



Identification des formations aquifères profondes
(hors nappes alluviales)
sollicitées pour l'irrigation dans le département de l'Allier
et tentative de quantification des volumes prélevables
dans ces nappes.



BE Frémion

Terra Mater
3, place Michel-de-L'Hospital 8, rue de la Garde
63000 Clermont-Ferrand 63110 Beaumont



novembre 2013

Table des matières

Table des matières.....	2
1. Introduction et présentation de l'Étude.....	3
2. Présentation de la démarche adoptée.....	6
3. Synthèse bibliographique et état des connaissances.....	9
4. Recensement des données concernant les ouvrages d'irrigation... ..	25
5. Mesures de terrain complémentaires.....	61
6. Bilan hydrologique et hydrogéologique des nappes profondes du département de l'Allier.....	73
7. Synthèse et conclusion	94
8. ANNEXES.....	99
8.1. Préconisations pour la réalisation d'un forage et sa maintenance	
8.2. Annexes sur DVD.....	102
Annexe 1 : Fichier de données (tableaux Excel avec liens interactifs,)	
Annexe 2 : Fiches par ouvrage (format pdf)	
Annexe 3 : Cartes et figures de la phase 1 en format jpeg :	
cartes 1 à 7	
coupe géologique de l'Allier à la Loire	
Annexe 4 : Cartes de la phase 2 :	
en format jpeg (A0) :	
A : délimitation des bassins versants étudiés sur fond géologique,	
B : carte de la pluviométrie du département de l'Allier	
en format pdf : 9 cartes A4 des bassins	
Annexe 5 : 9 Fiches pdf : synthèse hydrologique des bassins étudiés	

1 . INTRODUCTION ET PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE

La présente étude s'intègre dans un cadre plus général relatif à la gestion quantitative en matière de prélèvement d'eau en lien avec la mise en place d'un organisme unique.

Dans le département de l'Allier (hors secteur du SAGE Cher amont) deux études relatives aux nappes d'accompagnement ont déjà été réalisées sous maîtrise d'ouvrage de la DREAL Auvergne : en un premier temps, celle relative à la définition de la nappe d'accompagnement de la rivière Allier puis, en un deuxième temps, celle relative à la détermination des volumes prélevables pour l'irrigation sur les nappes d'accompagnement des principaux cours d'eau autres que l'Allier et la Loire, soit la Besbre, la Bouble, la Sioule ...; cette étude, relative aux nappes profondes des terrains sédimentaires (hors nappes alluviales), constitue le 3^{ème} volet.

1 . 1 . Dispositions générales

L'article L211-3 du code de l'environnement prévoit la possibilité de mise en place d'un « organisme unique » pour le compte de l'ensemble des préleveurs irrigants et les articles R211-111 à R211-117 et R. 214-31-1 à R. 214-31-5 viennent préciser les conditions de mise en place de cet organisme unique.

La circulaire du MEEDDAT du 30 juin 2008 relative à la résorption des déficits quantitatifs en matière de prélèvement d'eau précise que le volume prélevable dans les ressources en eau (superficielles et souterraines) doit être déterminé pour tous les usages (eau potable, industrie, agriculture, navigation, etc.) dans les bassins en déficit quantitatif. Ce volume prélevable constituera le plafond du volume total autorisé pour les prélèvements dans la ressource en eau : le volume autorisé devra être au plus égal à ce volume prélevable avant une date fixée par le préfet coordonnateur de bassin, après avis du comité de bassin, qui ne pourra en aucun cas excéder le 31 décembre 2014.

1 . 2 . Principes de base

Le volume prélevable concerne tous les usages. Il doit être compatible avec les orientations fondamentales et les objectifs de quantité et de qualité fixés dans le SDAGE et les SAGE (décret 24/09/2007).

Les SDAGE identifient en des « points nodaux » des débits objectifs d'étiage permettant d'atteindre le bon état des eaux et la satisfaction de l'ensemble des usages en moyenne 8 années sur 10.

Les volumes prélevables seront donc déterminés pour satisfaire les DOE et ne pas recourir aux dispositifs de gestion de crise plus de 2 années sur 10. Ils seront également déterminés pour permettre l'atteinte du bon état des eaux sur l'ensemble de l'année hydrologique.

1.3. Éléments concernant le département de l'Allier

Par arrêté du 16 octobre 2008 le préfet du département de l'Allier a retenu la candidature de la chambre d'agriculture pour être l'organisme unique.

Le département de l'Allier est principalement concerné par 3 SAGE en cours d'élaboration :

- SAGE Cher amont : dont le périmètre correspond également à une ZRE en cours de validité (projet de déclassement en examen). Ce SAGE a engagé la définition des volumes prélevables sur son périmètre, c'est-à-dire au-delà du strict périmètre de la ZRE.
- SAGE Sioule, dont le périmètre est à cheval entre les départements de l'Allier et du Puy-de-Dôme.
- SAGE Allier aval : dont seul le tiers aval concerne le département de l'Allier. Ce SAGE n'envisage pas encore la mise en place de définition des volumes prélevables.

Les principales nappes souterraines exploitées pour l'alimentation en eau potable dans le département de l'Allier correspondent aux nappes alluviales de l'Allier et de la Loire. L'examen des données relatives aux prélèvements, notamment pour l'irrigation, a mis en évidence l'existence de nombreux forages sollicitant des ressources souterraines profondes indépendantes des nappes d'accompagnement des principaux cours d'eau autres qu'e l'Allier et Loire (Besbre, Bouble, Sioule...). Les connaissances sur ces ressources ne sont pas suffisantes à l'heure actuelle pour pouvoir définir un volume prélevable pour chacune de ces ressources.

Afin de disposer d'une base de travail, la DREAL a sollicité (en 2010) le BRGM, dans le cadre de son activité de service public, afin de recenser tous les forages d'irrigation sollicitant des ressources profondes, ceci à partir du croisement des bases de données de l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne (fichier redevances), de la BSS (Banque du sous-sol) et d'un fichier de la Chambre d'Agriculture de l'Allier correspondant aux points de prélèvement autorisés pour l'irrigation¹.

Les réservoirs aquifères identifiés dans les formations sédimentaires correspondent aux formations fluvio-lacustres plio-quadernaires (Sables et argiles du Bourbonnais), tertiaires (marnes, calcaires et sables), gréseuses du Trias, permienes et stéphaniennes.

À l'issue de ce travail, un fichier de 93 forages d'irrigation implantés dans des aquifères profonds indépendants des nappes alluviales a été obtenu.

1.4. Objet de la prestation

1.4.1. Périmètre d'étude

Le périmètre d'étude est représenté par les *formations sédimentaires* hors celles des nappes alluviales du Cher, de la Loire et de l'Allier et des nappes d'accompagnement des autres cours d'eau du département.

1.4.2. Résultats attendus

La prestation a pour objet d'apporter des éléments complémentaires (géologiques et hydrogéologiques) sur les ressources souterraines profondes ainsi que sur les forages « profonds » utilisés pour l'irrigation.

Il s'agit donc de ...:

- Réaliser une synthèse bibliographique sur l'état des connaissances des nappes souterraines à l'échelle du périmètre d'étude et de reporter cartographiquement, dans la mesure du possible, ces données ;
- Recenser et localiser sur fonds cartographiques IGN les forages d'irrigation captant une ressource souterraine profonde (sur la base des documents existants ou à acquérir) ;
- Récupérer le maximum d'information (coupe géologique, coupe technique, débit exploité, résultats d'essais de pompage...) pour chacun de ces forages,
- Quantifier les volumes prélevés actuellement par ces forages et définir si possible la ressource disponible.

2 . PRÉSENTATION DE LA DÉMARCHE ADOPTÉE

Ce travail a fait l'objet de 3 phases successives qui sont :

- Phase 1 : Synthèse bibliographique, recensement des données avec validation sur document ou sur le terrain, création d'un fichier interactif détaillé de données et représentation cartographique ;
- Phase 2 : Campagne de terrain complémentaire avec mesures de conductivité et datations de l'eau pour mieux caractériser les différents aquifères ;
- Phase 3 : Tentative de quantification des ressources exploitées et/ou exploitables.

2 . 1 . Phase 1

2 . 1 . 1 . Synthèse bibliographie

Le travail a débuté par une recherche bibliographique ainsi que des documents administratifs et techniques relatifs à l'utilisation de l'eau pour déterminer les différentes sources de données utilisables pour notre étude.

Cette recherche a dépassé le cadre des forages exploités pour un prélèvements d'eau à usage agricole pour s'intéresser non seulement aux forages à finalité industrielle et usage domestique mais également aux forages de reconnaissance géologique (peu nombreux) ainsi que de recherche minière qui présentent l'atout d'être dotés d'une coupe géologique détaillée et fiable, ces coupes pouvant servir « d'étalons » pour l'interprétation des coupes « foreurs ».

2 . 1 . 2 . Recensement des forages d'irrigation

Il a été collecté le maximum de données sur les forages, et ceci en nous appuyant sur la base de données DREAL offrant un recensement de 93 ouvrages à usage agricole ou non, mais aussi en reprenant toutes les informations de la base de donnée de l'Agence de l'eau Loire-Bretagne et en consultant les dossiers relatifs aux travaux réalisés ou planifiés (fichier de données de la DDT et de la Chambre d'Agriculture), plus des apports personnels compilés dans différentes études.

Plus de **1400** données toutes confondues ont été examinées : toutefois, elles concernaient aussi bien des retenues d'eau, que de l'alimentation en eau potable ou des ouvrages en

zone alluviale. Le premier tri a abouti à retenir **350** données qui, après une vérification plus poussée, a fini à 280 dossiers. Mais tous n'avaient pas la même valeur.

Pour essayer de compléter ces dossiers, il a été réalisé une enquête de terrain pour, d'une part, conforter les informations des ouvrages retenus, notamment sur le plan géologique et hydrogéologique et, d'autre part, recenser de nouveaux ouvrages.

Chaque ouvrage a fait l'objet d'une fiche détaillée avec :

- le plan de localisation,
- le géoréférencement,
- l'usage, la durée et la période de prélèvement, le volume prélevé, paramètres largement influencés par les conditions météorologiques,
- les caractéristiques techniques : profondeur, niveau piézométrique, diamètre, débit d'équipement,
- la coupe (réelle ou reconstituée par interprétation des dires),
- la caractérisation sommaire du niveau aquifère exploité (libre, semi-captif).

La finalité de cette enquête étant de pouvoir établir des corrélations stratigraphiques suivant les axes de sédimentation, une partie de la recherche de données a été orientée préférentiellement suivant ces axes afin de compléter les « vides ». Cette recherche a intégré de nombreux ouvrages, qu'ils soient à usage agricole ou autres : forage, industriels, forages pour usage domestique ainsi que les forages de recherche minière ou scientifique.

2.1.3. Cartographie

Elle a été réalisée sur un SIG avec fond topographique (scan 25), fond de la BD Ortho (photographies aériennes) et fond géologique (cartes à 1/50 000).

Cette cartographie a permis de reporter tous les points retenus montrant suffisamment d'informations pour revêtir un intérêt. Différents regroupements ont été faits à partir de critères représentatifs pour situer les ouvrages dans l'empilement géologique.

2.2. Phase 2

À l'issue de cette phase 1, il s'est avéré que nos données ne présentaient pas assez de précisions pour pouvoir distinguer la nature des aquifères et leur participation relative, rendant par la même difficile la phase de quantification. Il a alors été décidé de réaliser une campagne de mesure de la conductivité et de la température des aquifères sollicités par les ouvrages d'irrigation. Cette campagne co-organisée avec l'aide du syndicat des irrigants a ciblé 170 ouvrages sur lesquels plus d'une centaine ont pu être visités et mesurés.

Concomitamment, 7 datations tritium de l'eau d'ouvrages sélectionnés comme représentatifs des grands types d'aquifères rencontrés lors de la campagne de mesure de la conductivité ont été réalisées. Ceci avait pour objectif de confirmer (ou d'infirmer) le caractère plus ou moins confiné de ces aquifères.

2.3. Phase 3

Elle traite de la quantification des ressources exploitées et/ou exploitables. La ressource exploitable est régie par l'alimentation de l'aquifère et donc par l'infiltration efficace. De prime abord, cette valeur peut apparaître simple à appréhender au travers d'un bilan hydrique dressé à partir des données fournies par les stations météorologiques et hydrométriques. En fait, il n'en est rien, d'une part, par la complexité du contexte géologique et, d'autre part, par la faiblesse de la part dévolue à cette réalimentation avec des valeurs proches de la marge d'incertitude.

Pour préciser le paramètre drainance et, par là même, la condition de réalimentation des aquifères profonds, nous avons proposé une solution très pragmatique consistant à analyser l'évolution des niveaux piézométriques des forages du réseau ADES en fonction des conditions pluviométriques au cours du temps ; cette analyse aurait été un bon indicateur de l'évolution de l'aquifère : recharge annuelle ou affaissement de la nappe ; en fait, les données du réseau sont essentiellement qualitatives. Devant ce fait, nous nous sommes orientés vers une autre méthode fondée sur l'analyse de bassins versants représentatifs des différentes formations géologiques constitutives des formations sédimentaires du département de l'Allier.

La corrélation avec les volumes prélevés par les irrigants pourra répondre à la tentative de quantification des volumes prélevables.

La synthèse des résultats est présentée sous formats papier et informatique. Toutes les données cartographiques sont fournies sur fichiers Map Info.

3 . SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE ET ÉTAT DES CONNAISSANCES

Le département de l'Allier couvre environ 730 000 ha. Les altitudes varient entre 160 m, dans les points bas des vallées au N et N.W du département, et un peu plus de 1200 m dans la Montagne Bourbonnaise. Trois grands cours d'eau le parcourent du sud vers le nord avec d'est en ouest, la Loire, l'Allier et le Cher. Ils sont accompagnés de vastes plaines alluviales pour les deux premiers dont les cours creusent des dépôts sédimentaires tertiaires tendres. Cela est moins net pour le Cher dont une part du cours se situe dans les terrains plus résistants du socle au sens large. La géomorphologie du département se compose de zones de plaines et plateaux détritiques dont les altitudes sont comprises entre 200 à 250 m (hors vallées) et qui occupent les $\frac{3}{4}$ est du département mais aussi toute sa moitié N.W. Un relief légèrement plus marqué et vallonné occupe toute la moitié S.W comprenant notamment les Combrailles et la partie centrale du département, avec des altitudes comprises entre 350 et 600 m. Enfin le quart S.E représente la zone à relief plus fort allant de 600 à 1200 m et constitue la Montagne Bourbonnaise.

Cette morphologie est directement liée à la nature géologique des roches composant ces différentes parties.

3 . 1 . Définition du contexte géologique du département de l'Allier

La carte géologique simplifiée du département (figure 2) propose un aperçu des différentes formations géologiques composant le territoire.

- Le soubassement de cette zone est constitué d'un socle cristallin (roches magmatiques plutoniques souvent regroupées sous l'appellation « granitoïdes ou roches granitiques ») et cristallophyllien (roches métamorphiques au sens large), datant de l'ère paléozoïque (Primaire), dont l'origine remonte à la formation de la chaîne hercynienne.

Les roches métamorphiques sont, d'une part, des gneiss, des anatexites, des migmatites, des micaschistes provenant de la transformation d'anciennes roches sédimentaires enfouies lors de la collision des plaques tectoniques et, d'autre part, des leptynites, des amphibolites, des éclogites, des péridotites dont les roches mères étaient volcaniques. Toutes ces roches ont entre 400 et 300 millions d'années (Ma).

On note également un épisode volcanique intense représenté par des roches allant des basaltes aux rhyolites, connu sous l'appellation « volcanisme viséen » et dont l'âge est compris entre 350 et 300 Ma (partie moyenne du Carbonifère).

Nota : La figure 1 permet un positionnement dans l'échelle des temps géologiques.

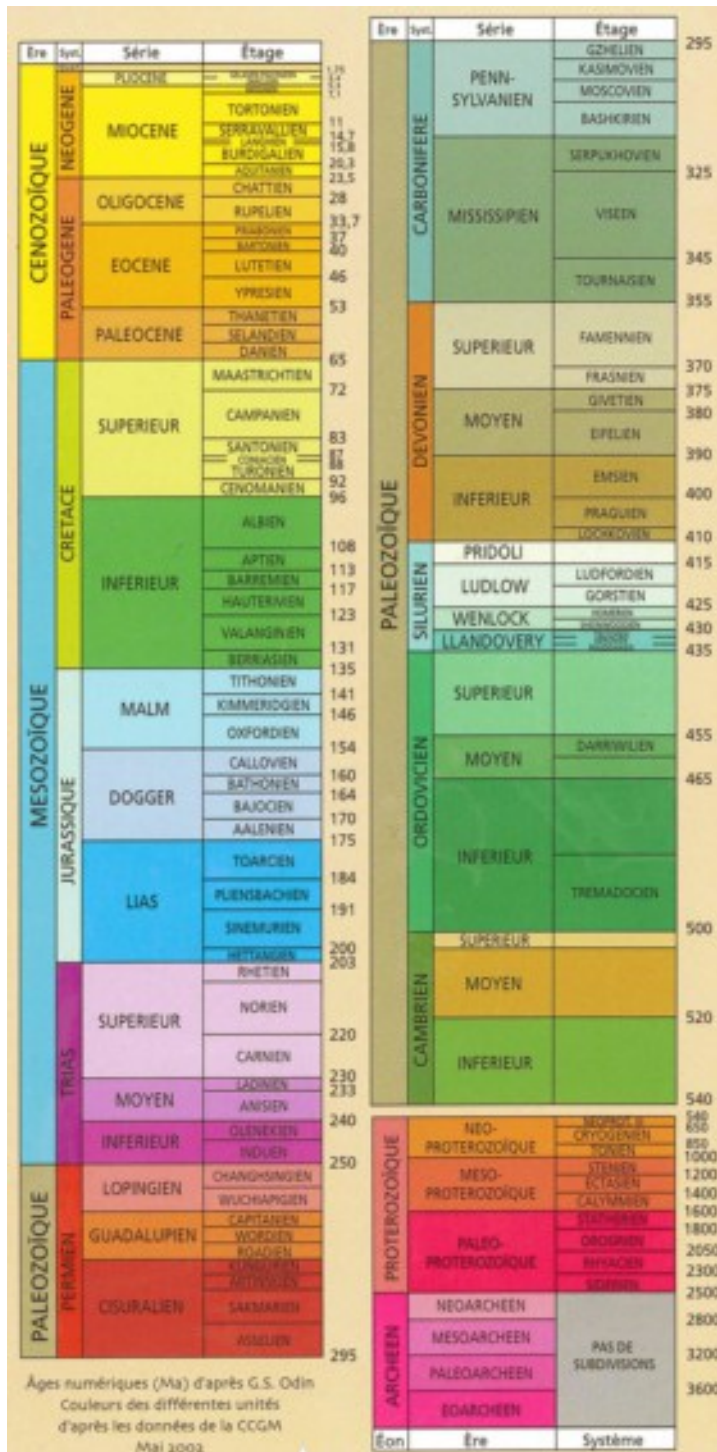


figure 1 : Échelle des temps géologiques

Les roches granitiques sont, quant à elles, issues de la fusion de certaines roches métamorphiques précédentes et ont des âges voisins de 300 Ma.

- On observe également sur ce territoire 4 générations de roches sédimentaires :
 - La plus ancienne date de la période comprise entre le Carbonifère moyen

(Viséen) et le Permien (soit entre 340 et 250 Ma). Ce sont soit des dépôts houillers, soit des dépôts rougeâtres témoignant de climats subtropicaux ; ils sont globalement à tendance détritique (grès ou sables argileux) mais peuvent aussi être franchement argileux.

- La seconde génération concerne la base du Mésozoïque (ère secondaire) et notamment les périodes du Trias supérieur et Jurassique inférieur (Lias). Ce sont des dépôts d'abord assez détritiques gréseux ou sablo-argileux souvent de couleur rosée (Trias), puis ils deviennent plus carbonatés avec des marnes et calcaires francs dans le Lias.
- La troisième génération concerne le Cénozoïque (ère tertiaire), notamment toute la période comprenant Éocène/Oligocène/Miocène/Pliocène (soit entre 55 et 2 Ma) où d'importants dépôts allant des sables aux roches carbonatées vont prendre place dans de grands bassins (les Limagnes) mais aussi dans de plus petits bassins intra-socle fermés. C'est pendant le Pliocène que vont prendre naissance les grands épandages des « sables et argiles du Bourbonnais ».
- La quatrième et dernière génération est représentée par les formations alluviales récentes (entre 2 Ma et l'actuel) de l'Allier, de la Loire et du Cher accompagnés de leurs principaux affluents. Ce sont essentiellement des dépôts détritiques (sables et galets parcourus de niveaux argileux).

Sur la carte géologique de la figure 2 ...

- les roches métamorphiques sont représentées en orangé (plus ou moins foncé), rose pâle et vert. Elles occupent essentiellement le quart SW du département (Combrailles), mais elles sont aussi présentes dans la partie sud (Montagne Bourbonnaise).
- Les roches de la série viséenne et les roches sédimentaires de la période Carbonifère/Permien sont représentées sous le même figuré marron-brun. On les retrouve essentiellement dans le quart N.W, mais également dans la Montagne Bourbonnaise et son extension vers le nord près du Donjon.
- Les roches sédimentaires mésozoïques sont représentées en rose et bleu, elles occupent la partie de l'extrême N.W du département. Les roches sédimentaires tertiaires sont représentées en jaune et beige, elles couvrent pratiquement la moitié est du département (formation des sables et argiles du Bourbonnais au sens large), exception faite de la Montagne Bourbonnaise, mais aussi une partie du quart N.W ainsi qu'une zone entourant la vallée du Cher, entre Montluçon et Meaulne.
- Les formations alluviales des trois grands cours d'eau (Allier/Loire/Cher) sont représentées en grisé verdâtre mais sont surtout visibles au niveau de la rivière Allier.

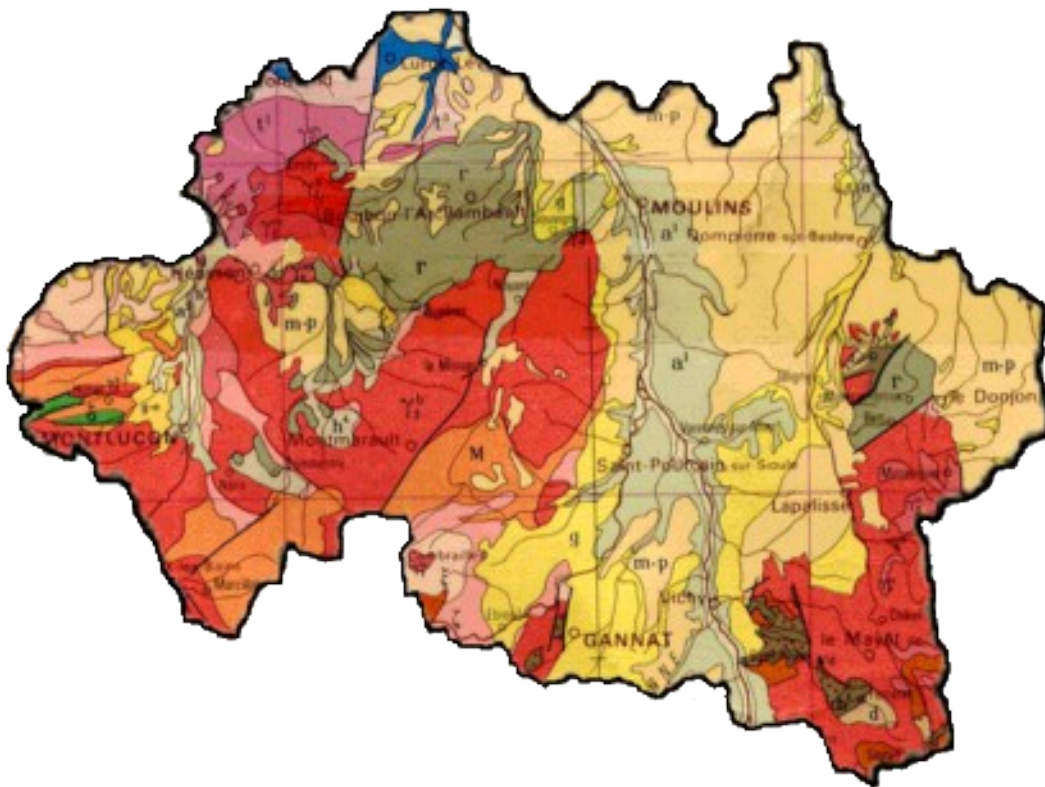


figure 2 : Extrait de la carte géologique simplifiée du département de l'Allier (compilation simplifiée des cartes géologiques à l'échelle 1/80 000 du BRGM).

L'objectif de cette étude étant l'identification des aquifères profonds, hors nappes alluviales d'accompagnement des cours d'eau, avec une orientation tournée vers l'irrigation, un certain nombre de formations géologiques ne seront pas d'un grand intérêt, soit parce qu'elles ne sont pas susceptibles de fournir des aquifères à débits suffisants, soit parce qu'elles ne favorisent pas l'installation de sols permettant une agriculture céréalière qui est celle qui demande le plus de besoins en irrigation. Ainsi toutes les zones de socle du quart SW et de la Montagne Bourbonnaise étant dans ce cas de figure, elles n'ont pas été retenues. Elles disposent d'ailleurs de très peu de données hydrogéologiques et, comme le montre l'étude du BRGM (RP-53122-FR, JC Maréchal) de mai 2004, la recherche d'aquifères dans le socle est très aléatoire avec des débits relativement faibles par rapport aux besoins d'irrigation.

Puisque l'on écarte les formations alluviales de nappes d'accompagnement des cours d'eau, ayant d'ailleurs fait déjà l'objet d'une étude, il reste 3 grandes formations géologiques susceptibles d'intérêt : les dépôts sédimentaires du Primaire (Carbonifère-Permien), ceux du secondaire (Trias), ceux du Tertiaire (Éocène/Oligocène/Miocène/Pliocène). Souvent ces formations sont superposées comme dans le quart N.W où les trois pourront être présentes dans les premiers 100 m. Dans d'autres secteurs comme le quart N.E, l'importante épaisseur des dépôts tertiaires ne permettra pas de rencontrer les dépôts précédents sauf à grande profondeur (plusieurs centaines de mètres).

3.1.1. Les formations sédimentaires du Primaire

Elles concernent essentiellement deux périodes : le Carbonifère et le Permien et sont essentiellement présentes dans le secteur compris entre le N.E de Bourbon-l'Archambault et une ligne Buxières-les-Mines/Ygrandes. C'est donc dans cette zone que nous les décrivons, sachant que, même si de petites variantes peuvent affecter la zone de la Montagne Bourbonnaise, on trouvera néanmoins de très nombreuses analogies.

Globalement, le quart N.W montre la succession du S.E au N.W, socle / Carbonifère (Stéphanien) et surtout Permien (Autunien/Saxonien) / Trias / Lias /couverture dispersée d'Éocène, voire Pliocène.

La coupe synthétique entre Cérilly et Agonges (cf. figure 3) est une bonne illustration de ce que l'on peut rencontrer.

- Le Stéphanien (h4) n'est que très peu présent à l'affleurement ; toutefois, en certains endroits, il peut représenter un empilement important de sédiments (700 à 800 m reconnus en sondages COGEMA). Ces dépôts sont globalement très détritiques (grès, conglomérats) avec une forte influence fluviale mais aussi palustre (environnement marécageux) pouvant fournir des dépôts fins argileux. Ils sont également porteurs de passées houillères comme dans le secteur de Noyant. Les couches de sédiments ont subi de fortes déformations si bien qu'il n'est pas rare de les observer avec de forts pendages (souvent supérieurs à 30°).
- L'Autunien/Saxonien (r1 / r2) est beaucoup plus présent à l'affleurement et peut représenter de fortes épaisseurs (jusqu'à environ 800 m). L'Autunien se sépare en deux niveaux souvent caractérisés par leur couleur : l'Autunien gris et le rouge, formant chacun des épaisseurs souvent comparables. Le Saxonien est moins représenté et ressemble assez à l'Autunien rouge dont il semble représenter un passage graduel.
- Comme sa couleur le laisse penser, l'Autunien gris est souvent parcouru de niveaux très riches en matière organique (charbon) dans des dépôts gréseux grossiers. On peut néanmoins y rencontrer des niveaux carbonatés et des passées de schistes bitumineux. Une telle composition des dépôts se répercute sur la qualité de l'eau (odeur....).

L'Autunien rouge comprend des dépôts plus diversifiés allant des grès et conglomérats d'origine fluviale à des dépôts plus fins lacustres sablo-argileux voire carbonatés. Par contre, les milieux de dépôts semblaient rythmés par des périodes de fortes inondations engendrant des niveaux réducteurs riches en sulfures et matière organique, suivies de longues périodes sèches où le climat de type tropical provoquait de fortes oxydations (d'où la couleur rouge). Dans l'Autunien, il est fréquent d'observer des zones silicifiées quelquefois considérées en lien avec une activité hydrothermale associées à l'activité volcanique (également présente à cette époque dans le secteur).

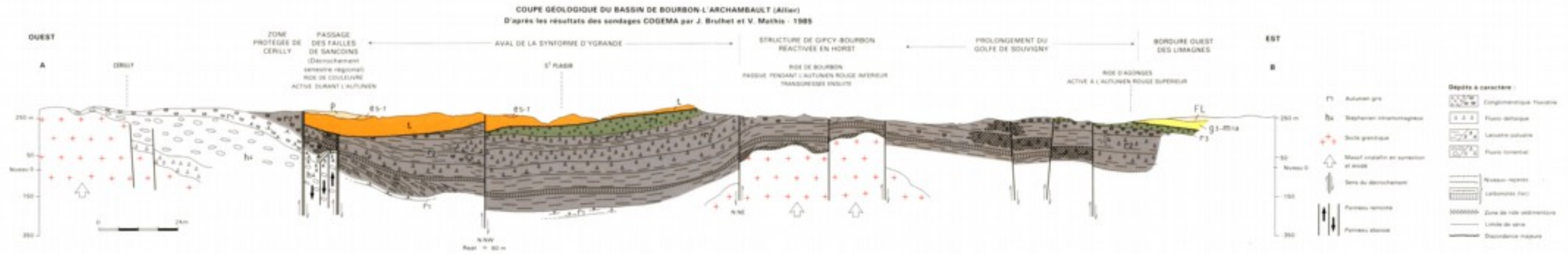


figure 3 : coupe synthétique entre Cérilly et Agonges

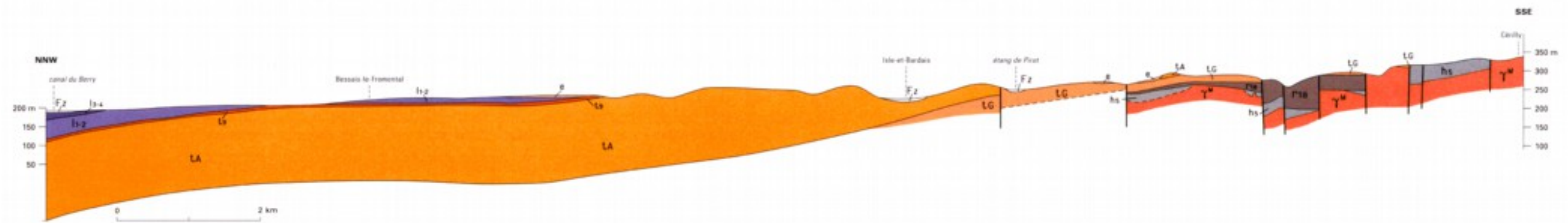


figure 4 : coupe dans les formations sédimentaires du Secondaire

3.1.2. Les formations sédimentaires secondaires

- Les dépôts du Trias marquent non seulement le passage de l'ère primaire à l'ère secondaire mais surtout l'arrivée des dépôts marins, tout du moins de bords de mer. C'est donc toujours le secteur NW qui montrera le mieux ces dépôts (cf. figure 4). Comme l'indique cette figure, le Trias vient se déposer dans une synforme (zone concave) formant un bassin initié lors des phases tectoniques de la fin du primaire. Ce bassin, s'ouvrant vers le NW, a permis l'arrivée de la mer par le bassin de Paris. Nous ne disposons que des dépôts du Trias supérieur (Rhétien) constitués de grès à ciment calcaire, de sables et argiles rouge vif à violacé (quelquefois silicifiés près des zones de faille comme celle de Sancoins). On peut même rencontrer des dépôts indiquant des phases évaporitiques comme les gypses à l'ouest de Lurcy-lévis (secteur de la Plâtrière). L'épaisseur totale des dépôts triasiques varie de la centaine de mètres à 250 m. La prédominance des niveaux gréseux, des niveaux sableux grossiers et francs de 2 à 3 m de puissance est signalée (secteur d'Azy-le-Vif (58), à la limite nord du département de l'Allier. Mais la porosité et la fracturation qui affectent les grès les rendent à priori favorables.
- Le Lias (Jurassique inférieur) fait suite au Trias ; plus on s'éloigne en direction du N-N.W, plus on pénètre nettement dans la zone marine et plus les dépôts deviennent alors argileux et surtout très carbonatés. On trouve alors des marnes et calcaires souvent fossilifères totalisant des épaisseurs variables mais pouvant atteindre et dépasser les 100 m lorsque les 2 étages du Lias inférieur (Hettangien et Sinémurien) sont présents et complets. Ces calcaires sont connus pour donner des sources importantes karstiques (de l'ordre de 50 m³/h) dans le Nivernais, à la limite du département de l'Allier.

3.1.3. Les formations sédimentaires tertiaires

Nous allons ici commencer par faire une synthèse de ce qui constitue l'ensemble des dépôts sédimentaires tertiaires du département. Il faut savoir que la partie bourbonnaise de ces dépôts est intimement liée à l'ensemble des Limagnes ce qui explique que nous aborderons ces formations sédimentaires dans leur globalité.

Dès la limite Éocène/Paléocène, la région subit les contrecoups de la formation de la chaîne alpine qui se traduisent par la création de grands bassins sédimentaires orientés globalement nord-sud et limités à leurs bords par de grandes failles s'enracinant profondément dans la croûte terrestre. C'est dans ces grands bassins, dont le fond s'enfonçait petit à petit sous le poids de l'empilement sédimentaire et sous l'action de l'extension de la croûte, que d'importantes épaisseurs de sédiments vont se déposer. C'est ainsi que la Limagne de Clermont totalisera 2500 à 3000 m de sédiments dans sa partie la plus profonde, alors que la Limagne d'Allier n'en cumulera que 1000 à 1500 m.

La coupe synthétique de Giot (voir figure 5) permet de localiser, dans les grandes lignes, la morphologie des différents sous-bassins présents. Il est alors proposé un découpage en 5 séquences sédimentaires fondées chacune sur l'observation d'une base plus détritique

précèdent des dépôts marno-calcaires, voire évaporitiques. Même si une révision de ce découpage vient d'être faite, elle ne change que peu de choses sur les grandes lignes, le nombre passe à 6 et l'appellation des séquences de S0 à S5.

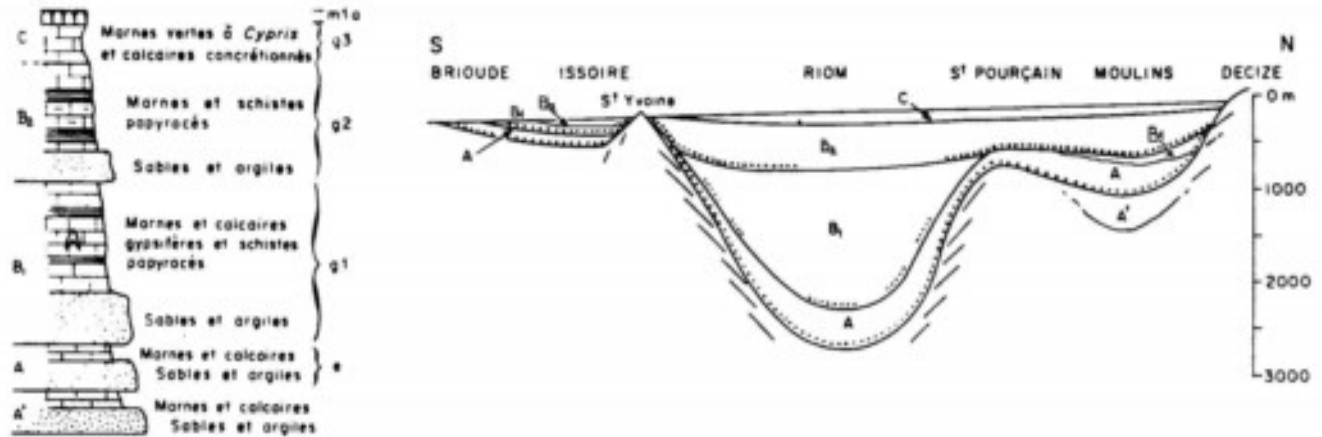


figure 5 : Répartition des séquences de sédiments sur le fossé des Limagnes (GIOT, 1976 modifiée).

Sans entrer dans le détail de la description de ces séquences, on constate que dans le département de l'Allier, elles sont toutes présentes mais avec des développements différents de la Limagne de Clermont.

La coupe synthétique de la figure 5 montre bien que toutes les périodes de l'Éocène au Miocène sont bâties sur le même principe, d'une base détritique. Ce sont ces niveaux qui peuvent représenter un intérêt hydrogéologique s'ils sont accessibles à des profondeurs « raisonnables ». C'est surtout le cas essentiellement pour le passage S4/S5 qui de plus bénéficiera de niveaux de concrétions algaires assez développés souvent doté d'une bonne perméabilité.

Mais les séquences S0 à S2 pourront également être intéressantes quand elles existent en bordure de la zone d'effondrement. En effet, il faut bien comprendre que les phases initiales de cette extension ont produit une vaste zone de courbure concave où de petits bassins peu profonds ont pu se former très largement au-delà de la zone des Limagnes actuelles. Si bien que des dépôts éocènes sont présents ailleurs que dans les fonds de bassin des Limagnes de Clermont, d'Allier ou de Brioude.

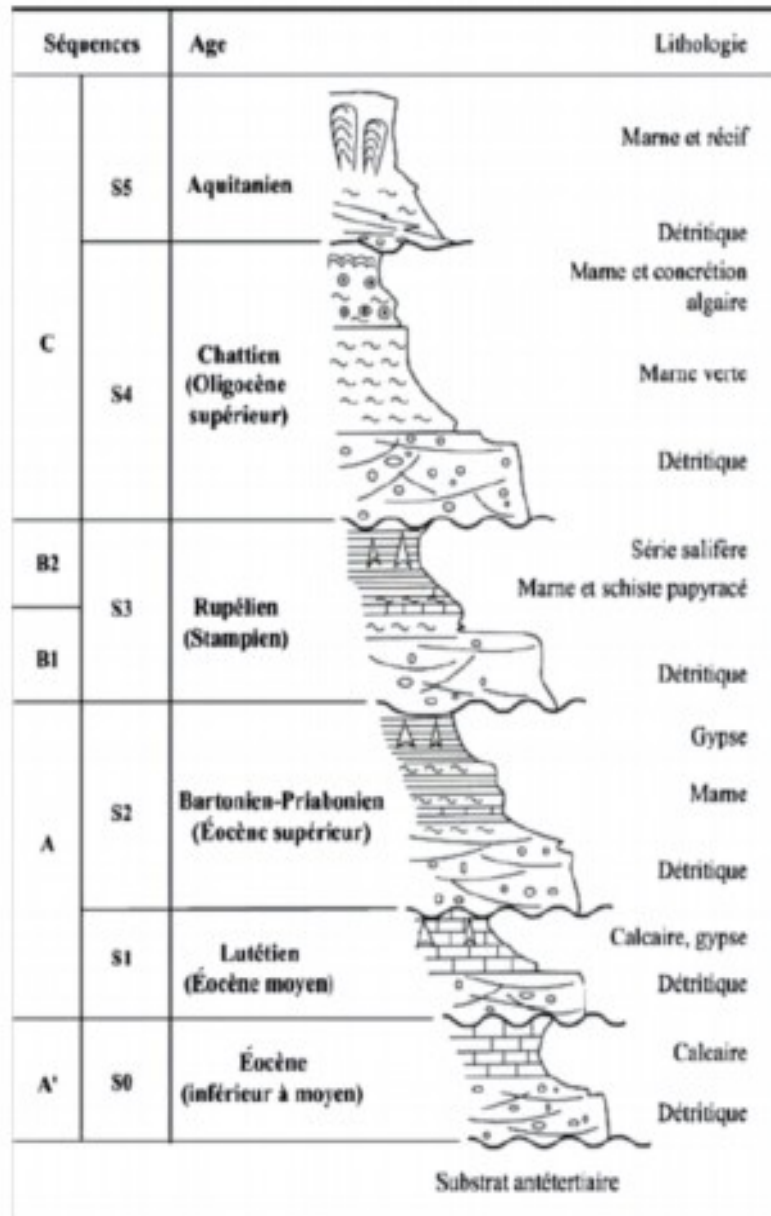


figure 6 : Stratigraphie de la Limagne (Clermontois et Bourbonnais),
Wattine 2004

3.1.3.1. Les dépôts éocènes

Ils se trouvent dans le quart N.W du département ainsi que dans le bassin longeant le Cher entre Montluçon et Meaulnes. La plupart du temps, ils sont composés de niveaux détritiques grossiers sablo-argileux ou arkosiques pouvant être localement gréseux. Il a été également trouvé des phases plus carbonatées avec notamment les calcaires de Couleuvre entrecoupés de niveaux très argileux contenant des argiles fibreuses (sépiolites, attapulgites). Globalement ces niveaux éocènes ne sont pas très épais et ne totalisent rarement plus que quelques dizaines de mètres. Ils montrent souvent des couleurs rosées, voire rougeâtres, car ils remanient les phases sidérolithiques ou assimilées. Les niveaux de sable franc et peu argileux sont assez rares mais peuvent exister notamment près des contacts avec le socle.

3.1.3.2. Les dépôts oligocènes

Le plus souvent, ils sont directement liés aux zones à fort effondrement, donc dans les Limagnes franches. Si en bordure de bassin et au contact avec le socle, ils peuvent être sablo-argileux, leur grande majorité est marno-calcaire et peut même être évaporitique (sel de sodium, gypse ou plutôt le plus souvent anhydrite). On note également d'importantes masses de laminites (argiles très finement stratifiées) et une dolomitisation fréquente. Ils contiennent aussi des hydrocarbures, le plus souvent sous forme de bitumes. Ils sont souvent parcourus de failles importantes pouvant conduire des circulations d'eau profonde thermo-minérale vers la surface. Cette eau peut cependant devoir partager l'espace des failles avec des remontées de bitumes, ce qui peut lui donner des caractéristiques particulières.

3.1.3.3. Les dépôts miocènes

Comme le montre la figure 8, leur extension est plus restreinte que celle de l'Oligocène. En effet, ces dépôts miocènes vont se développer dans des lacs de moindre importance correspondant à des ombilics ennoyés où des étendues d'eau peu profonde en cours de comblement. Ce dernier cas correspond à celui de la Limagne d'Allier où le Miocène va être très développé en extension. Comme nous l'avons indiqué précédemment, les dépôts comprendront des phases détritiques sableuses ou argilo-sableuses qui deviennent marno-calcaires vers le sommet des dépôts. La grande différence avec l'Oligocène est la présence très fréquente de concrétions algaires (stromatolithes) et de niveaux oncolitiques. Ces derniers sont des dépôts constitués d'accumulation d'encroûtements autour de débris de stromatolithes ou d'autres petits fossiles ou de grains de roches sédimentaires. Ces encroûtements forment des grains millimétriques à centimétriques souvent appelés « oolithes » se comportant presque comme un sable, s'ils ne sont pas cimentés (figure 7). Quant aux stromatolithes, ils représentent des constructions calcaires à surface mamelonnée finement stratifiées en couches concentriques. Ils proviennent de l'action de cyanobactéries formant des filaments s'entrecroisant pour constituer des tapis gélatineux. Ces filaments s'entourent de concrétions calcaires donnant l'aspect concentrique, mais à leur mort, la matière organique libère l'espace pour créer des vides. Ainsi ces stromatolithes sont souvent très poreux et permettent la circulation de fluides qui sont soit de l'eau, soit du bitume.



figure 7 : Dépôts oncolitiques (photos A. Wattine, 1999)



figure 8 : Carte schématique de la Limagne d'Allier, montrant l'extension du chenal de sédimentation lacustre en Limagne de Clermont, durant l'Aquitanien (HUGUENEY et al., 1999)

Les dépôts observés dans la carrière de Créchy près de Billy (figure 9) sont tout à fait représentatifs de ce que peut montrer le Miocène dans l'Allier.

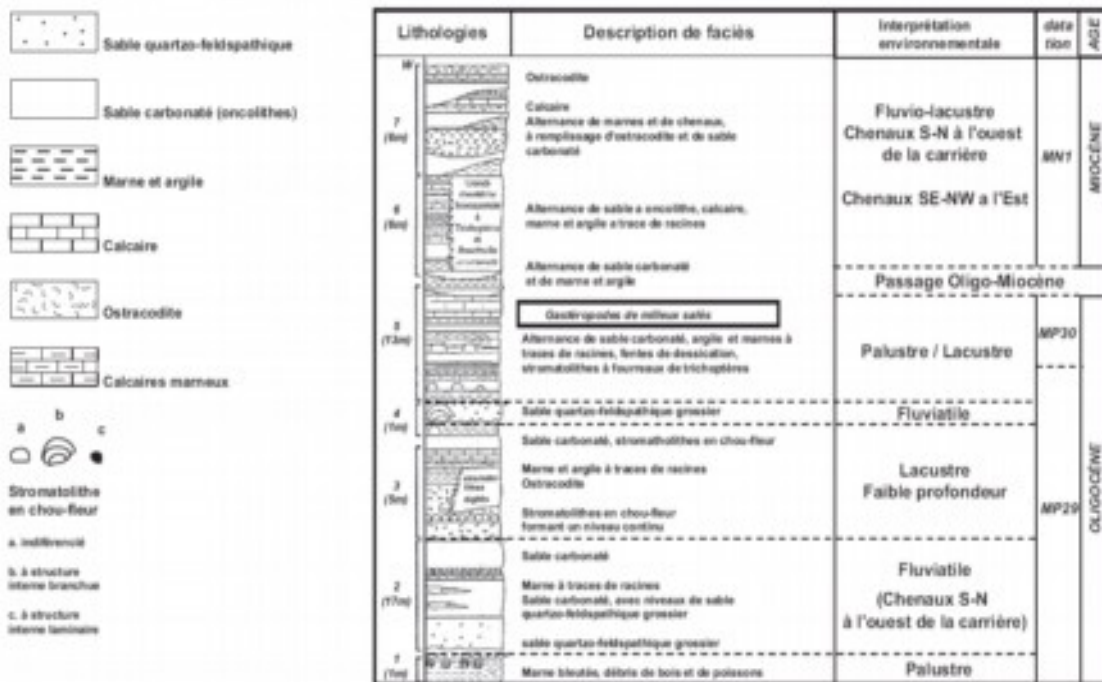


figure 9 : Log de la carrière de Créchy (Wattine, 2004)

C'est donc cet ensemble, soit détritique (sables plus ou moins argileux souvent verdâtres), soit

de concrétions algaires (oncolites, stromatolithes) soit les deux regroupés, qui peut apporter *une originalité hydrogéologique à toute la zone est du département*, sachant que ces dépôts sont soit affleurent, soit forment le soubassement des sables et argiles du Bourbonnais.

3.1.3.4. Les sables et argiles du Bourbonnais (SAB)

La fin de la sédimentation miocène est due essentiellement à une surrection du Massif Central liée à l'action alpine. Parallèlement des montées magmatiques vont se manifester dans une grande partie de l'Auvergne, et ceci de façon régulière à partir de 15 Ma. La formation de grands massifs volcaniques (comme celui des Monts Dore) couplée au soulèvement des vieux socles hercyniens (dont celui du Forez/Montagne Bourbonnaise) et à la mise en place d'un climat humide favorable aux précipitations, va conduire à une forte érosion et à des épandages de dépôts fluviatiles engendrés par les deux grands cours d'eau de l'époque : la paléo-Loire et le paléo-Allier.

L'étude de J. Tourenq (doc BRGM N° 174, 1989) constitue la synthèse la plus aboutie sur les sables et argiles du Bourbonnais. En effet, outre les affleurements, de nombreux forages ou sondages ont été pris en compte et ceci non seulement sous l'aspect descriptif des différents niveaux mais également sur leurs compositions minéralogiques et la nature des argiles présentes.

Il ressort de cette étude que trois séquences sédimentaires se succèdent. Chacune d'elle semble montrer des évolutions de sa base à son sommet en passant de niveaux grossiers à des niveaux fins.

- *La séquence inférieure* est la plus grossière avec des sables se chargeant en galets à la base mais devenant plus fins vers le sommet ; cette séquence est d'épaisseur et de granulométrie variable : elle cumule entre 10 et 20 m de dépôts.
- *La séquence intermédiaire* (ou séquence des argiles noires) est constituée de silts, argiles silteuses et argiles. Les argiles peuvent prendre différentes couleurs et quelquefois apparaît un niveau d'argile noire à nombreux débris de bois fossiles, d'où le nom utilisé pour cette formation. Cependant ces argiles noires n'existent pas partout et sont surtout représentées dans le quart N.E (secteur de Thiel-sur-Acolin). Leur épaisseur varie de 0 à 10 m.
- *La séquence supérieure* comprend des sables argileux beiges à gris, fins à grossiers, ne comportant généralement pas de galets ; c'est un niveau assez irrégulier pouvant montrer des niveaux sableux francs mais plus rares et des niveaux argileux nets. Son épaisseur varie de 10 à 20 m.

Pour éviter la lourdeur de répétition de ces séquences, nous utiliserons les abréviations :

- SIG : Séquence Inférieure à Galets
- SIA : Séquence intermédiaire à Argile
- SSF : Séquence supérieure à sables Fins

Certains auteurs des cartes géologiques récentes pensent plutôt que deux séquences sont présentes, et que celle des argiles noires est l'ultime faciès de la séquence inférieure. Nous ne trancherons pas ici car cette distinction n'a que peu d'importance pour notre étude, seule la présence ou non d'un niveau argileux intermédiaire peut être un facteur influençant la

circulation des eaux.

Il est très rare de trouver les trois séquences bien représentées en un point donné, si bien que, si le cumul théorique des trois atteint 50 m, il est souvent plutôt de 25 à 35 m avec des variations de faciès qui ne permettent pas toujours de savoir quelles séquences sont réellement représentées. Il est clair que, lorsque sur une coupe géologique, il est présenté des épaisseurs de 60 ou 70 m pour cette formation, c'est qu'il a été fait un amalgame entre les SAB et d'autres formations.

Des coupes schématiques types proposées par Tourenq (figure 10) et les auteurs de la carte géologique de Dompierre/Besbre (figure 11) permettent de décrire globalement ces dépôts et leur évolution. Mais attention, les sables et argiles du Bourbonnais représentent un épandage de sables et argiles le long de chenaux qui s'entrecroisent, se pincent, disparaissent ou coalescent, ce qui rend leur suivi très délicat et une représentation graphique toujours en partie fausse.

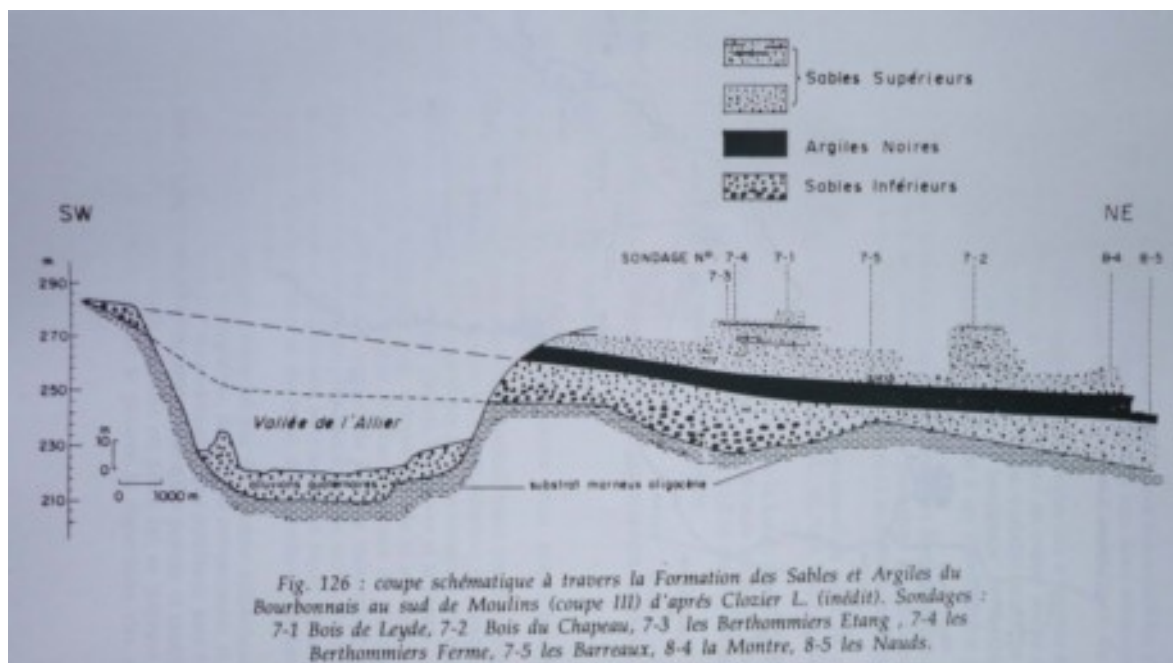


figure 10

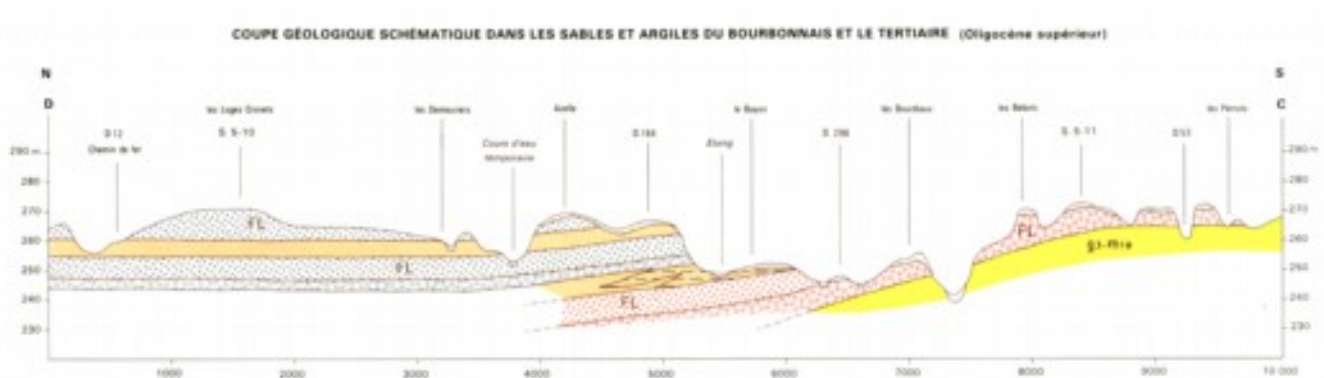


figure 11

Tourenq a également remarqué que certains minéraux pouvaient être marqueurs de dépôts amenés par la paléo-Loire ou par le paléo-Allier. Ainsi des dépôts contenant de l'andalousite et de la sillimanite, minéraux marqueurs des roches métamorphiques du socle forézien au sens large, sont attribuables à la Loire. À l'inverse, des dépôts contenant des minéraux du volcanisme mondorien comme le sphène, la hornblende, le quartz bipyramidé des ponces ou des argiles smectites de l'Oligocène marquent des apports de l'Allier lors d'un parcours nord-sud dans les Limages.

C'est ainsi que différents chenaux ont pu être individualisés dans les SAB, comme le montre la figure 12. Ceci permet de constater que la connexion entre Loire et Allier ne se faisait pas au même endroit qu'actuellement mais beaucoup plus au sud dans un secteur entre Moulins et Dornes. De même on constate que, si les SAB sont souvent considérés comme occupant le quart NE du département, ils sont aussi représentés en bordure ouest de l'Allier et nappent largement les terrains triasiques où ils cumulent de faibles épaisseurs souvent sablo-argileuses.

Une difficulté supplémentaire pour corréliser les différentes séquences réside dans les effets de la tectonique. Si les SAB se sont accumulés dans cette zone plane et légèrement concave du N.E de l'Allier de l'époque, c'est que des phénomènes d'extension permettaient la conservation de ce point bas du relief. Mais il est bien connu que depuis 1.5 à 2 Ma (Quaternaire), les mouvements alpins engendrent de la compression dans notre région qui a remplacé l'extension. Ceci a eu pour cause de mettre fin à ce point bas, de déplacer les cours de la Loire et de l'Allier et de créer des failles dans les dépôts de SAB qui ont probablement modifié la continuité des chenaux d'origine. D'où une tâche particulièrement ardue qui attend toute volonté de travailler sur des corrélations à longue distance.

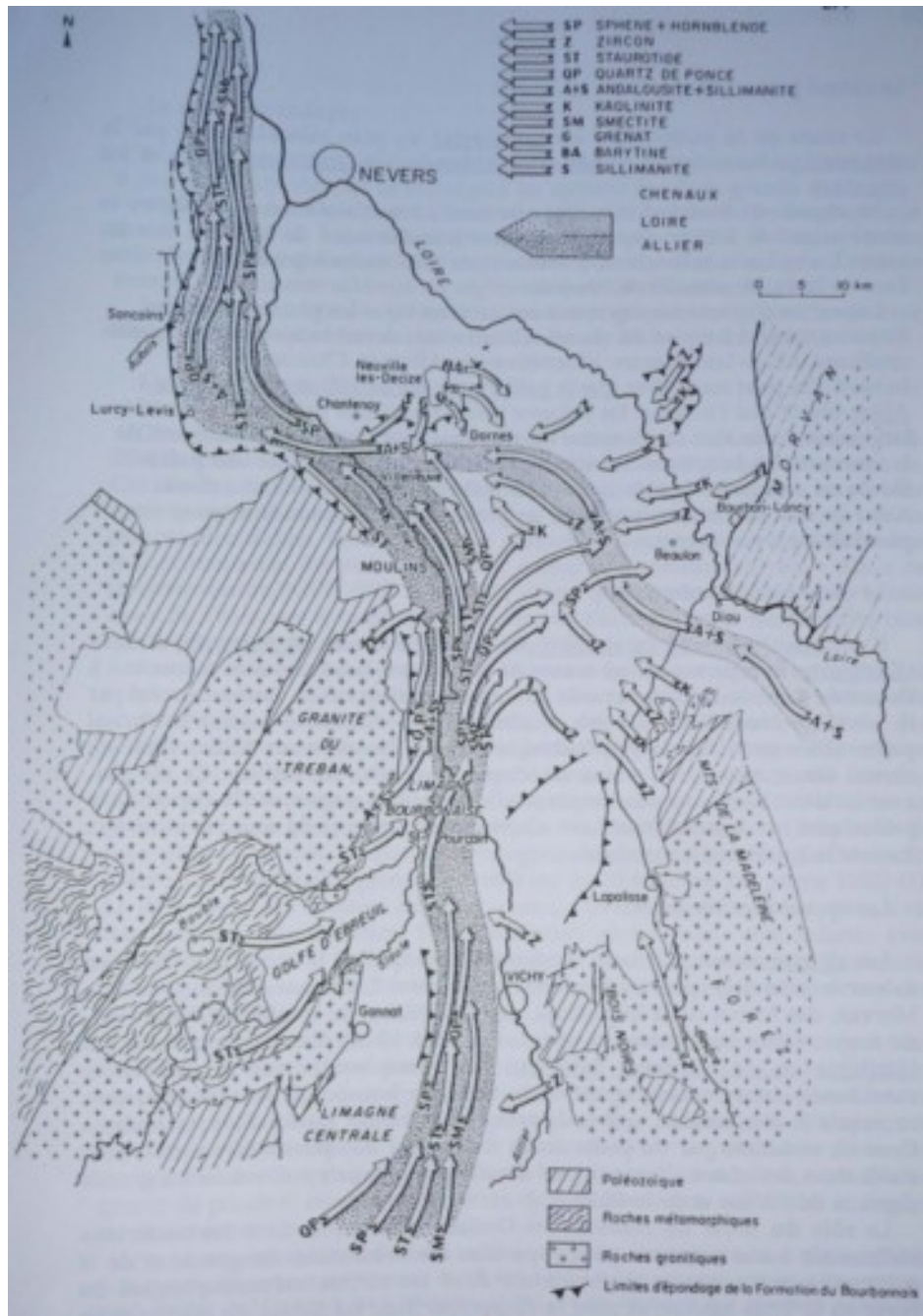


figure 12 : paléogéographie du réseau fluvial des sables et argiles du Bourbonnais (doc. Tourenq)

3.2. Contexte hydrogéologique des formations sédimentaires du département de l'Allier

- Les ressources les plus exploitées sont celles de nappes alluviales de l'Allier et de la Loire. D'autres aquifères mériteraient d'être mieux connus tels ceux des alluvions quaternaires en terrasses et surtout ceux des sables et argiles du Bourbonnais.
- Ces derniers, au vu de leur lithologie, peuvent contenir des ressources en eau souterraine, notamment le niveau de sables à galets pouvant atteindre 10 m d'épaisseur, à l'origine de la source de Trévol au nord de Moulins au débit appréciable (17 l/s) ; la formation est cependant globalement d'une perméabilité médiocre à l'origine d'une multitude d'étangs et de retenues.
- Pour ce qui est des formations oligocène et miocènes, la combinaison de la tectonique et des variations lithologiques donne naissance à des compartiments de composition variable ; ces formations sont le plus souvent argileuses ou marneuses, donc peu perméables ; toutefois, la série présente d'assez nombreux niveaux de sables et de calcaires à l'origine de sources émergeant sur les flancs des coteaux et en relation avec un réseau complexe de fissuration affectant la masse de ces terrains ; citons la fontaine du château de Chareil à débit intermittent (toutes les 15 secondes) de 0,5 m³/h (C = 685 µS/cm, t = 15,2 °C) le 20/09/2012.
- Les sables et grès du Trias et du Rhétien constituent dans la région un réservoir aquifère notable ; cela ne transparaît pas pourtant en surface où les sables sont majoritairement argileux ou silicifiés ; cependant deux niveaux se présentent plus favorablement : les conglomérats et les sables grossiers de la base (les sources de la Bouteille au N.E. de Vallon sont situées vers la base du Trias). Le potentiel de ce réservoir est uniquement connu en domaine captif où les débits d'exploitation peuvent atteindre 35 à 50 m³/h (forage de Limoise à 120 m de profondeur) avec toutefois des débits spécifiques peu élevés (1 à 4 m³/h/m).

Les eaux du Trias se caractérisent par une faible conductivité (de 140 à 220 µS/cm). Des puits particuliers atteignent cette nappe mais ils sont peu utilisés ; la nappe est très peu exploitée pour l'agriculture en raison principalement de l'occupation des sols qui ne demande pas ou peu d'irrigation mais aussi à cause de la ressource peu abondante dans le domaine de la nappe libre et du coût des forages élevé dans ce type de réservoir en domaine captif.

4 . RECENSEMENT DES DONNÉES CONCERNANT LES OUVRAGES D'IRRIGATION

4 . 1 . Utilisation et validation des données fournies

4 . 1 . 1 . L'étude préalable du BRGM

La base de travail fournie par la DREAL est le rapport du BRGM « Inventaire des forages d'irrigation implantés dans des aquifères indépendants des nappes alluviales dans le département de l'Allier » Novembre 2010.

Ce travail avait pour but de procéder à l'inventaire des forages d'irrigation faisant appel à des ressources profondes, à partir des données disponibles à l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne, au syndicat des irrigants de l'Allier et dans la BSS (Banque du Sous-sol du BRGM)

Le BRGM a donc examiné les bases de données sur les forages d'irrigation (Agence de l'Eau Loire-Bretagne, BSS du BRGM et Chambre d'Agriculture de l'Allier) et réalisé une analyse de ces données.

Sa conclusion était qu'il existait une centaine de forages utilisés pour l'irrigation exploitant des ressources en eau souterraine indépendantes des nappes alluviales. Il était également indiqué que 5 formations géologiques étaient identifiées comme potentiellement porteuses de réservoirs aquifères, à savoir :

- Les SAB
- Les terrains tertiaires
- Les grès triasiques
- Les sédiments permien
- Les sédiments stéphaniens

Un positionnement cartographique de ces points sur des fonds MNT à 1/250 000 sur lesquels pouvaient être surimposés des contours géologiques approximatifs ont été réalisés (cf. figures 13 à 15).

Trois sources de données ont été exploitées : celles provenant du fichier de l'agence de l'eau Loire-Bretagne, celles classées « irrigation » dans les fichiers de la BSS du BRGM et celles provenant d'une sélection appelée « eau profonde » dans la BSS du BRGM et pour lesquelles il n'y a pas d'usage agricole indiqué.

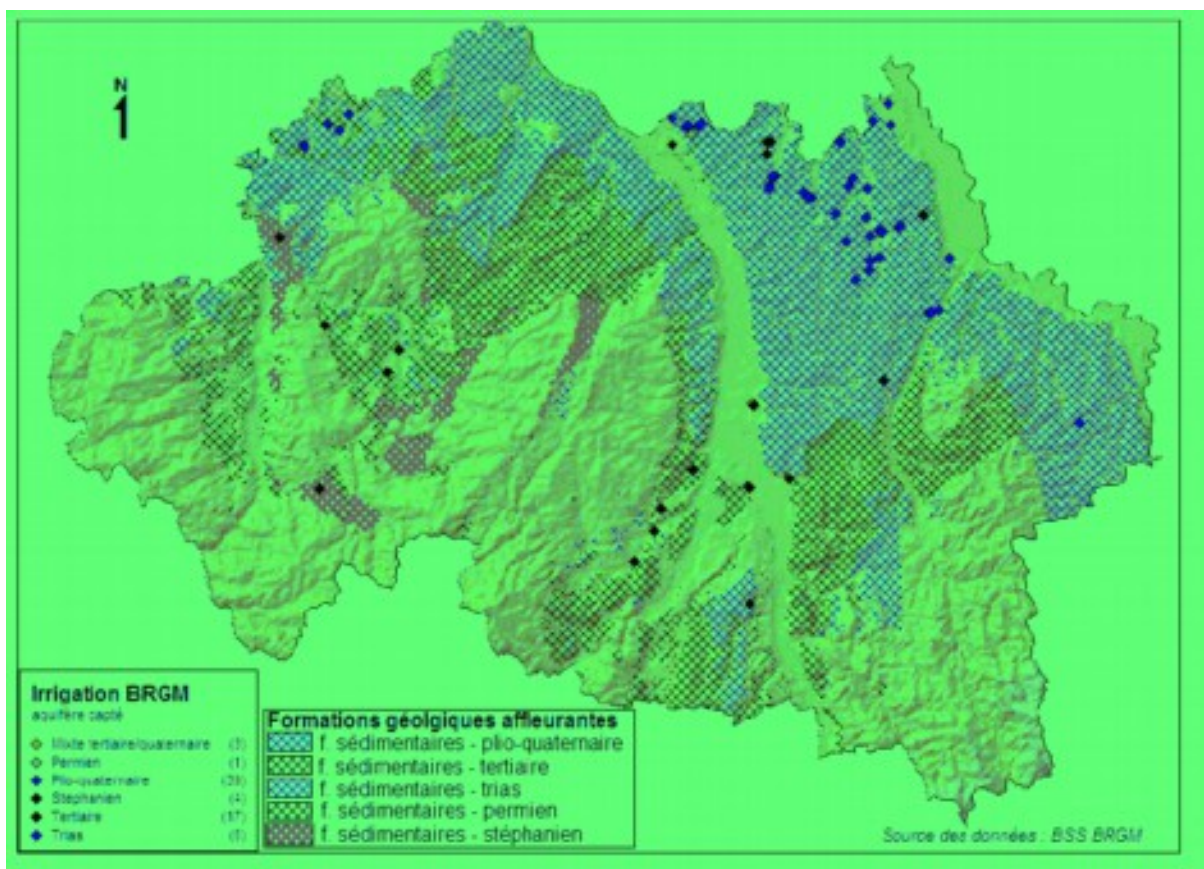
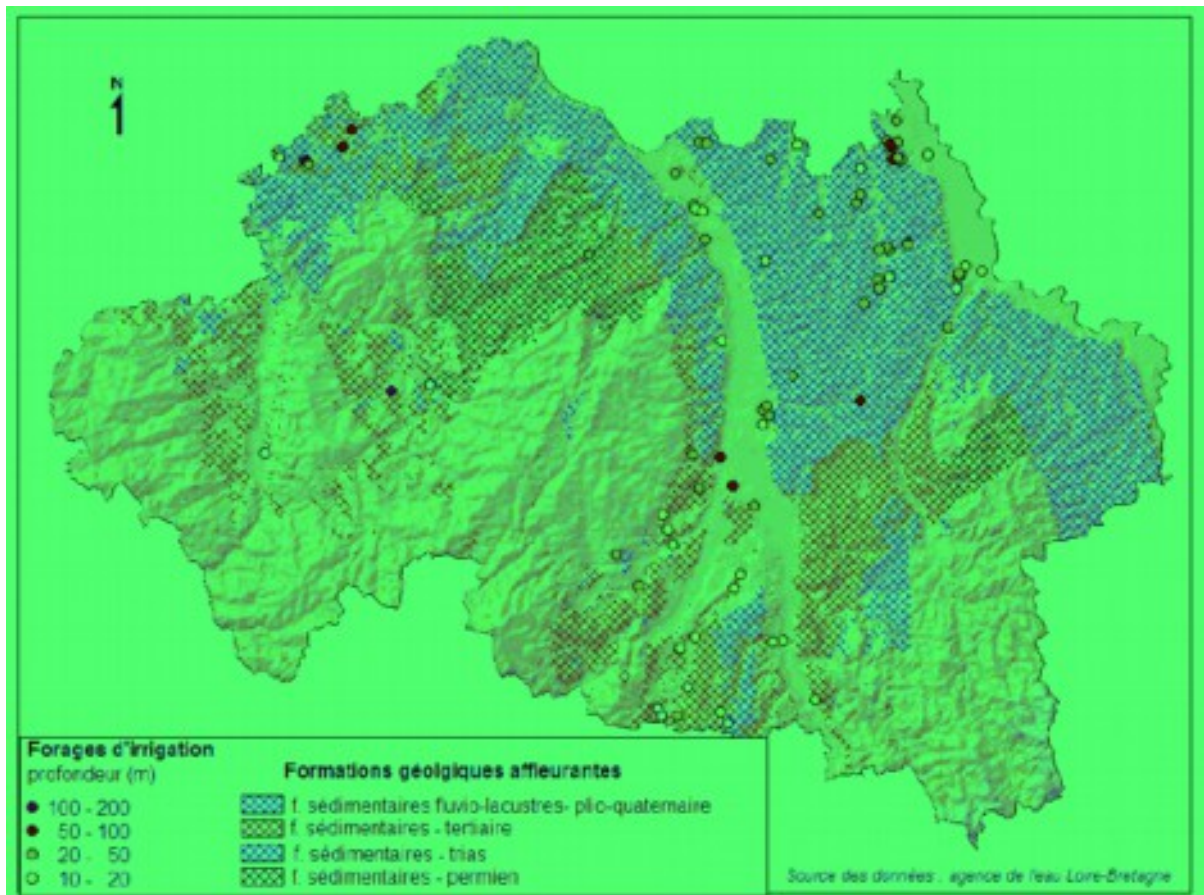


figure 13 et figure 14

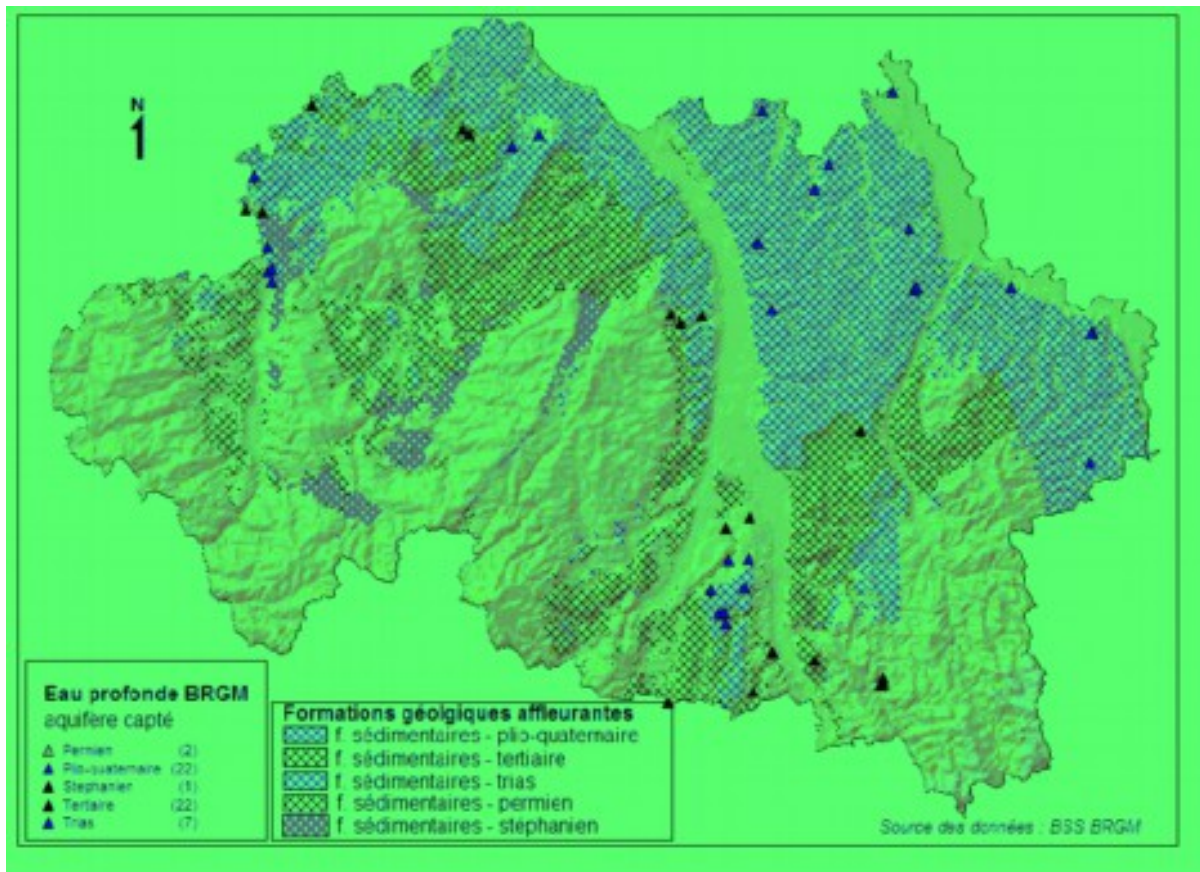


figure 15

La compilation de ces données montre que la majorité des points indiquent des forages compris entre 0 et 50 m de profondeur et que les deux grandes formations exploitées sont les SAB et le tertiaire. Le Trias de l'extrême NW du département apparaît cependant mais avec peu de données.

Il était également fourni des tableaux (cf. tableaux 1 -1 bis – 1 ter) présentant les données du fichier « irrigation » (69 points) et celles de « eau profonde » (54 points).

Le rapport conclue que les informations relatives aux nappes exploitées sont succinctes ou inexistantes dans certaines des bases de données et que les rapports d'études sont peu détaillés ; il est également mis en garde sur la validité des données concernant l'hydrogéologie (pompage d'essai de courte durée, débits surestimés...) et la géologie (pas d'information sur l'épaisseur de la formation aquifère, nature des formations discutables...).

Compte tenu des informations sommaires contenues dans les tableaux du rapport, il a donc été décidé de reprendre tous les documents de références que sont :

- les dossiers de demandes d'autorisation annuelles temporaires de la chambre d'agriculture de l'Allier
- l'étude sur la définition des volumes prélevables dans le département de l'Allier, LRPC/Février 2011,
- le rapport BRGM R-34571AUV, Mars 1992, « Exploitation des nappes aquifères en Sologne Bourbonnaise, Prospections géophysiques et sondages de reconnaissance »,

- le rapport BRGM R-33476 AUV, Août 1991, « Exploitation des nappes aquifères en Sologne Bourbonnaise et synthèse des données et étude de faisabilité »,
- le rapport BRGM RP-58833-FR Août 2010, « Analyse des rapports concernant des forages d'irrigation dans le département de l'Allier »,
- le Fichier redevance de l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne,
- différents rapports d'étude préalable à la réalisation de forages destinés à l'irrigation ainsi que les comptes-rendus de réalisation de ces travaux consultables à la DDT de l'Allier.

Une analyse approfondie des informations recueillies a alors été engagée pour permettre de valider ou non l'intérêt de l'ouvrage et surtout de connaître le contenu exact de ces données qui ne pouvaient pas être utilisées en l'état.

Étude des nappes profondes sédimentaires du département de l'Allier

INDICE	DESIGNATION	X_OUVRAGE_L2	Y_OUVRAGE_L2	NATURE	PROF_ATEINTE	AQUIFERE_CAPTE
05746x0008	S	650 750	2 185 270	SONDAGE	501	Trias
05761x1032	TERRAS	696 354	2 191 835	FORAGE	40	Plio-quaternaire
05757x0005	S	688 750	2 183 100	SONDAGE	22	Plio-quaternaire
05757x0005	S	688 750	2 183 100	SONDAGE	22	Plio-quaternaire
05756x0017	FORAGE	680 943	2 189 587	FORAGE	-999	Plio-quaternaire
05732x1001	S	626 900	2 190 200	SONDAGE	73,9	Tertiaire
05962x0012	S1	621 100	2 177 350	SONDAGE	48	Stephanien
05961x0013	F	618 950	2 177 700	PUITS	15,3	Tertiaire
05735x0509	F	620 100	2 181 800	PUITS	9,6	Trias
05962x0004	F	621 700	2 173 200	PUITS	12,5	Trias
05962x0003	F	621 600	2 170 200	PUITS	10,1	Trias
05962x0010	F	622 120	2 170 700	PUITS	8,85	Trias
05966x0011	F	622 050	2 168 950	PUITS	11,25	Trias
06694x0030	MALM	669 521	2 118 538	FORAGE	22	Tertiaire
06702x0004	FORAGE	679 762	2 120 069	FORAGE	80	Tertiaire
06466x0094	S	676 570	2 128 000	SONDAGE	23,5	Plio-quaternaire
06465x0002	S	675 800	2 129 270	SONDAGE	25	Plio-quaternaire
06466x0093	S	676 470	2 129 500	SONDAGE	28	Plio-quaternaire
06461x0017	S	674 650	2 132 170	SONDAGE	28	Plio-quaternaire
06462x0066	S	678 720	2 132 400	SONDAGE	36,1	Plio-quaternaire
06462x0103	F	676 883	2 135 608	FORAGE	31	Plio-quaternaire
06462x0065	S	679 250	2 135 820	SONDAGE	31,3	Plio-quaternaire
06468x0005	S	695 320	2 120 900	SONDAGE	16	Tertiaire
06468x0006	S	694 950	2 120 860	SONDAGE	10,5	Tertiaire
06468x0003	S	695 200	2 121 120	SONDAGE	41	Tertiaire
06468x0002	S	695 300	2 121 520	SONDAGE	15	Tertiaire
06467x0232	FORAGE	687 060	2 123 766	FORAGE	136	Tertiaire
06467x0234	FORAGE	687 078	2 123 807	FORAGE	112	Tertiaire
06228x1006	S12-03	720 050	2 147 320	SONDAGE	14,5	Plio-quaternaire
05998x1085	S191	720 230	2 163 025	SONDAGE	14	Plio-quaternaire
05998x1086	S192	720 182	2 163 004	SONDAGE	14	Plio-quaternaire
05995x0033	P5	699 070	2 168 120	FORAGE	46	Plio-quaternaire
05995x0032	P4	699 320	2 168 340	FORAGE	33	Plio-quaternaire
05997x1087	S82	710 550	2 168 325	SONDAGE	24	Plio-quaternaire
05986x0077	S1	682 050	2 165 800	SONDAGE	50,3	Plio-quaternaire
05991x0045	GOURS	698 460	2 175 555	FORAGE	39	Plio-quaternaire
05983x0006	PELLET	687 116	2 180 221	FORAGE	28	Plio-quaternaire
05745x0020	RENAUD	645 735	2 186 741	FORAGE	62	Tertiaire
05745x0019	S	644 970	2 187 350	SONDAGE	44,2	Tertiaire
05746x0007	P	654 010	2 186 690	PUITS-COMPLEXE	120	Trias
05974x0016	HERB	662 961	2 178 935	FORAGE	65	Pernien
05977x0005	FORAGE	656 537	2 168 636	FORAGE	-999	Pernien
05982x0002	F4	680 250	2 173 650	SONDAGE	47	Plio-quaternaire
05982x0135	F4	680 370	2 173 690	FORAGE	18,5	Plio-quaternaire
05985x0048	FORAGE	671 149	2 164 108	FORAGE	-999	Tertiaire
05985x0050	JARD	669 881	2 165 078	FORAGE	68	Tertiaire
05985x0051	CREP	673 630	2 164 974	FORAGE	59	Tertiaire
06214x0004	MONTO	692 473	2 151 195	FORAGE	23	Tertiaire
06462x0093	S	676 487	2 139 562	SONDAGE	19	Tertiaire
06216x0153	S	679 350	2 140 800	SONDAGE	44	Tertiaire
06466x0009	S1	682 100	2 124 680	SONDAGE	12,3	Tertiaire
06466x0112	S1	682 050	2 124 650	SONDAGE	12,3	Tertiaire
06466x0133	S2	682 090	2 124 655	SONDAGE	9	Tertiaire
06466x0134	S3	682 110	2 124 655	SONDAGE	9,5	Tertiaire

INDICE	DESIGNATION	X_OUVRAGE_L2	Y_OUVRAGE_L2	NATURE	PROF_ATEINTE	AQUIFERE_CAPTE
06216x0150	S1	678 960	2 145 180	SONDAGE	30	Tertiaire
06212x0078	S1	679 675	2 154 800	SONDAGE	103	Tertiaire
06208x0002	F	668 525	2 142 500	FORAGE	16	Tertiaire
06454x0004	S	667 660	2 139 975	SONDAGE	28	Tertiaire
06211x0030	F	671 450	2 151 275	FORAGE	37	Mixte tertiaire/quaternaire

Étude des nappes profondes sédimentaires du département de l'Allier

INDICE	DESIGNATION	X_OUVRAGE_L2	Y_OUVRAGE_L2	NATURE	PROF_ATEINTE	AQUIFERE_CAPTE
05668X0007	00167	637 321	2 161 450	FORAGE	204,5	Stephanien
05737X0003	S	630 150	2 167 675	SONDAGE	50	Trias
05756X0010	F4	681 250	2 186 325	HYDROGEOLOGIE	40	Tertiaire
05756X0009	F3	681 625	2 186 325	HYDROGEOLOGIE	40	Tertiaire
05984X0013	P8	693 145	2 180 695	FORAGE-ARTESIEN	42	Plio-quatenaire
05995X0026	F	701 725	2 166 370	FORAGE	29	Plio-quatenaire
06212X0075	F1	679 525	2 155 075	FORAGE	43	Mixte tertiaire/quatenaire
06217X0012	FORAGE	683 775	2 146 085	FORAGE	54	Tertiaire
06454X0003	F	665 400	2 136 237	FORAGE	27	Tertiaire
06462X0096	F	679 150	2 131 275	FORAGE	25	Tertiaire
05754X1006	F	695 600	2 100 812	SONDAGE	34	Plio-quatenaire
05758X0016	ETANG	693 730	2 188 862	FORAGE	48	Plio-quatenaire
05758X0010	S1	695 965	2 188 250	FORAGE	46	Plio-quatenaire
05758X0015	HENRY2	689 850	2 186 488	FORAGE	37	Tertiaire
05758X0013	FORAGE	689 882	2 186 295	FORAGE	57	Plio-quatenaire
05758X0012	02158	691 420	2 182 035	FORAGE	45	Plio-quatenaire
05758X0011	02159	690 910	2 181 100	FORAGE	45	Plio-quatenaire
05756X0016	F1	681 250	2 184 875	FORAGE	83	Tertiaire
05737X0004	S1	626 800	2 186 525	SONDAGE	50	Trias
05737X0005	S1	631 300	2 189 575	SONDAGE	43	Trias
05736X0001	S	625 800	2 186 003	SONDAGE	50	Trias
05736X0004	F	626 000	2 185 675	FORAGE	57	Trias
05962X0028	FP0500	623 010	2 174 990	FORAGE	40	Stephanien
06197X0026	P7	627 780	2 144 830	FORAGE	100,5	Stephanien
05967X0007	F	626 430	2 164 455	FORAGE	65	Tertiaire
06194X0014	F	635 850	2 158 800	SONDAGE	150	Stephanien
06224X0007	F2	718 430	2 152 800	FORAGE	57	Plio-quatenaire
06224X0006	F1	718 395	2 152 880	FORAGE	60	Plio-quatenaire
05995X0038	BRUY	700 358	2 165 942	FORAGE	39	Plio-quatenaire
05995X0035	FORAG1	700 670	2 165 965	FORAGE	39	Plio-quatenaire
06214X0003	F	695 075	2 157 875	FORAGE	65	Tertiaire
05984X0011	02157	693 260	2 170 985	FORAGE	33	Plio-quatenaire
05991X0044	BOULOS	699 841	2 177 651	FORAGE	78	Tertiaire
05991X0040	F	702 900	2 172 300	FORAGE	20	Plio-quatenaire
05991X0038	F2	697 190	2 176 320	FORAGE	25	Plio-quatenaire
05991X0042	F	697 010	2 176 205	FORAGE	30	Plio-quatenaire
05984X0012	P6	692 645	2 177 270	FORAGE	45	Plio-quatenaire
05984X0004	F1	694 580	2 175 800	FORAGE	45	Plio-quatenaire
05984X0005	F3	694 890	2 175 540	FORAGE	25	Plio-quatenaire
05984X0014	F1	693 393	2 175 113	FORAGE	35	Plio-quatenaire
05984X0008	3375	694 500	2 172 450	SONDAGE	20	Plio-quatenaire
05984X0010	01165	693 460	2 172 075	FORAGE	45	Plio-quatenaire
05988X0009	FORAGE	691 710	2 169 850	FORAGE	50	Plio-quatenaire
05983X0005	TERRAS	689 348	2 177 725	FORAGE	42	Plio-quatenaire
05984X0015	VALLEE	690 618	2 174 548	FORAGE	41,5	Plio-quatenaire
05983X0004	DREVAU	685 535	2 180 305	FORAGE	39	Plio-quatenaire
05983X0002	FORAGE	686 500	2 179 710	FORAGE	42	Plio-quatenaire
05983X0003	PATURA	685 980	2 179 645	FORAGE	49	Plio-quatenaire
05756X0014	F	681 880	2 182 140	FORAGE	105	Plio-quatenaire
05756X0013	F2	681 450	2 181 025	FORAGE	60	Plio-quatenaire
05756X0012	F1	681 537	2 180 800	FORAGE	60	Plio-quatenaire
05756X0015	F	682 035	2 182 260	FORAGE	48	Plio-quatenaire
05756X0020	PITREA	682 101	2 182 300	FORAGE	68	Plio-quatenaire
05755X0138	F	673 345	2 188 530	FORAGE	44	Plio-quatenaire
05755X0137	F	669 930	2 186 020	FORAGE	51	Tertiaire
05755X0136	F	672 250	2 187 200	FORAGE	50	Mixte tertiaire/quatenaire
05755X0139	F1	669 905	2 189 170	FORAGE	59	Plio-quatenaire
05755X0133	F2	671 670	2 188 075	FORAGE	24	Plio-quatenaire
05755X0078	F	671 525	2 188 200	FORAGE	24	Plio-quatenaire
05755X0135	F4	671 670	2 188 400	FORAGE	21,6	Plio-quatenaire
05755X0079	F	673 000	2 188 100	FORAGE	28,5	Plio-quatenaire
05973X0003	F	659 275	2 175 020	FORAGE	44	Permien
06215X0032	3372	672 300	2 147 275	SONDAGE	34	Tertiaire
06216X0187	F2	679 250	2 145 130	FORAGE	50	Tertiaire

tableaux 1 -1 bis - 1 ter, documents BRGM

4.1.2. Données de la BSS BRGM eau profonde

Dans son étude, le BRGM avait distingué les données où il était spécifié que le but était l'irrigation des données où ce n'était pas le cas. Ainsi il avait été fait deux fichiers distincts, mais il s'est avéré que l'absence d'information sur l'utilisation de l'eau ne signifiait pas systématiquement que l'irrigation n'en n'était pas l'usage final, donc nous n'avons pas conservé cette distinction.

De plus l'objectif final de l'étude étant d'inventorier les types de ressources utilisées dans l'irrigation et d'essayer de quantifier leur usage actuel et leur potentiel, il nous est apparu utile de prendre en compte le maximum de ressources quitte ensuite à vérifier ou à estimer celles qui peuvent être soumises à plusieurs usages dont l'irrigation. Nous verrons plus loin que cela est cependant plus facile à dire qu'à faire...

Notre première observation, qui n'était cependant pas une surprise, fut de constater la grande diversité de la qualité de l'information contenue dans les fichiers.

Ainsi une donnée relativement complète fait part des points suivants : un n° d'indice de classement, une localisation précise avec des coordonnées au Référentiel Géodésique Français actuel soit celui de 1993 (RGF Lambert 93), la nature de l'ouvrage, sa profondeur, la date de réalisation, la technique de réalisation, son but ou utilisation, la présence d'eau voire son classement comme point d'eau, la présence d'une coupe géologique et d'un « dossier hydrogéologique » amenant des informations sur les essais réalisés, les débits envisagés etc.

Les figures 16 à 17 illustrent ce genre de fichier considéré comme une donnée suffisamment complète pour entrer dans notre inventaire. Nous verrons ultérieurement qu'il faudra ensuite trouver des critères pour valider ces informations.

Cependant toutes les données de la BSS n'ont pas cette qualité et il est fréquent de trouver des données où une fois la localisation de l'ouvrage fournie, on se retrouve avec un fichier joint ne donnant que très peu d'informations sur le contexte géologique et hydrogéologique. Ainsi comme le montre la figure 18, on ne dispose d'aucune information sur la nature géologique des terrains forés, ni même quelques fois sur la profondeur atteinte, etc. Ce genre de donnée nécessitera une recherche de complément d'informations et n'apportera qu'un intérêt relatif à notre problématique si elle n'est pas complétée.

Point n° 05982X0002/F4

▼ Description générale

Identifiant du point	05982X0002/F4
Localisation	
Département	ALLIER (03) - SGR/AUV
Commune	VZEURE (03321)
Région naturelle	LIMAGNES
Bassin versant	
Adresse ou Lieu-dit	LES BRUYERES SALADINS, LE PRE PANTIN
Coordonnées	- Lambert 2 étendu X : 680250 m Y : 2173650 m - Lambert 2 - Centre X : 680250 m Y : 173650 m - Lambert-93 X : 729356 m Y : 6406521 m - WGS84 Lat : 46.55808507 soit 46° 33' 29" N Lon : 3.38322561 soit 3° 22' 59" E
Altitude	241.5 m - Précision M01
Image	

▼ Description technique

Nature	SONDAGE
Profondeur atteinte	47.0 m
Diamètre de l'ouvrage	
Date fin de travail	
Mode d'exécution	BATTAGE.
Etat de l'ouvrage	
Utilisation	
Objet de la recherche	
Objet de l'exploitation	
Objet de la reconnaissance	
Gisement	
Document(s) papier	PLAN-SITUATION, PLAN-POSITION.
Références	
Référencé comme point d'eau	<input checked="" type="checkbox"/> OUI
Niveau d'eau mesuré par rapport au sol	
Coupe	
Z Origine	
Auteur	
Date	

figure 16

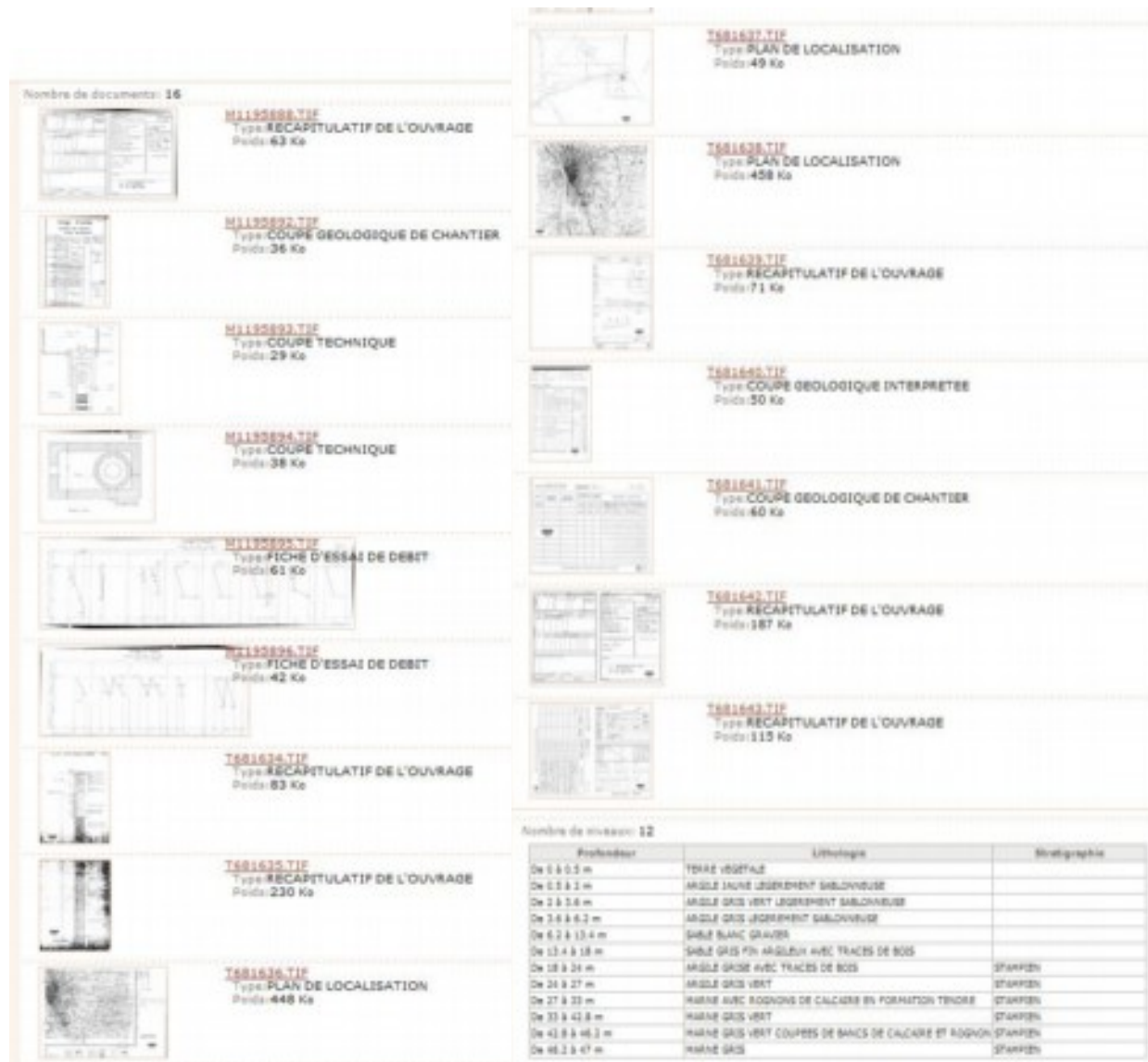




figure 17

03985x0048



BOSSIER TECHNIQUE

FORAGE D'EAU DOMESTIQUE



Entreprise: **SARL VAN INGEN FORAGES**

Client: **EARL COLLAS**

Maître d'oeuvre: **EARL COLLAS**

Lieu de forage: Les Bôlins
03210 BESSON

Coordonnées: X (m/y) Y (m/y) Altitude: 0 m
Zone Lambert 2 étendu métrique

<u>Date début de l'ouvrage:</u> 27/02/2007	<u>Resp. M. Ouvrage:</u> MR COLLAS
<u>Date fin de l'ouvrage:</u> 28/02/2007	<u>Resp. M. Oeuvre:</u>
<u>Machine:</u> Ecotore 503	<u>Responsable Chantier:</u> SARL VAN INGEN

<u>Date début pompage:</u> 28/02/2007	<u>Profondeur hydrostatique/col:</u> 16,95 m
<u>Date fin de pompage:</u>	<u>Débit max. d'essai:</u> 8,00 m ³ /h
	<u>Rabatement correspondant:</u> 0,00 m

Notes:

Coordonnées = (m/y) pour mètres ou yards m = mètres m³/h = mètres cube par heure PAGE: 1

figure 18

4.1.3. Données de la Chambre d'Agriculture et de la DDT 03

Les données se présentent sous forme de deux fichiers, un listant tous les points de prélèvement avec un aspect plus « technique » et l'autre, plus administratif, indiquant les autorisations de prélèvements attribuées. Nous avons compilé les deux pour en extraire le plus d'informations.

Sur le fichier « technique », on trouve un N° d'inventaire, le type de ressource, la localisation (commune, lieu-dit, informations cadastrales), le nom de la rivière concernée si pompage en cours d'eau, les coordonnées Lambert 2 étendues, le débit autorisé et le volume total pompé par an.

Sur le fichier « autorisation », nous disposons du nom et de l'adresse de la personne ou de la structure autorisée.

Après un premier tri pour exclure les retenues d'eau et les pompages dans les cours d'eau, deux constatations sont à faire : tout d'abord nous n'avons pas d'information sur la géologie, sur l'hydrogéologie de la ressource, ni sur la profondeur ; ensuite il est nécessaire de convertir toutes les coordonnées en Lambert 93 si l'on veut pouvoir regrouper les différentes sources sur un même fond cartographique. La possibilité d'avoir une information sur les propriétaires autorisés permet de faire des recoupements entre la localisation de l'ouvrage, le cumul des volumes pompés et les types d'ouvrages qui y contribuent. Nous verrons ultérieurement que cet aspect est très important pour la phase quantification. C'est fondamental également pour pouvoir rechercher les compléments d'informations indispensables pour exploiter ces données qui, en l'état brut, ne le sont pas. Nous nous sommes alors dirigés vers la DDT 03 pour avoir accès aux dossiers des ouvrages réalisés et trouver les compléments d'information ou les recoupements entre ouvrages.

Les figure 19 et 20 proposent un extrait de ces fichiers qui ont servi de base d'extraction des données.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M					
Numero	Type	COMUNE	NAMCOM	LEUDIT	SECTION	NO	PAPCE	Volume	St	Nom	Riviere	LambertX	LambertY	Debit	Auto	Somme	Vo
283	Étang	Agonges	2	Le Lieu Gueulet	A	386		30000				762.9329	7182.7788			35300	
433	Forage	AGONGES	2	Lieu Gueulet	A	3						762.861	7182.837	20		0	
45	Cours d'eau	Aubigny	9							Le Dange		761.596	7184.39	0		0	
186	Forage	Aubigny	9	Les Poissons	A	33						763.4009	7187.8795	120		48290	
885	Forage	AUBIGNY	9	les poissons	A	33						763.82	7188.133	55		26620	
187	Forage	Aubigny	9	Les Poissons	A	33						763.5393	7187.913	40		0	
32	Retenu collinaire	Aurozer	11	Les Berthomiers	M	16 & 17		30000				772.8532	7189.5687			18240	
667	Forage	AUROUER	11	Les Berthomiers	M	16&17						772.282	7189.61	35		0	
666	Retenu artificielle	AUROUER	11	Les Berthomiers	M	11&12		80000				771.848	7189.54			19950	
378	Forage	AUROUER	11	Champ Ramon	L	9						771.286	7188.15	20		0	
381	Forage	AUROUER	11	La Motte	N	14						772.971	7188.32	30		0	
388	Étang	AUROUER	11	La Motte	N	14		100000				773.892	7188.48			0	
739	Forage	AUROUER	11	Les Forêts	M	95						771.547	7188.59	40		0	
379	Étang	AUROUER	11	Champ Ramon	L	9		120000				771.275	7188.1			0	
95	Étang	AUROUER	11									774.882	7188.65			0	
84	Cours d'eau	Aurozer	11	Vernes	C	98				Ruisseau des Vernes		773.9117	7188.4533	40		0	
783	Étang	AUROUER	11	La Nèpre	L	36 et 37		20000								14450	
782	Forage	AUROUER	11	La Nèpre	K	53								50		0	
509	Forage	AUROUER	11	Le Grand Chavance	M	40						772.8138	7188.3632	25		0	
818	Forage	AUROUER	11	Domaine de la Motte	N	7						773.345	7188.53	30		18416	
508	Forage	AUROUER	11	Le grand Chavance	M	40						772.1228	7188.3264	25		22647	
847	Retenu artificielle	AUROUER	11	Le Gorge	M	7		35168				771.77	7188.6			5100	
581	Forage	AUROUER	11	Le Gorge	M	7						778.697	7189.35	20		0	
555	Forage	BAGNEUX	15	Ray	C	32						7	7	80		0	
615	Retenu artificielle	BAGNEUX	15	Les Pierolles	A	216		12000				766.6	7189.88	30		0	
434	Forage	BAGNEUX	15	Les Pierolles	B	91						766.5953	7189.8797	100		0	
738	Retenu artificielle	BARBERIER	16	Charbonnière	B	25		3488				768.68	7175.54			0	
296	Cours d'eau	Barbrier	16	Les Pennes	B	98				Le Sioule		771.4273	7134.2613	100		15790	
953	Forage	BARBERIER	16	Pétard Des Landes	2A	4						771.44	7135.11	30		0	
952	Forage	BARBERIER	16	La Grange Neuve	A	78						771.45	7135.24	30		0	
182	Retenu artificielle	Bayet	18	Les Chappes	YC	9						773.4956	7138.7024			0	
616	Forage	BAYET	18	Les Chappes	YC	9						773.5	7138.7	21		0	
574	Forage	BAYET	18	Le DEFFANT	Z	12						774.5	7143	55		0	
608	Forage	BAYET	18	Le Petard	ZE	7						768.875	7141.22	35		0	
489	Forage	BAYET	18	Vignoble du Cloître	ZM	24						772.3473	7142.1737	25		1780	
587	Forage	BAYET	18	Gouzolle	ZM	25						772.6766	7142.6049	50		22768	
295	Cours d'eau	Bayet	18	Gouzolle	ZM	25				le Sioule		772.2609	7142.8887	30		5688	
424	Forage	BAYET	18	Les Villards	ZL	96 A,B						771.751	7142.224	40		8041	
542	Étang	BEAULON	19	Bassat	BC	22						764.68	7188.5	40		2380	
784	Forage	BEAULON	19	Champs Saints	BN	38						765.813	7166.13	60		49320	
668	Forage	BEAULON	19	Les Bluzieux	BL	26						765.8	7165.25	60		58790	

figure 19

Irrigants du département de l'Allier				Autorisations 2011		1805/201				
Nom irrigant	Prélèvement			Colonne	Prélevé Débit m ³ /s	Débit autorisé m ³ /s	Surface ha	Observations	Structure collective	
ALEXANDRE Michel Les Commes 03150 PARAY LE FRESNE	Forage PARAY LE FRESNE	Les Grandes Vignes		B1 26	40	40				
ALEXANDRE Vincent Les Commes 03150 PARAY LE FRESNE	Forage GOSNAT SUR LOIRE Forage GOSNAT SUR LOIRE	Rome Rome		A5 4 A5 4	100 120	100 120				
ALLAIX Jacky D.E.L.A GARENNE La Garenne 03150 VARENNES SALLIER	Forage Crilly Le Valangon/Fontaine L'Allier Fontaine s Allier	Le Chambon Justice Chev Richard Allier		D 3 x 13 BD 31	90 240	90 240				
ANDRIEUX Chantal Fontaine 03120 LERCY LEVIS	Retenue LERCY LEVIS	Fontaine		E3 1346	00		40 000			
ARBOGAST Hubert Le pays 03150 CERILLY	Retenue CERILLY			A2 3,4,5 et 6	100	100	42 000			
ARCHER Daniel G&C Arche Le Domaine Beaugard 03150 CERILLY	Retenue Crilly	Beaugard			140		140 000			
ASA de Saint Loup Mairie 03150 SAINT LOUP	L'Allier St Loup	Post SNET		Z.A. 13	1050	1050				
ASA des CHAMPAGNES ASA BRUNO CHOUAUX DES CHAMPAGNES Mairie de VIEUX 03450 VIEUX	La Madele Vieux	Les valgaudis		ZV	400	400		donc 17,5m ³ /s de l'ASA des Champagnes versant rive gauche		

figure 20

4.1.4. Données de l'agence de l'eau Loire-Bretagne

Les données se présentent dans un fichier indiquant, le département, la commune, le N° INSEE, le nom du point de prélèvement, la nature du prélèvement, le N° de captage et d'ouvrage, les coordonnées en Lambert 93, la profondeur, le volume annuel prélevé et la surface irriguée en ha.

Après un premier tri permettant d'exclure les nappes alluviales, les étangs et les cours d'eau, une constatation est à faire, nous ne disposons d'aucun renseignement géologique ou hydrogéologique. De même les volumes sont cumulés et ne rendent pas compte des débits prélevés par ouvrage, ni n'en mentionnent l'origine (par exemple une retenue + un ou plusieurs forages).

En l'état, ces données sont des indications qui permettent d'évaluer le nombre d'ouvrages mais qui ne peuvent pas être utilisées sans complément d'informations. De plus nous avons constaté que le positionnement en Lambert 93 des points n'était pas correct et, pour un même point, différait de celui du BRGM. Il semble qu'une erreur de conversion soit en cause, si bien que nous avons dû reconverter toutes les coordonnées en Lambert 93. Enfin, les listings les plus récents des données de l'Agence de l'eau et de la Chambre d'Agriculture sur les volumes prélevés ne datent pas de la même année, ce qui complique le travail de recoupement.

La figure 21 propose un extrait de ce fichier qui a servi de base d'extraction des données.

Étude des nappes profondes sédimentaires du département de l'Allier

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	KL	AL	AM	
1	Dept	Commune	INSEE point	Nom du point	Nature de ressource	N° captage	N° ouvrage	Coordonnées X du point	Coordonnées Y du point	Profondeur forage	1999 Volume annuel	2007 Superficie Ha	2008 Volume annuel	2008 Superficie Ha
2	03	ABRETT	03001	FORAGE ABRETT	NAPPE PROFONDE	21170	36229	734758.184	6595236.812	13	2000			
3	03	AGONCES	03002	LE LIEU SUELLY	RETENU - SOURCE	41087	51569	712028.081	6615870.279	1		26.9	36100	33
4	03	ANAY-LE-CHATEAU	03003	CHANDON	RETENU - COURS D'EAU NAT	17888	37436	679647.832	6621143.631	0	81900	73.5	88700	74
5	03	ANAY-LE-CHATEAU	03003	ETANG ROUGE	RETENU - EAUX RUSSELLEM	24159	40933	678241.15	6623296.519	0	28900		17700	22.7
6	03	ANAY-LE-CHATEAU	03003	LA BOUCAMERIE	NAPPE PROFONDE	36525	48486	680582.134	6623925.76	50	52900			
7	03	ANAY-LE-CHATEAU	03003	CHARNOUX	NAPPE ALLUVALE	28840	43663	676438.201	6624779.683	5	22900			
8	03	ALBIGNY	03009	DOMAINE BOUET	NAPPE ALLUVALE	18324	37630	712642.227	6620874.487	61	47100	26	34900	20
9	03	ALBIGNY	03009	ALBIGNY A33	NAPPE ALLUVALE	42670	506085	712382.642	6618047.677	56		23	11300	24
10	03	ALDES	03010	LE PEU	RETENU - COURS D'EAU NAT	36137	48138	667373.482	6697482.638	0	29900		18200	47.6
11	03	ALROUER	03011	LE GRAND CHAVANCE	NAPPE PROFONDE	36685	49370	721437.91	6621176.467	25	31500	23.6	38900	23.6
12	03	ALROUER	03011	LES BERTHONNIERS 1	RETENU - NAPPE PROFONDE	31613	45485	721118.927	6622508.163	17	38200	29	18900	27
13	03	ALROUER	03011	ETANG St SABATIER	RETENU - NAPPE PROFONDE	30335	44606	722316.908	6621130.062	30	32800	25.4		
14	03	ALROUER	03011	LES BERTHONNIERS 2	RETENU - NAPPE PROFONDE	35225	48242	720965.209	6622243.615	17		30.7	22900	33
15	03	ALROUER	03011	DOMAINE DE LA BOTTE	NAPPE PROFONDE	42981	52218	722315.883	6621995.13	44		4	5200	1.9
16	03	ALROUER	03011	ETANG St SABATIER	RETENU - EAUX RUSSELLEM	30335	44606	722316.908	6621139.062	0			26700	23.5
17	03	ALROUER	03011	LA NAIERE	RETENU - NAPPE PROFONDE	42840	505613	723283.548	6620358.514	50		26	3200	26
18	03	BAGNEUX	03015	LES PEROLEZ AZH	NAPPE ALLUVALE	36735	48841	716748.115	6618882.487	13	25000		1500	34.5
19	03	BARBERIER	03016	LA SCOLLE	COURS D'EAU NATUREL	65756	36328	720182.956	6566922.489	0	48100	34	33300	30
20	03	BARBERIER	03016	LA SCOLLE 3	COURS D'EAU NATUREL	42149	52271	720183.736	6566918.511	0		10	8000	16
21	03	BARBERIER	03016	CHARBOFFIERE	RETENU - SOURCE	39487	48595	718454.672	6566488.782	1				
22	03	BARET	03018	SOLZOLLE	NAPPE ALLUVALE	32927	48111	721492.233	6579473.187	4	24100	20	24500	20
23	03	BARET	03018	LA SCOLLE 1	COURS D'EAU NATUREL	32926	48110	721684.076	6579734.38	0	14800	50	23000	28.7
24	03	BARET	03018	LES VILLARDS	NAPPE ALLUVALE	36655	48983	720584.376	6575216.084	6	18300	10		
25	03	BARET	03018	LA SCOLLE 2	COURS D'EAU NATUREL	36656	48984	720483.897	6569829.927	0				
26	03	BEALON	03019	PEIGNY	NAPPE ALLUVALE	25303	41587	7155294.887	6610194.421	12	30800	23	38700	35
27	03	BEALON	03019	LES BLIZIAUX	RETENU - NAPPE ALLUVALE	38547	51434	714933.592	6609126.345	1		25.9	24900	25.9
28	03	BEALON	03019	LES DEBOTS	NAPPE ALLUVALE	19164	38138	715671.953	6608464.464	4		6	11700	16
29	03	BEALON	03019	CHAMP SERRIN	NAPPE ALLUVALE	41782	52633	714933.493	6609140.338	13		29.6	29100	29.6
30	03	BEALON	03019	LE BASSET	NAPPE ALLUVALE	38846	50754	715076.412	6613330.713	4			1500	12.2
31	03	BEALON	03019	LES PELLETIERS	RETENU - EAUX RUSSELLEM	38852	50811	714990.877	6610326.078	0				
32	03	BEALON	03019	BRIFAULTS	RETENU - SOURCE	41069	51571	716186.898	6608877.727	1			12000	3
33	03	BESSAY-SUR-ALLIER	03025	LA BEAUME PIVOT	NAPPE ALLUVALE	37319	49785	725880.833	6596323.941	9	106200	49	52000	49
34	03	BESSAY-SUR-ALLIER	03025	LE PLAN D'EAU	NAPPE ALLUVALE	34993	48953	727827.058	6597182.774	10	77100	44	59000	44
35	03	BESSAY-SUR-ALLIER	03025	LE PARADIS	NAPPE ALLUVALE	7007	52801	725314.334	6597793.163	10	70000	37	68000	52.5
36	03	BESSAY-SUR-ALLIER	03025	LES LUCOTS	NAPPE ALLUVALE	18851	37488	726642.582	6597171.478	10	72700	43.2	58200	43.2
37	03	BESSAY-SUR-ALLIER	03025	SAINTE LOUISE	NAPPE ALLUVALE	26890	41964	727182.295	6596860.334	1	75600	36	43400	36
38	03	BESSAY-SUR-ALLIER	03025	LES GRANDS LOUIS	NAPPE ALLUVALE	7003	52799	726225.794	6596426.655	9	64400	37.1	63200	37.2
39	03	BESSAY-SUR-ALLIER	03025	LES CHAUMES	NAPPE ALLUVALE	16655	26282	726248.072	6597084.2	9	63500	28	44000	28
40	03	BESSAY-SUR-ALLIER	03025	LES FOURNIERS	NAPPE ALLUVALE	16585	26282	727791.581	6596434.585	9	70000	47	46300	47
41	03	BESSAY-SUR-ALLIER	03025	LES CHAUMES 2	NAPPE ALLUVALE	30554	48138	726088.135	6597140.419	9	58400	28	43700	28
42	03	BESSAY-SUR-ALLIER	03025	LES CHAUMES 3	NAPPE ALLUVALE	30555	48139	726451.719	6597381.509	9	60300	28		
43	03	BESSAY-SUR-ALLIER	03025	LES CARRIOTS PIVOT	NAPPE ALLUVALE	36124	48943	727043.084	6598489.345	10	51300	28.4	43500	28.4
44	03	BESSAY-SUR-ALLIER	03025	PIVOT	NAPPE ALLUVALE	24874	41309	727988.028	6596825.167	9	42200	48.9	32700	50
45	03	BESSAY-SUR-ALLIER	03025	LA BEAUME ENROULEURS	NAPPE ALLUVALE	7002	52798	726916.88	6596951.84	9	52900	18.9	32800	21.2
46	03	BESSAY-SUR-ALLIER	03025	FAPOU	NAPPE ALLUVALE	33652	47959	727448.361	6595988.944	13	62100	40.3	48800	37.5
47	03	BESSAY-SUR-ALLIER	03025	LES SETIERS	NAPPE ALLUVALE	7005	52800	726530.091	6595844.964	9	38400	43.6	51700	49.6
48	03	BESSAY-SUR-ALLIER	03025	DEBRITS	NAPPE ALLUVALE	26882	41895	726870.98	6595381.334	9	43700			
49	03	BESSAY-SUR-ALLIER	03025	LA BEAUME SUD	NAPPE ALLUVALE	36125	48944	726884.92	6595234.788	8	29000	19.4	25400	19.5
50	03	BESSAY-SUR-ALLIER	03025	GUILLEMINOTS 1	NAPPE ALLUVALE	17828	37413	725688.767	6594483.155	10	48100	20.7	38600	20.7
51	03	BESSAY-SUR-ALLIER	03025	LES CARRIOTS ENROULEUR	NAPPE ALLUVALE	22830	40180	726885.903	6594388.914	10	38500	16.8	27800	16.2
52	03	BESSAY-SUR-ALLIER	03025	LES SABLES	NAPPE ALLUVALE	26888	41892	726916.7	6597319.111	1	43900	14	29600	14

figure 21

4.1.5. Synthèse sur les bases de données

Si la BSS est quelque fois susceptible de fournir des informations assez complètes sur les ouvrages concernant la ressource en eau, il s'avère que les deux autres sources de données nécessitaient de gros compléments pour être exploitables dans la problématique de notre étude. Nous avons dû aborder une recherche de nouvelles données et/ou de compléments d'informations pour espérer disposer d'un nombre suffisant de points d'observation et ainsi fournir une base raisonnable à cette étude.

4.2. Recherche et validation de nouvelles données

La compilation des trois sources de données précédentes nous a permis de créer un fichier qui a orienté notre recherche de compléments d'information. L'objectif principal était alors d'avoir pour tous ces ouvrages un dossier de travaux ou un document équivalent car ce dernier n'est obligatoire que depuis les années 90. La première piste exploitée fut celle de la DDT 03 qui centralise les dossiers préalables de travaux (dossiers d'intention de travaux) et de réalisation de travaux. Tous les dossiers disponibles ont été examinés et nous ont permis de compléter un certain nombre de points de prélèvement signalés dans les fichiers précédemment décrits. Les recoupements entre les dossiers DDT et les informations des différentes sources de données ont conduit à éliminer les doublons ou à éclaircir les notions de positionnement des ouvrages, de débits ou de volume prélevé, etc. Il a été possible également de juger de la valeur des données contenues, par exemple sur la véracité des coupes géologiques parfois plus que douteuses, sur les essais réalisés conduisant à des débits souvent surestimés, sur les équipements d'ouvrages en contradiction avec le positionnement des aquifères, etc. Ces points seront discutés plus longuement ultérieurement.

Mais suite à ce travail, force était de constater qu'il restait encore beaucoup d'ouvrages peu renseignés et non exploitables, d'où un travail d'enquête sur le terrain auprès des agriculteurs pour essayer de compléter l'existant, voire d'augmenter le nombre de points de prélèvement soit trop récents pour être enregistrés, soit trop anciens pour l'avoir été.

4.2.1. Données provenant d'enquêtes auprès des agriculteurs et des foreurs

Ce travail s'est organisé autour du fichier issu de la compilation des données. Nous en avons aussi profité pour voir si, dans les zones peu renseignées, il était possible d'augmenter le nombre de points. Ces deux aspects nous ont permis de cibler les agriculteurs et les entreprises de forages.

Une liste comportant une centaine de sites agricoles à visiter a été élaborée et soumise à la DDT. Entre temps, des recherches parallèles avaient permis de préciser un certain nombre de points de prélèvements de cette liste si bien qu'environ 1/3 des sites n'étaient plus à visiter. Après prises de RDV avec les agriculteurs et en fonction des disponibilités, ce sont environ une quarantaine de sites qui ont été visités dans tout le département.

Les renseignements recueillis ont été de diverses natures : soit des dossiers réalisés lors de

la réalisation des travaux, soit le recueil de « dire » suite à nos questionnements qui ont permis de retrouver des informations sur l'ouvrage de sa création à son état actuel, soit malheureusement une perte de l'information. Un point supplémentaire a pu être précisé, c'est le positionnement des ouvrages qui souvent laissait à désirer sur les fonds topographiques ou en terme de coordonnées.

- La figure 22 propose une illustration du recueil de données sur le terrain auprès des agriculteurs.



figure 22

Soulignons l'excellent accueil qui nous a été réservé et qui nous a montré que les irrigants étaient souvent très conscients de l'importance de mieux connaître leur ressource. De même de nombreuses questions témoignaient de leur intérêt pour l'hydrogéologie, pour une meilleure connaissance de leur sous-sol et de la bonne démarche à mettre en œuvre pour « surveiller », équiper et exploiter leurs ouvrages au mieux.

4.2.2. Données provenant de contact avec des bureaux d'études et Areva

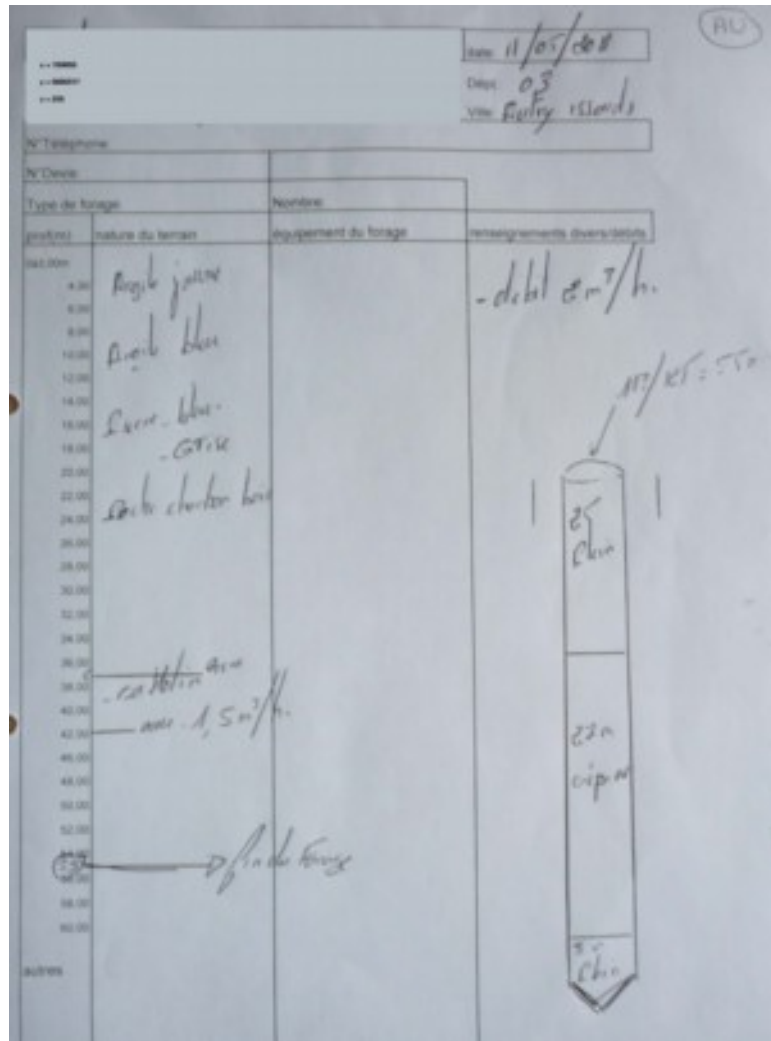
Nous avons recherché les données pouvant être détenues par des bureaux d'études géotechniques et un ancien grand organisme de recherche minière (COGEMA actuellement AREVA) ayant beaucoup œuvré dans le département.

Il est clair que dans tous les cas, leur objectif n'était pas la recherche d'eau, mais sa présence pouvait être notée lors de la rédaction des coupes géologiques. Si le domaine géotechnique ne nous a pas amené d'information complémentaire, les forages COGEMA ont pu être en partie récupérés (un financement étant nécessaire pour accéder une recherche beaucoup plus poussée).

- Trois entreprises de forage ont été contactées car leur nom revenait souvent, soit dans les dossiers, soit au cours des contacts sur le terrain : pour l'une, le contact avec les successeurs nous a appris qu'aucun document n'avait été conservé ; la seconde nous a répondu ne pas avoir organisé d'archivage ; seule la troisième nous a permis de consulter ces dossiers.

Même si les données étaient souvent succinctes (cf. figure 23) et non associées à la problématique irrigation, elles nous ont permis de recueillir des informations souvent récentes sur des secteurs peu renseignés, notamment la présence ou non d'eau dans ces ouvrages. C'est ainsi qu'une vingtaine de données supplémentaires ont été intégrées à notre fichier.

figure 23



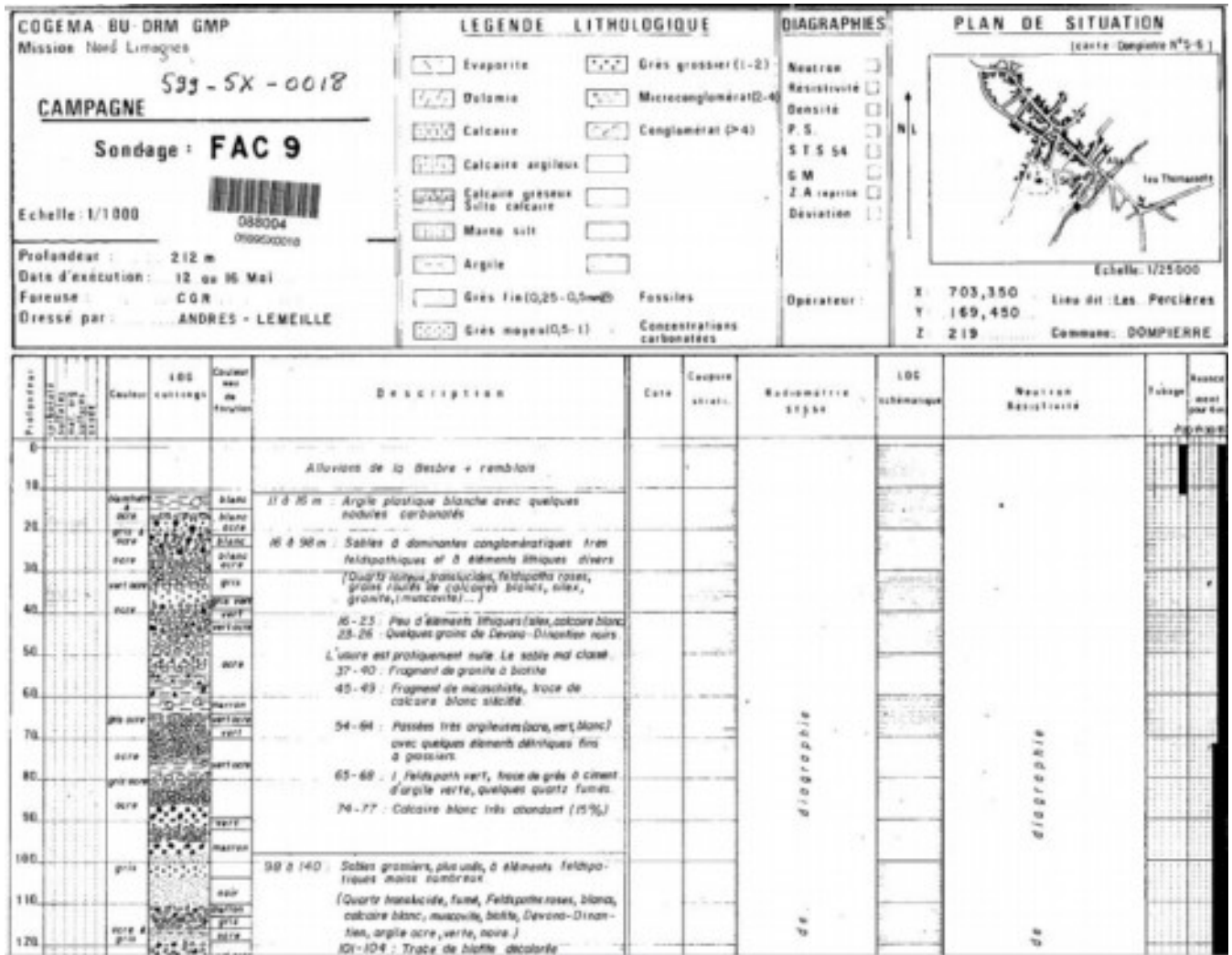


figure 24

Une trentaine de coupes géologiques ont été intégrées dans notre fichier comme celle de la figure 21 ;

4.3. Réalisation d'un fichier interactif et de fiches détaillées pour les forages d'irrigation

Lors du travail précédent, ce sont environ 1400 données qui ont été parcourues : 595 pour l'agence de l'eau Loire-Bretagne, 632 pour la Chambre d'Agriculture et la DDT de l'Allier, 93 pour les dossiers fournis par la DREAL (issues de la présélection BRGM) et environ 100 que nous avons trouvées lors de nos démarches. Un premier tri, d'où il est resté environ 350 données, a éliminé les données relatives aux ouvrages en nappe alluviales et aux réserve/étangs,.

Après avoir complété au mieux le niveau d'information, éliminé les doublons voire les erreurs, éliminé celles qui n'apportaient rien à l'étude, il reste 276 données recensées dans notre fichier.

4.3.1. Mise au point d'un fichier interactif de consultation des données

Un certain nombre de critères importants pour la compréhension du contexte géologique, du positionnement du (ou des) aquifère(s) dans la lithologie, des caractéristiques de l'aquifère, et de l'ouvrage servant à le capter ont été retenus.

Ces critères sont :

- L'origine de la donnée
 - BSS et BRGM infoterre : Banque du Sous-sol du BRGM,
 - BRGM IR : Données fournies par le BRGM à la DREAL sous l'appellation « irrigation »,
 - BRGM EP : Données fournies par le BRGM à la DREAL sous l'appellation « Eau profonde »,
 - DDT CDA : Direction départementale des Territoires et Chambre d'Agriculture 03,
 - AE NP : Agence de l'eau Loire-Bretagne Nappes Profondes,
 - Visite de terrain ou Terrain : Recueillies lors des visites de terrain,
 - CG : sondage réalisé lors de la Carte Géologique,
 - Cogema : forage Cogéma propriété d'AREVA actuellement,
 - Forages Boudot : Entreprise de forage,
 - Plusieurs dossiers peuvent se retrouver sur différentes sources qui sont alors notées par exemple « BSS/DDT CDA/AE NP »,
- L'indice de classement (quand il y en a un)
- X, Y en Lambert 93 : coordonnées X et Y en Lambert 93
- Z en mètres : altitude du point en mètres
- Commune : commune d'implantation de l'ouvrage
- Lieu-dit : Lieu-dit de l'ouvrage
- Ouvrage : Type d'ouvrage
- Profondeur : profondeur en mètres par rapport au terrain naturel
- Date de réalisation : année de réalisation de l'ouvrage
- Aquifère reconnu : présence ou non d'un aquifère dans l'ouvrage
- Conductivité : conductivité de l'eau mesurée
- Température : température de l'eau mesurée
- Géologie : formation géologique concernée :
SAB (sables et Argiles du Bourbonnais) ; marne ou tertiaire (dépôts oligocènes ou miocènes) ; Quaternaire (post 2 Ma) ; Trias ; Sables de terrasses anciennes ; Plio-quaternaire (entre 5 Ma et l'actuel) ; Permien ; All ou Fw ou Fx ou Fy /(alluvions récentes recouvrant la formation suivant le /) ; Colluvions /

(remaniement de surface recouvrant la formation suivant le /) ; Stéphaniens ; granite

- Infos géol : présence d'une coupe ou log géologique,
- Formations géologiques sollicitées par l'équipement : soit des sables et galets ou multicouches sables et argiles ou marnes et argiles ou marnes et calcaires ou marne calcaire avec influence thermominérale.
- Horizons potentiellement aquifères (ZPA)
- État actuel : rebouché, actif, etc.,
- Usage : scientifique, irrigation, sondage carte géologique, eau domestique ou AEP (Alimentation en Eau Potable), géotech RCEA (sondages géotechniques de reconnaissance routière), géothermie, etc ,
- Débit : débit de pompage supérieur à 40 ou à 80 m³/h,
- Débit autorisé (QA) : débit autorisé indiqué par les données sources,
- Débit exploité (QE) : Débit exploité communiqué par l'exploitant,
- Volume annuel pompé : en m³ selon l'organisme qui l'a spécifié,
- Niveau d'eau en 2012 : mesuré sur le terrain avec souvent le NS (Niveau Statique),
- Infos niveau d'eau lors de la foration : niveau d'eau ou localisation des venues d'eau,
- Infos ouvrage : information sur l'équipement technique de l'ouvrage,
- Lien hydro : dossier hydrogéologique en lien,
- transmissivité : valeur de la transmissivité en m²/s,
- Commentaires : faits à partir des données sources,
- Observations de terrains : recueillies sur le terrain lors des visites, dont les informations sur la période de pompage.

Ce fichier, sous format Excel, est doté de liens hypertexte permettant d'avoir un accès direct aux coupes géologiques ou log ainsi qu'aux dossiers hydrogéologiques complets ou partiels. C'est son côté interactif qui permet d'accéder très rapidement aux données (**Attention : bien garder le fichier Excel dans le même dossier que ses données en lien pour conserver ces liens actifs**).

La figure 25 propose un extrait partiel de ce fichier qui figure in extenso en version informatique en annexe 1 (cf. DVD joint).

Étude des nappes profondes sédimentaires du département de l'Allier

Origine	Situation						Nature							Observations	
	Indice de classement	X en Lambert 83 Y en Lambert 83	Z en mètres	Commune	Lieu-dit	Usage	Profondeur (m)	Date de réalisation	Aquifère reconnu	Conductivité	Température	Géologie	Infos géol		
BSS	0575-00095	72786	662484	253	Chauroux	La Chaumais	sondage carte	29,2	1977			SAB	log/057500095.pdf		
BSS	0575-00095	72520	662292	260	Auroux	Les bruyères du Chaumais	sondage carte	20,2	1976	rien		SAB	log/057500095.pdf		
BSS	0575-0000	72426	661997	244	Térel	Le bois clér	sondage carte	23	1976	rien		SAB	log/057500000.pdf		
BRG&IR	0575-0106	72502	662058	233	Auroux	La Noires	FORAGE	50	2003		94	13,4	tertiaire/quaternaire	0575-0106-coupe.pdf	n
BRG&IR	0575-0109	71952	662275	229	VillevaudAllier	Bassins	FORAGE	58	2006				Pis-quaternaire	0575-0109-coupe.pdf	
		72089	662198	227	Auroux	le Gorge	forage	199 ?		ou	240	13,6	SAB&marne et argiles ?		n
	0575-0079	72047	662107	225	Auroux	Les Gouffais	forage	24	1989	ou	230	12,3	SAB	Log et coupe 0575-0079 F.pdf	n
BRG&IR	0575-0105	72016	662001	225	Auroux	Les Parois 2	FORAGE	21,0	1995	ou			SAB	0575-0105-coupe.pdf	
DOT COA		72006	662001	237	ALFOUER	Les Parois	forage	30	1989				SAB&marne	voir rapport hydro	n
DOT COA	0575-0079	72226	662100		ALFOUER	La Motte	forage	29,5	1989				SAB	0575-0079 log.pdf	
BRG&IRDOT COA&C	0575-0106	72294	662147	240	Auroux	Domaine de la Motte	forage	44			200	12,7	SAB	coupe géol et tech 0575-0106.pdf	n
BSS	0575-00045	72212	662085	244	Auroux	La Motte	sondage carte	26,4	1976	ou			SAB&marne ?	log/057500045.pdf	
DOT COA&C NP		72182	662120		ALFOUER	Le grand Cheneux	forage	25			92	12,8			n
BRG&IRinfo terre	0575-0079	72460	662098	260	Gemmarines	Vignol	forage	44	1995	ou			SAB	0575-0079.pdf	
BSS	0575-0001	73480	6621475	231	St Etienne	La maison neuve	sondage carte	14,5	1976				SAB&marne à 14 m	log-coupe 057500001.pdf	
BRG&IR	0577-0000	67418	662095	220	Isles et bardenes	les riers	rech-eau	50	1997	ou	240	13,6	Traie	voir log tech	n
voie terrain		66244	662084	242	Isles et bardenes	le grand domaine	forage	60	2001	ou	80	14,5		voir rap hydro	n
BRG&IR&C NP ?	0577-0005	66294	662295	203	Arnaud château	le Boucaume	SONDAGE	40	1990	ou			Traie	www.gis/057700005.pdf	
DOT COA&C NP		72260	662067		St Etienne	Les Rabins	forage	81							
BRG&IRDOT COA&C	0575-0106	74440	662338	27	GANNAY SUR LOPE	Crot à l'arc	SONDAGE	24	2042	ou	200	12,6	SAB&marne	voir rap hydro	n
BRG&IRDOT COA	0575-0106	74295	662306	25	GANNAY SUR LOPE	Etang de l'arc	FORAGE	48	2008	ou	367	13,3	SAB&marne	voir rap hydro	n
DOT COA&C NP		74045	662187	231	GANNAY SUR LOPE	le tige	forage	58	1999	ou	88	12,8	SAB&marne	voir rap hydro	n
DOT COA&C NP		74415	662070	225	PARAY LE FRESL	Etangneuf F4	forage	58	1997	ou	200	12,4	SAB&marne	voir rap hydro	n
DOT COA		74480	662440	228	Paray-le-Frésil	Les grds Pitouges F3	forage	58	1997	ou			SAB&marne	voir rap hydro	
DOT COA		74271	662429	225	Paray-le-Frésil	Les grds Pitouges F2	forage	58	1997	ou			SAB&marne	voir rap hydro	
BRG&IRDOT COA&C	0575-0106	74593	662076	220	PARAY LE FRESL	Les Veillats	FORAGE	46	1999	ou	229	12,7	SAB&marne	log géol valide 0575-0106.pdf	n
BRG&IRDOT COA	0570-0028&C	74962	662454	214	GANNAY SUR LOPE	La terrasse	forage	40	2008	ou	134	12,9	Sables de terrasses arc-log géol et tech 0570-0028&C.pdf		n
voie terrain		74030	662429	218	GANNAY SUR LOPE	Les Millers	forage	28		ou	179	12,7			n
DOT COA&C NP		74296	661804	232	PARAY LE FRESL	Valence F1	forage	58	1997	ou	361	12,5	SAB&marne	voir rap hydro	n

figure 25

4.3.2. Réalisation de fiches détaillées sur chaque ouvrage du fichier

Chaque ouvrage du fichier précédent fait l'objet d'une fiche détaillée reprenant toutes les données entrées. Un extrait de la carte topographique est ajouté pour pouvoir rapidement visualiser sa localisation. Ces fiches sont présentées en DVD annexe 2, elles sont sous format A4 pour une meilleure lisibilité. La figure 26 en présente un extrait.

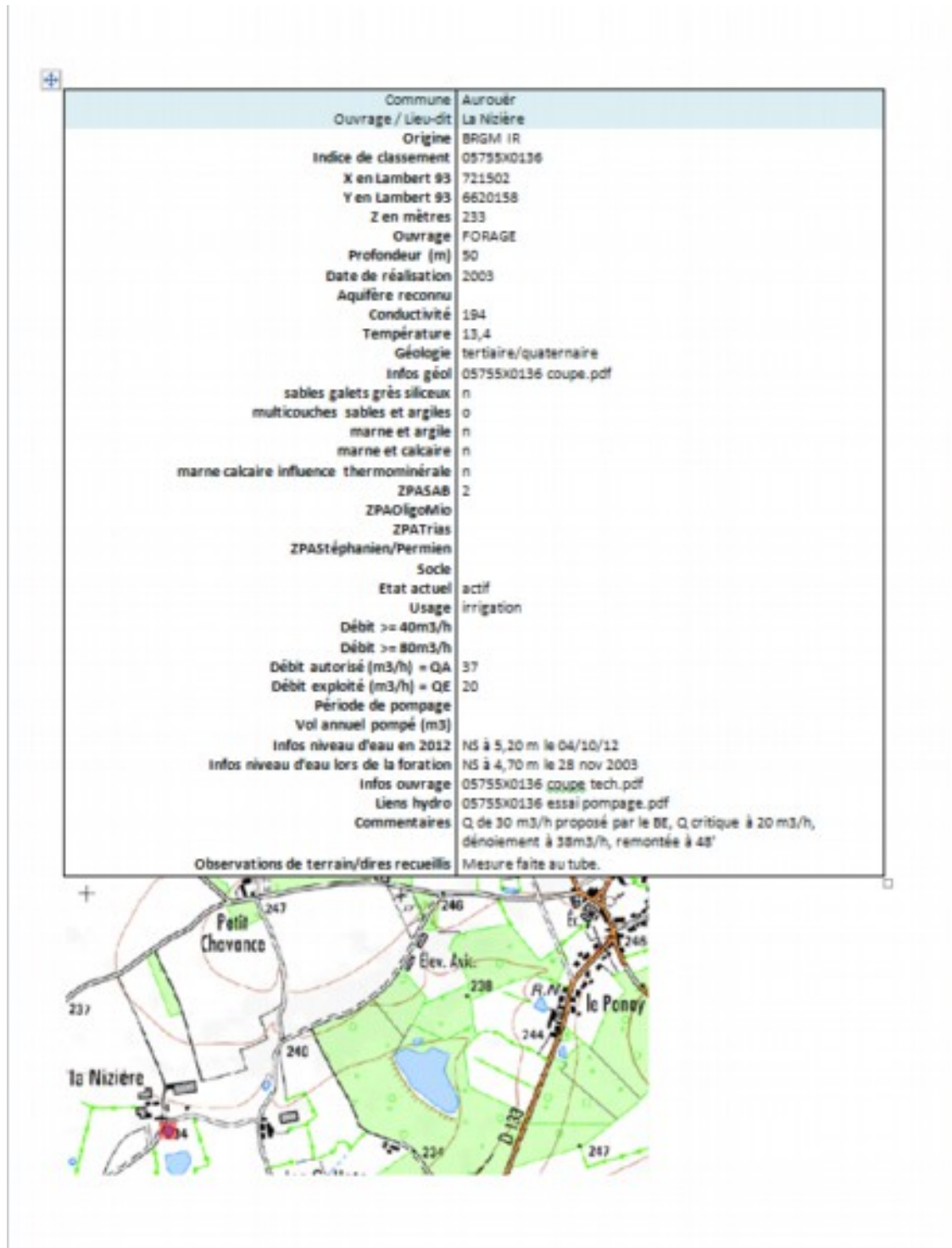


figure 26

4.4. Report cartographique des données et interprétations

Le report cartographique des données a été réalisé sur un SIG (Système d'Information Géographique Mapinfo version 10.5.1) avec la possibilité de situer les points sur un fond topographique (scan 25), un fond BD Ortho (photographies aériennes) et un fond géologique (cartes à 1/50 000).

□ **C'est sur le fond géologique** que le positionnement des données est le plus intéressant car c'est dans ce contexte que l'on peut envisager d'éventuelles relations entre les aquifères. Les cartes présentées dans les pages suivantes sont donc réalisées avec le fond géologique. À titre d'information, le secteur de Lapalisse est resté en blanc car la carte géologique n'est pas encore disponible. Les grandes formations géologiques sont représentées par les mêmes gammes de couleurs que sur la figure 2, seul le Trias est devenu orangé au lieu de rosé, mais sa seule présence dans l'extrême NW du département le rend facile à situer.

- La **carte 1** présente le positionnement de nos 276 points.

Sur cette carte, on constate que la majorité des points se situe dans les formations des SAB et de l'Oligo-Miocène. Ceci est certes en relation avec la nature géologique des terrains, mais d'autres raisons peuvent être envisagées comme les types d'exploitation agricole : ainsi, dans le quart N.W, l'exploitation céréalière susceptible d'être irriguée est moins développée que dans la moitié Est.

- Comme cela a été signalé précédemment, tous les points ne mentionnent pas la présence d'eau et tous les forages ne sont pas actifs ; nous avons donc positionné les points où de l'eau a été reconnue en forage et ceux qui sont actifs actuellement (**carte 2**). Ainsi sur les 276 points, 226 ont eu de l'eau reconnue en forage : ceci ne signifie pas forcément que le forage ne pouvait pas être exploitable ; plusieurs raisons à cela : parce que ce n'était pas le but de l'ouvrage (sondages de reconnaissance de la carte géologique réalisés uniquement pour connaître la nature géologique des terrains et non leur potentiel aquifère), parce que les besoins recherchés en eau n'étaient pas atteints (notons que nous n'avons que très peu de données sur les échecs). Cependant les coupes montrent que certains niveaux géologiques recoupés étaient capables d'être capacitifs. Sur les 226 ouvrages ayant rencontré de l'eau, seuls 138 sont réellement actifs, essentiellement pour l'irrigation, mais aussi pour l'abreuvement du bétail, voire une utilisation comme eau domestique. Ce nombre ne représente qu'une partie de l'existant car le reste ne nous a pas été accessible ou n'a pas de données utilisables pour l'étude.
- Nous avons donc ensuite positionné les points en fonction de la nature géologique des formations. Il faut savoir que pour cela, nous avons examiné les coupes géologiques de façon à déterminer quelles étaient les formations géologiques recoupées par l'ouvrage. Pour aller plus loin, nous avons identifié, sur ces coupes, les niveaux potentiellement capables d'être drainants et capacitifs et donc d'avoir des caractéristiques compatibles avec la présence d'un horizon aquifère. Ces niveaux sont essentiellement des couches sableuses, des couches oolithiques ou oncolitiques ou encore des niveaux stromatolithiques, des niveaux gréseux ou fissurés ou tout autre niveau indiqué dans la coupe comme zone « d'arrivée d'eau ». C'est ce que l'on appelle nos « ZPA », c'est-à-dire « Zones Potentiellement Aquifères » dans la coupe géologique. Mais attention, ceci ne signifie pas que ces niveaux sont systématiquement productifs tout au long de l'année.

Il en résulte une série de cartes comportant les points en relation avec des ZPA dans les SAB, dans l'Oligo-Miocène, dans le Trias, et dans le Stéphano-Permien.

- La **carte 3** présente les résultats pour les SAB. Cette formation étant très riche en niveaux sableux répartis au sein des deux séquences (inférieure et supérieure), nous avons distingué le nombre de ZPA dans les ouvrages examinés. Ainsi, ce sont 115

ouvrages qui sont dans les SAB et disposent d'une ZPA, mais seuls 47 en montrent 2 ou 3. Ceci tend à montrer que ces derniers sont ceux où les deux séquences sont probablement le mieux représentées, et c'est le cas pour environ 40% des ouvrages examinés dans les SAB.

Globalement deux axes semblent se dessiner, un S.W/N.E (entre St-Pourçain/Sioule et Beaulon) et un second perpendiculaire orienté S.E/N.W (entre Dompierre/Besbre et Villeneuve-d'Allier) ce qui se rapproche de ce qu'indique la figure 12 page 24 (paléogéographie des chenaux....). Il est possible que nous soyons dans des axes utilisés par les paléo Loire et Allier. Pour confirmer cela, il serait nécessaire d'avoir plus d'informations sur les travaux qui ont pu être réalisés en dehors de ces axes.

Les coupes géologiques ont néanmoins montré qu'il existait d'importantes variations latérales dans ces dépôts. Il est clair que lorsque le niveau de sables à galets (qui peut atteindre une quinzaine de mètres de puissance) de la séquence inférieure est recoupé, les chances d'avoir un forage assez productif augmentent. À l'inverse, l'alternance de niveaux sableux moins développés (maximum 5 m) et d'argiles, comme on la retrouve dans la séquence supérieure est moins productive.

- La **carte 4** présente les résultats pour les dépôts de l'Oligo-Miocène. Tout d'abord, comme cela a été expliqué dans la présentation géologique du département, l'Oligo-Miocène est présent partout sous les SAB de la moitié Est du département. C'est ce qui explique que dans ce secteur, tout forage dont la profondeur dépasse l'épaisseur des SAB atteint les sédiments de l'Oligo-Miocène. Mais tous ne recouperont pas une ZPA dans ces dépôts, d'où un nombre de forages (92) montrant au moins une ZPA dans l'Oligo-Miocène.

Deux observations peuvent être faites : tout d'abord, le nombre de ZPA dans l'Oligo-Miocène n'est que de peu inférieur à celui dans les SAB ; cela est probablement dû aux techniques de forage : on constate qu'au début de l'essor des forages d'irrigation, la profondeur de foration n'était que de 20 à 30 m. À partir des années 95, la profondeur a progressivement augmentée pour atteindre actuellement des profondeurs de 80 à 100 m : des tentatives ayant donné des résultats satisfaisants, elles ont entraîné une recherche plus profonde atteignant la centaine de mètres. À cette profondeur-là, les dépôts de l'Oligo-Miocène sont systématiquement recoupés, et ceci sur une épaisseur suffisante pour croiser quelquefois un niveau productif.

On constate également qu'il n'y a pas d'organisation globale marquant des directions préférentielles, il faut dire que ces dépôts n'étaient pas « chenalisés » aussi fortement que pour les SAB.

Lorsque l'on croise les données entre ZPA dans l'Oligo-Miocène et rencontre d'eau à la foration, on constate que le résultat est moins bon que pour les SAB, indiquant que, d'une manière générale, l'Oligo-Miocène semble moins porteur. Ceci n'est pas étonnant car il faut que l'eau puisse atteindre des niveaux profonds souvent séparés de la surface par d'épais (jusqu'à 10 m d'épaisseur) niveaux marneux ou argileux. Il paraît cependant préférable de solliciter le Miocène plus « détritique ou bio-détritique » que l'Oligocène plus « marneux ». On observe en effet trois grands systèmes capacitifs et drainants : un associé à des niveaux franchement détritiques de sables souvent verdâtres, un associé à des niveaux « bio-détritiques » d'oncolites, oolithes, stromatolithes, et enfin un associé à des accidents tectoniques, marqué par des eaux à tendance thermominérale, ce dernier

étant en liaison avec l'Oligocène marno-calcaire suffisamment rigide pour enregistrer fortement la tectonique cassante.

- La **carte 5** présente les résultats pour le Trias et le Stéphano-Permien. Ces deux formations ont été regroupées car elles occupent la même zone (essentiellement le quart NW du département) et que le Trias recouvre le Stéphano-Permien. Ce ne sont qu'une trentaine de forages qui sont concernés avec 21 dans le Trias et 13 dans le Stéphano-Permien. Malgré le peu d'informations, des grandes lignes ressortent : l'essentiel des forages atteignant le Trias s'organisent sur un axe W-S.W/E-N.E entre Braize et Valigny/Lurcy-Lévis. Mais il est difficile de dire si cette direction est associée à des zones tectonisées (failles importantes) ou à la distance nécessaire pour que l'eau atteigne des niveaux capacitifs après s'être infiltrée au contact du socle plus à l'Est, ou une association des deux car certains forages fournissent des eaux à tendance thermo-minérale alors que d'autres sont plus classiquement des eaux de multicouches sable/argile.

Avec 13 données éparpillées dans les dépôts du Stéphano-Permien, il est difficile d'envisager un potentiel aquifère pour cette formation, d'autant que certaines des données indiquent des tendances thermo-minérales associées à des failles structurantes. Comme cela a été indiqué dans la présentation géologique, la forte inclinaison des couches, la présence de houille, de schiste bitumineux, de dépôts silicifiés etc. ne sont pas des éléments très favorables à la présence d'aquifères exploitables, sauf exception.

Un autre critère pris en compte pour essayer d'estimer l'intérêt des aquifères rencontrés est le **débit d'exploitation** (Q). Comme la majorité des forages étudiés sont utilisés pour l'irrigation, nous avons scindé les débits en 3 catégories :

- Le débit est < à 40 m³/h (débit nécessaire à l'alimentation d'un enrouleur classique), aussi, la plupart du temps, l'exhaure doit d'abord être stocker dans des réserves d'eau tampon ;
- Le débit est compris entre 40 et 80 m³/h, alors on peut l'utiliser directement pour un enrouleur, voire deux si l'on s'approche de 80 m³/h ;
- Le débit est > à 80 m³/h et là un pivot est utilisable ou deux enrouleurs.

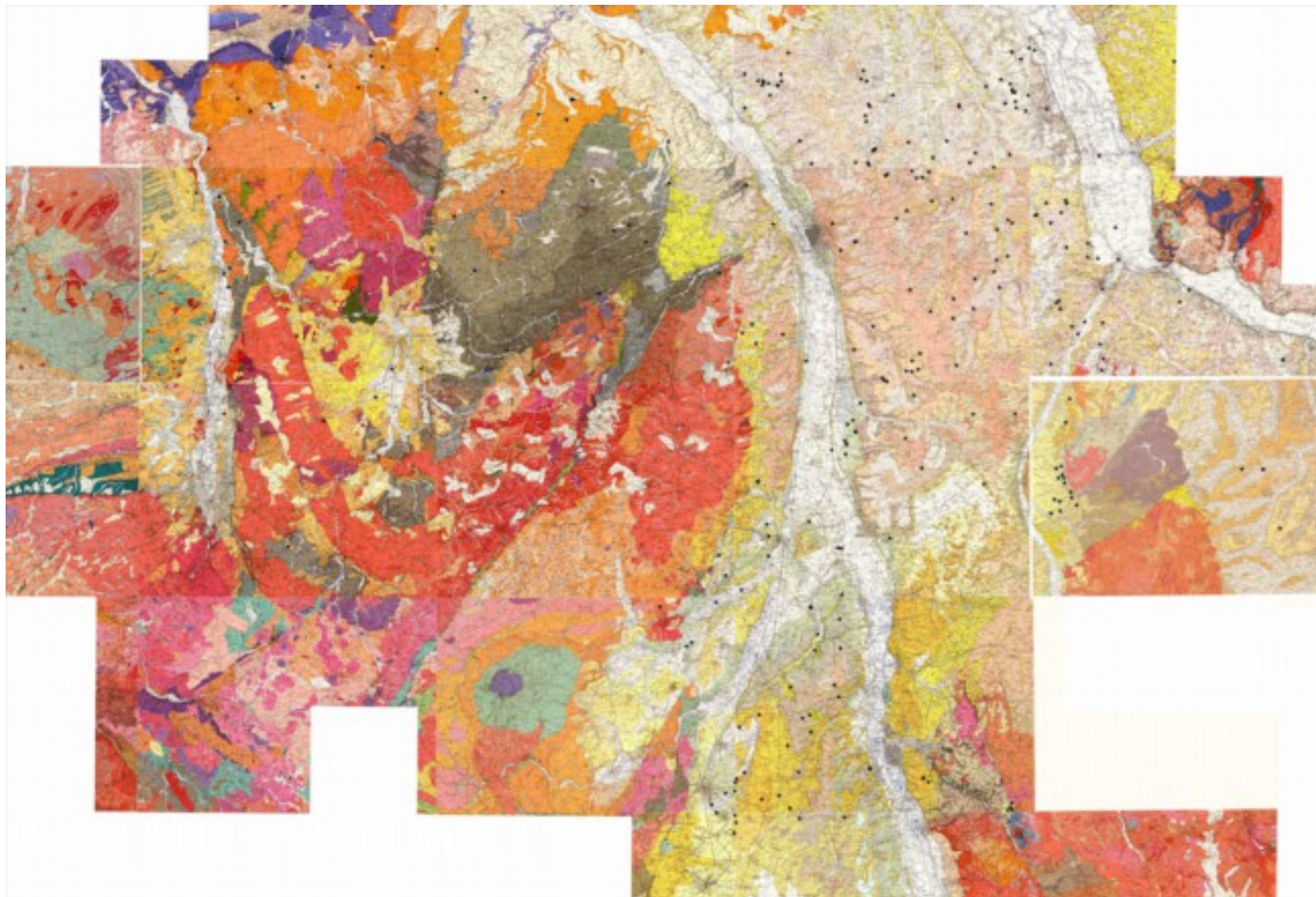
La **carte 6** présente les données de débit des forages classées suivant les trois catégories précédentes. Nous disposons de 175 données de débit réparties en :

- 96 pour un Q < 40 m³/h,
- 62 pour 40 < Q < 80 m³/h
- 17 pour Q > 80 m³/h.

Globalement, nous observons que plus d'un forage sur deux présente un débit inférieur à 40 m³/h, mais aussi qu'un tiers procure un débit compris entre 40 et 80 m³/h. Enfin un sur dix peut fournir un débit important de plus de 80 m³/h. Mais ces données doivent être considérées avec circonspection car les débits annoncés (débit autorisés) résultent le plus souvent de tests de pompages sommaires et sont surestimées au vu des courbes caractéristiques des ouvrages ; nos observations de terrain nous ont permis de voir des équipements de forage surexploités montrant des signes de vieillissement accéléré.

Que peut-on retenir ?

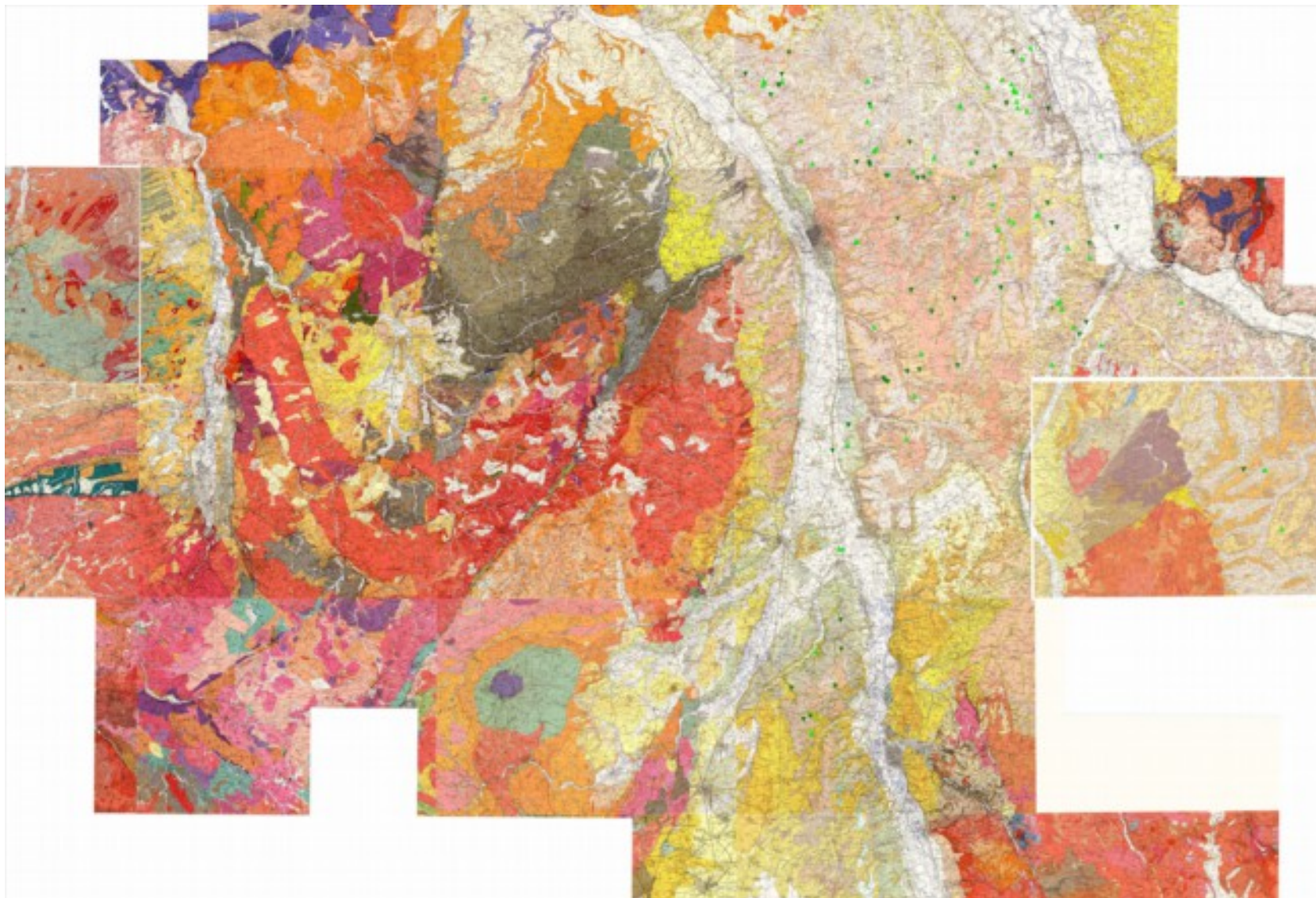
- Tout d'abord, mis à part le Stéphano-Permien (débits tous $< 40 \text{ m}^3/\text{h}$), il n'y a pas de formations géologiques qui permettent d'obtenir systématiquement des débits $> 40 \text{ m}^3/\text{h}$. En effet, les points rouges se répartissent uniformément dans toutes les zones.
- La proportion de forages à débit compris entre 40 et $80 \text{ m}^3/\text{h}$ est assez homogène dans les trois autres formations géologiques, avec un léger bémol pour l'Oligo-Miocène du sud du département qui est assez porteur mais dans des conditions très particulières (perçage d'une dalle imperméable de marno-calcaire, probablement gréseuse ou dolomitique, nécessaire pour obtenir des arrivées artésiennes à bon débit).
- Les SAB donnent des débits globalement plus faibles dans le nord du quart NE du département. À l'inverse la partie centrale semble concentrer de bons débits.
- Les débits supérieurs à $80 \text{ m}^3/\text{h}$ sont localisés en deux lieux (malgré le peu de données) : la zone à l'intersection des deux axes S.W/N.E et S.E/N.W envisagés précédemment et sur un axe court mais assez marqué W-N.W/E-S.E entre Bessay/Allier et Thionne. Ici ce sont 6 forages dont 4 sont en relation systématique avec des dépôts Oligo-Miocènes et 2 non dotés de coupe géologique. Il n'est pas impossible qu'ils se placent le long d'une faille, ce qui expliquerait les caractéristiques de l'eau (voir paragraphe suivant) qui marquent les aquifères de ce type.
- Enfin les « gros débits » ne sont pas l'apanage des SAB ou de l'Oligo-Miocène, puisque le Trias gréseux en comporte un également à $80 \text{ m}^3/\text{h}$ (bien qu'exploité à moins que cela).



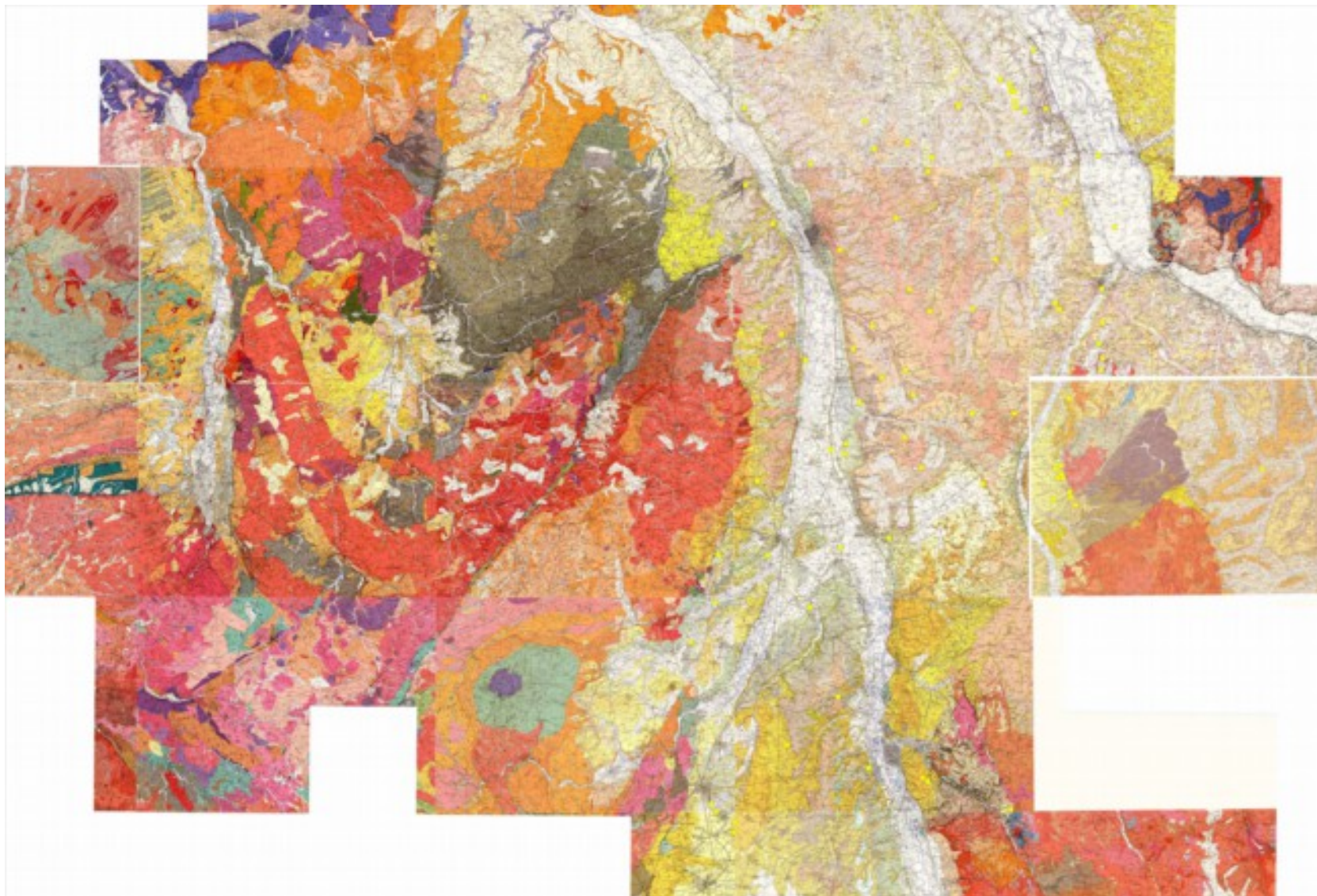
Carte 1 : positionnement de tous les points sur le fond géologique.



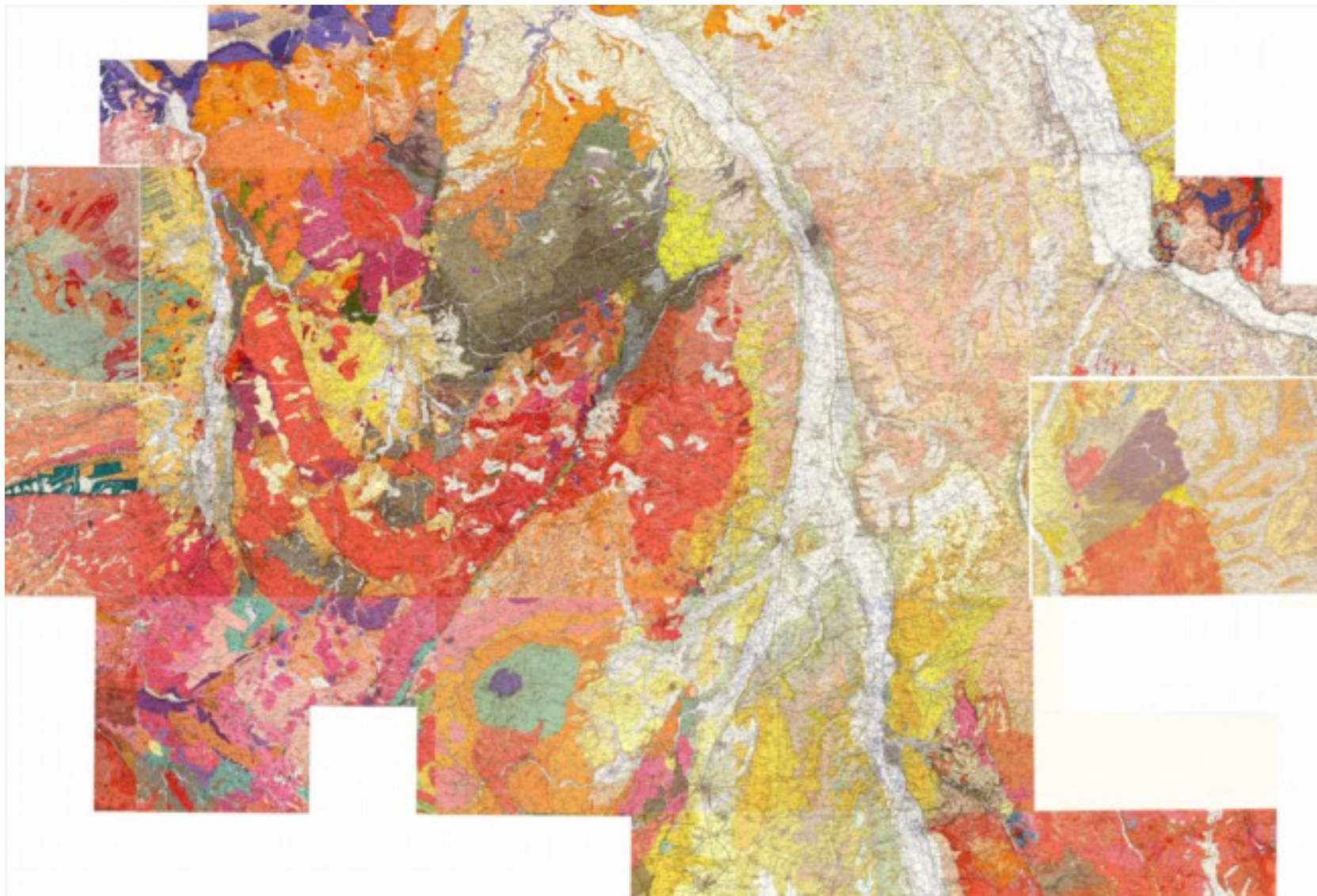
Carte 2 : position des points où des venues d'eau ont été notées à la foration (points ronds bleu clair) et ceux actifs actuellement pour l'exploitation d'eau (étoile bleue).



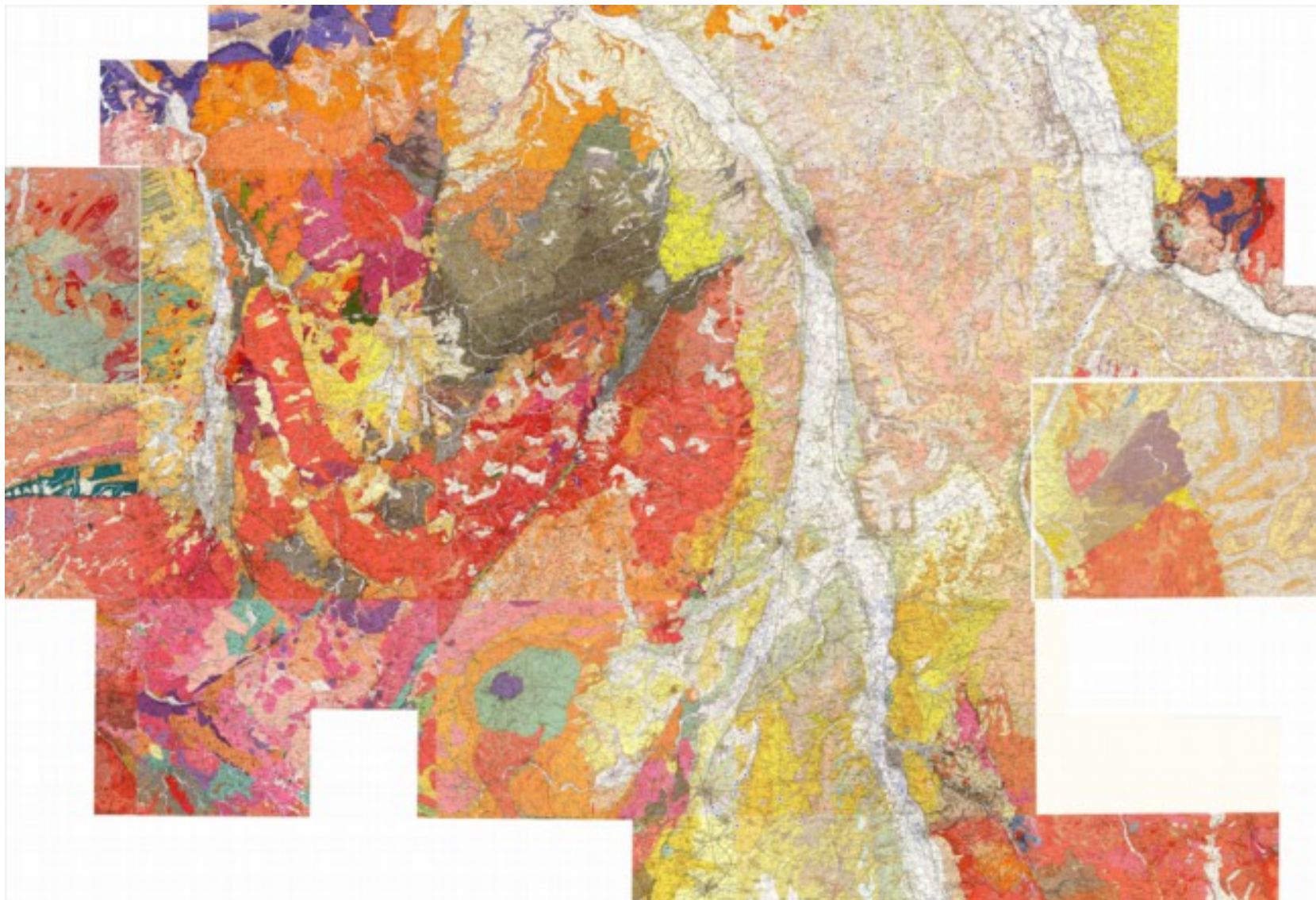
Carte 3 : ZPA dans les SAB. Une ZPA déterminée (triangle vert clair), deux ou plus (triangle inversé vert foncé).



Carte 4 : ZAP dans les dépôts de l'Oligo-Miocène.



Carte 5 : ZPA dans le Trias (losanges rouges) et dans le Stéphanien-Permien (triangles roses).



Carte 6 : Débit des différents forages : points rouges : $Q < 40 \text{ m}^3/\text{h}$; points bleus : $40 < Q < 80 \text{ m}^3/\text{h}$; points verts : $Q > 80 \text{ m}^3/\text{h}$

4.5. Essai de corrélation des forages dans une coupe géologique :

Pour essayer d'envisager les relations pouvant exister entre les SAB et les dépôts oligo-miocènes, une coupe géologique entre l'Allier et la Loire a été réalisée (cf. figure 27). Elle recoupe une partie du département sur environ 50 km, depuis les environs de St-Pourçain/Sioule jusqu'à ceux de Beaulon. Elle est fondée sur seize forages choisis en fonction de la coupe géologique existante et des informations apportées par les forages voisins (par exemple, compilation entre les forages de la Brosse et les Barreaux). Les sondages très profonds de Cogéma ont été volontairement coupés à 120 m. En effet, actuellement, il ne semble pas d'actualité d'aller rechercher de l'eau à 200 ou 300 m de profondeur pour irriguer, mais comme on observe des forages dépassant les 100 m, cette profondeur nous a paru cohérente. Il faut garder à l'esprit que cette représentation repose sur les coupes géologiques des dossiers hydrogéologiques et qu'elles n'ont pas toutes la même précision, ni la même qualité. Ceci a ajouté des difficultés de corrélation, comme c'est le cas dans le secteur les Dômes/les Bizets/Lavaux.

Ce travail a abouti à une coupe synthétique interprétative (figure 28) qu'il ne faut pas envisager d'utiliser comme représentant la réalité de la nature géologique à l'aplomb d'un point donné. Elle a cependant une possible valeur indicative et peut être utilisée comme outil de réflexion.

- Le premier apport de cette coupe est que les SAB sont indépendants de la Loire et de l'Allier ;
- Elle permet de visualiser la position des dépôts oligo-miocènes sous les SAB et les alluvions quaternaires. Il est intéressant de confirmer que ces dépôts ne sont pas tous au même niveau et que, par endroit, il faut envisager soit des décalages tectoniques, soit des érosions importantes (anciens chenaux d'écoulement des grands cours d'eau), soit les deux associés ;
- Il ressort également bien que l'Oligo-Miocène de la bordure E est beaucoup plus détritique que celui de la bordure W. Ainsi dans la moitié E de la coupe, des niveaux sableux grossiers d'épaisseur importante sont fréquents jusqu'à 120 m (et plus) de profondeur. Ils peuvent représenter une cible mais sous réserve de plus d'informations sur eux ;
- Il ressort également que des questions d'interaction entre les SAB (voire les alluvions quaternaires anciennes) et des dépôts de sables grossiers oligo-miocènes peuvent se poser tout au moins dans la zone autour de Vauvillon. Des études complémentaires seraient nécessaires pour confirmer cela et s'assurer que ce n'est pas seulement un problème d'interprétation de la nature des échantillons observés lors de la foration ;
- On retrouve quelquefois la possibilité de « suivre temporairement » des niveaux dans les SAB : c'est le cas pour les niveaux argileux et de sable

grossier (notamment celui à galets de la séquence inférieure). Cela semble en partie vrai pour la zone entre Lavaux et les Pelletiers à l'E ;

- On retrouve également la succession de Tourenq dans certains forages où les 3 séquences peuvent être envisagées, mais ce n'est pas une règle générale. Il est clair que cela dépend beaucoup de la qualité du levé des coupes, car toute la nuance réside dans la subtile nuance entre une argile sableuse et un sable argileux.

Globalement, ce type de travail peut apporter des éléments importants pour la connaissance d'horizons aquifères et leur corrélation, mais il est très dépendant de la qualité des données ; à ce sujet, s'il est envisagé de prolonger cette démarche de connaissance des horizons aquifères, il serait utile que dans l'avenir le suivi géologique des ouvrages soit envisagé lors de la foration ou après mais sur un échantillonnage préservé et précis.

figure 27

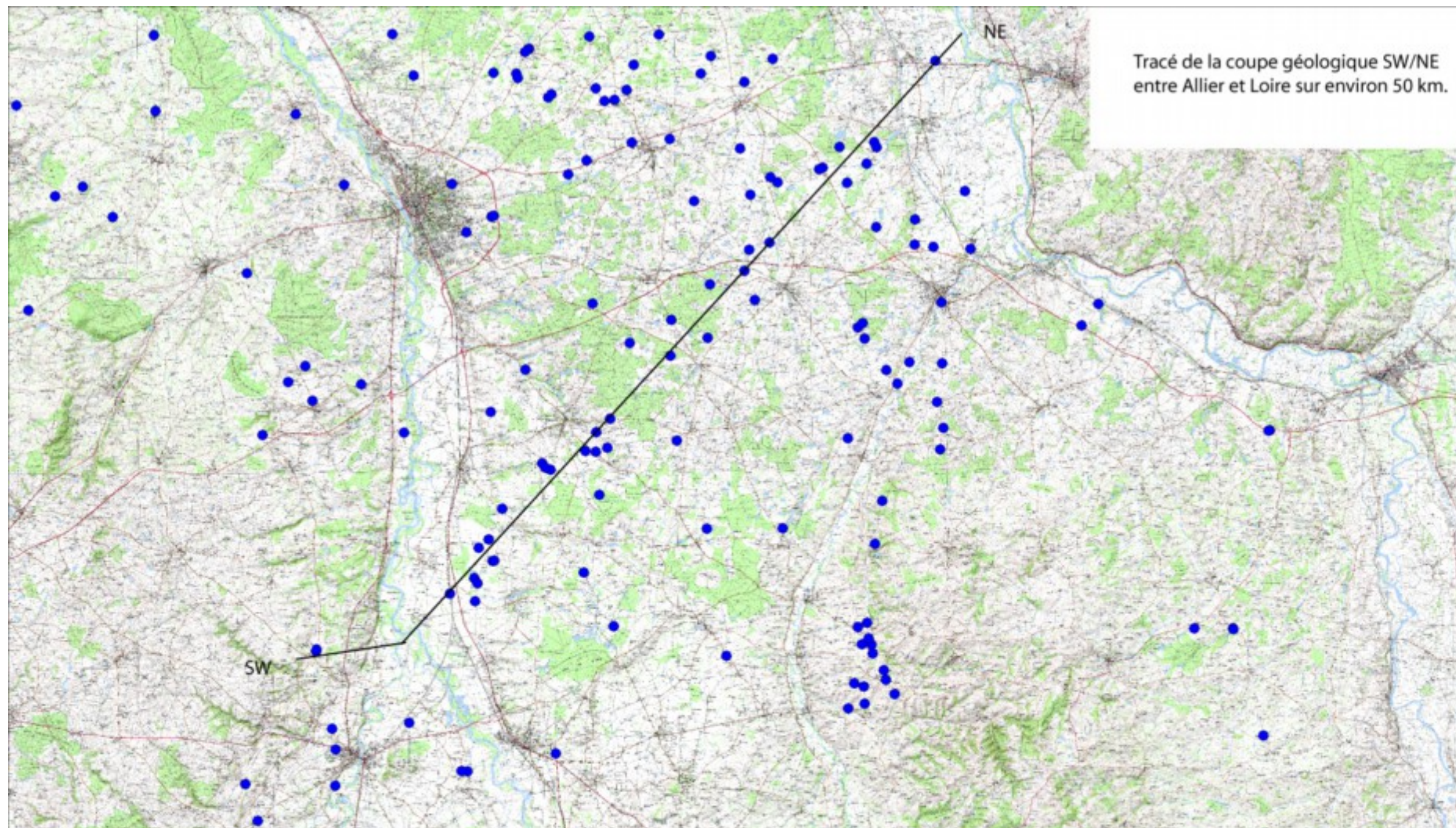
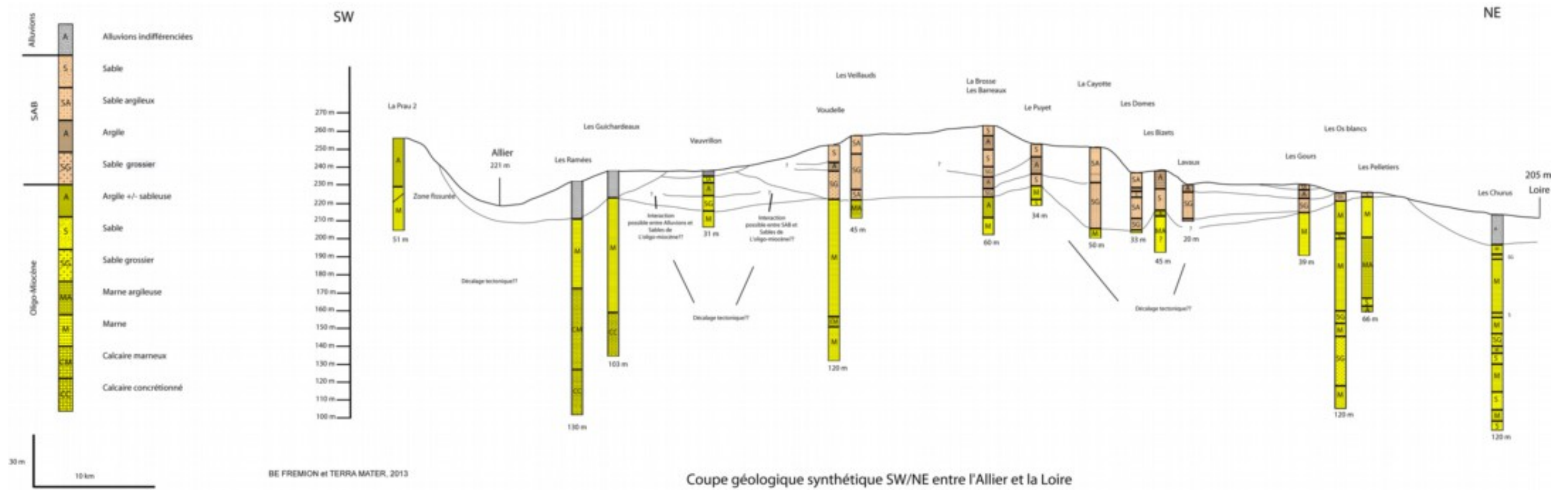


figure 28



5 . MESURES DE TERRAIN COMPLÉMENTAIRES

Elles ont consisté en des mesures du couple « température – conductivité » sur 104 ouvrages et en la datation « tritium » de 7 prélèvements d'eau représentatifs des aquifères rencontrés.

5 . 1 . Mesures de conductivité et de la température de l'eau de forages existants sélectionnés

Au cours de la phase de compilation des données, il est apparu que de nombreux forages sollicitent très souvent plusieurs types de formations géologiques sans pouvoir préciser laquelle est la plus productive. Le but de cette campagne de mesure de la conductivité était de tenter de caractériser les couches sollicitées et, surtout, de déterminer si la participation d'un ou de plusieurs horizons aquifères peut être distinguée en fonction de la conductivité.

La conductivité est un paramètre physico-chimique en relation avec la structure naturelle des eaux. En effet, il existe une relation entre la teneur en sels dissous d'une eau et la résistance qu'elle oppose au passage d'un courant électrique. Cette résistance peut s'exprimer de deux manières : la résistivité ou son inverse, la conductivité. La conductivité est proportionnelle au degré de minéralisation (teneur globale en espèces minérales généralement ionisées) et varie en fonction de la température. La mesure de la conductivité est effectuée par un conductimètre ; l'unité utilisée pour exprimer la conductivité (C) est le micro-Siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Les principales roches sédimentaires sont en général formées d'une espèce minérale dominante qui donne une physionomie propre à l'eau qui la traverse ; les plus couramment rencontrées sont :

- la silice (quartz...) réputée insoluble,
- les carbonates (calcite, dolomite...),
- les argiles (illites, montmorillonites, kaolinite, chlorite...).

Ces phases minérales sont plus ou moins solubles. La minéralisation d'une eau est liée à la facilité de mise en solution et d'attaque des substances contenues dans les roches traversées par les eaux, mais également au temps de contact entre l'eau et la roche. C'est ainsi, qu'en ce qui concerne la variation de la minéralisation d'eau de nappe, quelques règles ont été établies :

1. les eaux issues de terrains de même nature pétrographique et de même âge ont, en général, des caractères communs ;
2. mais toutes les eaux issues d'une roche de même nature pétrographique n'ont

pas nécessairement la même composition chimique car la longueur et le temps du trajet des filets liquides apportent des modifications,

3. les eaux issues d'une roche de même nature pétrographique, de même âge et dans une même région ont en général des caractères communs.

- *Eaux des calcaires*

La dissolution du carbonate et du bicarbonate de chaux est due principalement à la présence du gaz carbonique (CO₂) libre dans les eaux.

Les calcaires sont variés ; on distingue les...:

- Calcaires compacts ne présentant pas de pores ; ces calcaires sont très fréquents et en grandes masses ; dans de tels calcaires, l'eau ne circule que par des fissures ;
- Calcaires à grains fins (calcaires marneux à marno-calcaires) : ils n'ont que des pores extrêmement petits et une porosité très faible ; l'eau ne peut y circuler que par des fissures ;
- Calcaires poreux et vacuolaires (calcaires coquilliers) présentant une grande porosité et des interstices de taille très variable (pouvant être très grands dans les calcaires coquilliers) : il peut y avoir une circulation d'interstices et une circulation de fissures ; *les venues d'eau importantes dans l'Oligo-Miocène sont souvent notées à la faveur de tels calcaires.*

D'une manière générale, dans ce type de roche, la circulation par fissures prédomine de beaucoup ; la surface d'attaque par rapport au volume d'eau qui circule se trouve ainsi considérablement réduite.

Minéralisation : calcaires compacts < calcaires à grains fins < calcaires poreux

- *Eaux des marnes et des argiles*

Si ces roches ont une grande porosité, leurs pores sont très ténus ; ainsi, si la surface de contact eau-roche est donc extrêmement grande, la vitesse de circulation est excessivement faible à l'intérieur de ces roches considérées comme faiblement perméables à imperméables. Aussi les eaux en contact avec ces roches argileuses ont-elles le temps de se charger.

- *Eaux des sables et des grès siliceux*

L'absence de carbonates donne des eaux à faible minéralisation.

5.1.1. Conditions de mesure et résultats

Comme nous avons constaté lors de l'enquête préalable de la phase 1 que de nombreux ouvrages sont équipés de conduite de refoulement avec collerettes ou centreurs qui ne permettent pas le passage d'un tube échantillonneur, la mesure a été réalisée à l'exutoire et après pompage, à la fin de la campagne d'irrigation 2012 ; *cette période a permis de disposer d'une eau renouvelée représentative des aquifères.* Ont été exclus les mélanges d'ouvrages que soit à la sortie de l'enrouleur, d'une réserve ou d'un étang.

Cette campagne s'est faite avec le concours du syndicat des irrigants et des référents des

différents secteurs étudiés ; sans eux, cette campagne n'aurait pu être menée avec la même qualité. Leur aide a permis de mettre en place un protocole (pompage préalable et présence du propriétaire ou mise à disposition des éléments permettant la réalisation de la mesure) assurant une mesure dans les conditions requises.

5.1.2. Les données et leur exploitation

Si au final 104 ouvrages ont été mesurés, seuls 102 disposant d'une coupe géologiques et de la coupe d'équipement ont pu être exploitées ; les résultats sont compilés dans le tableau 2.

Dans ce tableau sont consignées :

- la conductivité exprimée en $\mu\text{S}/\text{cm}$, classée par valeur croissante,
- la température de l'eau correspondante au moment de la mesure,
- la profondeur de l'ouvrage,
- la hauteur de l'équipement drainant (crépine + massif drainant),
- l'épaisseur des différentes formations au droit de l'équipement drainant ; sont distingués les :
 - alluvions modernes,
 - sables, graviers et grès du Trias (roches siliceuses),
 - multicouches SA (sablo-argileux) à dominante sableuse,
 - multicouches SA à dominante argileuse,
 - roches carbonatées,
- les formations géologiques sollicitées :
 - les formations subactuelles (terrasses...)
 - les sables et argiles du Bourbonnais,
 - l'Oligo-Miocène,
 - le Trias.

tableau 2 : tentative de relation » conductivité/nature des terrains drainés »

conductivité en µS/cm	température en °C	profondeur en m	hauteur équipement drainant en m	Alluvions modernes	sable-graviers-grès du Trias	multicouche SA à dominante sableuse	multicouche SA à dominante argileuse	roche carbonatée	Subactuel	SAB	Oligo-Miocène	Trias
79	13	30	20		18		2			o		
91	13,3	73	37									
94	13,1	25	18		18					o		
100	12,6	45	40			40				o		
101	13	111	85		85							o
105	12,9	33	24			21					o	
119	13	35	26		21			5		o	o	
123	13	33	27			26		1		o	o	
130,6	13,8	20	18		7		9	2		o	o	
131	13,4	50	40				40					o
133	12,9	25	18	1		17				o		
134	12,9	40	22,5		21			1,5			o	o
137	13,4	42	32			24		8		o	o	
137,6	13,2	39										
141	13,1	45	31		25			6		o	o	
142	12,8	25										
142	14,7	23										
145	12,7	25	25			25						o
147	13,1	33										
150	14,2	60	36			28		7			o	
151,4	12,7	50	31		23	8				o		
152	14,3	120	94		94							o
163	13,3	45	29			29				o		
168	13,5	44	24			7		17		o	o	
170	13,3	20			8,5			11,5			o	
176	11,6	50						16			o	
179	12,7	20		o		o						
180	14,5	50	40		10		30					o
181	13	42	28				20	8		o	o	
188	12,8	59	24	7,5		16,5				o		
192	12,5	20										
197	12,9	39	26		23		3			o		
202	12,9	49	33		14			16			o	
202	15,4											
202	13,4	28	23		o	23						o
203	12,7	44	25		10	15				o		
209	12,6	34	40		14		26			o		
210	13	48	34		13	30		4		o	o	
223	13,8	83	55				55				o	
225	14,1	75	60			32		28		o	o	
230	12,3	24	15		9			6		o	o	
233	14	44	31		13			18		o	o	
239	12,7	46	30		29			1		o	o	
240	13,6	50	40			40						o
240	13	45	42				23	19		o	o	
240	14,2	23			2							o
241	12,9	51	41		10			31		o	o	
241	12,4	58	42				42			o		
229	14,1	40	40		7			33		o	o	
261	15,2	45	32				29	2		o	o	
268	12,4	58	42			42				o	o	
271	13	47	37		37							o
278	15	60	37			29		8		o	o	
286	13,2	90	20			20				o		
293	14,4	105	36,5			30,5		6		o	o	

conductivité en µS/cm	température en °C	profondeur en m	hauteur équipement drainant en m	Alluvions modernes	sable-graviers-grès du Trias	multicouche SA à dominante sableuse	multicouche SA à dominante argileuse	roche carbonatée	Subactuel	SAB	Oligo-Miocène	Trias
Conductivité en µS/cm	Température en °C	Profondeur en m	hauteur équipement drainant en m	Alluvions modernes	sable-graviers-	multicouche SA à dominante sableuse	multicouche SA à dominante argileuse	roche carbonatée	Subactuel	SAB	Oligo-Miocène	Trias
302	14,5	68	32					32			à	
305	13,3	57	42				42					o
321	13	29	15			15				o		
325	13	58	42				42			o		
331	13,2	51	33					25			o	
357	13,3	48	23					23			o	
361	12,5	58	42		15		27			o		
372	14,2	57	41				26	20		o	o	
378	15,2	62	47					37			o	
379	14	42	29				29			o		
380	13,2	39	18		15			3			o	
382	13,7	69	56				56				o	
388	12,7	43	14	3	4			7	o	o	o	
394	13,8	70	33,5									
398	13,6	24										
407	13,8	19	14			2		12		o	o	
409	16,2	101	65					65			o	
461	15,2	30	28		29							o
490	13,7	65	43					43			o	
496	13,5	37	19					19			o	
497	13,6	59	56					56			o	
514	13	16	10					10			o	
524	14,4	51	42				20	22		o	o	
565	18,5	103	53					53			o	
605	14,1	57	50				50					o
607	14,1	54	37					37			o	
626	13,5	34	33			6		27		o	o	
649	19,5	112										
657	13,8	37	32			23		9		o	o	
679	13,6	3,65										
681	15,7	10									o	
720	15,4	13										
728	12,8	10										
747	14,1	28	21					21			o	
767	12,5	5,2										
775	12,2	14										
779	13	12										
796	12,2	6									o	
809	16,1	22	17									
875	12,8	7									o	
940	13,5	50										
970	12	12									o	
980	12	9										
1058	11,2	12									o	
1173	13,1	23										
1200	12,8	12										
1248	14,4	27	17					16			o	

5.1.2.1. La température

Les températures s'échelonnent entre 11,2 et 19,5 °C.

Les températures relevées en septembre-octobre 2012 sont, à 2 exceptions près, supérieures à 12 °C : 42 valeurs (43 %) sont comprises dans la fourchette 12–13 °C, et 24 (25 %) dans la fourchette 14-16 °C ; ces températures sont élevées par rapport à la température moyenne de l'air de l'ordre de 11 à 11,5 °C et dénotent l'influence de la profondeur de l'ouvrage.

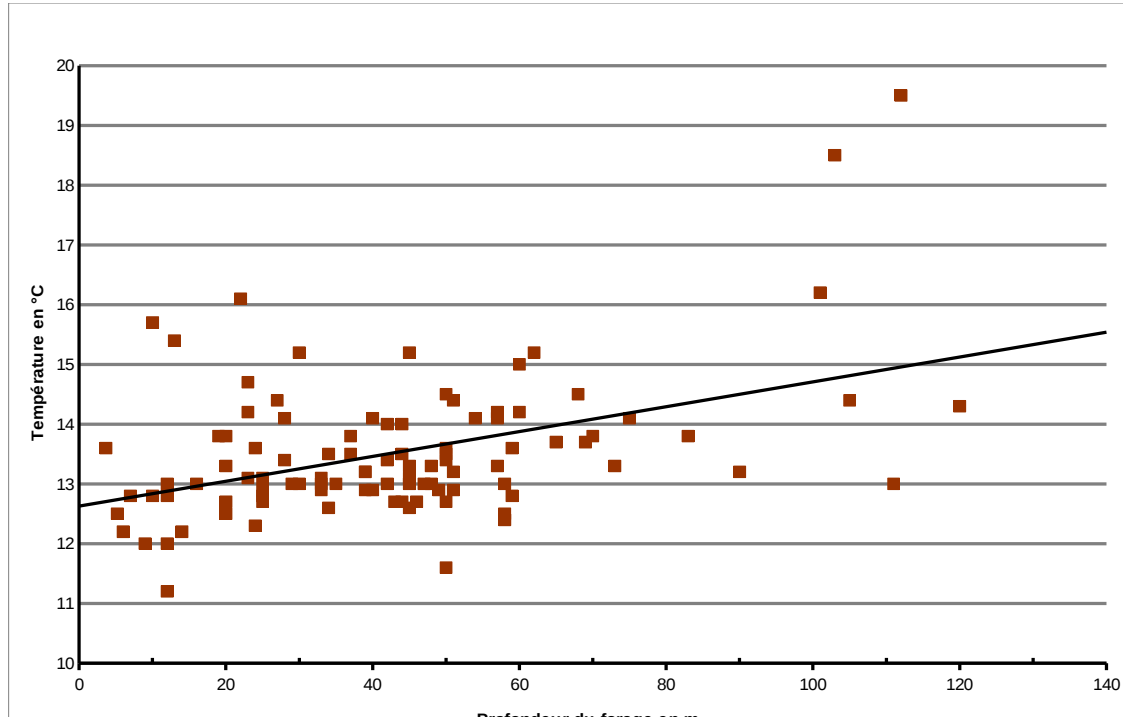


figure 29 : relation température / profondeur

Toutefois, on considère qu'en règle générale, la température de l'eau souterraine susceptible d'être rencontrée à 10 m de profondeur est très voisine de la température moyenne annuelle de l'air.

Or, les données du graphique de la figure 29 montrent que certaines valeurs ne rentrent pas dans ce schéma. Ainsi, pour des forages d'une profondeur d'une dizaine de mètres, la température s'échelonne entre 12 et 15-16 °C et des températures de 14 à 16 °C ont été relevées pour des forages de seulement 20 à 30 m.

Pour expliquer ce fait, on peut faire appel au gradient géothermique admis à 3 °C par 100 m. Pour que l'influence du gradient thermique puisse être effective, il faut des trajets et des séjours suffisamment longs pour que la température des eaux et celle des terrains encaissants s'équilibrent.

Pour les températures élevées, on ne peut exclure des apports d'origine profonde d'autant que des odeurs symptomatiques ont été senties ; les quelques exemples ci-dessous illustrent la dualité des influences :

- 18,5 °C pour une conductivité de 565 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et une profondeur de 80 m au

forage les Guichardaux (St-Gérard-de-Vaux),

- 16,2°C pour une conductivité de 409 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et une profondeur de 101 m au forage les Robinats (Bessay-sur-Allier),
- 14,4 °C pour une conductivité de 1 248 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et une profondeur de 27 m au forage « Pré bordes » (Ussel-d'Allier) ; notons que ce forage se situe à proximité d'une faille bordière du socle.

Au vu de la figure 29 et de ces quelques exemples, faire la part entre l'influence du gradient thermique et celle d'apports profonds s'avère complexe même s'il est évident que la part de ces derniers est parfois prédominante (tel le cas de Pré bordes). Seule une étude chimique fine permettrait d'y parvenir.

Ce paramètre paraît être discriminant entre aquifère de nappe superficielle et aquifère de nappe profonde.

5.1.2.2. la conductivité

La finalité de cette campagne de mesures était de tenter d'établir une relation entre la valeur de la conductivité et l'épaisseur et la nature des formations sollicitées, relation qui aurait pu permettre de discerner la participation de tels ou tels horizons productifs par la seule valeur de la conductivité, le traitement se faisant par comparaison de la valeur de la conductivité recueillie sur un forage avec celles des « bornes » constituées par les forages sollicitant exclusivement les sables du Bourbonnais ou les calcaires,

Pour ce faire, les ouvrages sélectionnés devaient disposer d'une coupe technique de l'équipement et d'une coupe géologique relativement détaillée afin de pouvoir différencier les terrains sollicités par l'équipement drainant (crépine + massif filtrant). Ces données sont reportées dans le tableau 2.

Les valeurs s'échelonnent entre 79 et 1 248 $\mu\text{S}/\text{cm}$; leur report par valeur croissante sur le graphique de la figure 30 permet de faire ressortir nettement deux pôles :

- un pôle siliceux avec des valeurs de l'ordre de 90 à 120 $\mu\text{S}/\text{cm}$,
- un pôle calcaire aux valeurs comprises entre 600 et 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Entre les deux, on observe un passage progressif représentatif de l'hétérogénéité et de la grande variabilité spatiale de la sédimentation.

Ce travail, qui s'appuie sur les coupes géologiques fournies, comporte inévitablement une part interprétative notamment lorsque que la distinction entre argile sableuse et sable argileux ou marnes et calcaire n'est pas franchement exprimée dans les coupes.

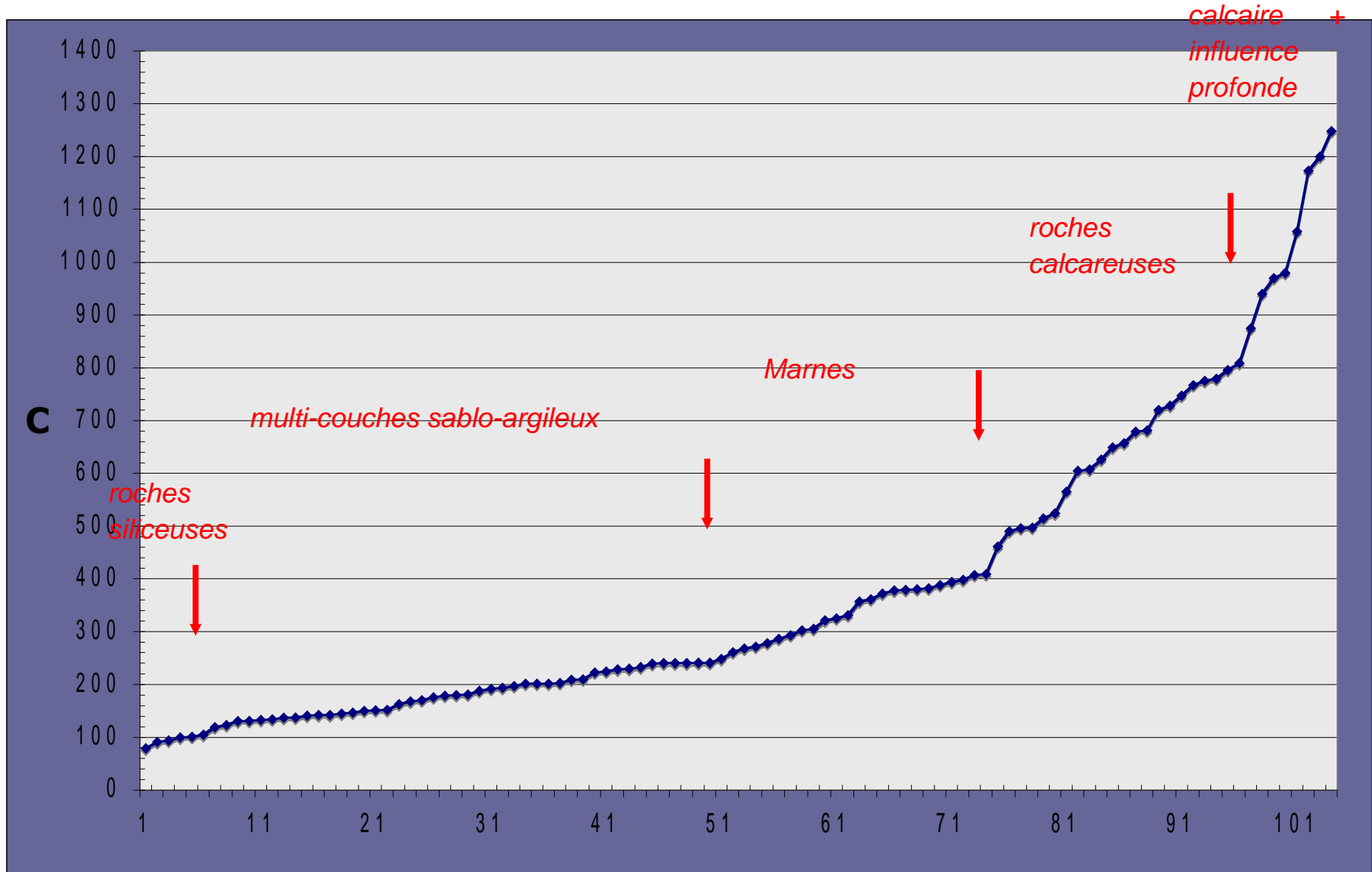
S'il n'est pas apparu de corrélation nette entre la valeur de la conductivité et la nature et l'épaisseur des formations sollicitées par l'équipement drainant, le report cartographique (cf. carte 7) montre une corrélation entre une **fourchette de conductivité** et la nature des formations sollicitées et conforte la **superposition de nappes** circulant dans des terrains de nature différente, notamment la superposition « Sables et Argiles du Bourbonnais » sur l'Oligo-Miocène calcaireux.

Les fourchettes symptomatiques sont les suivantes :

- 0 – 120 : 8 valeurs (7,7 %) correspondant aux ouvrages ne sollicitant que

- des roches siliceuses (grès du Trias, sables grossiers des SAB),
- 121 – 350 : 53 valeurs (51,45 %) se cantonnant aux SAB, sédiments décalcifiés.
 - 351 – 460 : 13 valeurs (12,62 %) ; les ouvrages donnant ces conductivités se situent également dans le secteur des SAB, mais ces ouvrages sollicitent aussi un horizon calcaireux,
 - 461 – 860 : 22 valeurs (21,36 %) correspondant aux ouvrages sollicitant les calcaires de la zone sud,
 - 861 – 1300 : 8 valeurs (7,77 %) ; il s'agit d'ouvrages sollicitant des marno-calcaires et marqués par des venues hydro-thermales.

figure 30 : Conductivité et nature pétrologique de l'aquifère





Carte 7 : Conductivité des ouvrages visités

vert : C entre 0 et 120 ; rose : C entre 121 et 350 ; jaune : C entre 351 et 460 ; violet : C entre 461 et 860 ; rouge : C entre 861 et 1300

5.2. Datation tritium des aquifères profonds

Au cours de la phase de terrain, des conditions d'émergence, des odeurs symptomatiques d'aquifère confiné nous ont interpellé et nous ont amené à proposer la réalisation de datations « tritium » de l'eau d'ouvrages retenus comme représentatifs des grands types d'aquifères rencontrés.

Ces datations ont été effectuées par le laboratoire d'hydrochimie de l'université d'Avignon. Cette méthode permet une estimation de « l'âge » des eaux souterraines et donc du niveau de renouvellement de l'aquifère en se fondant sur le principe suivant.

• **Principe**

Le tritium (^3H), isotope radio-actif de l'hydrogène, est produit naturellement par la composante neutronique du rayonnement cosmique sur l'azote atmosphérique avec une teneur dans les précipitations sous nos latitudes de l'ordre de 5 UT (unité tritium). Mais suite aux essais thermonucléaires aériens qui ont débuté en 1952 et se sont poursuivis jusqu'en 1963, les teneurs des précipitations ont atteint quelques milliers d'UT. Le tritium est donc considéré comme un élément dateur ; sa période est de 12,43 ans et sa teneur s'exprime en unité tritium ou UT.

Les teneurs mesurées les plus fréquentes ont permis de distinguer quatre catégories de résultats ¹ :

- une teneur inférieure au seuil de la mesure (0,2 UT ou 0,4 UT), indique que l'on est en présence d'une eau ancienne dont le temps de séjour est supérieur à égal à environ 2000 ans.
- une teneur comprise entre 0,2 (0,4) et 2 UT peut avoir 3 origines :
 - il peut s'agir d'une eau dont le temps de séjour est de l'ordre de 1000 à 2000 ans ;
 - l'eau de la nappe profonde est au contact de roches cristallines riches en uranium, thorium, lithium et bore, producteurs in situ de ^3H ;
 - il se produit un mélange inférieur au pourcent avec des eaux de surfaces actuelles dont la teneur est voisine de 15 UT ; cette contamination peut résulter d'une drainance suite à une exploitation intensive de l'aquifère profond.
- pour une teneur comprise entre 2 et 10 UT, deux possibilités :
 - soit il s'agit d'une eau dont le temps de séjour est compris entre 200 et 300 ans,
 - soit il s'agit d'un mélange entre une eau ancienne (< 2 UT) et d'une eau de surface actuelle (15 UT) ;
- pour une teneur comprise entre 10 et 40 UT, il s'agit d'une eau actuelle marquée par le pic de 1963.

¹ Estimation pratique de l'âge des eaux souterraines par le tritium, P. Hubert , P. Olive et S. Ravailleau, *Rev des sciences de l'eau/Journal of Water Science*, vol. 9, n°4, 1996.

• **Résultats et interprétation**

Référence BSS	Nom usuel commune	Activité en UT	Incertitude ± en UT	formations	Interprétation
/	Le marais, cne de Biozat	7,6	0,8	Oligo-miocène, artésien	Temps de séjour de 200 à 300 ans et/ou mélange par drainance
06212X0130	Les varennes, Cne de St-Gérard-de-Vaux	≤ 0,4	/	Oligo-miocène	Eau ancienne : temps de séjour ≥ 2000 ans
/	La Motte, cne de Chemilly	≤ 0,4	/	Oligo-miocène	Eau ancienne : temps de séjour ≥ 2000 ans
05995X0038	La bruyère Cne de St-Pourçain/Besbre	5,7	0,6	SAB, séquence inférieure	Temps de séjour de 200 à 300 ans et/ou mélange par drainance
/	La borde, cne de Gannay-s/Loire	7,5	0,8	SAB, séquence supérieure	Temps de séjour de 200 à 300 ans et/ou mélange par drainance
05746X0007	La garde, cne de Limoise	4,2	0,4	Trias gréseux	Temps de séjour de 200 à 300 ans et/ou mélange par drainance
/	F7 du Grand Baignerault cne de St-Bonnet-de-Tronçais	6,2	0,5	Trias litage argilo-sableux	Temps de séjour de 200 à 300 ans et/ou mélange par drainance

tableau 3 : résultats des estimations de temps de séjour des eaux des principaux aquifères

Ces datations montrent qu'on est en présence de 2 types d'aquifères :

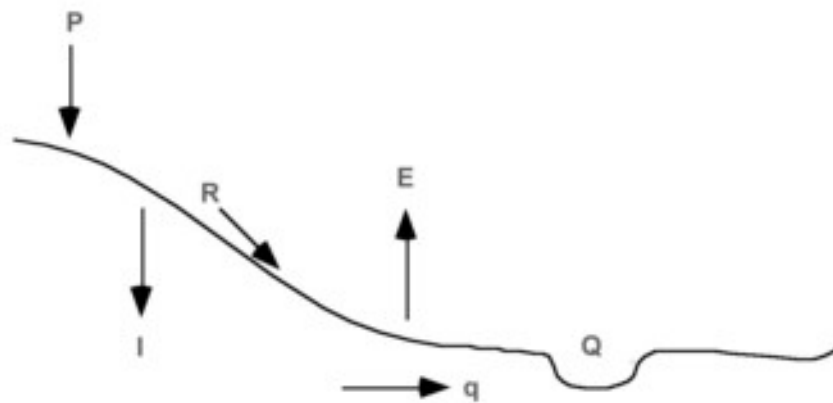
- Deux datations (activités $\leq 0,4$ UT) sont significatives d'eau *non renouvelée*, donc anciennes, et ceci malgré des pompages ; il s'agit de prélèvements sur des venues d'eau profondes dans des marno-calcaires ; à l'évidence, ces forages exploitent une ressource fossile qui, en l'état actuel, ne montre pas de renouvellement.
- Les cinq autres forages donnent des teneurs en tritium symptomatiques d'un *mélange d'eau ancienne et d'eau actuelle* ($7,5 \geq$ activités $\geq 4,2$) UT ; ces forages intéressent les SAB et le Trias mais également un aquifère captif dans l'Oligo-miocène (forage le marais). Leur exploitation et, probablement, le fonctionnement naturel du système conduisent à un renouvellement progressif des aquifères.

Il sera vu ultérieurement que ces âges sont cohérents avec le bilan hydrogéologique.

6. BILAN HYDROLOGIQUE ET HYDROGÉOLOGIQUE DES NAPPES PROFONDES DU DÉPARTEMENT DE L'ALLIER

6.1. Rappels

Les différents termes du bilan hydrologique et hydrogéologique d'un bassin versant sont rappelés par le schéma suivant :



Le bilan hydrologique s'écrit : $P = E + I + R$

où :

- P = pluie
- E = évaporation, plus précisément l'évapotranspiration réelle
- I = infiltration, au sens d'infiltration efficace (I_{eff})
- R = ruissellement, superficiel mais également hypodermique.

Le bilan hydrogéologique s'écrit : $I_{\text{eff}} = q$

où :

- I_{eff} = infiltration efficace
- q = drainage de la nappe.

Ces deux bilans se « bouclent » au travers du débit issu du bassin versant en écrivant :

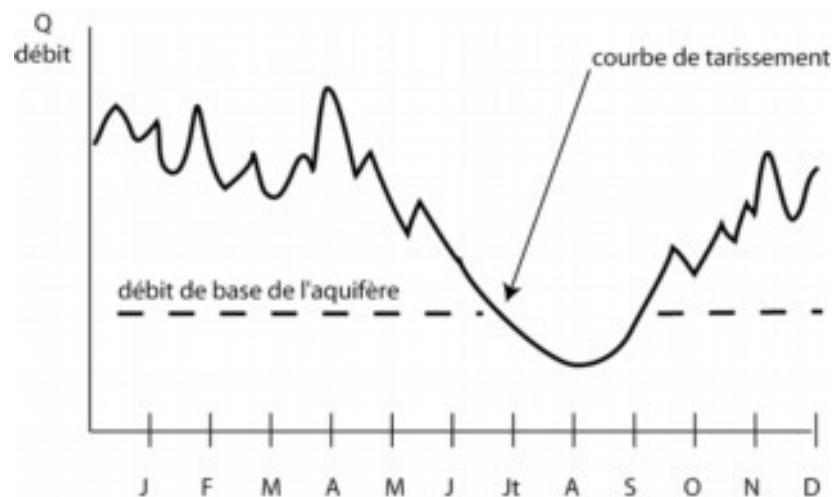
$$I + R = Q = q + R$$

Tout cela s'entend à l'échelle annuelle sous réserve que l'état de saturation des sols soit identique d'une année à l'autre. Dans le cas contraire, ou si l'on souhaite établir un bilan à des pas de temps inférieur, il faut introduire un terme supplémentaire représentant la variation de stock hydrique du sol, soit $\pm \Delta S$.

6.2. Le rôle des aquifères dans le soutien d'étiage des cours d'eau

L'importance des aquifères (volume, transmissivité²) transparaît au niveau des débits d'étiage des cours d'eau : plus la réserve est importante, plus les débits d'étiage sont soutenus. La capacité des aquifères d'un bassin versant peut être estimée en examinant les débits d'étiage d'un cours d'eau drainant un tel système ; pour ce faire, il faut s'affranchir du ruissellement qui, en général, masque pour l'essentiel les apports souterrains plus modestes. Au préalable, soulignons le caractère très particulier du ruissellement qui, rarement superficiel au sens strict du terme, est le plus souvent hypodermique, l'hypodermie concernant les premiers décimètres du sol (thèse Bouchek), voire le premier mètre. Ainsi, on comprendra qu'il puisse temporairement se créer une confusion à ce niveau entre ruissellement et infiltration efficace ; la courbe de tarissement que l'on observe dans un premier temps est le reflet de cette vidange superficielle concomitamment à celle du réservoir profond.

C'est donc au plus fort de l'étiage que l'on a la meilleure image des débits des aquifères profonds, même s'ils ont déjà été amputés d'une partie de leur réserve. Ainsi, à partir des mois de mai-juin, en année moyenne, on peut considérer que l'activité végétale annihile tout ruissellement et infiltration, la pluie étant consommée par l'évapotranspiration réelle. Dans ces conditions, les débits drainés à partir de cette période donnent une image de la vidange de l'aquifère puis de son tarissement.



Cette période, qui se prolonge en général jusqu'à fin septembre –voire octobre– dans cette région, permet donc de se faire une idée de la ressource profonde.

Là encore, il y a lieu d'attirer l'attention sur le fait que, pour que cette analyse soit rigoureuse, il faut qu'il y ait une continuité latérale des aquifères ; on ne peut exclure l'existence d'une

2 transmissivité = paramètre régissant le débit d'eau qui s'écoule par unité de largeur de la zone saturée d'un aquifère continu et par unité de gradient hydraulique = Produit du coefficient de perméabilité K par la puissance de l'aquifère.

réserve qui, piégée, ne participerait pas au soutien du débit du cours d'eau. La relation débit d'étiage – importance de la réserve hydrogéologique n'est donc exacte que pour des systèmes où la vidange de l'aquifère, associée à un coefficient de renouvellement fort, est synchrone de l'étiage.

6.3. Débit d'étiage – Nature géologique des terrains

Dans l'analyse de la ressource des aquifères profonds du département de l'Allier, il a été procédé en un premier temps à l'inventaire des bassins versants recouvrant la zone d'étude et faisant l'objet d'un suivi hydrométrique depuis plusieurs années.

La cartographie d'ensemble de ces bassins est donnée sur fond géologique en format A0 en planche 1 de l'annexe 4 (DVD) et individuellement en format A4, cartes 8 à 15. Y figurent également les forages profonds recensés : sur les 220 forages, 62 appartiennent aux bassins versants considérés ; le tableau 4 ci-dessous récapitule les bassins considérés,, leurs fiches de synthèse du suivi hydrométrique figurant en annexe 5.

Référence station de mesure	Nom du cours d'eau	Surface du BV en km ² au droit de la station	Période de mesures
K3153010	L'Andelot (à Loriges)	210	1970-2013
K1810310	L'Acolin (à la Chapelle-aux-chasses)	242	1998-2013
K3374710	Le Boublon-Lagées (à Fourilles)	71,4	1967-2013
K3353010	La Burge (à Aubigny)	225	1993-2013
K3393010	La Burge (à Agonges)	71,8	1994-2013
K3464010	La Queue (à Neuvy)	109	1997-2013
K3603010	La Bieudre (à Pouzy-Mésangy)	143	1994-2013
K1563020	La Besbre (à St-Pourçain-sur-Besbre)	710	1996-2013
K5424010	La Sologne (à Ainay-le-château)	88,9	1994-2013

tableau 4

La cartographie de la pluie (cf. planche 2 en annexe 4, DVD) issue d'Aurélhy (météofrance) permet d'estimer la pluviométrie moyenne annuelle par bassin versant ; on peut noter les faibles disparités de pluviosité d'un bassin à l'autre, fait imputable à l'absence de relief.

Pour l'ensemble des bassins considérés, celle-ci est comprise dans la fourchette

$$750 \text{ mm} < \text{Pluie} < 867 \text{ mm}$$

Le tableau 5 donne pour chaque bassin :

- l'écoulement moyen interannuel
- la pluviométrie moyenne annuelle

- la valeur de l'évapotranspiration réelle (ETR) calculée par différence entre l'écoulement moyen annuel et la pluviométrie moyenne annuelle.

Bassin versant	Écoulement moyen annuel en mm	Pluie en mm	ETR en mm
l'Andelot	142	758	616
L'Acolin	209	815	606
Le Boublon	131	750	618
La Burge	147	824	677
La Burge	183	817	634
La Queune	174	785	611
La Bieudre	199	867	668
La Besbre	393	829	436
La Sologne	213	818	605

tableau 5

L'ETR de l'ensemble des bassins, à l'exception de celui de la Besbre, se situe dans la fourchette suivante :

$$605 \text{ mm} > \text{ETR} > 677 \text{ mm}$$

Ces valeurs de l'ETR, comparées à celle calculée par la formule de Turc, sont relativement fortes eu égard à la température moyenne annuelle du département (11 °C, ETR = 530 mm).

Par contre, la valeur de l'ETR du bassin de la Besbre (436 mm) doit être prise avec beaucoup de prudence car elle est manifestement sous-estimée ; ce résultat nous amène à éliminer ce bassin versant de notre analyse.

Le tableau 6 permet de se faire une idée de la ressource profonde à partir de la lame d'eau mensuelle la plus faible de l'année ; les contrastes entre les débits d'étiage des différents bassins étudiés devraient être, dans ces conditions, liés significativement à la nature des terrains.

Bassin	Lame d'eau écoulee mensuelle la plus faible en mm	Mois concerné	Lame d'eau écoulee de juil. à sept. en mm	Débit en m ³ /h/km ² pour le mois le plus faible
l'Andelot	5	Sept	18	6,9

L'Acolin	6	Juil à sept	18	8,28
Le Boublon	3	Sept	12	4,14
La Burge	2	Juil à sept	6	2,76
La Burge	2	Juil	8	2,76
La Queune	3	Juil à sept	9	4,14
La Bieudre	1	Sept	6	1,38
La Besbre	10	Août	36	13,88
La Sologne	4	Août à sept	13	5,52

Tableau 6

On notera l'importance relative du débit d'étiage de la Besbre qu'il faut prendre avec beaucoup de circonspection au regard de ce qui a été dit précédemment et qui justifie que cette station ait été éliminée.

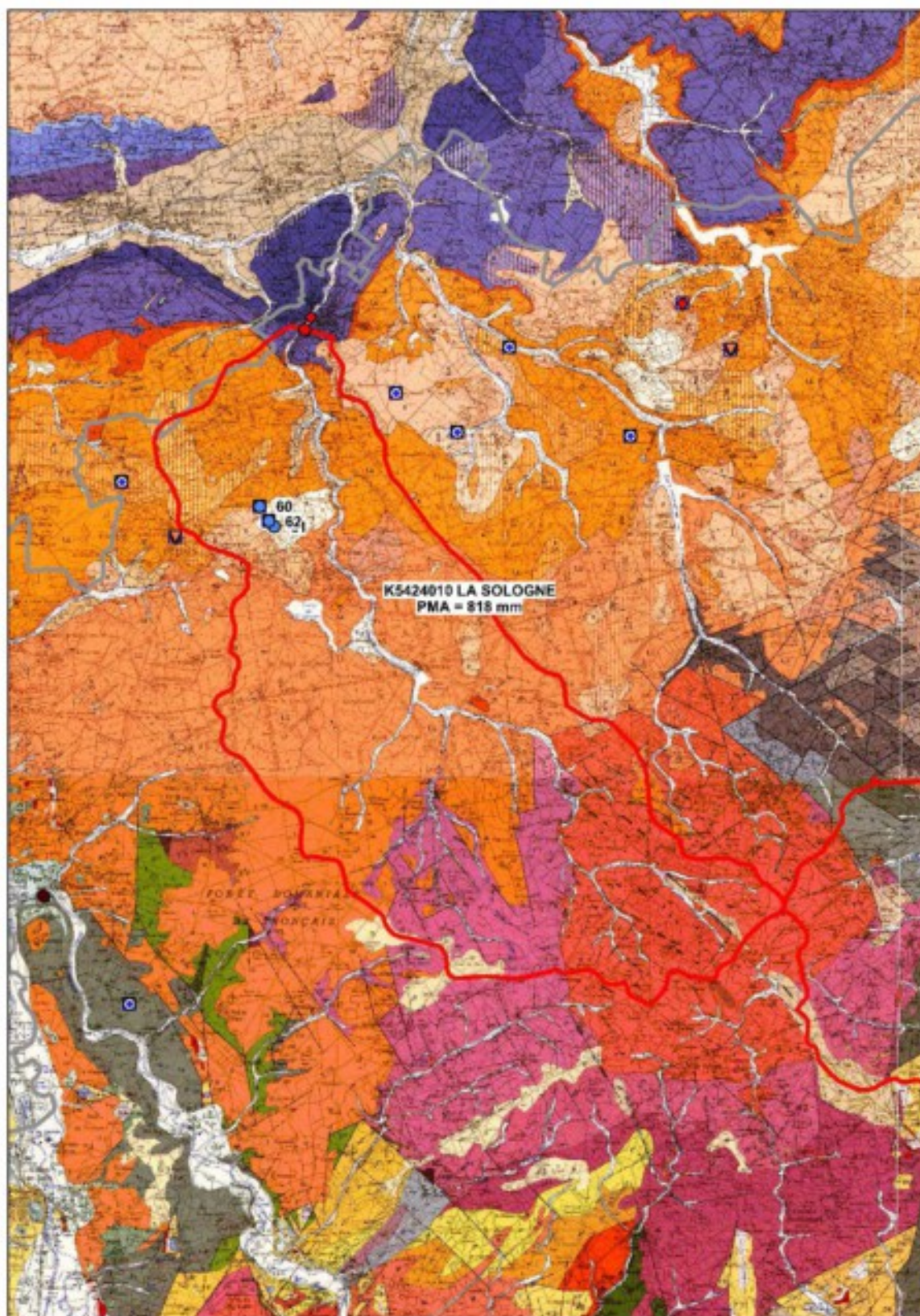
La lame d'eau mensuelle la plus faible a été convertie en $\text{m}^3/\text{h}/\text{km}^2$ pour faciliter la comparaison avec les prélèvements par forage.

De prime abord, il apparaît que c'est la prédominance des sables et argiles du Bourbonnais ou des marno-calcaires qui justifieraient de débits d'étiage plus soutenus sur les bassins de l'Andelot et de l'Acolin que sur les autres bassins.

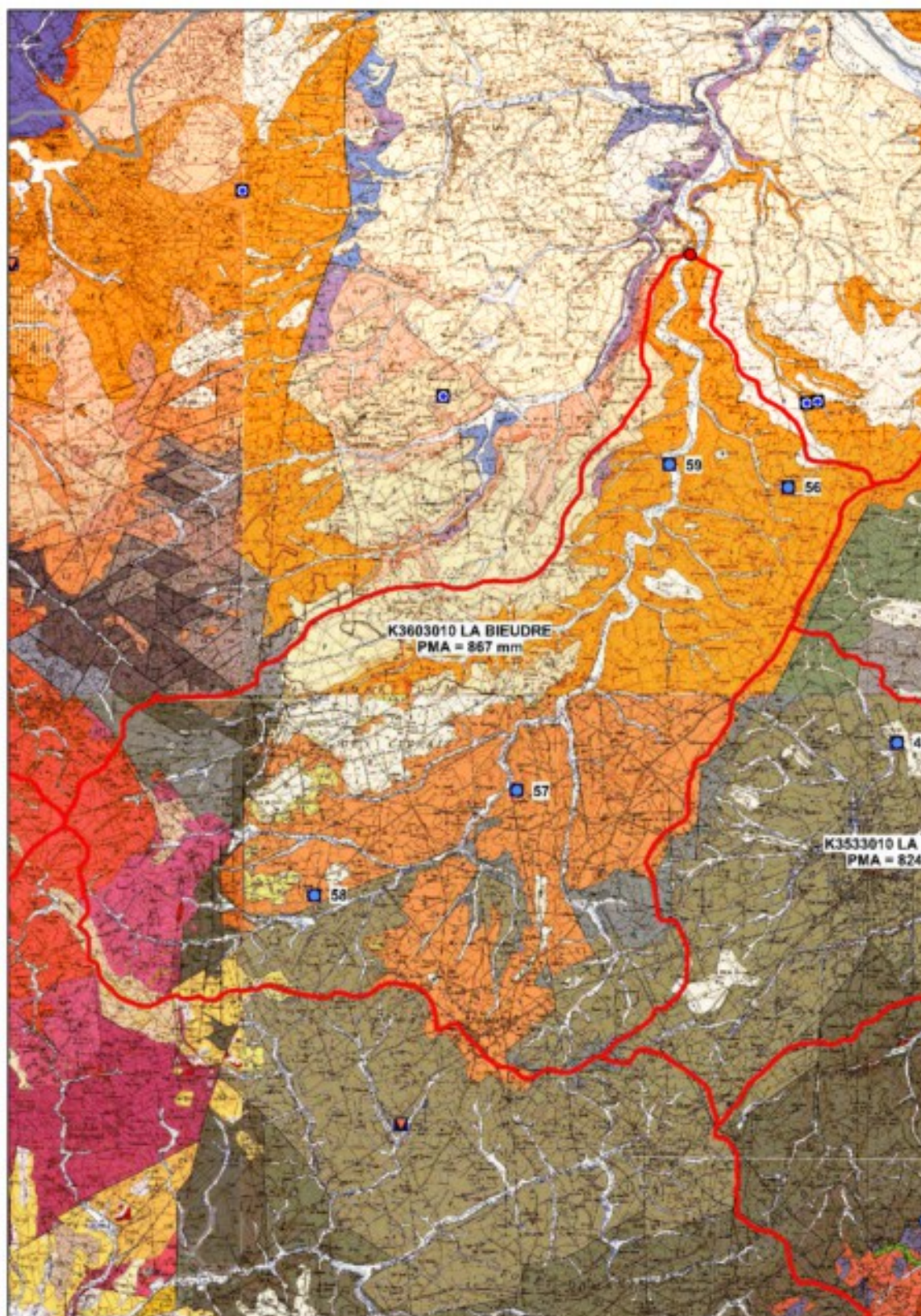
Les plus faibles débits d'étiage correspondent aux bassins versants de la Burge et de la Bieudre où prédominent les formations permienes ou triasiques.

tableau 7

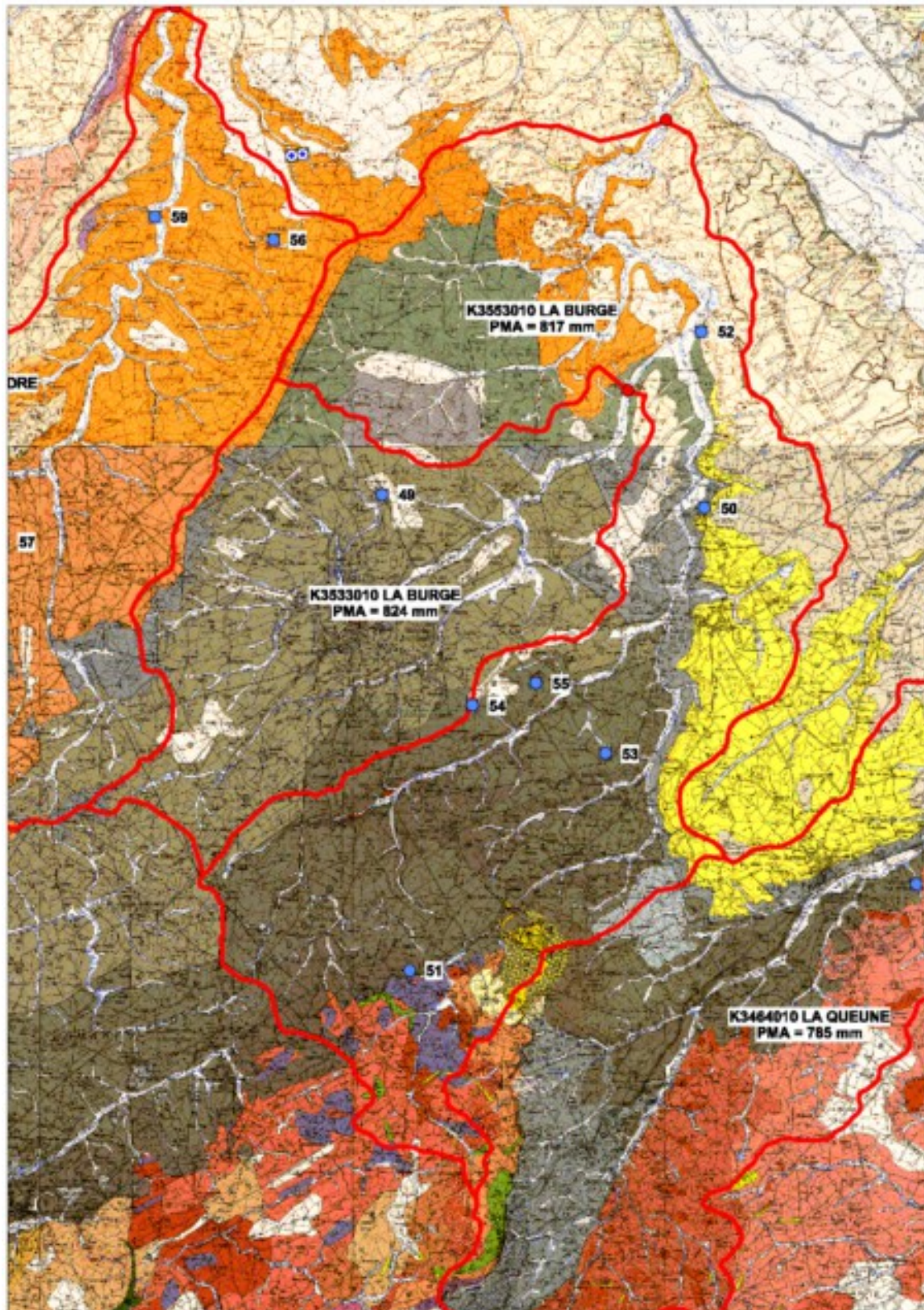
bassin	code sond	bassin hydro	Indice de classement	Profondeur (m)	Date de réalisation	Géologie	Substrat séd/TN	Débit autorisé (m ³ /h) Q A	Débit exploité (m ³ /h) Q E	Vol annuel pompé m ³	piézométrie	transmissivité en m ² /s	
Besbre	1	K1563020	05995X0011	12	1982	SAB	12						
	2	K1563020	06214X0003	65	2000	Tertiaire	0	80 et 120	40	5960	NS à 24,6 m le 21 avril 2000		
Acolin	3	K1810310	05758X0012	45	2003	SAB/Marnes	39	60	60	39210/40800	NS à 8,3 m le 1 avril 2003	1,07 . 10 ⁻³	
	4	K1810310	05984X0013	42	2005	SAB/Marnes	40	45	90	1	artésien	2,03 à 1,35 . 10 ⁻³	
	5	K1810310	05984X0012	45	2005	SAB/Marnes	37	65		59430	NS à 9,9 m en avril 2005	4,4 à 5,62 . 10 ⁻³	
	6	K1810310	05984X0008	20	1997	SAB	0	35			NS au sol		
	7	K1810310	05984X0014	35	19142	Plio-quaternaire	26	80	80	50618/33800	NS à 0,80 m mars 2007		
	8	K1810310	05984X0005	25	1989	SAB	0	50	45 à 55	13505/24000	NS à 5,8 m		
	9	K1810310	05984X0004	45	1989	SAB/Marne	26	50	15	0	NS à 6,3 m		
	10	K1810310	05988X0009	50	2003	SAB/Marnes	45	90		28140/13400	NS à 8,45 m le 4 avril 2003	3,3 . 10 ⁻³	
	11	K1810310	05984X0011	33	2003	SAB/Marnes	32	90		18040	NS à 2 m le 14 avril 2003	8,13 . 10 ⁻³	
	12	K1810310	05984X0010	45	2001	SAB	22	70		36220/200	NS à 2,1 m le 28 févr 2002	3,33 . 10 ⁻³	
	13	K1810310	05984X0015	44	19873	SAB	0	90	80 à 90	42340	NS à 4,45 m en mars 2009		
	14	K1810310		40	2010	SAB/Marnes	33	5			NS à 7,30 m en sept 2010		
	15	K1810310	05983X0005	42	2009	SAB/marnes	38	80	80	22203	NS à 4,10 m en mai 2009		
	16	K1810310	05988X0005	24	1974	SAB	22	?			arrivée d'eau dès 1 m		
	17	K1810310	05987X0002	24	1974	SAB	0	?			humidité entre 18 et 19 m		
	18	K1810310	05987X0005	37,5	1976	SAB	28	?			NS à 3,5 m		
	19	K1810310	non classé	60	2010	SAB/Marne	0	10			NP à 36 m ? ou venue d'eau ?		
	20	K1810310	non classé	34	2010	SAB/marne	23	évalué à 15					
	21	K1810310	05758X0011	45	2003	SAB/Marnes	36	120	90	21230	NS à 10,40 m le 27 mars 2003		
	Andelot	22	K3153010		5,2	1995?	Fz/Marnes	0	50	35/40	3000	2,05 m le 20/09/12	
		23	K3153010		25			0	10 chacun				
24		K3153010		14	2000	Marnes	0	30	25		artésien		
25		K3153010	06462X0103	31	2003	SAB/marnes	25	?		45200	NS à 4,5 m le 19 nov 2003	5 à 1 . 10 ⁻³	
26		K3153010	06694X0030	22	2008	Tertiaire	1	15 max	5		4,16 m le 22 04 08		
27		K3153010	06461X0017	28	1974	SAB	26				19 m le 01 08 74		
28		K3153010	06462X0092	19	1999	Tertiaire	7	40 ?	20 ?		NS à 2,10 m le 31 janvier 1999	5,58 . 10 ⁻⁴	
29		K3153010	06462X0093	19	1999	Tertiaire	1						
30		K3153010		37			0			37000			
31		K3153010		17			0						
32		K3153010		55	1997		0	40					
33		K3153010		10	1991	colluvions / marnes	4	65					
34		K3153010		7,5	1992		0	70,5					
35		K3153010		12		marnes	0	60	50		artésien		
36		K3153010		12		marnes	0	50			1 m /TN le 0/02/12		
37		K3153010		7		marnes	0		12		1,14 m /TN le 20/09/12		
38		K3153010		6		marnes	0		40				
39		K3153010		12		marnes	0		40		1,53 m /TN le 20/09/12		
40		K3153010		10		marnes	0		36		1,67 m /TN le 20/09/12		
41		K3153010		10		marnes	0	50	50		artésien		
42		K3153010		25		marnes	7	40					
43		K3153010	06462X0067	23,5	1974	SAB/Marnes	20	?			arrivée d'eau à 20,5 m		
44		K3153010		3,65	1997	FZ/Marnes	0	60			0,7 m le 20/09/12		
Boublon		45	K3374710		23	1991	FZ/Marnes	0	15		7000 à 15000	1,80 m le 14/02/12	
	46	K3374710	06454X0003	27	1998	FZ/Marnes/granite	4	17	15	?	artésien	1,23 . 10 ⁻⁴	
Queune	47	K3464010		60	2010	marne	20	3 m ³ /h entre 38 et 44 m 9 m ³ /h entre 50 et 60 m					
	48	K3464010		23	2010	permien	0	estimation à 3			NS à 5,8 m en sept 2010		
Burge	49	K3553010		20	1999	permien	0	20	15		NP à 6,5 m		
	50	K3553010	05974X0016	65	2008	Permien	0				artésien 27,80 le 16/10/08		
	51	K3553010	05977X0005	sup à 60 m	2007	Permien	0				artésien (venue à 25 m)		
	52	K3553010		TN		Trias	0	20					
	53	K3553010		55	2011	Permien	0	évalué à 2					
	54	K3553010		41		Permien	0	6					
	55	K3553010	05973X0003	44	2000	Permien	0	8,7		selon AE, 1000	NS à 11,2 m le 13 mai 2000	descente : 3,43 . 10 ⁻⁴ remontée : 4,82 à 3,18 . 10 ⁻⁴	
Bieudre	56	K3603010		environ 20 m	1987/88	Trias	0	40 pour les deux forages	15 à 20 pour chacun		1 artésien (2 à 3 m ³ /h), NP pour l'autre entre 2 et 3 m /TN		
	57	K3603010		99	1989	Trias	0	50	35 à 40		artésien		
	58	K3603010		75 et 35	1989/90 et 99/2000	Trias	0	30	30 et 40 pour le profond et 8 à 9 pour l'autre		artésien pour le 75 m		
	59	K3603010	05746X0008	501	1980	Trias	0	22		autorisé pour 192 000 m ³ /an	artésien		
Sologne	60	K5424010	05736X0001	50	1997	Trias	0	50	40	?	NS à 4,5 m le 19 juillet 1997		
	61	K5424010		28			0			12000			
	62	K5424010	05736X0004	57	2000	Trias	0	56	40 d'après le rapport hydro	21400 ou 44300 sur F2?	NS à 4,9 m le 20 mai 2000	descente : 3,91 à 4,13 . 10 ⁻⁴ remontée : 0,2 à 3,79 . 10 ⁻³	



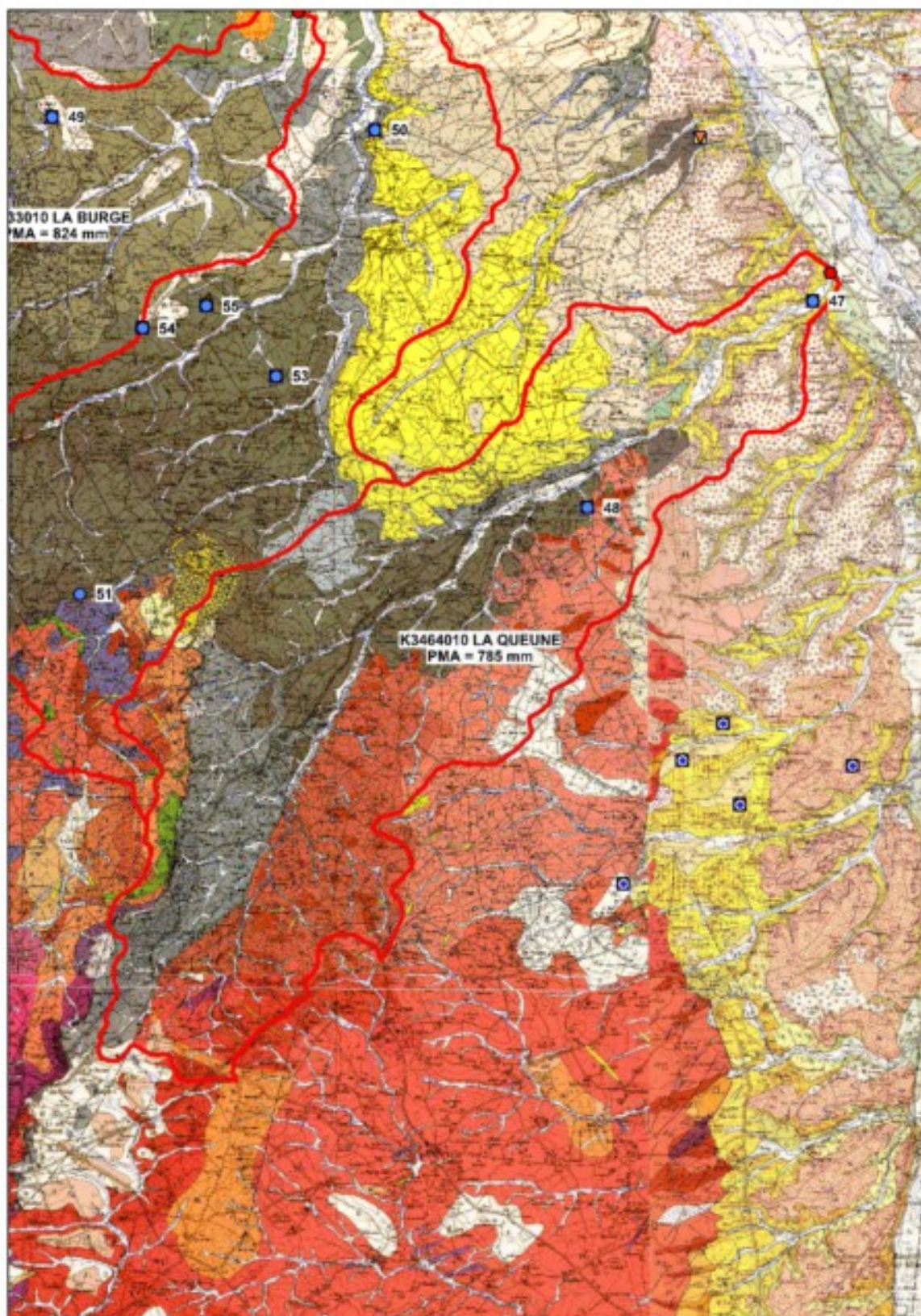
carte 8 : les ouvrages du B.V de la Sologne sur fond géologique



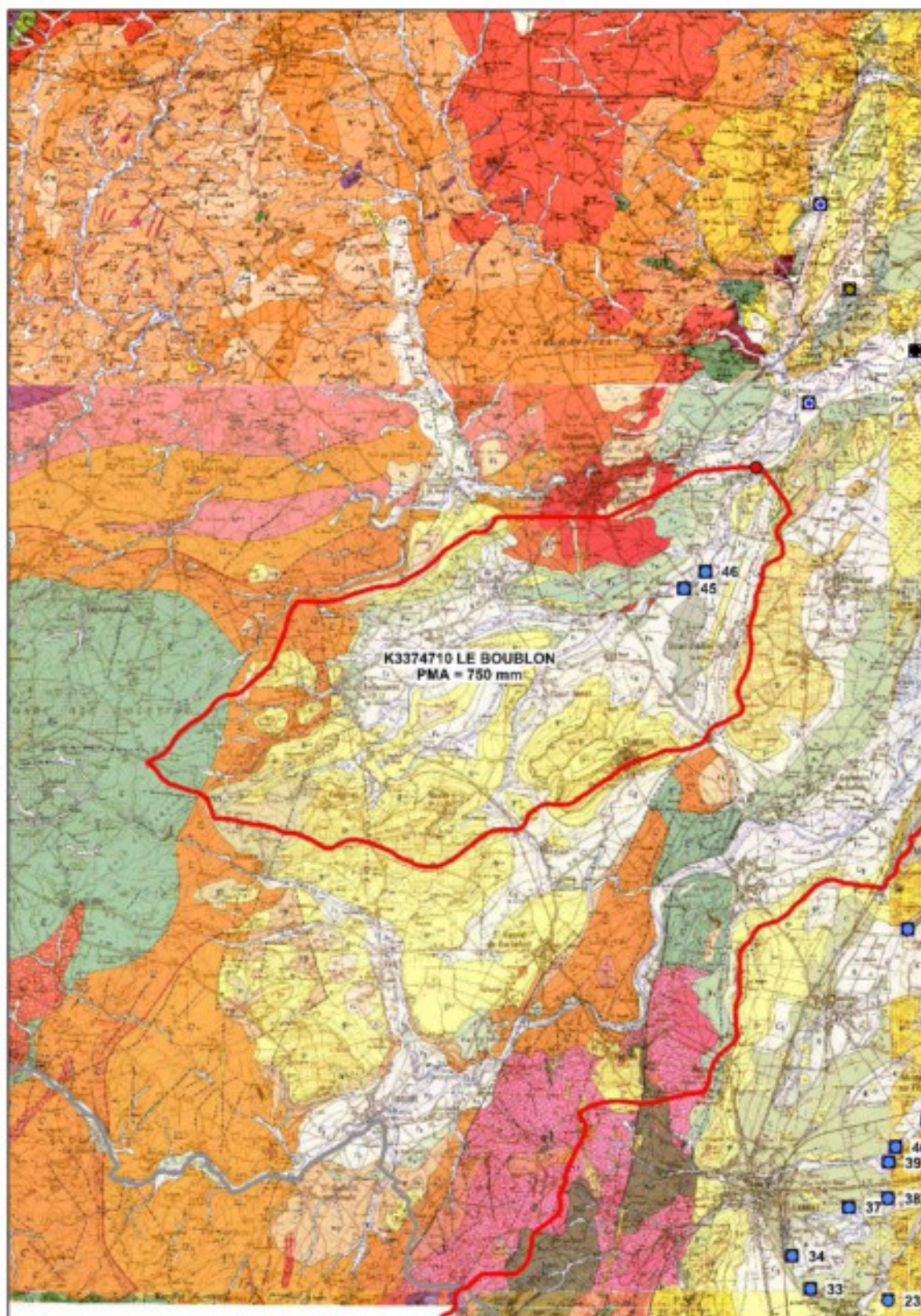
carte 9 : les ouvrages du B.V de la Bieudre sur fond géologique



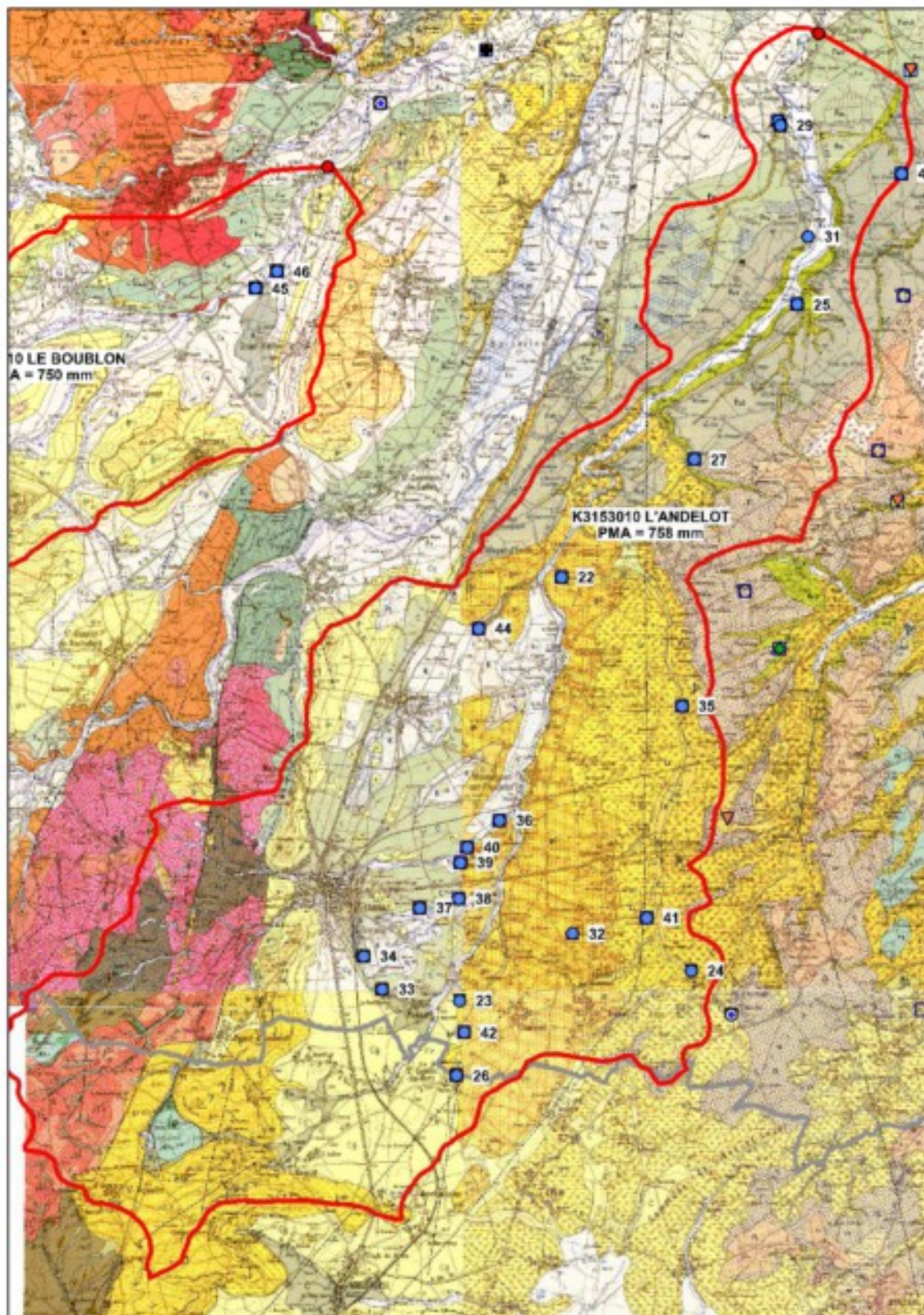
carte 10 : les ouvrages des B.V de la Burge sur fond géologique



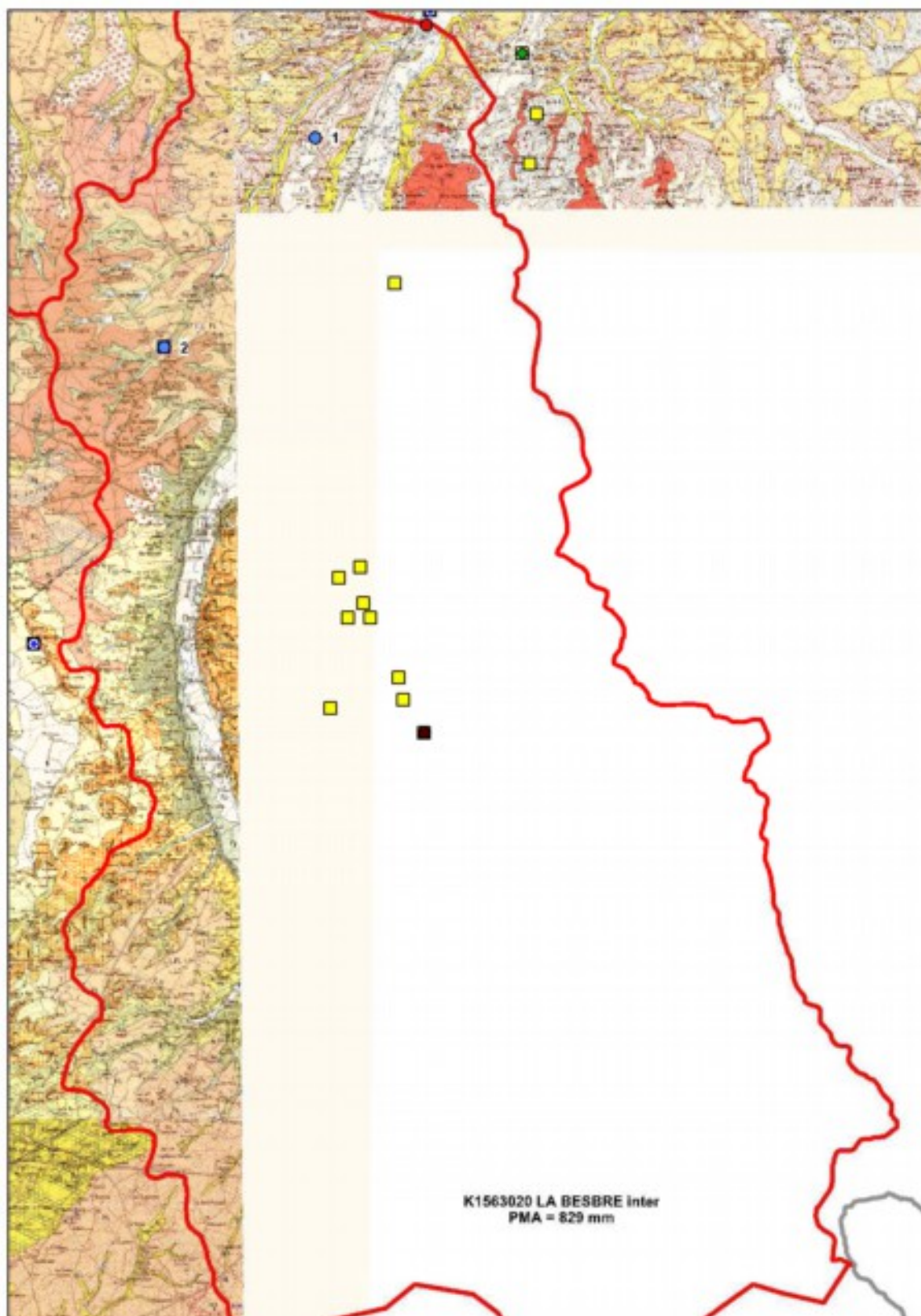
carte 11 : les ouvrages du B.V de la Queune sur fond géologique



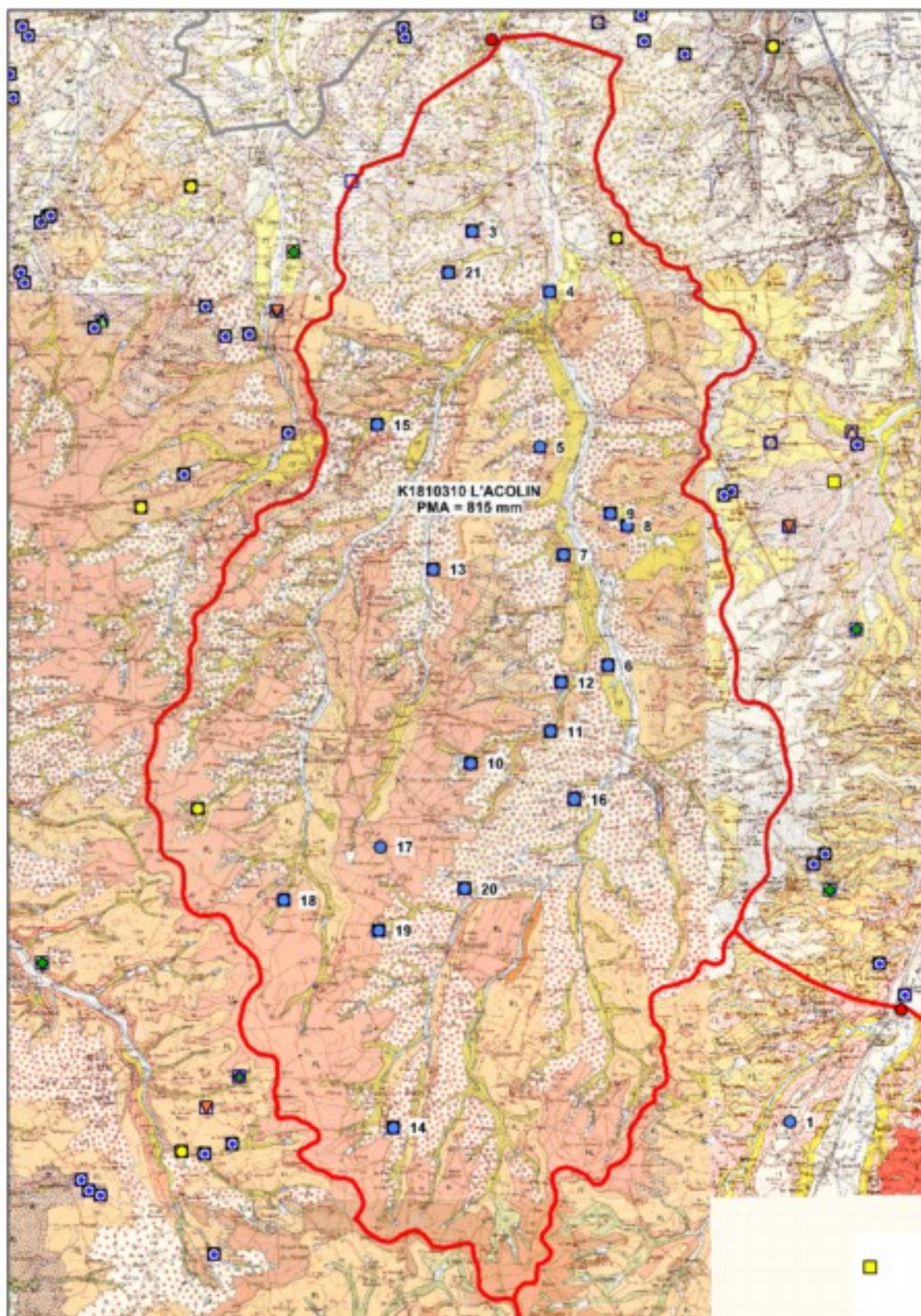
carte 12 : les ouvrages du B.V du Boublon sur fond géologique



carte 13 : les ouvrages du B.V de l'Andelot sur fond géologique



carte 14 : les ouvrages du B.V de la Bresbre sur fond géologique



carte 15 : les ouvrages du B.V de l'Acolin sur fond géologique

6.4. Apport des enquêtes

Elles ont recensé 62 ouvrages dans l'emprise des 8 bassins versants retenus ; on constatera une forte disparité d'informations suivant les bassins :

Bassin	Nbre d'ouvrages
L'Andelot	22
L'Acolin	21
Le Boublon	4
La Burge	6
La Queune	2
La Bieudre	4
La Sologne	3

Les bassins de l'Andelot et de l'Acolin regroupent 2/3 des informations. Cette densité de forages est-elle le reflet de structures hydrogéologiques plus favorables que sur les autres bassins ?

Il faut toutefois rester circonspect car les conditions culturales (cultures irriguées, élevage) peuvent expliquer pour une part les disparités observées.

Les deux tableaux suivants tentent une synthèse de l'ensemble des informations disponibles sur les 62 ouvrages recensés. On retiendra que :

- Les formations géologiques du bassin de l'Acolin (essentiellement des sables et argiles du Bourbonnais reposant sur un substrat marno-calcaire) sont exploitées par des forages profonds (minimum : 12 m, moyenne : 41,5 m, max : 65 m) ;
 - Les venues d'eau sont étagées, mais se situent souvent dans la partie inférieure des ouvrages ; les niveaux s'établissent à quelques mètres en dessous du TN (terrain naturel) ; on n'observe pas de niveau artésien ;
 - Les transmissivités mesurées par essai de pompage sont comprises entre 3,1 et 8,1 m²/s ; ces valeurs peuvent justifier de rayons d'action importants (forage n°11) ;
 - Les débits autorisés ou exploités sont importants : plusieurs dizaines de m³/h avec un maximum de 120 m³/h pour le forage 21 ;

La confrontation entre débits exploités ou autorisés et le volume pompé annuellement est intéressante et montre que ces ouvrages soit ne sont pas exploités à leur pleine capacité, soit ne sont pas capables de fournir les débits d'objectifs ; les nombreux étangs-tampons destinés à stocker temporairement les exhaures confortent la seconde hypothèse.

N° forage	volume prélevé information acquise ^{3*}	débit d'exploitation ou autorisé	Nbre d'heures de pompage
2	5 960	40	149
3	39 à 41 000	60	666
4	1	90	non significatif
5	59 430	« 65 »	914
7	34 à 50 000	80	525
8	13 à 24 000	45-55	370
10	13 à 28 000	« 90 »	227
11	18 000	« 90 »	200
12	36 000	« 70 »	514
13	42 000	80-90	494
15	22 000	80	275
21	21 000	90	233

* = information acquise auprès des agriculteurs ; ces chiffres sont des estimations et représentent une moyenne des prélèvements depuis la mise en service des ouvrages.

« 90 » = débit autorisé

Tableau 8

On notera que, avec le recensement en l'état, les volumes prélevés sur la nappe des sables du Bourbonnais dans le bassin de l'Acolin représentent en moyenne 325 390 m³ qui méritent d'être comparés au volume d'eau qui s'écoule de ce bassin en septembre ou sur la période juillet à septembre :

- Septembre : 1.442.707 m³ ratio prélèvement/écoulement = 22 %
- Juillet à septembre : 4.328.121 m³ ratio prélèvement/écoulement = 7,3 %

Si cette comparaison a le mérite de confronter des ordres de grandeur, elle ne doit en aucun cas être interprétée comme le fait que les prélèvements affecteraient à terme en période d'étiage les écoulements superficiels dans la stricte proportion des prélèvements (ce point sera précisé ultérieurement).

- Les formations géologiques du bassin de l'Andelot diffèrent de celles du bassin de l'Acolin : on y recense essentiellement des formations calcaro-marneuses, quelques îlots de Permien et des alluvions.
 - Des contrastes importants de profondeur d'ouvrage peuvent être relevés, avec notamment de très faibles profondeurs (de l'ordre de la dizaine de mètres dans les marno-calcaires).
 - Les débits autorisés ou d'exploitation sont de l'ordre de quelques dizaines de m³, y compris pour les ouvrages sollicitant les niveaux superficiels ;
 - La piézométrie donne une nappe à quelques mètres au-dessous du TN, plus proche de celui-ci (-1 à -2 m, parfois artésien) pour les niveaux marneux

³ information acquise auprès des agriculteurs et de la chambre d'agriculture ; ces chiffres sont des estimations et représentent une moyenne des prélèvements.

- superficiels ;
- L'information sur les prélèvements est moindre que celle sur le bassin de l'Acolin ; les 4 données sont du même ordre de grandeur (quelques dizaines de milliers de m³) que celles du bassin de l'Acolin.
 - Pour les autres bassins (Boublon, Queune, Burge, Bieudre, Sologne), l'information est beaucoup plus fragmentaire.
 - Hormis pour le Boublon où le contexte est proche (alluvions et formations calcaro-marneuses) de celui de l'Andelot, ceux des autres bassins diffèrent :
 - Queune : socle et Permien, pour l'essentiel, pour l'amont du bassin marno-calcaires et Oligocène + Permien + socle pour l'aval
 - Burge : SAB + Trias + Stéphano-permien
 - Bieudre : Oligo-Miocène
 - Sologne : Trias + socle
 - Les profondeurs des forages dans l'ensemble de ces formations ne sont significativement pas différentes de celles atteintes sur l'Acolin ou l'Andelot (quelques dizaines de mètres avec un maximum de 99 m (forage 57).
 - Les circulations sont profondes et il semble que ces forages soient plus fréquemment artésiens que sur les deux bassins précédents.
 - La transmissivité est comprise entre $0,2 \cdot 10^{-3}$ à $1,23 \cdot 10^{-4}$ m²/s ; ces valeurs sont faibles.
 - Les débits autorisés ou exploités dans les marno-calcaires de l'Oligo-miocène et le Permien sont de quelques m³/h avec un maximum de 20 m³/h.
 - Par contre, dans les formations du Trias (Bieudre et Sologne), on retrouve des débits autorisés de plusieurs dizaines de m³/h qui attesteraient d'une réelle ressource hydrogéologique sur ces deux bassins ; la présence d'une telle ressource serait confortée par les volumes prélevés qui atteignent localement 192 000 m³ (forage 59) pour un débit autorisé de 22 m³/h représentatif d'un pompage ininterrompu de 8 727 heures. Il faut toutefois souligner pour ces deux bassins le caractère captif de ses aquifères.

Cette analyse du contexte hydrogéologique de 8 bassins versants au travers de l'information fournie par des forages agricoles pour la majorité et de leur suivi hydrométrique montre que la corrélation entre ressource hydrogéologique profonde et les débits d'étiage n'est pas évidente.

Si on est enclin à conclure que les bassins de l'Andelot et de l'Acolin ont des débits d'étiage relativement soutenus grâce aux aquifères des sables et argiles du Bourbonnais ou des marno-calcaires, le bassin de la Bieudre apporte la contradiction en affichant des débits d'étiage drastiques alors que les 4 forages dans le Trias gréseux donnent une image honorable de l'hydrogéologie de cette formation ; mais là encore, soulignons que cette ressource n'a probablement pas de relation directe avec les débits d'étiage de la Bieudre et, par conséquent, fausse l'analyse.

Si on élargit l'analyse aux forages qui ne s'inscrivent pas dans les bassins versants suivis hydrométriquement, on conforte ce point de vue quant à l'intérêt hydrogéologique des sables et argiles du Bourbonnais qui affichent de nombreux forages d'une capacité supérieure à 80 m³/h mais avec le bémol énoncé précédemment (cf. & 6.4) : les forages à forte productivité s'aligneraient sur les paléo-thalwegs de la Loire et de ses affluents (cf. & 4.4).

La difficulté à trouver une corrélation plus franche entre débit d'étiage et ressource profonde trouve son origine dans la nature des aquifères qui composent cette ressource, diversité confortée par les 7 datations tritium réalisées aux résultats significatifs (les ouvrages de prélèvements ont été choisis de façon à « balayer » les grands types de formations exploitées par les forages agricoles), cf. & 5.2.

- Deux datations (activités $\leq 0,4$ UT) sont significatives d'eau non renouvelée, donc anciennes, et ceci malgré des pompages réguliers ; il s'agit de prélèvements sur des venues d'eau profondes dans des marno-calcaires ; à l'évidence, ces forages exploitent une ressource fossile qui, en l'état actuel, ne montre pas de renouvellement.
- Les cinq autres forages donnent des teneurs en tritium symptomatiques d'un mélange d'eau ancienne et d'eau actuelle ($7,5 \leq$ activités $\leq 4,2$) UT ; ces forages intéressent les SAB et le Trias mais également un aquifère captif dans l'Oligo-miocène. Leur exploitation (forage le marais) et, probablement, le fonctionnement naturel du système conduisent à un renouvellement progressif des aquifères. Quoi qu'il en soit, celui-ci est lent et peut être précisé par comparaison entre la réserve et l'infiltration.

Le faible renouvellement s'explique très logiquement par un isolement de ces masses d'eau induit par l'absence de continuité latérale ou, tout au moins, par des échanges transversaux très limités. Ces échanges latéraux sont d'autant plus limités que les gradients d'écoulement sont faibles et que les terrains qui les isolent sont imperméables. Dans un tel contexte, on ne peut pas exclure que la participation de ces réservoirs profonds au débit de base des cours d'eau soit strictement invariable et beaucoup plus modeste que ce que l'on pensait jusqu'à maintenant.

Il n'en demeure pas moins quelques éléments de réflexion :

- ainsi, les niveaux piézométriques des SAB, en affichant des valeurs de quelques mètres en dessous du terrain naturel, attestent d'un drainage effectif qui ne peut pas être totalement dissocié du débit d'étiage soutenu de l'Acolin ;
- a contrario, l'artésianisme des formations triasiques (bassin de la Bieudre) montre une bien plus grande captivité des aquifères profonds, ce qui pourrait justifier de la faiblesse des étiages.

Tout cela doit nourrir la réflexion sur l'impact que peuvent avoir ces prélèvements sur les milieux superficiels.

6.5. Estimation de la ressource

Une estimation de la ressource profonde passe par des essais de pompage de longue

durée réalisés dans les règles de l'Art, avec un suivi systématique des remontées, et l'appréhension des conditions aux limites de ces milieux. En l'absence de ces éléments, ou en disposant tout au moins d'éléments trop partiels, on ne peut que se livrer à des estimations grossières. Ainsi, si on admet que dans des formations à dominante argileuse, les coefficients d'emménagement voisinent 1 %, voire 2 %, pour des épaisseurs d'aquifères de l'ordre de 50 m au mieux, la ressource potentielle serait de 50 cm à 1 mètre d'eau.

Dans les formations sableuses où les coefficients d'emménagement sont de 5 à 10 % au mieux et en admettant que 20 % de l'aquifère soient sableux, on obtient des chiffres similaires auxquels il convient d'ajouter l'emménagement dans les formations argileuses qui les encadrent. Dans ces conditions, on peut pratiquement doubler la ressource qui tendrait vers 1 à 2 m de lame d'eau.

Ces chiffres doivent être comparés à la lame d'eau qui s'écoule annuellement sur nos bassins : 150 à 200 mm.

Ces valeurs, avec toute l'incertitude qui les entache, doivent être comparées aux prélèvements. Si l'on reprend les chiffres des prélèvements sur l'Acolin, ceux-ci ne représenteraient annuellement que de l'ordre de 1,25 mm, soit moins du centième de la ressource de ce bassin.

On imagine bien qu'il soit illusoire de capter l'ensemble du système aquifère, sauf à multiplier à l'infini les forages.

Partant de ces chiffres, peut-on définir une politique d'exploitation des ressources profondes.

6.6. Politique d'exploitation des ressources profondes

La politique d'exploitation des ressources profondes repose sur deux critères :

- La notion de renouvellement de la ressource,
- L'impact de l'exploitation sur les milieux, notamment le milieu superficiel.

Nous avons souligné précédemment les résultats des analyses de tritium qui concourent à démontrer que ces aquifères ont un renouvellement lent, voire inexistant. Dans ces conditions, on pourrait considérer que la vidange de ces structures par les pompages est à terme inexorable.

Pourtant, des enquêtes réalisées auprès des exploitants, il ressort que, si en fin de période d'étiage les nappes sont rabattues, d'une année à l'autre celles-ci se rechargent et, pour certaines, redeviennent artésiennes. On tempérera ce propos pour le secteur de Coligny où la densité de forages profonds (~40 m) associée à une morphologie pseudo-tabulaire se traduit d'une part, par des interactions d'un forage à l'autre et, d'autre part, par des réductions significatives des lames d'eau dans les puits fermiers : *dans ce secteur, une baisse progressive de la piézométrie n'est pas à exclure.*

La question qui se pose est donc celle-ci : comment un aquifère confiné, donc non renouvelé s'il n'est pas exploité, peut-il se recharger après avoir été exploité ?

La réponse est du ressort du bon sens ; tout d'abord, comment pourrait-on faire pour remplir un système aquifère déjà plein et qui n'échange pratiquement pas latéralement en raison des discontinuités argileuses qui l'isolent et des gradients d'écoulement faibles qui le drainent ? On aura compris qu'il n'y a pas de solution et que, dans ces conditions, les eaux ne peuvent être qu'anciennes, voire relictées.

Imaginons ensuite que l'on vidange cette réserve ; si celle-ci se recharge après avoir été partiellement épuisée, c'est tout simplement qu'en période hivernale et printanière l'infiltration efficace est plus efficace et vient compenser les prélèvements.

Pour bien préciser notre réflexion, rappelons quelques ordres de grandeur de l'infiltration dans des sols peu perméables, voire imperméables ; dans les résultats ci-dessous, on admet que l'écoulement est gravitaire (gradient de 1) et les terrains saturés.

Perméabilité en m/s	Lame d'eau infiltrée annuellement en mm
10^{-8}	3 000
10^{-9}	300
10^{-10}	30

Au regard de ces chiffres, on comprend que si la saturation superficielle des terrains était maintenue de manière constante, l'infiltration pourrait, même dans des terrains qualifiés d'imperméables, prendre des proportions considérables.

Bien entendu, la répartition spatiale de la pluie est telle que le maintien des conditions favorables aux calculs précédents, sont très temporaires et, de ce fait, réduisent les lames d'eau infiltrées ; c'est surtout en hiver et au printemps que se manifeste l'infiltration efficace.

Peut-on dans ces conditions calculer dans les terrains relevant de cette étude la lame d'eau susceptible de s'infiltrer vers les réservoirs profonds quand ceux-ci ont fait l'objet d'une exploitation ? Avec les éléments dont nous disposons, cela paraît difficile.

On pourrait dans un premier temps faire un calcul théorique sur la base d'une perméabilité moyenne de la masse argileuse qui constitue le frein à l'infiltration et en considérant un certain nombre de jour où les conditions de saturation et d'écoulement gravitaires requises sont effectives.

On note que pour 10^{-8} m/s et 30 jours d'infiltration, la lame d'eau infiltrée serait supérieure à la lame d'eau écoulée sur les bassins versants étudiés. Doit-on envisager que la perméabilité des formations argileuses soit inférieure à 10^{-8} m/s ? Cela paraît peu probable, mais ne peut être exclu car il faut également évoquer l'anisotropie de perméabilité des sols, anisotropie rarement mesurée et dont le rôle vis-à-vis de l'infiltration est loin d'être négligeable, K_v étant très inférieure à K_h (K_v = composante verticale de la perméabilité, K_h = composante horizontale).

On voit bien à ce stade de la réflexion que si les calculs ne permettent pas de donner une estimation de la réalimentation, ils ont le mérite de montrer que même dans des terrains

imperméables, les ordres de grandeur des lames d'eau infiltrables peuvent compenser les prélèvements, voire les excéder.

Revenons aux résultats de l'enquête et tentons d'estimer la lame d'eau qui s'infiltré et compense les prélèvements. Sur la base d'une synthèse difficile à expliciter ici, prenant en compte des perméabilités moyennes d'aquifère voisines de 10^{-4} m/s et des coefficients d'emmagasinement de l'ordre de 5%, on calcule en fonction de différentes hypothèses d'épaisseur d'aquifère et de débit de pompage, des ordres de grandeur de rayons d'action à 60 jours ; ceux-ci sont compris dans une fourchette 200 à 450 m.

Si on compare les volumes extraits à ceux qui sont donnés par les irrigants et la Chambre d'Agriculture (de 10 000 à 60 000 m³), on note une bonne cohérence ; ces volumes rapportés aux surfaces sollicitées donnent des équivalents lame d'eau de 75 à 100 mm (qui sont certainement surestimés au regard de la lame d'eau ruisselée sur ces bassins (de l'ordre de 200 mm)).

Il n'est pas dans notre propos de dire que l'intégralité du volume a été compensée par une infiltration de cet ordre de grandeur. En effet, l'ensemble du domaine d'étude n'étant pas exploité, il est vraisemblable que sous l'influence de la dépression du pompage, on puisse avoir mobilisation des apports latéraux. Soulignons également que durant toute la période de recharge, tant que le cône de rabattement ne s'est pas effacé, il y a un accroissement du rayon d'action : on excède donc très certainement les valeurs de rayon d'action calculées à 60 jours.

Quoi qu'il en soit, cette approche montre que la vidange des aquifères par pompage et leur recharge d'une année à l'autre ne peut s'expliquer que par un accroissement de l'infiltration efficace de quelques dizaines de mm au droit des zones sollicitées, et ceci en période de hautes eaux alors que les milieux superficiels sont réalimentés par les ruissellements superficiel et hypodermique. sans trop d'éléments de démonstration, on peut estimer le forçage de l'infiltration efficace à 25 mm.

Par contre concernant l'impact de la vidange sur le milieu superficiel, si l'on peut effectivement considérer qu'il est négligeable en période de recharge des nappes, il y a bien lieu d'être plus nuancé pour ce qui relève de la période de vidange ; en effet, si dans sa globalité les réservoirs exploités, relativement isolés les uns des autres, se drainent à l'échelle pluri-annuelle et, par conséquent, avec des temps de transfert longs, on peut estimer que l'impact sur le milieu superficiel est lissé et ne s'exprime pas spécifiquement sur la période d'étiage.

Toutefois, il ne faut pas exclure que certains prélèvements proches des milieux superficiels puissent avoir un impact sur les débits d'étiage des cours d'eau. On retrouve ici la notion de « nappe d'accompagnement » au sens où elle a été définie pour la nappe de l'Allier. Dans l'état de nos connaissances, il n'est pas possible d'en donner une définition plus précise, notamment en terme de distance par rapport au milieu superficiel.

7. SYNTHÈSE ET CONCLUSION

La démarche adoptée pour l'identification des formations aquifères (hors nappes alluviales) profondes sollicitées pour l'irrigation dans le département de l'Allier et la tentative de quantification des volumes prélevables est fondée sur 3 phases :

1. *une phase d'acquisition de données*

1-1 une phase de collecte et de compilation de données qui a permis de constituer un fond ; l'analyse bibliographique s'est appuyée sur des documents cités dans le cahier des charges ainsi que sur tous les comptes-rendus disponibles auprès de la D.D.T. du département.

Ces éléments ont été complétés par des recherches auprès de différentes banques de données ; cette recherche a dépassé le cadre des forages exploités pour un prélèvement d'eau à usage agricole pour s'intéresser également aux forages de reconnaissance géologique (peu nombreux) et de recherche minière qui présentent l'atout d'être dotés de coupes géologiques détaillées et fiables ; ces coupes ont servi « d'étalons » pour l'interprétation des coupes « foreurs ».

1-2 À l'issue de cette synthèse bibliographique, le report cartographique a permis d'appréhender les secteurs concernés et d'identifier les zones à lacune de données et donc d'orienter la campagne de terrain pour une reconnaissance des ouvrages et une confortation des données par les détenteurs d'ouvrages (géoréférencement, usage, volume prélevé, caractéristiques techniques, coupes géologiques...).

2. *Cette phase s'est concrétisée par l'élaboration d'un fichier de données et l'élaboration de cartes.*

Pour résumer les informations issues de l'étude et du positionnement cartographique des ouvrages, nous pouvons retenir :

2-1 Dans les SAB, deux axes porteurs de bons débits semblent se dessiner : un SW/NE (entre St-Pourçain/Sioule et Beaulon) et un second perpendiculaire orienté SE/NW (entre Dompierre/Besbre et Villeneuve d'Allier).

2-2 Dans les SAB, la présence du niveau de sable à galets (qui peut atteindre une quinzaine de mètres de puissance) de la séquence inférieure est un bon critère pour avoir un forage productif, ce sera donc un niveau marqueur à rechercher.

2-3 Les formations marno-argileuses sous les SAB sont de plus en plus souvent

sollicitées.

Elles semblent plus productives qu'il ne l'était envisagé, même si elles le sont probablement moins que les SAB malgré des prélèvements quasi-équivalents. Comme il n'est pas aisé de distinguer la part de l'eau qui peut provenir des SAB de celle qui provient de l'Oligo-Miocène, prudence...

- 2-4 On observe trois grands systèmes aquifères dans l'Oligo-Miocène : un associé à des niveaux franchement détritiques de sables souvent verdâtres, un associé à des niveaux « bio-détritiques » d'oncolites, d'oolithes, de stromatolithes et, enfin, un dernier associé à des accidents tectoniques.
- 2-5 Pour les dépôts Stéphano-Permien, la forte inclinaison des couches, la présence de houille, de schiste bitumineux, de dépôts silicifiés, etc. ne sont pas des éléments très favorables à la présence d'aquifères exploitables (très faibles débits), sauf exception à la faveur de systèmes fissuraux.
- 2-6 Il existe des aquifères en charge, voire artésiens, dans les formations tertiaires et dans les grès du Trias et/ou les formations du Permien.
- 2-7 L'essentiel des forages atteignant le Trias s'organise sur un axe W.SW/E.NE entre Braize et Valigny/Lurcy-Lévis et propose des débits intéressants. Mais il est difficile de dire si cette direction est associée à des zones tectonisées (failles importantes) ou à la distance nécessaire pour que l'eau atteigne des niveaux capacitifs après s'être infiltrée au contact du socle plus à l'Est, ou une association des deux car certains forages fournissent des eaux à tendance thermo-minérale alors que d'autres sont plus classiquement des eaux de multicouche sable/argile.
- 2-8 On observe une nette influence des systèmes fissuraux sur la localisation des aquifères dans le Tertiaire (zone sud, pouvant procurer des débits intéressants), Trias, Stéphano-Permien.

Il existe probablement des venues d'eaux profondes (eaux « chaudes », minéralisées et légèrement gazeuses).
- 2-9 Il reste cependant le problème de la qualité des données qui fait qu'un certain nombre de points restent flous, d'où la question « quel(s) aquifère(s) capte-t-on vraiment ? »

Pour proposer un début de réponse à cette question, il a été projeté la réalisation d'une campagne de mesure de la conductivité sur les forages accessibles et des datations tritium de l'eau d'ouvrages représentatifs des aquifères rencontrés.

3. Phase de mesures complémentaires de terrain

104 mesures de la conductivité et de la température et 7 datations tritium ont conforté les hypothèses émises lors de l'interprétation des données compilées :

- 3-1 si la conductivité n'a pas permis d'établir une échelle d'évaluation, elle a mis en évidence une corrélation entre des gammes de conductivité et les grands

ensembles géologiques ; par ailleurs, elle a confirmé la présence d'aquifères superposés (SAB/marnes oligocène) dans le quart NE du département.

Elle a mis en évidence des pôles siliceux et calcaireux mais également des influences hydrothermales, notamment à proximité des grands accidents tectoniques (faille bordière, faille d'Aigueperse...) ;

- 3-2 la température a montré que le gradient thermique ne permettait pas à lui seul d'expliquer les valeurs élevées et qu'il fallait rechercher des apports profonds.
- 3-3 les datations « tritium », réalisées sur des ouvrages caractéristiques des grandes types de formations rencontrées, ont mis en évidence l'existence de nappes fossiles (eau non renouvelée) dans 2 cas et, pour les 5 autres cas, un mélange d'eau ancienne et d'eau actuelle, donc de nappes à faible renouvellement ; la part du renouvellement est approchée dans la dernière étape.
- 3-4 L'augmentation de la minéralisation et de la température avec la profondeur risque de freiner l'accroissement de la profondeur des recherches.

4. bilan hydrologique des nappes profondes

- 4-1 L'analyse du bilan hydrologique des nappes profondes en milieu sédimentaire s'appuie, pour l'essentiel, sur des forages d'irrigation dont les profondeurs limitées (une quarantaine de mètres en moyenne et rarement plus de 100 m) tendent à s'accroître ces dernières années pour atteindre une centaine de mètres, accroissement lié à l'évolution de la technicité et du matériel de foration. Il n'est pas exclu que les « nappes profondes » d'aujourd'hui puissent être requalifiées à terme.
- 4-2 Une première estimation de l'importance de la ressource profonde en fonction du contexte géologique a été recherchée au travers des débits d'étiage de cours d'eau. Si la corrélation est délicate, il n'en demeure pas moins que les sables et argiles du Bourbonnais constitueraient le meilleur réservoir, précédant de peu certains aquifères marno-calcaires du bassin de l'Andelot.
- 4-3 Certaines formations, beaucoup moins bien reconnues tel le Trias gréseux du bassin de la Bieudre, pour lesquelles on pressent une ressource significative, ne s'inscrivent pas dans la logique précédente, probablement en raison de la captivité des aquifères.
- 4-4 La datation des eaux de ces nappes, quelle que soit la nature géologique des aquifères, montre que l'on a affaire à des systèmes soit fossiles, soit faiblement renouvelés par drainage naturel ou renforcé par pompage. Cet état de fait s'explique par la nature même de l'aquifère limité dans l'espace, isolé par des niveaux argileux, s'écoulant sous des gradients faibles.
- 4-5 Les surfaces piézométriques sont souvent proches de la surface du terrain naturel (TN), avec cependant des contrastes qui soulignent les différences

pressenties entre ces aquifères ; les SAB, avec des niveaux piézométriques de quelques mètres en dessous du TN montrent leur capacité de drainage naturel, limité il est vrai, mais probablement supérieur à celle des autres systèmes.

4-6 On retiendra les grands termes du bilan hydrologique :

Pluie \approx 800 mm

ETR \approx 600 mm

Q \approx 200 mm

4-7 La réserve représentée par ces nappes, et plus particulièrement par les SAB, partent d'hypothèses d'emménagement dans les sables et argiles pouvant être estimées entre 500 à 2000 mm. L'exploitation de cette ressource par les forages montre, qu'à l'échelle de la zone de production (rayon d'action), les volumes pompés représentent une lame d'eau de 75 à 100 mm.

4-8 Le retour à l'équilibre de la piézométrie, à l'exception de quelques secteurs fortement sollicités (par exemple celui de Coligny), atteste qu'une lame d'eau équivalente est venue compenser les prélèvements. On pourrait conclure hâtivement que l'infiltration efficace au droit de la zone prospectée est de 75 à 100 mm. Il faut toutefois considérer qu'à l'arrêt du pompage, le cône de rabattement se poursuit tant que celui-ci n'a pas pu être effacé et que, par conséquent, la surface contributive s'étend encore pendant plusieurs mois. C'est donc une lame d'eau bien moindre qui participe à la recharge ; nous l'estimons sans trop de précision à 25 mm.

4-9 Il découle de ces observations que l'exploitation de ces nappes accroît significativement l'infiltration efficace là où, en l'état initial, elle était réduite au seul drainage naturel ; c'est en période de hautes eaux que le retour à l'équilibre s'effectue.

4-10 Sans préjuger du nombre de forages nécessaires pour exploiter uniformément cette ressource, le chiffre de 25 mm d'infiltration efficace représentent une ressource de 25 000 m³/km²/an.

4-11 Enfin, l'exploitation de cette ressource, au regard de l'inertie de ces systèmes aquifères se drainant naturellement très lentement, permet de penser que l'impact des prélèvements se répartit uniformément sur toute l'année et n'affectera que très modestement les étiages ; on restera cependant prudent pour des exploitations dont la ressource est proche de milieux superficiels.

4-12 L'exploitation des « nappes profondes », en accroissant l'infiltration efficace, joue donc un rôle de stockage des écoulements superficiels en période excédentaire et, s'il s'avère que l'impact des prélèvements ne se répercute que très partiellement sur les étiages des cours d'eau, constitue donc une solution présentant un intérêt économique et environnemental.

4-13 L'analyse qui a été faite s'appuie sur des chiffres mais également sur des dires d'irrigants, notamment quant aux conditions de recharge après pompage.

- 4-14 Pour poursuivre et achever ce travail, il est nécessaire d'instrumenter quatre à cinq forages avec un suivi piézométrique en continu corrélé à la mesure de l'exhaure. Forts de ces éléments, les chiffres qui ont été proposés pourront être recalés.

5 Proposition de suivi

Les reconnaissances de terrain, la présence de plusieurs formations aquifères bien typées nous amènent à proposer le réseau piézométrique suivant :

- 5-1 vers le centre du plateau compris dans le triangle D30 — D298 — chemin communal des Argoins au Treuil,
- 5-2 dans la séquence supérieure des SAB : secteur Gennetines – St-Ennemond — Aurouër,
- 5-3 dans la séquence inférieure des SAB : forage de 40 à 50 m dans le secteur de Montbeugny-Thiel-Acolin — Lusigny,
- 5-4 dans l'Oligocène captif : secteur de Cognat-Lyonne — St-Genès-du-Retz,
- 5-5 dans l'Oligocène fissural : secteur de St-Gérard-de-Vaux — Gouise,
- 5-6 dans l'Oligocène concrétionné : secteur de Chemilly,
- 5-7 dans le Trias gréseux : secteur de Limoise — Isles-Barbais – Franchesse,
- 5-8 Trias multicouche SA : secteur de Braize,
- 5-9 dans le Stéphano-Permien : entre Bourbon-l'Archambaud et Autry-Issart.

8 . ANNEXES

8 . 1 . Préconisations pour la réalisation d'un forage et sa maintenance

□ Au cours de la foration

- ❖ Suivi géologique avec relevé de cuttings tous les mètres en sachets d'au moins 1 kg bien référencés (nom du forage, date, profondeur d'échantillonnage) et à conserver : ceci permettra d'établir la coupe géologique détaillée ultérieurement si besoin ou de vérifier la valeur des données ;
- ❖ relevé de la position des arrivées d'eau à reporter sur la coupe.

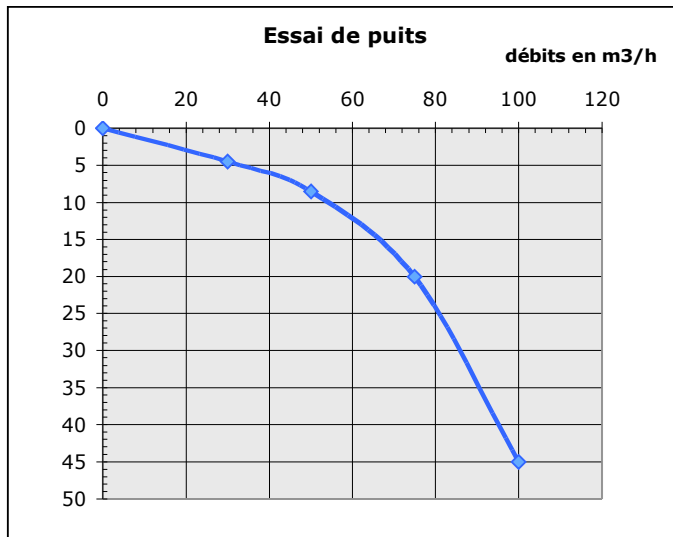
□ Au moment de l'équipement technique

- ❖ prévoir la pose d'un tube guide-sonde (PVC crépiné) ;
- ❖ S'assurer que l'équipement (zones crépinées et massif filtrant) est en accord avec les arrivées d'eau ;
- ❖ S'assurer que le bouchon étanche est bien positionné : pour une qualification de forage exploitant une ressource profonde, le massif drainant ne doit en aucun cas être en relation avec le milieu superficiel.

□ Lors des essais de pompage

ne pas confondre essai de puits par paliers et essai de nappe.

- ❖ **essai de puits** : pompages successifs de courte durée (1 h) et de débit constant différent, opérés par ordre croissant dans un puits pour obtenir une relation débit/rabatement (courbe débit/rabatement ou courbe caractéristique) en vue de déterminer sa productivité et son efficacité → indique le débit que l'ouvrage est capable de supporter sans vieillir prématurément (colmatage de la crépine).



Dans l'exemple ci-contre, le dénoyage d'un niveau particulièrement productif se produit vers 50 m³/h pour un rabattement 10 m (rabattement maximal à ne pas dépasser au cours de l'exploitation).

- ❖ **l'essai de nappe** (pompage au minimum de 48 heures avec suivi de la remontée jusqu'au retour au niveau initial) est destiné à déterminer la capacité de la couche **aquifère** au travers de ses caractéristiques hydrauliques (transmissivité, coefficient d'emmagasinement, coefficient de perméabilité).

□ Au cours de son exploitation

La durée de vie d'un forage dépend de ses modalités d'exploitation : un forage surexploité « meurt » rapidement par colmatage de la crépine du forage.

Pour s'assurer d'une bonne exploitation, suivre le niveau piézométrique (niveau de l'eau dans le forage), pour les ouvrages neufs à partir de sa réalisation :

- ❖ tenir un carnet ou tout autre support sur lequel sont reportés la date et le niveau relevé à partir d'un repère constant (haut du forage par exemple) :
 - + hors période d'irrigation : 1 mesure par mois,
 - + pendant l'irrigation : 1 mesure avant pompage, 1 à la fin d'un pompage,
 - + à la fin de la période d'irrigation : 1 mesure par semaine pour suivre l'évolution de la nappe (remontée, poursuite de l'affaissement),
 - + puis 1 mesure par mois pendant la période de recharge.
- ❖ adapter le pompage au vu de l'évolution de la nappe (stabilisation, affaissement progressif de la nappe).

8.2. Gravées sur les DVD joints :

- iAnnexe 1 : Fichier de données (tableaux Excel aux liens interactifs)
- Annexe 2 : Fiches par ouvrage (format pdf)
- Annexe 3 : Cartes et figures de la phase 1 au format jpeg :
cartes 1 à 7
coupe géologique de l'Allier à la Loire
- Annexe 4 : Cartes de la phase 2 :
en format jeg (A0) :
A : délimitation des bassins versants étudiés sur fond géologique
B : carte de la pluviométrie du département de l'Allier
au format pdf : cartes des bassins
- Annexe 4 : 9 Fiches pdf : données hydrologiques de synthèse des bassins étudiés