

Document public

Rapport d'expertise :

Synthèse bibliographique sur les aquifères du massif volcanique du Devès (Haute-Loire)

BRGM/RP-62109-FR
Avril 2013

Cadre de l'expertise :

Appuis aux administrations



Appuis à la police de l'eau



Date de réalisation de l'expertise : avril 2013

Localisation géographique du sujet de l'expertise : Devès
(Haute-Loire)

Auteur BRGM : C. Bertin

Demandeur : Direction Départementale des Territoires de la
Haute-Loire

1.89 3740.46 -625.5



Géosciences pour une Terre durable

brgm

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

Ce rapport est le produit d'une expertise institutionnelle qui engage la responsabilité civile du BRGM.

Ce document a été vérifié et approuvé par :

Vérificateur :		
Nom : Benoit Dewandel	Date : 19/04/13	
Approbateur :		
Nom : Philippe Rocher	Date : 23/04/2013	

Mots-clés : expertise, appui à la police de l'eau, eau souterraine, aquifères, volcanisme, Devès, Haute-Loire

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

Bertin C. (2013) - Synthèse bibliographique sur les aquifères du massif volcanique du Devès (Haute-Loire). Rapport d'expertise. Rapport BRGM/RP-62109-FR. 20 p., 6 ill.

© BRGM, 2013, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Contexte :

Demandeur : DDT de la Haute-Loire, Service Environnement - Forêt.

Nature de l'expertise :

- établir une synthèse bibliographique sur ce qu'on sait / ce qu'on ne sait pas concernant la nappe du Devès (ou les nappes du Devès), et notamment sur les sources alimentant l'agglomération du Puy-en-Velay ;
- mettre en évidence les incertitudes sur les circulations d'eau, et les points de vigilance à prendre en compte pour préserver ces ressources stratégiques.

Situation du sujet : Massif volcanique du Devès (Haute-Loire).

Nature de l'intervention du BRGM : analyse des données disponibles et synthèse bibliographique.

Diagnostic du BRGM :

L'hétérogénéité des formations volcaniques du Devès leur confèrent des propriétés hydrogéologiques très variables. Leur aptitude à permettre la constitution de nappes est donc très variable.

La zone sommitale du plateau, notamment les cônes stromboliens, semble être la zone privilégiée d'infiltration des eaux qui vont alimenter les nappes circulant dans l'empilement de coulées basaltiques. Il peut exister au sein du massif, plusieurs horizons aquifères superposés pouvant être indépendants les uns des autres.

Les aquifères sont essentiellement localisés dans les basaltes et les pyroclastites mais le substratum anté-volcanique (socle et sédiments tertiaires) joue un rôle important car sa morphologie conditionne la géométrie des coulées et, par conséquent, la circulation des eaux souterraines au sein des formations volcaniques.

Le faible nombre de forages ayant recoupé la totalité des émissions volcaniques ne permet pas de connaître avec précision la structure des aquifères ni celle du substratum imperméable.

Les maars et leurs anneaux de projections peuvent perturber localement les écoulements souterrains.

La relative régularité des débits de nombreux captages montre que les territoires drainés sont très vastes et qu'ils comportent des structures géologiques capables d'amortir les variations climatiques. Toutefois, l'insuffisance de données hydrogéologiques ne permet pas de définir les bassins d'alimentation des sources. C'est en particulier le cas des principaux captages d'AEP qui alimentent l'agglomération du Puy-en-Velay

Les eaux souterraines sont particulièrement vulnérables à la pollution dans les secteurs où l'épaisseur des coulées s'amenuise et où l'épaisseur du sol est réduite. Des variations brutales de la température et/ou de la conductivité et/ou l'apparition de problèmes de turbidité indiquent des apports d'eau superficielle. La présence de nitrates dans certaines sources révèle l'impact des activités humaines dans le bassin d'alimentation.

Le massif volcanique du Devès doit être considéré comme un **système aquifère multicouche** complexe et non comme une « nappe » unique.

La gestion et la protection des eaux souterraines du massif du Devès, stratégiques pour une grande partie de la population altiligérienne, **doivent passer par l'amélioration de la connaissance de la structure hydrogéologique et du fonctionnement des aquifères.**

Sommaire

1. Contexte	5
2. Massif volcanique du Devès.....	5
2.1. CONTEXTES GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE	5
2.2. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE	7
2.2.1 Propriétés hydrogéologiques et structure des aquifères volcaniques. Généralités	7
2.2.2 Structure et fonctionnement des aquifères volcaniques du Devès	9
2.2.3 Principaux captages d'AEP alimentant l'agglomération du Puy-en-Velay	15
3. Conclusion	18
4. Références bibliographiques	19

Liste des illustrations

Illustration 1 - Géologie simplifiée du massif volcanique du Devès (d'après la carte géologique harmonisée de la Haute-Loire à 1/50 000, BRGM)	6
Illustration 2 - Implantation des principaux forages dans le massif volcanique du Devès	11
Illustration 3 - Coupe géologique schématique dans le bassin de la Lidenne (d'après Belkessa et al., 1974)	12
Illustration 4 - Carte des isobathes du toit du socle sur la commune de St-Georges-d'Aurac.....	13
Illustration 5 - Préfiguration d'une paléovallée sous les épanchements basaltiques du plateau d'Arlempdes (d'après Belkessa et al., 1985)	14
Illustration 6 - Localisation des sites de captages d'AEP de Vourzac et Besson-Roulon.....	16

1. Contexte

Dans le cadre du lancement du SCoT (Schéma de Cohérence Territoriale) du Velay, la DDT de la Haute-Loire doit établir le « dire de l'Etat ». Il s'agit notamment d'attirer l'attention des élus sur les grands enjeux qu'il faudra prendre en compte dans le SCoT.

A ce titre, la (ou les) nappe(s) du Devès est/sont un enjeu fort du SCoT. Le BRGM est sollicité pour étayer le « dire de l'Etat » sur ce thème.

La mission demandée au BRGM est :

- d'établir une synthèse bibliographique sur ce qu'on sait / ce qu'on ne sait pas concernant la nappe du Devès (ou les nappes du Devès), et notamment sur les sources alimentant l'agglomération du Puy-en-Velay ;
- de mettre en évidence les incertitudes sur les circulations d'eau et les points de vigilance à prendre en compte pour préserver ces ressources stratégiques.

2. Massif volcanique du Devès

2.1. CONTEXTES GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE

Le massif du Devès est le plus vaste plateau basaltique du Massif Central avec 80 km de long du NNW au SSE et 15 km de large. Il s'étend entre les vallées de l'Allier et de la Loire et culmine au Mont Devès à 1421 m.

Cet **entablement basaltique** daté du Pléistocène (Ere quaternaire) est constitué de coulées empilées ou juxtaposées. Relativement aplanies, ces coulées forment une surface uniforme qui ne permet pas leur individualisation ni souvent la détermination de leur centre d'émission (illustration 1).

Près de 150 cônes stromboliens constitués de **pyroclastites basaltiques** sont recensés sur l'ensemble du plateau. Ils sont essentiellement alignés selon une direction NW-SE.

La particularité du Devès est de comporter un grand nombre d'appareils volcaniques d'origine phréatomagmatique : les **maars**. Ces structures particulières ne sont pas toujours visibles car elles ont pu être comblées par des épanchements basaltiques et/ou par des cônes de projections scoriacées plus récents.

Ces formations volcaniques reposent soit directement sur des **formations du socle**, soit sur des **sables argileux fluvio-lacustres plio-quaternaires** ou des **formations sédimentaires tertiaires** surmontant le socle.

Les formations du socle (granites et formations métamorphiques) constituent les formations géologiques les plus anciennes de la région étudiée (non représentées sur l'illustration 1). Quelques pointements de socle sont visibles au sein du massif du Devès (nord et nord-ouest principalement) mais l'essentiel des formations est masqué par les épanchements volcaniques. On observe une forte dissymétrie du socle dont la côte est plus élevée à l'ouest (côté Allier) que la base des coulées du versant est.

Des forages ont révélé que les sédiments tertiaires (argiles et marnes du bassin d'effondrement du Puy-en-Velay et du bassin de Brioude-Paulhaguet) s'intercalent sur les versants est et nord du massif, entre le socle et les formations volcaniques.

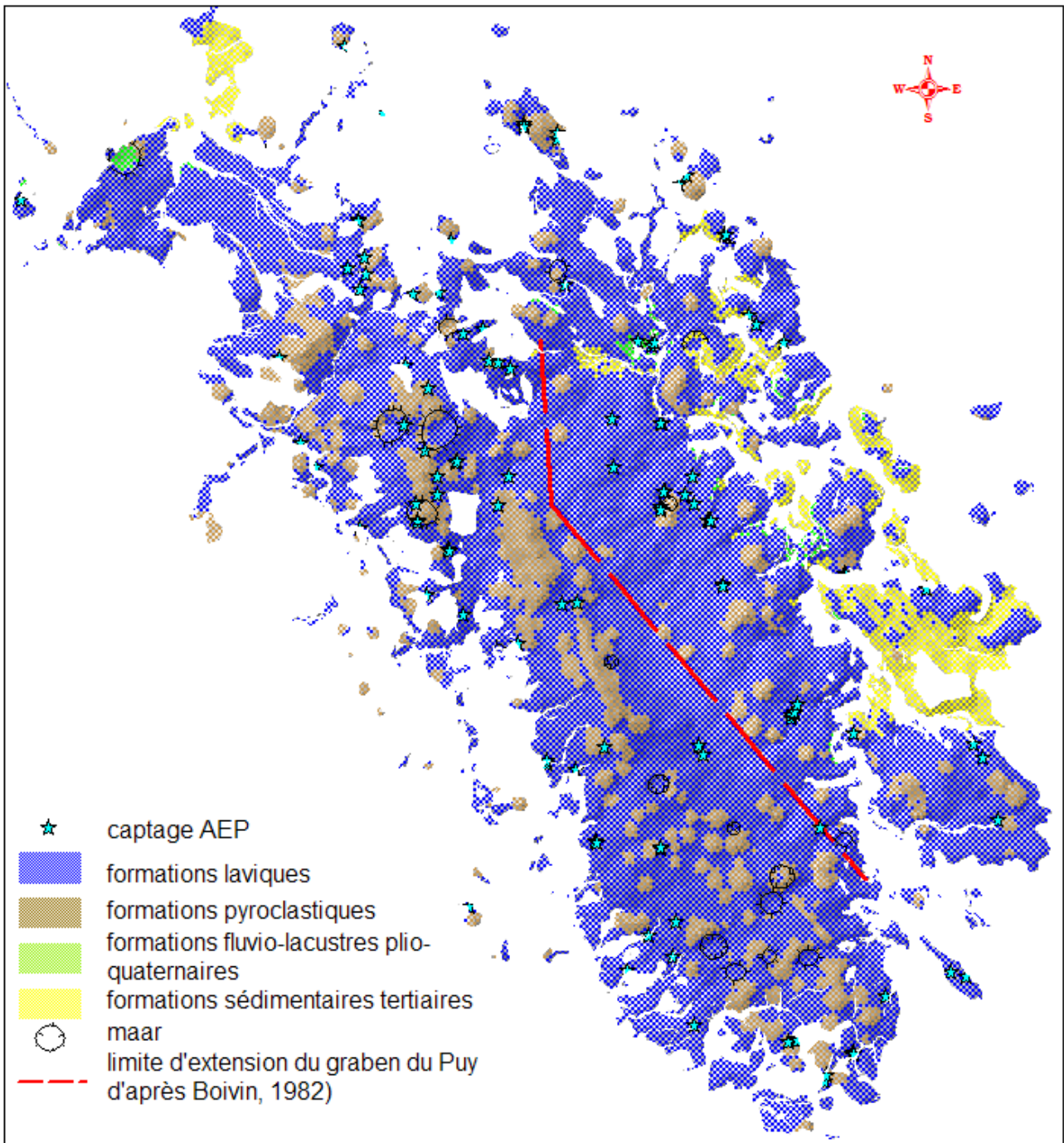


Illustration 1 - Géologie simplifiée du massif volcanique du Devès (d'après la carte géologique harmonisée de la Haute-Loire à 1/50 000, BRGM)

Les dépôts détritiques plio-quaternaires (sables fluvio-lacustres villafranchiens) ont été rencontrés également dans des forages du nord Devès (commune de Couteuges par exemple) ainsi que sur le versant est (Solignac/Loire par exemple).

Boivin (1982) a proposé une limite d'extension du graben du Puy sous le Devès passant par Allègre, Vergezac et Arlempdes. En raison du faible nombre de forages ayant recoupé la totalité des émissions volcaniques, il n'est pas possible actuellement de confirmer avec certitude ce tracé.

2.2. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

2.2.1 Propriétés hydrogéologiques et structure des aquifères volcaniques. Généralités

Les traits généraux des aquifères volcaniques, appliqués au massif du Devès, présentés ci-après sont principalement tirés du rapport BRGM RP-53135-FR (Lachassagne et al., 2004). Les éléments plus spécifiques au Devès sont tirés des avis et rapports hydrogéologiques cités en annexe.

Propriétés hydrogéologiques

Les propriétés des principales formations volcaniques du Devès sont présentées ci-dessous.

- **Les formations laviques**

Les laves présentent une très faible perméabilité de matrice. Leurs propriétés aquifères dépendent donc étroitement de leurs conditions de mise en place, de fissuration et de fracturation. Leur degré d'altération joue également un rôle important.

Les laves présentent une forte variabilité de leurs propriétés hydrodynamiques au sein d'une même coulée, qui se traduit par des variations de perméabilité selon la verticale. Cette variabilité est liée à leur mode de mise en place. Les coulées comprennent en effet généralement, de haut en bas :

- une surface scoriacée montrant soit des gratons, soit un niveau scoriacé (niveau en général le plus perméable) ;
- un cœur de coulée plus massif souvent diaclasé (fissures de refroidissement) ;
- une brèche de base de coulée présentant des éléments scoriacés en gratons et contenant fréquemment des blocs issus de la coulée sous-jacente.

- **Les pyroclastites**

Les pyroclastites basaltiques des cônes stromboliens présentent une perméabilité d'interstices. Leur perméabilité et leur porosité peuvent être élevées, ou très faibles si ces formations sont altérées.

Les tufs volcaniques présentent une perméabilité de matrice en général médiocre, variant en général selon leur teneur en argiles héritées ou d'altération. Indurés et fracturés, ou quand ils ont subi un remaniement, ils peuvent présenter localement de meilleures propriétés hydrodynamiques.

La littérature se rapportant au Devès ne mentionne que très rarement des valeurs de **paramètres hydrodynamiques**. A. Lecocq (1987) indique des perméabilités comprises entre $2 \cdot 10^{-4}$ et $8 \cdot 10^{-7}$ m/s avec une valeur moyenne de $6 \cdot 10^{-5}$ m/s pour des essais effectués sur des sondages de reconnaissance à Bessarioux (commune du Brignon). A titre de comparaison, des forages de la Chaîne des Puys ont montré que la perméabilité des aquifères volcaniques est comprise entre $1 \cdot 10^{-3}$ et $7 \cdot 10^{-5}$ m/s.

Un pompage d'essai réalisé sur le forage de Montbonnet - Lac (Belkessa et al., 1985) a mis en évidence une transmissivité de 7 à $9 \cdot 10^{-4}$ m²/s. Dans une étude sur la vallée de la Lidenne, Belkessa et al. (1974) ont déterminé une valeur moyenne de transmissivité égale à $4 \cdot 10^{-4}$ m²/s pour 3 forages ayant traversé la totalité des épanchements volcaniques. Selon ces auteurs, cette valeur se rapporterait plus certainement à l'aquifère des formations fluvio-lacustres villafranchiennes situées à la base des basaltes qu'à ces derniers.

Aucune donnée concernant les paramètres hydrodynamiques des pyroclastites du Devès n'a été trouvée dans la littérature. Les études réalisées sur les scories quaternaires de la Chaîne des Puys révèlent que la porosité totale de ce matériau est comprise entre 52 et 58 %, et que la porosité efficace varie de 39 à 42 %. Il est vraisemblable que les valeurs de porosité des pyroclastites basaltiques du Devès doivent se situer dans les mêmes gammes de valeurs.

Lecocq (1987) présente les résultats d'un traçage artificiel (fluorescéine) effectué sur un forage de reconnaissance à Montbonnet (commune de Bains). La vitesse de transit du traceur a été estimée à 50 m/j, ce qui est comparable aux vitesses de circulation mesurées dans les zones drainantes des coulées basaltiques de la Chaîne des Puys.

Structure des aquifères volcaniques

Les formations volcaniques présentent une structure géologique fréquemment complexe liée à des **hétérogénéités à toutes les échelles** :

- A l'échelle cartographique, la dynamique active de mise en place de ces formations concourt à une forte variabilité spatiale, latérale et verticale. Des formations perméables et imperméables peuvent ainsi coexister à cette échelle ;
- A l'échelle d'une formation donnée. Au sein des laves par exemple, les différentes coulées peuvent être séparées par des paléosols isolant les différents niveaux perméables. Au sein d'une même paléovallée, les laves sont fréquemment interstratifiées de formations alluviales (de perméabilité variable selon les cas) ou de démantèlement (en général imperméables) ;
- A l'échelle d'un même ensemble lithologique, considéré globalement comme perméable, coexistent des niveaux très perméables et d'autres quasiment imperméables. Ainsi, au sein des coulées basaltiques, les faciès en gratons, scoriacés et fissurés sont susceptibles d'être très perméables tandis que les parties internes et massives des coulées sont « sèches ». Ces niveaux ou formations peu perméables, ainsi que les pendages originels parfois forts des coulées, peuvent générer une structure en « tuiles ». La présence d'intrusions (dykes en particulier) peut contribuer à une compartimentation des aquifères ou, dans certains cas, peut conférer une certaine perméabilité à des ensembles peu perméables.

Ainsi (cf. paragraphe 3.1.1.), il coexiste au sein des aquifères volcaniques des formations affectées d'une **perméabilité de fissures** et des formations présentant une **perméabilité d'interstices**.

La perméabilité d'interstices s'exprime dans différents contextes :

- au sein des formations basaltiques scoriacées (toit et base de coulée par exemple) ;
- au sein des formations pyroclastiques lorsqu'elles ne sont pas soudées à chaud (hyaloclastites, tuffites...) ;
- au sein des formations sédimentaires (alluvions essentiellement) associées aux laves en particulier dans les paléovallées.

La perméabilité de fissures se rencontre au sein des laves. Dans le cas des laves basiques (basaltes), elle est présente essentiellement sous la forme de fissures de refroidissement, bien connues lorsque la fissuration se traduit par un débit en orgues. L'ouverture des fissures peut dans certains cas atteindre plusieurs décimètres.

A ces hétérogénéités dépendantes de la lithologie des formations volcaniques se conjugue localement une variabilité de leurs propriétés hydrodynamiques liée à la présence de **fractures d'origine tectonique**.

Les **processus d'altération** contribuent également à l'hétérogénéité de ces milieux en participant à la diminution de la perméabilité des roches, principalement du fait de leur argilisation et de la précipitation de minéraux secondaires. L'altération météorique est particulièrement marquée lors des phases prolongées d'exposition des formations volcaniques en surface.

2.2.2 Structure et fonctionnement des aquifères volcaniques du Devès

L'existence de nombreux captages utilisés pour l'alimentation en eau potable de plusieurs communes, dont celles de l'agglomération du Puy-en-Velay, témoigne de l'importance des ressources en eaux souterraines du massif (illustration 1).

Toutefois, la structure et le fonctionnement des aquifères ne sont pas connus car il existe très peu de forages ayant traversé l'intégralité des épanchements volcaniques, et les suivis de longue durée (débit des sources et des cours d'eau, qualité physico-chimique, piézométrie), ainsi que les pompages d'essais, sont anecdotiques et/ou concentrés dans des secteurs donnés.

L'examen des données bibliographiques montre que **les aquifères sont essentiellement localisés dans les formations volcaniques** : basaltes (fissurés et/ou scoriacés) et formations poreuses comme les pyroclastites et les brèches.

Les produits de remplissage des maars, **sédimentaires et/ou volcano-sédimentaires**, peuvent également, lorsque la teneur en minéraux argileux n'est pas trop importante, permettre l'existence de nappes.

Les **formations alluviales intercalées entre les épanchements basaltiques** qui marquent des stades de recreusement des vallées lors des périodes d'accalmie de l'activité volcanique, peuvent aussi présenter des niveaux aquifères. Bien que d'épaisseurs modestes, ces formations ont un rôle important dans le drainage et le fonctionnement des eaux souterraines.

Le modèle d'écoulement des eaux souterraines à travers le Devès est assez similaire à celui des autres massifs volcaniques rencontrés en Auvergne :

1. Les précipitations d'origine météorique s'infiltrent en profondeur dans les matériaux volcaniques via les diaclases ou les fractures des coulées de laves, les projections scoriacées, etc ...

Selon les matériaux, la lame d'eau qui s'infiltré est plus ou moins importante : maximale dans les cônes de scories stromboliennes et minimale sur les coulées compactes sur lesquelles le ruissellement est prépondérant. Lecocq (1987) a montré que 40 à 50 % de la pluie efficace (précipitations disponibles pour l'infiltration et le ruissellement) s'infiltré dans les formations volcaniques du bassin du Say situé au nord du plateau du Devès.

2. Les précipitations poursuivent leur trajet dans le sous-sol jusqu'à ce qu'elles atteignent un horizon géologique de plus faible perméabilité qui va constituer le substratum de la nappe.

Plusieurs formations géologiques peuvent jouer le rôle de niveau « imperméable » :

- une coulée de basalte compacte ;
- un paléosol qui s'est développé entre deux épanchements laviques ;
- une formation argileuse : surface ou semelle de coulée altérée car plus scoriacée, sédiments tertiaires argileux du bassin du Puy-en-Velay ;

- le socle.
3. Les eaux souterraines vont ensuite se déplacer de manière subhorizontale jusqu'aux exutoires naturels : fronts de coulées, ruptures de pente, fractures... Les nappes s'écoulent dans le sens de la direction empruntée par l'épanchement volcanique.

De nombreux forages (Fontannes-07916X0019, Solignac-08154X0028 par exemple) ont montré que sur une même verticale pouvaient exister plusieurs horizons aquifères. Dans un tel système, les nappes inférieures sont captives et parfois même artésiennes.

Toutefois, il est vraisemblable qu'il existe des liaisons hydrodynamiques entre nappes d'un même réservoir aquifère multicouche, du fait notamment de l'existence de variations latérales d'épaisseur des coulées, ou de phénomènes de drainance verticale via des niveaux peu perméables ou des fractures.

Par ailleurs, l'examen du contexte hydrogéologique d'émergence de certaines sources (sources du vallon de Vourzac et source Redouva par exemple) révèle que les nappes « superposées » peuvent être concentrées dans des axes bien matérialisés, indépendants les uns des autres (hétérogénéités latérales).

La présence de nombreux maars et de leurs anneaux de projections compliquent localement le modèle d'écoulement des eaux souterraines présenté précédemment. Ces appareils volcaniques peuvent avoir été comblés par des formations perméables qui emmagasinent d'importantes quantités d'eau (projections scoriacées, sables,...). Les nappes qui s'y créent peuvent être circonscrites à l'emprise du maar ou être connectées aux aquifères basaltiques environnants.

Les projections de maar présentent fréquemment des intercalations de matériaux de faible perméabilité qui conduisent souvent à la mise en place de nappes captives voire artésiennes. Les observations réalisées sur la source des Empèzes (08157X0003) et le puits de la narce de Barges (08158X0003), par exemple, montrent que l'alimentation de ces captages se fait par des venues d'eau ascendantes.

Le substratum anté-volcanique joue un rôle important car sa morphologie conditionne la géométrie des aquifères et, par conséquent, la circulation des eaux souterraines. Comme il a été vu plus haut, peu de forages ont recoupé la totalité des formations volcaniques. Il est donc difficile de connaître les bassins d'alimentation des différentes émergences du Devès, à l'inverse de la Chaîne des Puys où 10 bassins versant hydrogéologiques ont pu être identifiés avec plus ou moins de précision.

L'illustration 2 présente la cote maximale atteinte par les forages recensés dans la Banque de données du Sous-Sol (BSS) en précisant, lorsque le substratum anté-volcanique a été atteint, sa nature.

On observe que :

1. Les forages ayant atteint le socle sont essentiellement situés sur les bordures du massif du Devès.

Le paléo relief du cœur du plateau n'est pas connu en raison notamment de l'épaisseur importante des produits volcaniques à traverser. Un forage géothermique situé sur la commune de Vergezac (07916X0018) a, par exemple, traversé 7 coulées sur 100 m d'épaisseur sans atteindre le socle.

2. La quasi-totalité des forages du versant ouest ne recoupent que des formations volcaniques ;

3. Sur le versant oriental du Devès, plusieurs forages ont été foncé jusqu'aux sédiments du bassin du Puy. La cote des formations sédimentaires est assez variable : de 786 à 839 m sur la commune de Chaspuzac, 804 m au niveau d'un forage situé sur la commune de Solignac/Loire (08154X0028).

Quelques informations sont disponibles dans la littérature sur l'extension de ces sédiments sous le Devès, mais le faible nombre de forages pouvant permettre de vérifier leur présence ne permet pas de statuer sur la morphologie du substratum anté-volcanique.

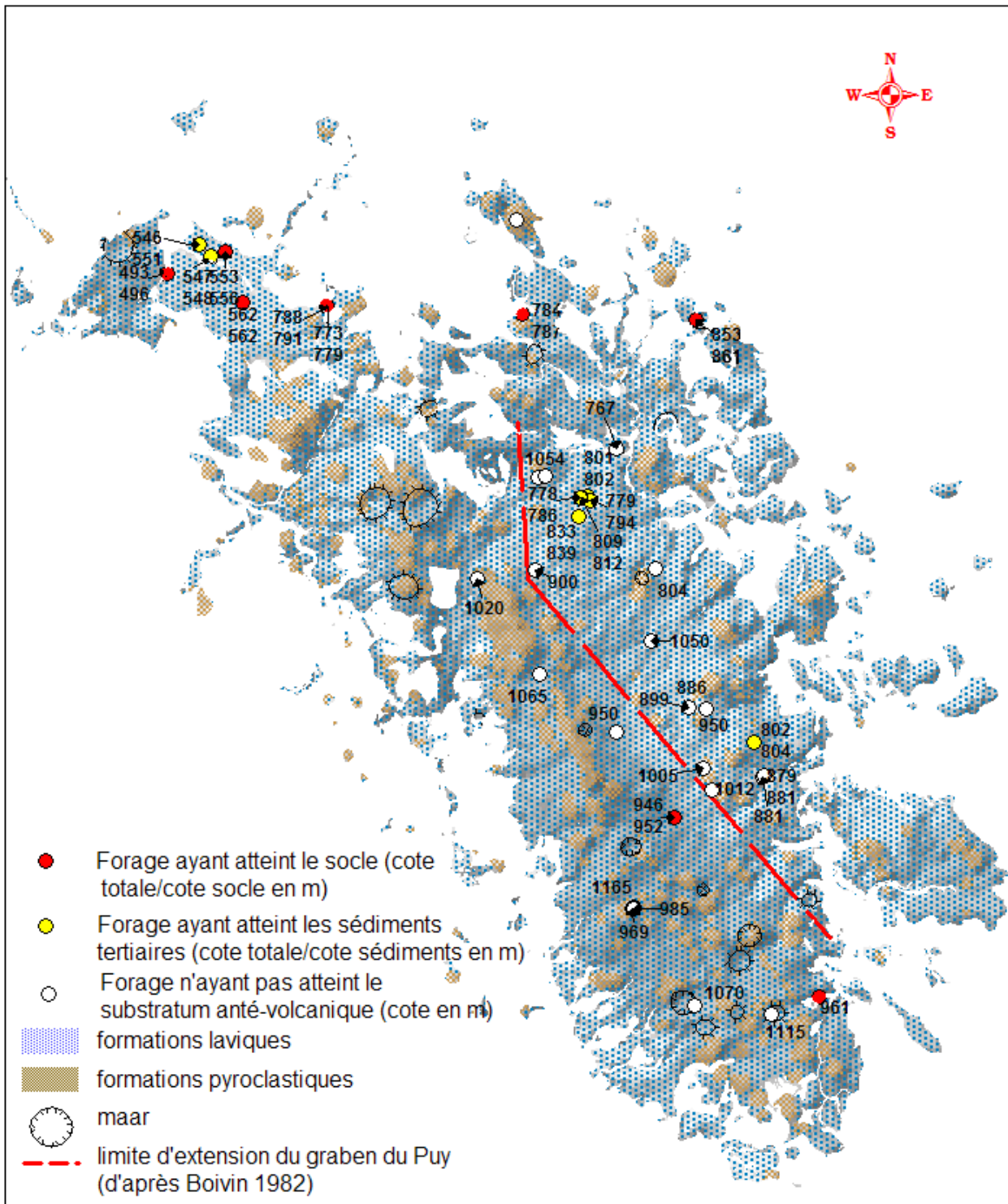


Illustration 2 - Implantation des principaux forages dans le massif volcanique du Devès

Belkessa et al. (1985) situent l'altitude moyenne des sédiments vers 950 m et estiment que cette cote peut atteindre 1050 m.

Lecocq (1987) a déterminé, d'après des sondages électriques et magnétotelluriques, que le substratum sédimentaire serait relativement régulier dans le secteur des communes de Loudes et Bains. Les cotes du substratum seraient comprises entre 745 et 825 m dans cette zone. Plus au sud (secteur Le Brignon/Solignac), ses prospections géophysiques indiquent un contact volcanisme/ sédimentaire variant de 825 à 850 m ;

4. Des forages situés dans le nord du Devès révèlent la présence de sédiments tertiaires rattachés au bassin de Brioude-Paulhaguet (07668X0007 par exemple). Ces derniers se rencontrent à une cote inférieure à 550 m.
5. Plusieurs forages, de St-Georges d'Aurac à Barges, mettent en évidence l'existence d'un niveau détritique sableux riche en éléments volcaniques (sables fluviolacustres plio-quaternaires). Ces sables peuvent soit surmonter les sédiments tertiaires (08154X0028, 07668X0007...), soit se trouver directement sur le socle (08158X0001). La puissance de ce niveau détritique n'est pas négligeable (jusqu'à une vingtaine de mètres d'épaisseur) et constitue fréquemment un réservoir aquifère intéressant. Cet horizon affleure, à l'instar des sédiments tertiaires du Puy, en de nombreux secteurs de la bordure est du Devès mais son extension sous le Devès n'est pas connue avec précision.

Localement, quelques travaux plus poussés ont permis d'appréhender la morphologie du substratum anté-volcanique :

1. Des études géophysiques et des sondages de reconnaissance ont permis d'améliorer les connaissances dans la région de Coutteuges et la vallée de la Lidenne (Stanudin et al., 1973 ; Ferrandès et al., 1971 et Belkessa et al., 1974).

L'illustration 3 présente une coupe schématique dans le bassin de la Lidenne révélant l'existence de paléovallées ainsi que l'importance des dépôts de remplissage de celles-ci.

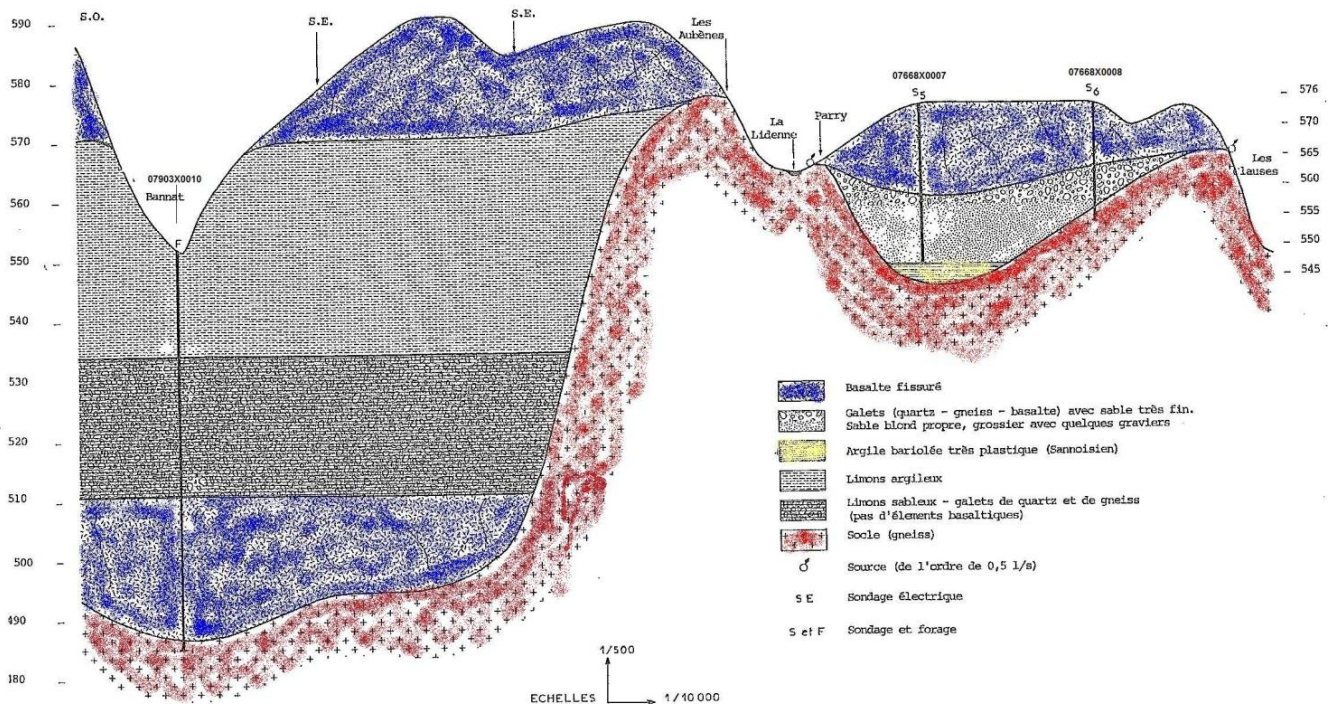


Illustration 3 - Coupe géologique schématique dans le bassin de la Lidenne (d'après Belkessa et al., 1974)

A noter que le forage de Bannat à Couteuges (07903X0010, illustration 3) a rencontré une nappe artésienne dans la coulée inférieure reposant sur le socle. L'aquifère basaltique est maintenu en charge par les formations détritiques sus-jacentes.

Deux campagnes de sondages géophysiques ont permis d'établir la carte des isobathes du toit du socle sur une partie de la commune de St-Georges-d'Aurac (illustration 4).

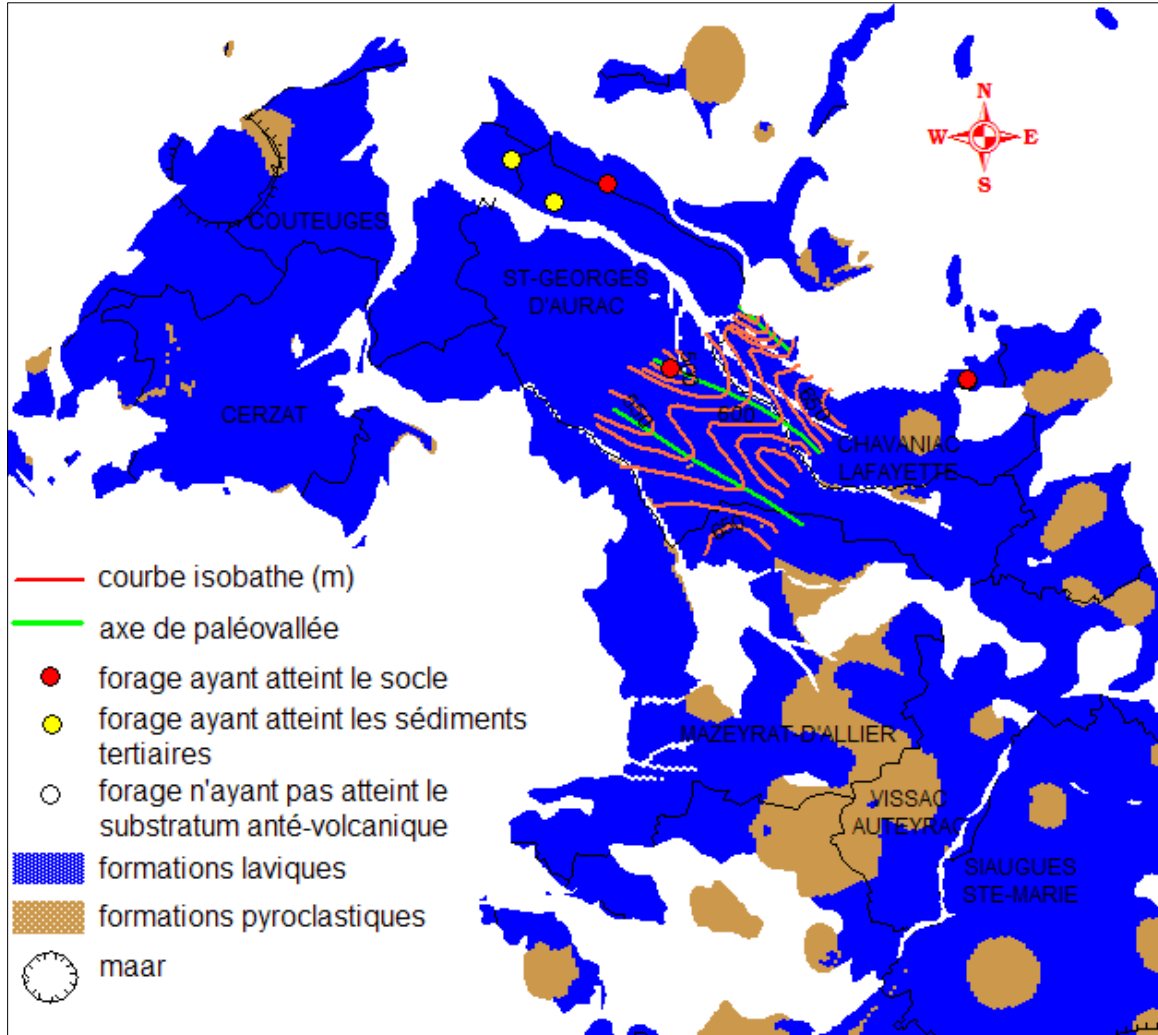


Illustration 4 - Carte des isobathes du toit du socle sur la commune de St-Georges-d'Aurac (d'après Stanudin et al., 1973)

Les trois surcreusements de direction SE-NW mis en évidence pourraient correspondre à des paléovallées comblées par des coulées basaltiques.

- Belkessa et al. (1985) relatent les résultats d'une campagne de sondages réalisée en 1948 pour EDF sur le plateau d'Arlempdes (illustration 5). Les 20 sondages (non répertoriés en BSS) ont révélé la présence d'un chenal important de direction SE-NW dans le socle. L'épaisseur du remplissage serait de l'ordre de 150 à 230 m. Tous les sondages ont rencontré un ou plusieurs niveaux d'eau, deux d'entre eux présentant même un caractère artésien.

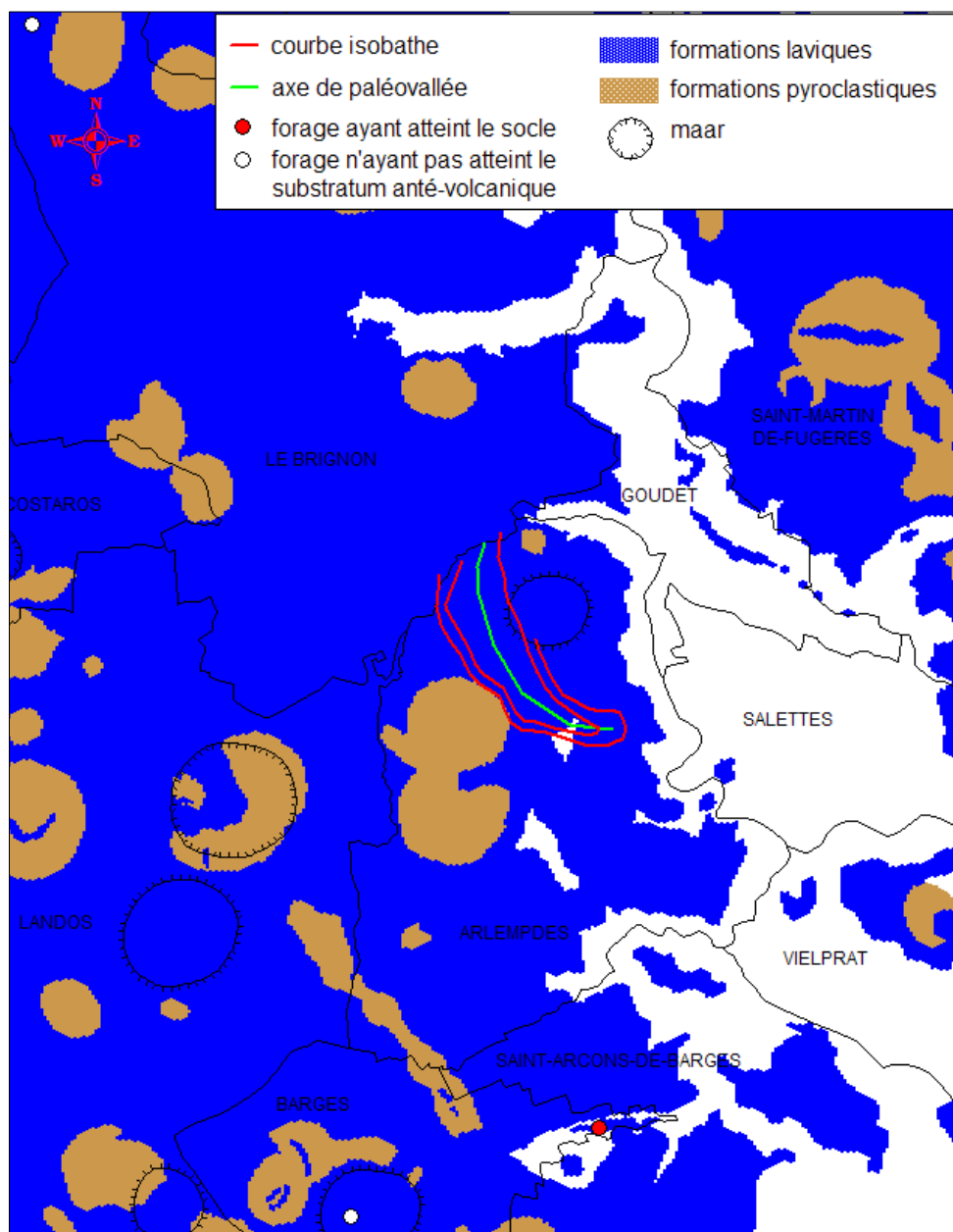


Illustration 5 - Préfiguration d'une paléovallée sous les épanchements basaltiques du plateau d'Arlempdes (d'après Belkessa et al., 1985)

Les bilans hydrologiques sont également délicats à cerner car on connaît rarement avec certitude la lame d'eau qui s'infiltré en profondeur en raison de l'hétérogénéité des matériaux volcaniques. En effet, si l'on sait que les cônes de scories sont les seuls édifices capables d'infiltrer en totalité les précipitations météoriques, l'aptitude des laves à permettre l'infiltration est dépendante de leur fracturation et de leur degré d'altération.

Ainsi, il est particulièrement difficile d'apprécier avec rigueur les bassins d'alimentation des différentes sources, d'une part parce que la topographie anté-volcanique n'est pas vraiment connue, et d'autre part parce que la structure même des empilements volcaniques n'est pas bien définie.

Des observations de terrain montrent que, dans certains secteurs, les débits des émergences sont conséquents et relativement peu sensibles aux variations saisonnières climatiques. Ces aspects traduisent l'existence de structures réservoirs de grande dimension (supérieures au bassin versant

topographique) et surtout de grande capacité régulatrice. Il est donc très probable qu'une part non négligeable de l'alimentation de ces sources provienne de la partie haute du plateau et en particulier des cônes de scories.

2.2.3 Principaux captages d'AEP alimentant l'agglomération du Puy-en-Velay

Les eaux souterraines issues du Devès et utilisées pour l'alimentation en eau potable de l'agglomération du Puy-en-Velay sont captées soit :

3. par le biais de galeries foncées dans les produits volcaniques : Ponsonnet (07917X0027), Syndicat (07917X0027)... ;
4. par le biais de forages : Fontlade (07917X0036 et 07917X0024)... ;
5. par le biais de chambres maçonnées adossées à une coulée, ces ouvrages pouvant être équipés de drains s'enfonçant dans le basalte : Redouva (07917X0027), Lavoir (07917X0015), Brossac (07917X0009 à 07917X0014), Besson (08154X0009 à 13), Roulon (08154X00014 à 15)...

Les deux groupes de captages présentés ci-après illustrent les différents cas de figures rencontrés dans le Devès. Ils représentent les secteurs actuellement les plus productifs (illustration 6).

Le site des captages du Besson-Roulon comporte actuellement 8 émergences captées sur la commune de Solognac-sur-Loire

Frémion (1995) et d'Arcy (1984) ont déterminé que le bassin hydrogéologique est vaste et qu'il remonte très probablement vers la partie haute du Devès.

Les travaux de Lecocq (1987) ont permis de détecter la présence d'une paléovallée orientée WSW-ENE mais les données sont insuffisantes pour pouvoir matérialiser ses contours.

Le forage 08154X0028 situé à 1,5 km au nord des captages a mis en évidence 7 coulées superposées, séparées par des niveaux de projections scoriacées plus ou moins argilisées. Les aquifères productifs se situent dans les coulées les plus profondes. Les nappes ont un caractère captif.

Les sources captées par le SIAEP du Besson-Roulon sont alimentées par l'aquifère de la cinquième coulée. Le débit moyen de ces émergences est de l'ordre de 200 l/s : 150 l/s pour le vallon du Besson et 50 l/s pour celui du Roulon. Plusieurs émergences non captées sont présentes dans le vallon du Besson, elles sont alimentées par la coulée sous-jacente (coulée n° 6). Leur débit total est estimé à 60 l/s. Le mode d'émergence des différentes sources milite pour une paléovallée prise en écharpe par le relief actuel.

Les mesures physico-chimiques effectuées sur les sources montrent que les eaux ont un circuit long et en profondeur. La présence de tritium dans certaines émergences révèle toutefois des apports d'eau d'origine superficielle (Lecocq, 1987). Bien que participant peu aux débits, ces apports superficiels peuvent potentiellement engendrer des épisodes de contamination de l'eau souterraine. La présence de nitrates, bien qu'inférieure aux teneurs maximales exigées pour l'AEP, montre l'impact des activités humaines (agriculture, eaux usées) sur la qualité de l'eau souterraine dans le bassin d'alimentation.

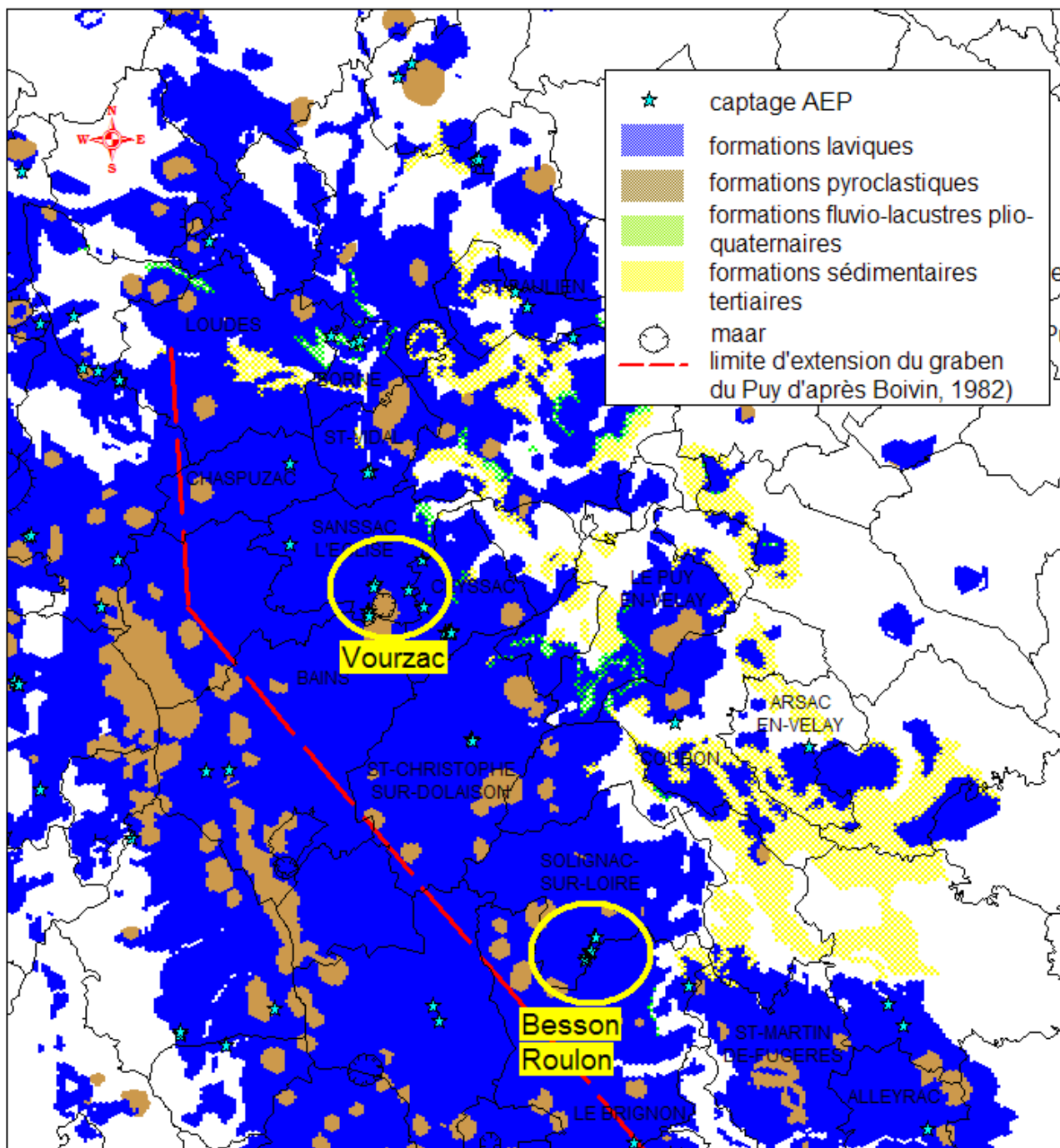


Illustration 6 - Localisation des sites de captages d'AEP de Vourzac et Besson-Roulon

Le site de Vourzac comprend 5 captages dans le vallon éponyme (Lavoir, Vieilles Sources, Ponsonnet, Syndicat et Pré Ravoux) auxquels il convient de rajouter les forages de Fontlade et le captage de Redouva.

Les travaux de Livet et Boivin (1995, 2000, 2001 et 2002) ont permis de mettre en évidence :

- que dans la partie terminale des coulées, l'eau souterraine s'écoule dans des « chenaux » étroits où la perméabilité est plus forte. La variation relative des débits suivant les saisons de l'ensemble des sources, qui semble se faire de manière synchrone et ce quelle que soit la position de l'émergence, paraît révéler une indépendance des niveaux aquifères qui alimentent les différents captages ;

- que la grande régularité du débit des sources témoigne de l'existence d'une structure réservoir de grande capacité de régulation en amont ;
- que, malgré le nombre conséquent d'ouvrages de captage fournissant des débits importants dans un périmètre restreint, il apparaît que cette/ces ressource(s) n'est/ne sont pas complètement exploitée(s) car le ruisseau de Vourzac n'est pas affecté par les prélèvements, et ce même en période d'étiage prononcé ;
- et qu'une fraction des venues d'eau captées à Pré Ravoux est drainée par la partie supérieure d'un niveau de tufs phréatomagmatiques provenant du maar de Vourzac actuellement masqué par un cône de projections scoriacées (Garde de Vourzac). L'anneau de tufs est interstratifié au sein de l'empilement de coulées basaltiques du plateau du Devès. Il semble se comporter ici, du fait de son enfouissement dans le plateau, comme un vaste système de drains collectant l'eau à sa périphérie, la rassemblant et la conduisant en son cœur, où la tranchée du ruisseau de Vourzac en permet l'émergence.

Les variations brutales de température et l'apparition de problèmes de turbidité observés sur certaines sources indiquent des apports d'eaux superficielles, en particulier dans les zones où l'épaisseur des coulées s'amenuise et où l'épaisseur du sol est réduite. Ces phénomènes, que l'on peut observer sur de nombreux captages du plateau du Devès, révèlent une vulnérabilité accrue des aquifères dans l'environnement proche des émergences.

A l'instar des captages du Besson-Roulon, le bassin d'alimentation des sources de Vourzac n'est pas connu.

Selon Belkessa et al. (1985), les prélèvements destinés à l'AEP dans le bassin situé en face de l'agglomération du Puy (à 80 % issus du site de Vourzac), représenteraient près de 10 % des pluies efficaces (volumes disponibles pour l'infiltration et le ruissellement). Les ressources en eau souterraine de ce secteur sont donc loin d'être sur-exploitées.

3. Conclusion

L'examen de la bibliographie a permis de déterminer les éléments suivants :

1. L'hétérogénéité des formations volcaniques du Devès leur confèrent des propriétés hydrogéologiques très différentes. Leur aptitude à permettre la constitution de nappes est par conséquent très variable.
2. La zone sommitale du plateau, notamment les cônes stromboliens, semble être la zone privilégiée d'infiltration des eaux de pluie qui vont alimenter les nappes circulant dans l'empilement de coulées basaltiques.
3. Les nappes s'écoulent vers l'ouest (vallée de l'Allier) ou vers l'est (bassin de la Loire) en suivant la direction prise par les épanchements volcaniques, et ce à partir de la zone culminante du relief anté-volcanique.
4. Il peut exister plusieurs horizons aquifères superposés. Les zones de circulations préférentielles des eaux souterraines peuvent être indépendantes les unes des autres.
5. Les maars et leurs anneaux de projections peuvent perturber localement les écoulements souterrains. Les produits de remplissage des maars peuvent permettre la création de nappes pouvant être circonscrites à l'appareil volcanique ou être connectées aux aquifères basaltiques voisins.

Tous les éléments évoqués précédemment militent pour considérer le massif volcanique du Devès comme un **système aquifère multicouche** complexe et non comme une « nappe » unique.

6. Les aquifères sont essentiellement localisés dans les formations volcaniques et, dans une moindre mesure, dans des formations volcano-sédimentaires (produits de remplissage des maars). Des dépôts détritiques sableux présents sous les épanchements volcaniques du versant oriental du Devès peuvent aussi emmagasiner des quantités non négligeables d'eau ayant percolée à travers le plateau.
7. La morphologie du paléo-relief anté-volcanique n'est pas connue et les bassins d'alimentation des captages ne sont pas définis, y compris pour les principaux captages d'alimentation en eau potable de l'agglomération du Puy-en-Velay.
8. La relative régularité des débits de nombreux captages révèle que les réseaux souterrains drainent des territoires très vastes et comporte des structures géologiques pouvant amortir les variations climatiques.
9. Les eaux souterraines sont particulièrement vulnérables à la pollution dans les secteurs où l'épaisseur des coulées s'amenuise et où l'épaisseur du sol est réduite. Des variations brutales de la température et/ou de la conductivité et/ou l'apparition de problèmes de turbidité indiquent des apports d'eau superficielle. La présence de nitrates révèle l'impact des activités humaines dans le bassin d'alimentation de certaines sources.

La gestion et la protection des ressources en eau souterraine du massif du Devès, stratégiques pour une grande partie de la population autiligérienne, **doit passer par l'amélioration de la connaissance de la structure hydrogéologique et du fonctionnement des aquifères**. Le manque de connaissances sur les limites des bassins d'alimentation des captages, en particulier, ne permet pas de définir des actions appropriées à chaque site afin de protéger qualitativement et quantitativement la ressource en eau.

4. Références bibliographiques

- Belkessa R., d'Arcy D.** (1985). Hydrogéologie du Devès - Inventaire des ressources hydrauliques. Rapport BRGM 85SGN243AUV, 34 p.
- Belkessa R., Gagniere G.** (1974). Etude hydrogéologique de la Lidenne (Haute-Loire). Rapport BRGM 74SGN310MCE, 25 p., 10 ann.
- Boivin P.** (1982). Interaction entre magmas basaltiques et manteau supérieur. Thèse Doctorat d'Etat, Clermont-Ferrand, 344 p.
- Boivin P.** (2000). Etude préliminaire à l'établissement du périmètre de protection de l'ouvrage de Pré Ravoux. Rapport n° 1. Contexte géologique de la zone de captage du vallon de Vourzac. Communauté de communes de la région du Puy-en-Velay. Syndicat d'Assainissement et de l'Eau, 13 p.
- Boivin P.** (2002). Etude préliminaire à l'établissement du périmètre de protection de l'ouvrage de Pré Ravoux. Rapport n° 2. Etude géologique des forages piézométriques de la zone de captage du vallon de Vourzac. Communauté de communes de la région du Puy-en-Velay. Syndicat d'Assainissement et de l'Eau, 13 p.
- Boivin P.** (2009). Définition des périmètres de protection du forage des Costettes 2007, abandon du puits de Fontcroze 1962. Commune du Bouchet-St-Nicolas. Avis hydrogéologique, 17 p.
- Boivin P., Livet M.** (2001). Les anneaux de tufs enfouis : une nouvelle cible pour la recherche de ressources en eau en terrain volcanique. L'exemple des captages de Vourzac (Devès, Massif Central français). C. R. Acad.Sci. Paris, Sciences de la Terre et des planètes, pp 761-767.
- Bourgeois M.** (1980). Alimentation complémentaire en eau potable du Syndicat des eaux d'Espaly à Cadrac à partir de la source de Fonlafe-Sanssac-l'Eglise (Haute-Loire) Rapport BRGM 80SGN603AUV, 19 p.
- D'Arcy D.** (1984). Etablissement des périmètres réglementaires protégeant le captage d'A.E.P. de la commune de Barges (Haute-Loire), lieu-dit La Narce. Rapport BRGM 84AUV001, 4 p.
- D'Arcy D.** (1984). Etablissement des périmètres réglementaires protégeant les niveaux de sources captées pour le Syndicat d'alimentation en eau potable du Besson-Roulon, aux lieux-dits portant ces noms. Commune de Solignac-sur-Loire (Haute-Loire). Rapport BRGM 84AUV010, 7 p.
- Derosier P.** (2003). Avis hydrogéologique, périmètres de protection du captage de la Doue. Siauges-Sainte-Marie (Haute-Loire), 23 p.
- Folliot M.** (2005). Avis hydrogéologique préalable à la mise en place des périmètres de protection. Forage du Poux. Commune de St-Jean-de-Nay (43), 22 p.
- Frémion M.** (1995). Sources du Besson-Roulon. Avis sanitaire sur leur protection. SIAEP du Besson-Roulon, 40 p.
- Jeambrun M.** (1987). Protection de la ressource d'alimentation en eau potable de la commune de Landos (Haute-Loire). Rapport préliminaire. Rapport BRGM 87SGN384AUV, 17 p.

Lachassagne P., Maréchal J. C. (2004). Synthèse des concepts et méthodes de l'hydrogéologie des milieux volcaniques appliqués à la prospection géothermique. Rapport BRGM/RP-53135-FR, 76 p.

Lecocq A. (1987). Hydrogéologie en milieu volcanique - Etude de la partie nord du plateau basaltique du Devès (Massif central). Thèse université Blaise Pascal de Clermont-Ferrand, 211 p.

Livet M. (1995). Captages de Ponsonnet et Syndicat, ville du Puy - Avis sur les protections, 17 p.

Livet M. (1995). Captage des Vieilles Sources et captage du Lavoir, ville du Puy - Avis sur les protections, 25 p.

Livet M. (1995). Captage de Redouva, ville du Puy - Avis sur les protections, 35 p.

Livet M. (1996). Captage de Bouchet, commune de St-Berain - Avis sur les protections, 18 p.

Mercier F. (1987). Etablissement des périmètres réglementaires protégeant le captage de Fontlade destiné à renforcer l'alimentation en eau potable du Syndicat des eaux d'Espaly à Chadrac (Haute-Loire). Rapport BRGM87AUV013, 9 p.

SEFRICE (2001). Etude préliminaire à l'établissement du périmètre de protection de l'ouvrage de Pré Ravoux. Contexte hydrogéologique. Communauté de communes de la région du Puy-en-Velay. Syndicat d'Assainissement et de l'Eau, 32 p.

Stanudin B., Didoski M. (1973). Etude géophysique des vallées de la Lidenne, de la Senouire et de l'Allier (Haute-Loire). Rapport BRGM 73MET/GPH07, 12 p.

Banque de données du Sous-Sol (BSS) du BRGM : <http://infoterre.brgm.fr/>



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Centre scientifique et technique

3, avenue Claude Guillemin
BP 36009
45060 Orléans cedex 2 - France
Tél. : 02 38 64 34 34

Direction Régionale Auvergne

Campus des Cézeaux
12, avenue des Landais
63170 Aubière - France
Tél. : 04 73 15 23 00