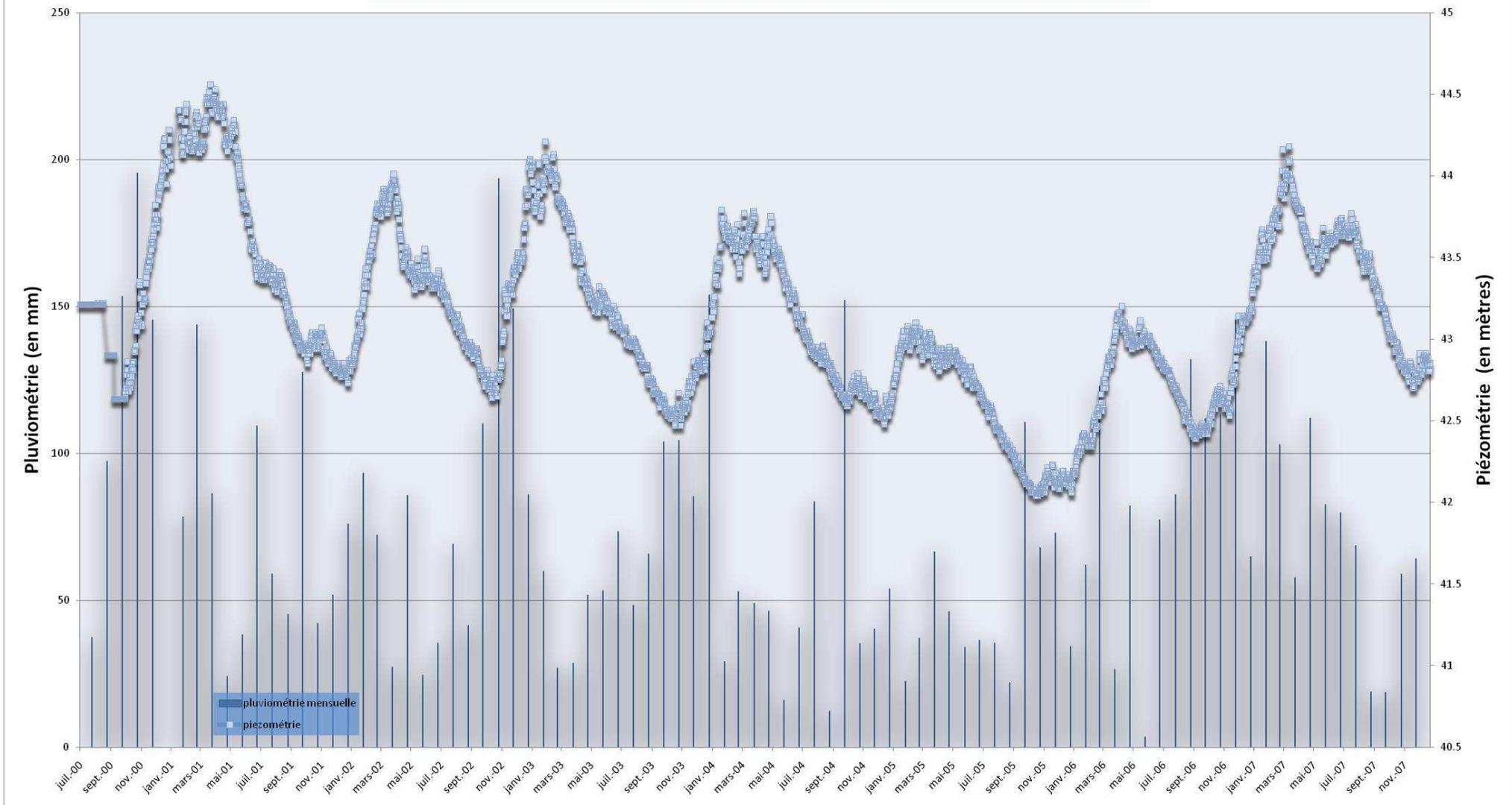


Cette dénitrification naturelle est donc responsable de modifications des caractéristiques chimiques de l'eau. L'eau devient alors riche en Fer et en sulfates mais sans nitrates. Ce phénomène n'est pas pérenne dans le temps car la pyrite se consomme dans la réaction et est amenée à terme, à disparaître. Ces études montrent par conséquent une augmentation des concentrations en sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) et ions ferriques ( $\text{Fe}^{2+}$ ) ainsi qu'une diminution des teneurs en nitrates ( $\text{NO}_3^{2-}$ ) avec la profondeur.

☒

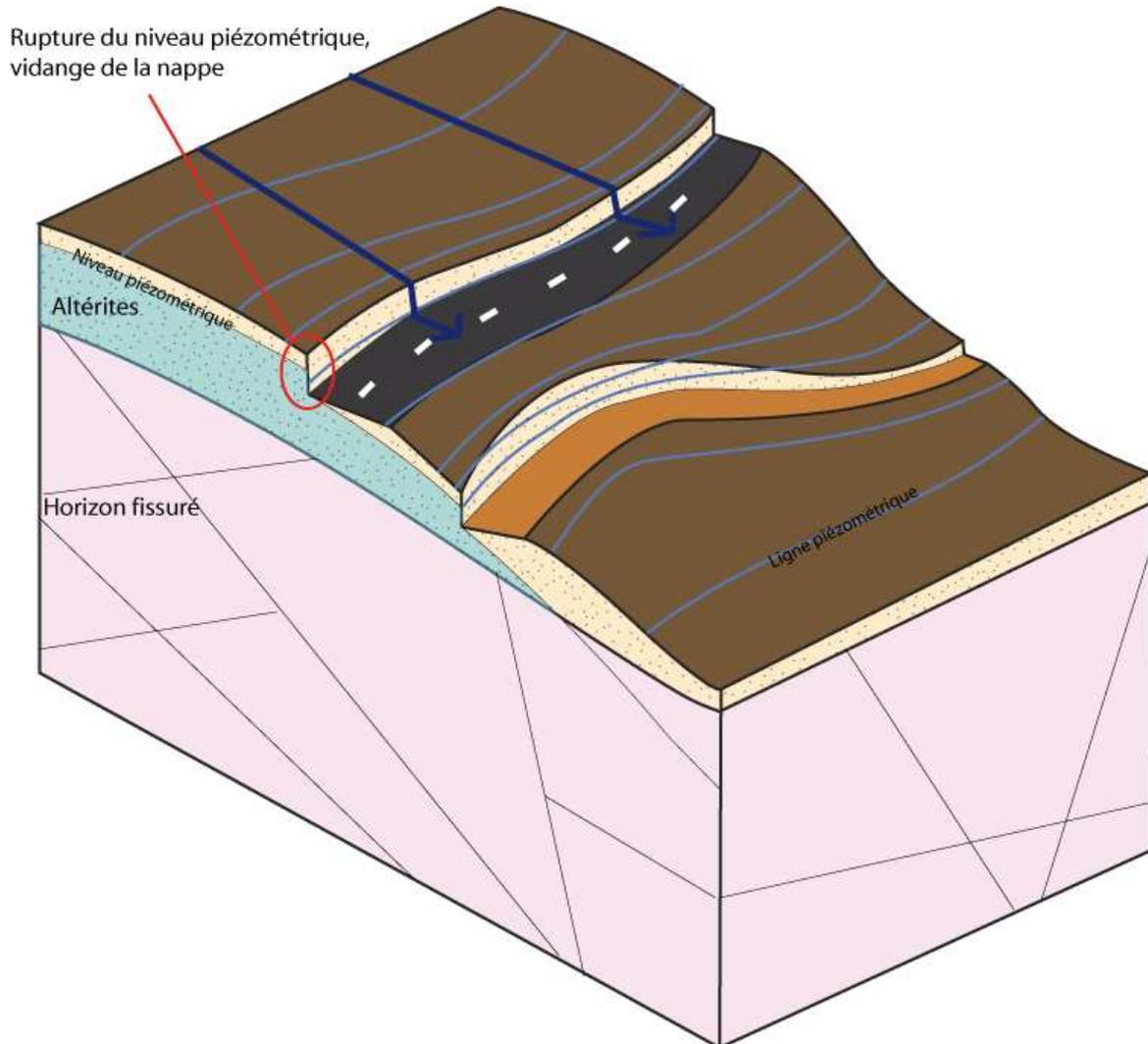
**Annexe 12: Phénomène de dénitrification naturelle (Source étude BRGM)**

### Mise en relation de la pluviométrie et de la piézométrie à Mouzillon [Signal d'entrée-réponse]



Annexe 13: Mise en relation de la pluviométrie et de la piézométrie à Mouzillon (Sources : piézométrie ADES, pluviométrie Météo France)

Impact des aménagements de génie civil sur la continuité hydraulique d'un aquifère arénitique



Annexe 14: Impact des aménagements de génie civil sur la continuité hydraulique d'un aquifère arénitique (Source personnelle)