

2.4. HYDROLOGIE

2.4.1. Présentation du réseau hydrographique

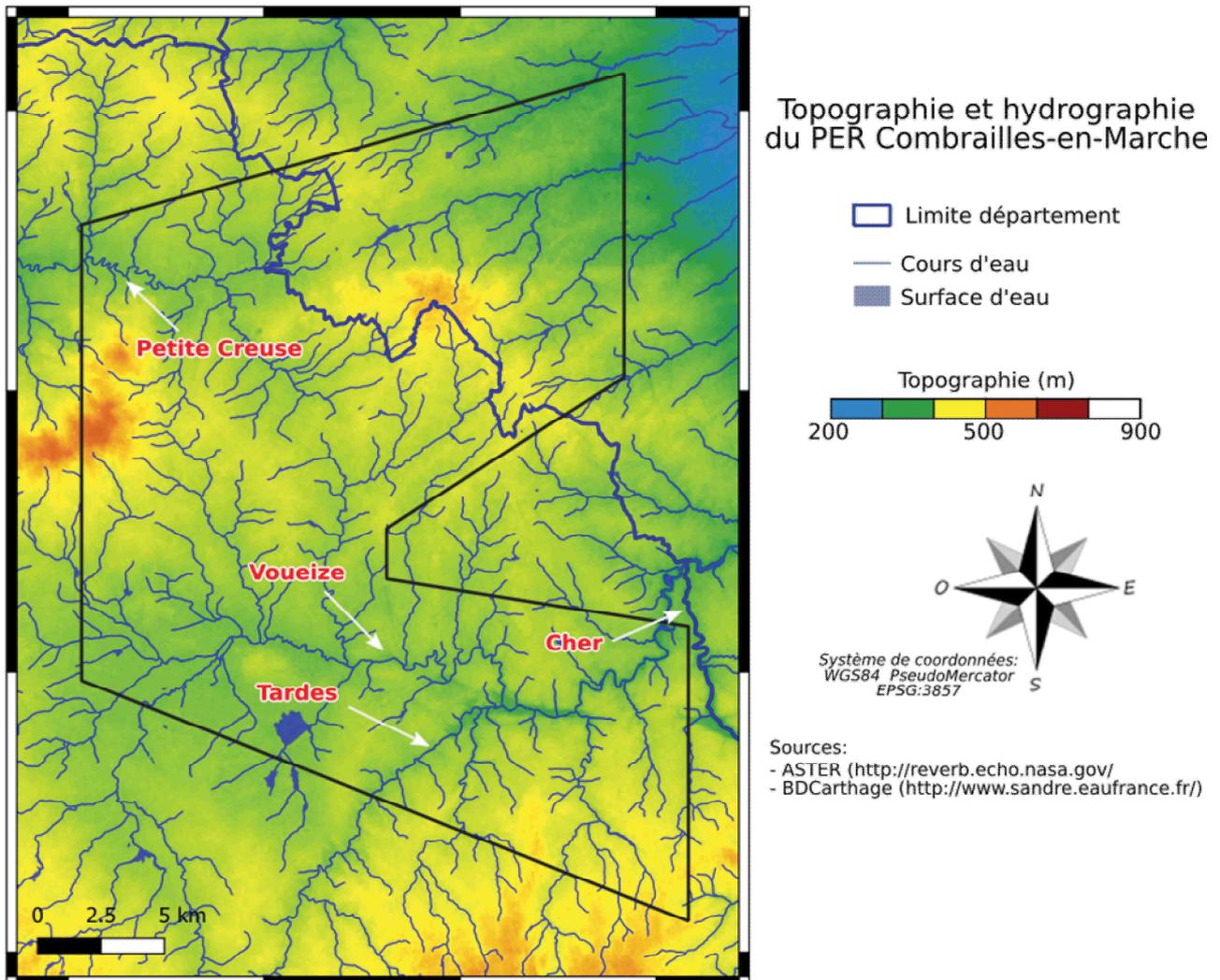


Figure 32 : Réseau hydrographique au droit du territoire du permis

La plus grande partie du territoire du permis fait partie du bassin versant du Cher, affluent gauche de la Loire. L'extrémité nord-ouest du permis, en Creuse, fait partie du bassin versant de la Creuse. L'ensemble de ces rivières font plus largement partie du grand bassin versant de la Loire (Agence de l'Eau Loire-Bretagne).

La superficie du bassin versant du Cher (SAGE Cher amont) est de 6750 km². Le Cher, artère principale, s'étend sur près de 225 km. Ses principaux affluents, sont représentés en rive gauche par la Voueize et la Tardes et en rive droite par la Marmande et l'Aumance.

Le Cher prend sa source à Mérinchal dans le département de la Creuse (en dehors du permis) et parcourt le territoire du permis du Sud vers le Nord et marque la frontière entre la Creuse et l'Auvergne entre Château-sur-Cher et le lac de barrage de Rochebut à Beaubignat.

La superficie du bassin versant de la Creuse (pas de SAGE en cours) est de 9570 km². La Creuse se jette dans la Vienne à Port-de-Piles (département de la Vienne). La Creuse prend sa source sur le plateau de Millevaches à 816m d'altitude, dans le département auquel elle a donné son nom, à Chirat dans la commune de Mas-d'Artige.

Dans le permis, autour de la vallée du Cher, le réseau hydrographique est constitué par des cours d'eau d'importance secondaire, affluents des précédents. Ainsi, en rive gauche du Cher, le territoire du permis est traversé par la Tardes et la Voueize. L'Etang des Landes s'écoule dans la Voueize par un ruisseau affluent.

Au nord-ouest, le permis est traversé par la Petite Creuse pour le bassin versant de la Creuse, qui coule et passe notamment à Boussac.

Il existe sur le territoire du permis de nombreuses dispositions de protection et de préservation des milieux aquatiques. Ainsi, les mesures du SDAGE Loire-Bretagne (Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux) permettent d'agir sur l'ensemble du réseau hydrographique couvert par le territoire sollicité. Ces dispositions sont présentées en détail dans le chapitre concernant la ressource en eau.

2.4.2. Débit des cours d'eau

Les débits des cours d'eau varient en fonction du climat et des précipitations, mais également en fonction de la position géographique de leur bassin versant. Ainsi, le cours d'eau principal est le Cher. Ce cours d'eau et ses affluents sont en amont, situés dans une zone où les précipitations peuvent être importantes (pluie et neige).

Les débits moyens annuels s'établissent ainsi autour de 5,67 m³/s pour le Cher à Chambonchard (Allier).

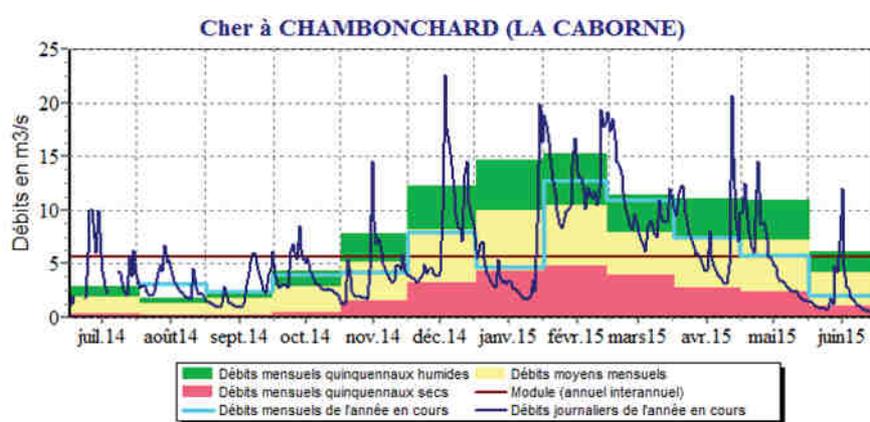


Figure 33 : Graphique des débits moyens journaliers et mensuels du Cher à Chambonchard et (www.eauenauvergne.fr)

La période des basses eaux intervient en été, de juillet à fin septembre. En été et début d'automne, la diminution des débits s'explique par de plus faibles précipitations. Les hautes eaux interviennent au début de l'hiver jusqu'à la fin du printemps, car les précipitations hivernales en amont (Massif Central) tombent également sous forme de neige et restent stockées tant que les températures sont basses.

2.5. CONTEXTE GEOLOGIQUE

2.5.1. Géologie du Massif Central

2.5.1.1. Synopsis

Histoire et lithologies

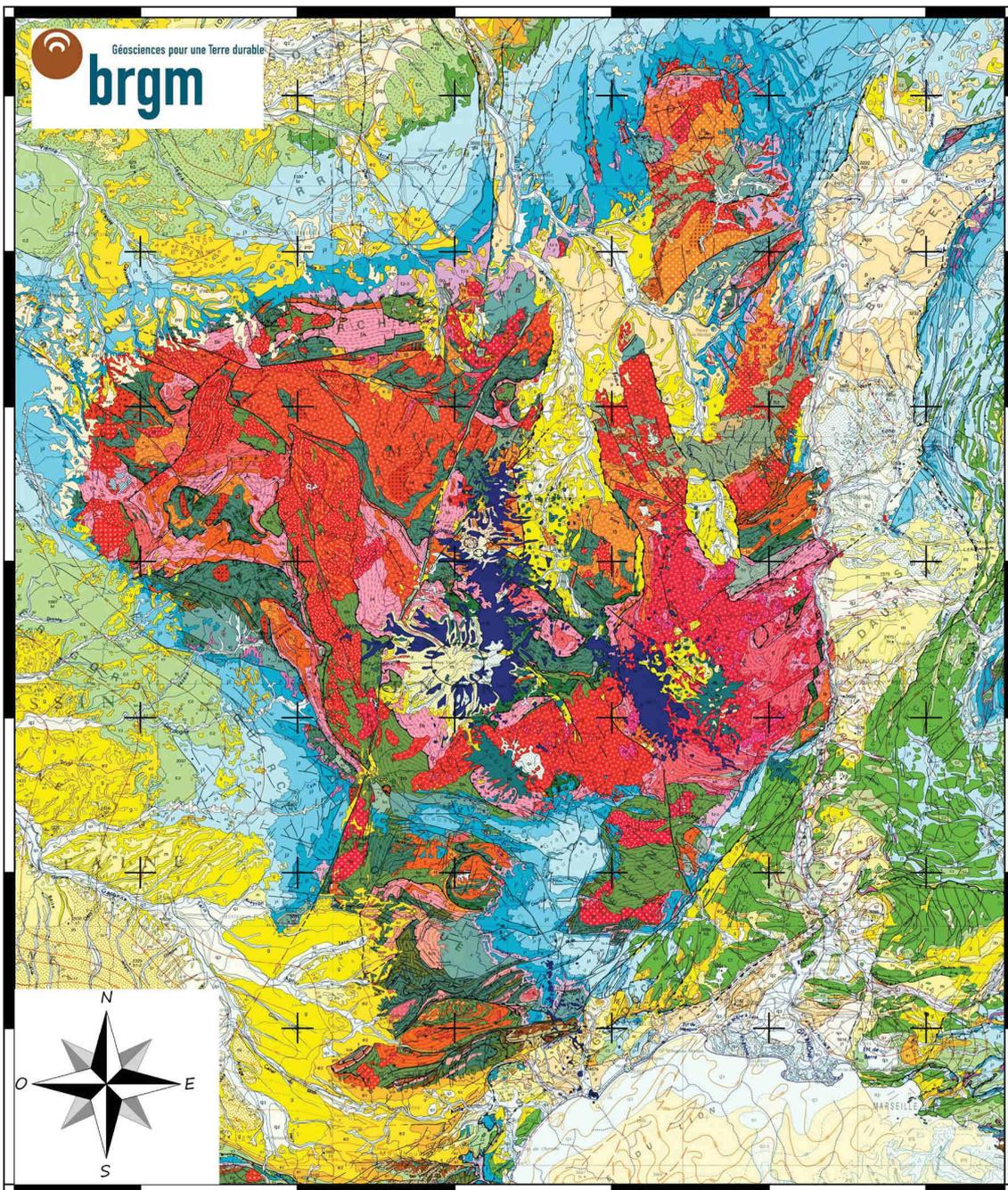
On réduira ici le Massif Central à quatre ensembles témoignant de 4 ensembles d'évènements distincts (Figure 34 et Figure 35) :

- le **socle** est composé de roches magmatiques et métamorphiques **paléozoïques** (anté-permiennes).
- celui-ci est entouré par sa **couverture sédimentaire permienne et mésozoïque**, qui le recouvre en partie dans la moitié sud du massif.
- le socle est déchiré dans sa moitié Est par des **grabens cénozoïques** (éocènes-miocènes), témoignant d'un étirement du Massif Central synchrone de l'épaississement alpin.
- des **édifices volcaniques cénozoïques** occupent le cœur du Massif Central.

Contacts tectoniques

Le Massif Central est coupé en deux par le Sillon Houiller (Figure 36), un décrochement paléozoïque d'échelle lithosphérique réactivé à plusieurs reprises. D'autres décrochements - d'échelle au moins crustale - comme les réseaux d'Aigueperse-Ste Sauve et de la Marche peuvent être souligné.

De nombreux chevauchements affectent le Massif Central, témoignant notamment de l'empilement de nappe d'une phase d'épaississement crustal paléozoïque (cycle Varisque). Des failles normales (Argentat, Brame...) soulignent l'effondrement de la chaîne montagneuse Varisque à la fin du Carbonifère. Des failles normales cénozoïques NO-SE au Sud et subméridiennes au Nord bordent les grabens éocènes-miocènes (Figure 34 et Figure 36).



Système de Coordonnée: 0 50 100 km
 WGS84, PseudoMercator
 EPSG:3857

Figure 34 : Carte géologique du Massif Central au 1/1000000ème (infoterre.brgm.fr)

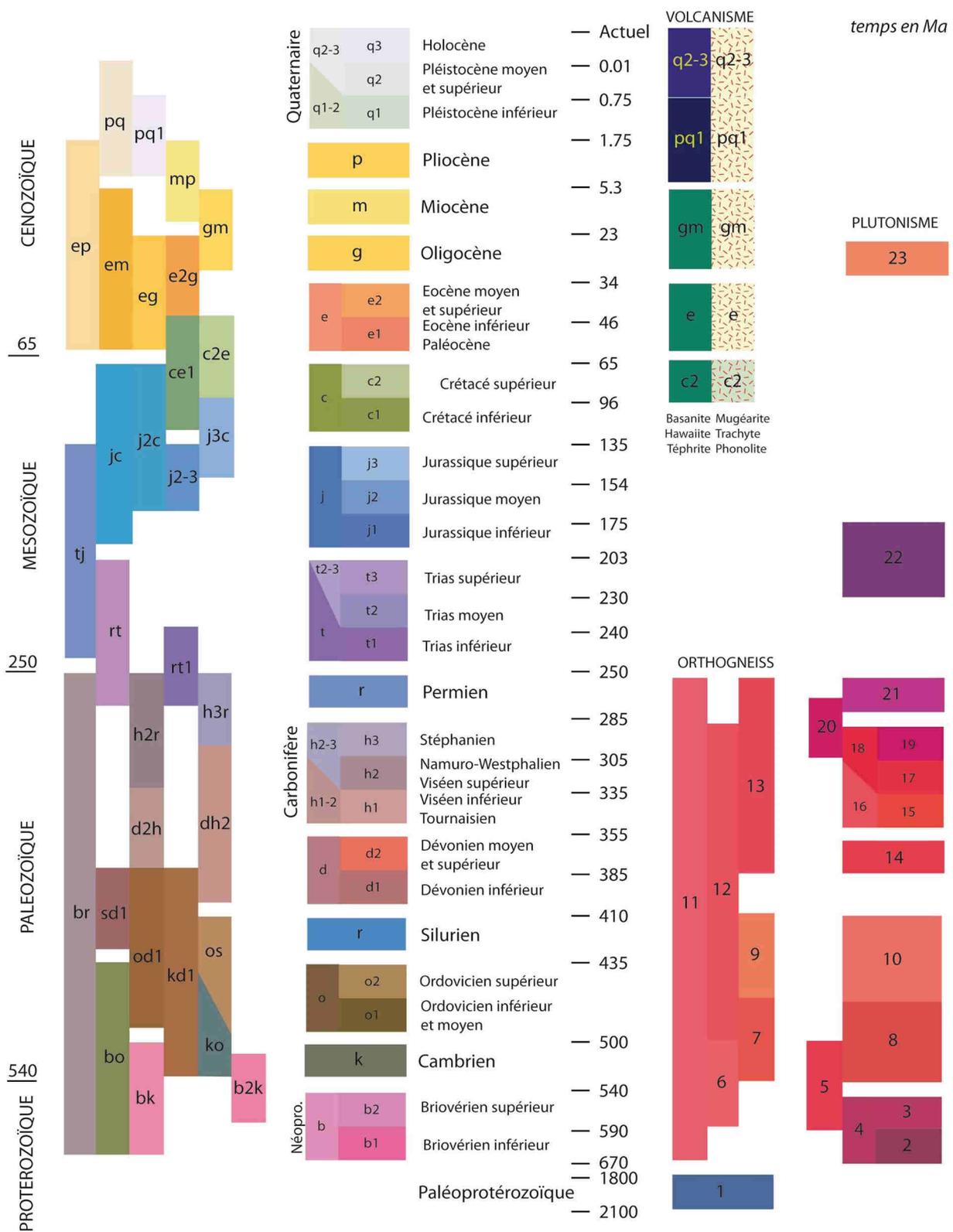


Figure 35 : Légende de la carte géologique au 1/1000000ème

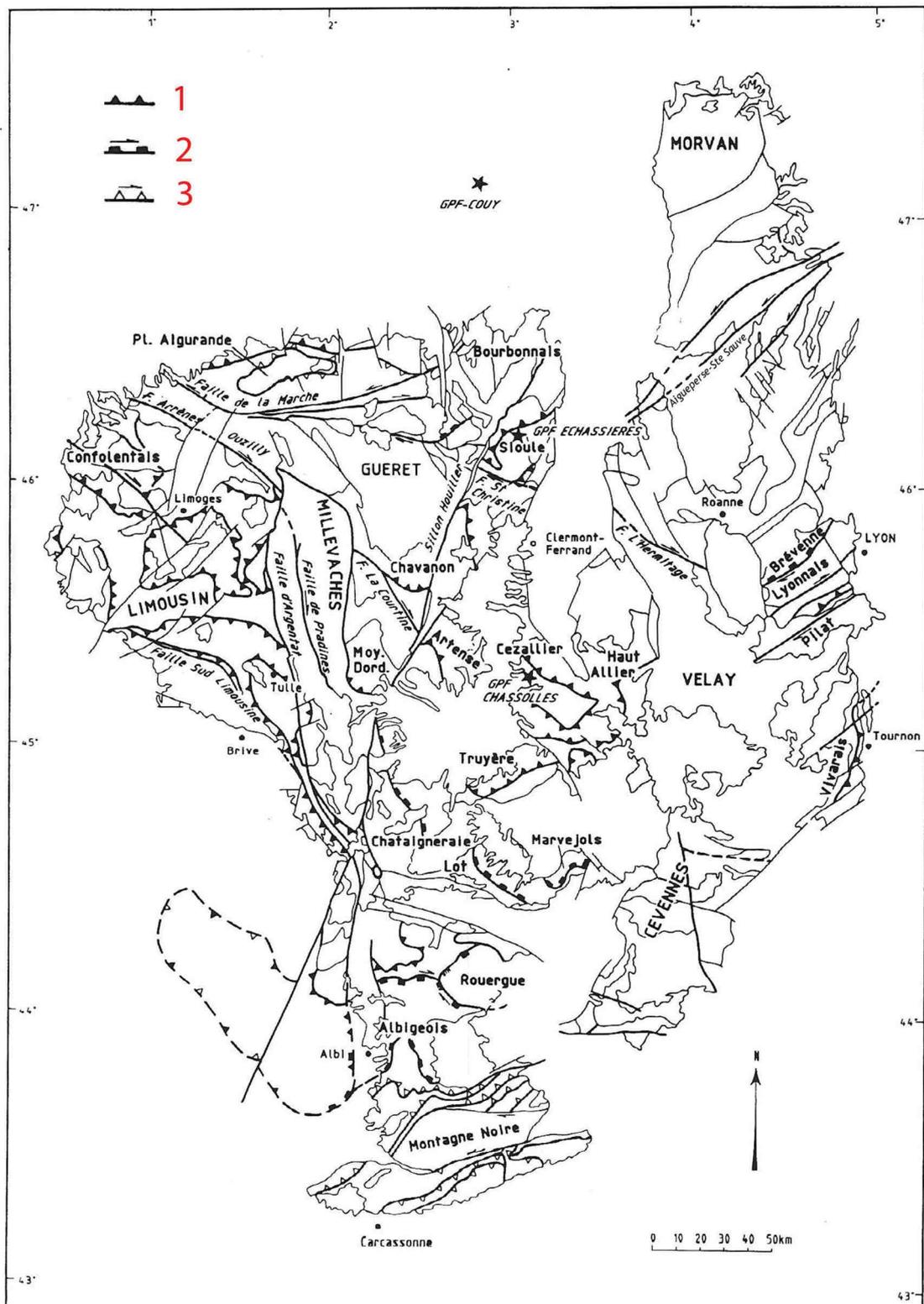


Figure 36 : Provinces géologiques et contacts tectoniques du Massif Central d'après Ledru et al. 1989. (1) chevauchement (370-390Ma); (2) chevauchements et décrochements (350-320Ma); (3) chevauchements et décrochements (320+/-10).

2.5.1.2. Unités structurales du Massif Central et évolution géodynamique antépermienne

D'après Faure et al., 2009.

A l'affleurement, le Massif Central est principalement occupé par les granitoïdes Carbonifères (Figure 37) et par un empilement de nappes avec de bas en haut: le bassin d'avant pays, une chaîne paléozoïque en plis et chevauchement, une unité para-autochtone, une unité dite des « gneiss inférieurs » et une unité dite des « gneiss supérieurs » (Figure 38).

- **Le bassin d'avant pays** : il s'agit d'un bassin Viséo-Namurien à olistolithes situé au Sud du Massif Central (Figure 37, Figure 38).
- **La chaîne paléozoïque en plis et chevauchement** : il s'agit de séries paléozoïques peu ou pas métamorphiques mais chevauchantes vers le Sud (Figure 37, Figure 38).
- **L'unité para-autochtone** : il s'agit principalement de métapélites et quartzites (+/- amphibolite, calcaire) métamorphisées dans le faciès schistes vert à amphibolites. Si l'âge de dépôt de ces formations n'est pas connu, des orthogneiss (plutons métamorphisés) et des couches volcanoclastiques ont été datées de l'ordovicien.
- **L'unité inférieure des gneiss** : il s'agit de métagrauwaque, métapélites et métarhyolites intrudés par des granitoïdes Cambrien à Ordovicien métamorphisés en orthogneiss lors des événements ultérieurs. Durant le Dévonien moyen, cette unité subit un événement de fusion partielle associé à un cisaillement ductile daté entre 375 et 370Ma. Un événement ultérieur de moyenne pression et température caractérisé par un assemblage à biotite-grenat-staurotide affecte cette unité.
- **L'unité supérieure des gneiss** : les protolithes de cette unité sont similaires à l'unité précédente mais comportent à leur base un complexe magmatique bi-modale (laves acides, tuffs et roches mafiques (basaltes, gabbros et de rares roches ultramafiques) dit complexe leypino-amphibolique. Cette unité a été métamorphisée dans des conditions de haute-pressions et haute températures (faciès des éclogites, et granulites de hautes pressions). Des migmatites issues de roches pélitiques et quartzo-feldspathique et datées autour de 385-380Ma composent le sommet de cette unité.

Le Massif Central comporte d'autres unités plus locales (Figure 37):

- **L'unité de Thiviers-Payzac** : ces séries de métagrauwaque, rhyolites et quartzites du faciès amphibolitique sont situées au-dessus de l'unité supérieure des gneiss.
- **L'unité de Génis** : ces séries qui chevauchent l'unité précédente sont composées de gabbro, métavolcanites dont des pillow-lavas, radilarites et carbonates Dévoniens moyens.
- **L'unité de la Brévenne** : ces séries sont composées de serpentines, gabbro, métavolcanites dont des pillow-lavas, de sédiments siliceux et de VMS Dévoniens (massifs sulfurés volcanogéniques) métamorphisés dans le faciès des schistes verts. La géochimie indiquerait une origine de bassin arrière-arc pour ces unités.
- **L'unité de la Somme** : cette unité non déformée et non métamorphisée est composée de roches volcaniques et volcano-clastiques associées à des VMS Dévoniens moyens à supérieurs. La géochimie calco-alcaline indique un contexte originel d'arc magmatique.
- **L'unité des tuffs anthracifères** : cette unité terrigène (sables, pélites, conglomérats et charbons) est associée à un volcanisme felsique (dacites et rhyolites) viséen (330Ma).

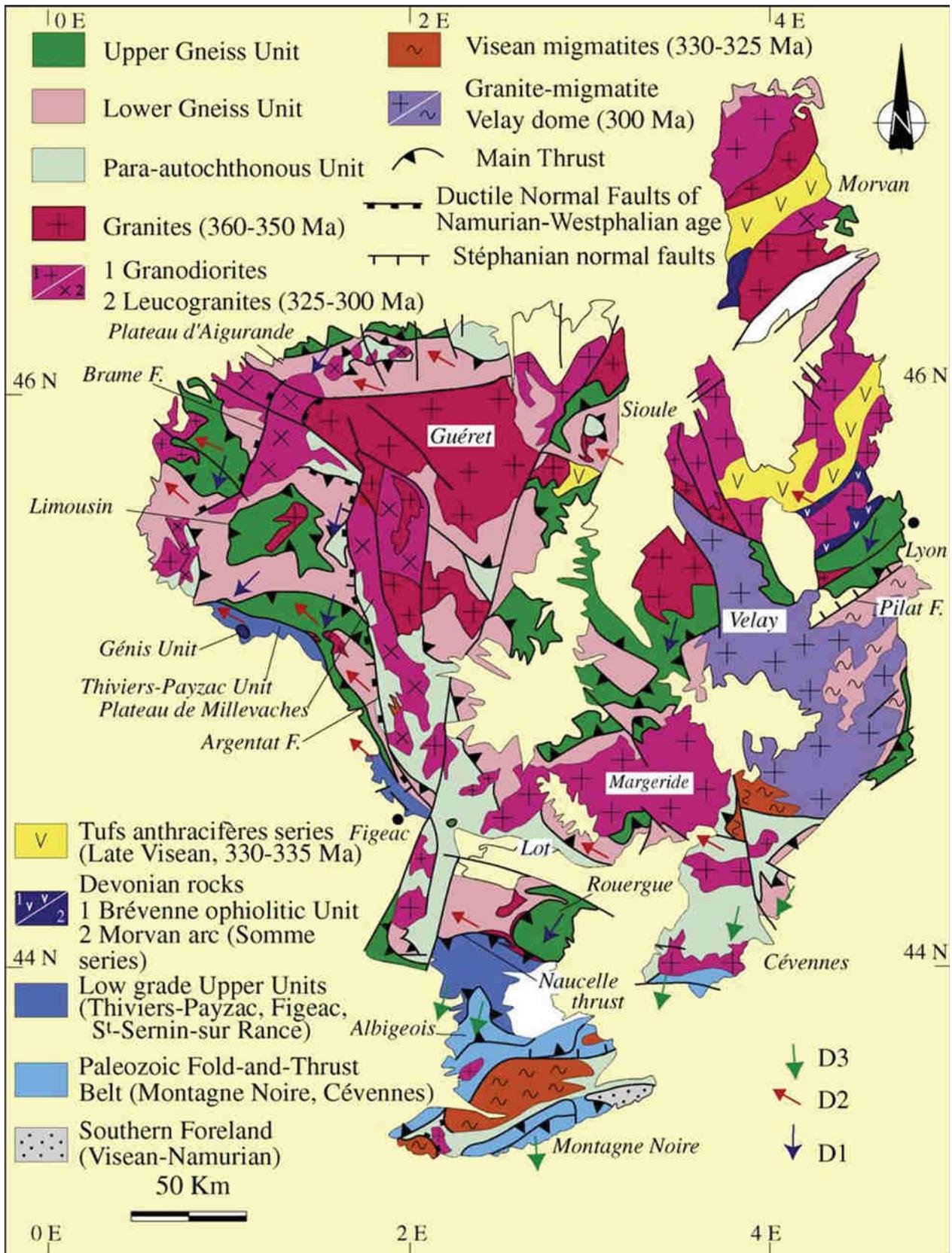


Figure 37 : Schéma structural du Massif Central d'après Faure et al. (2009)

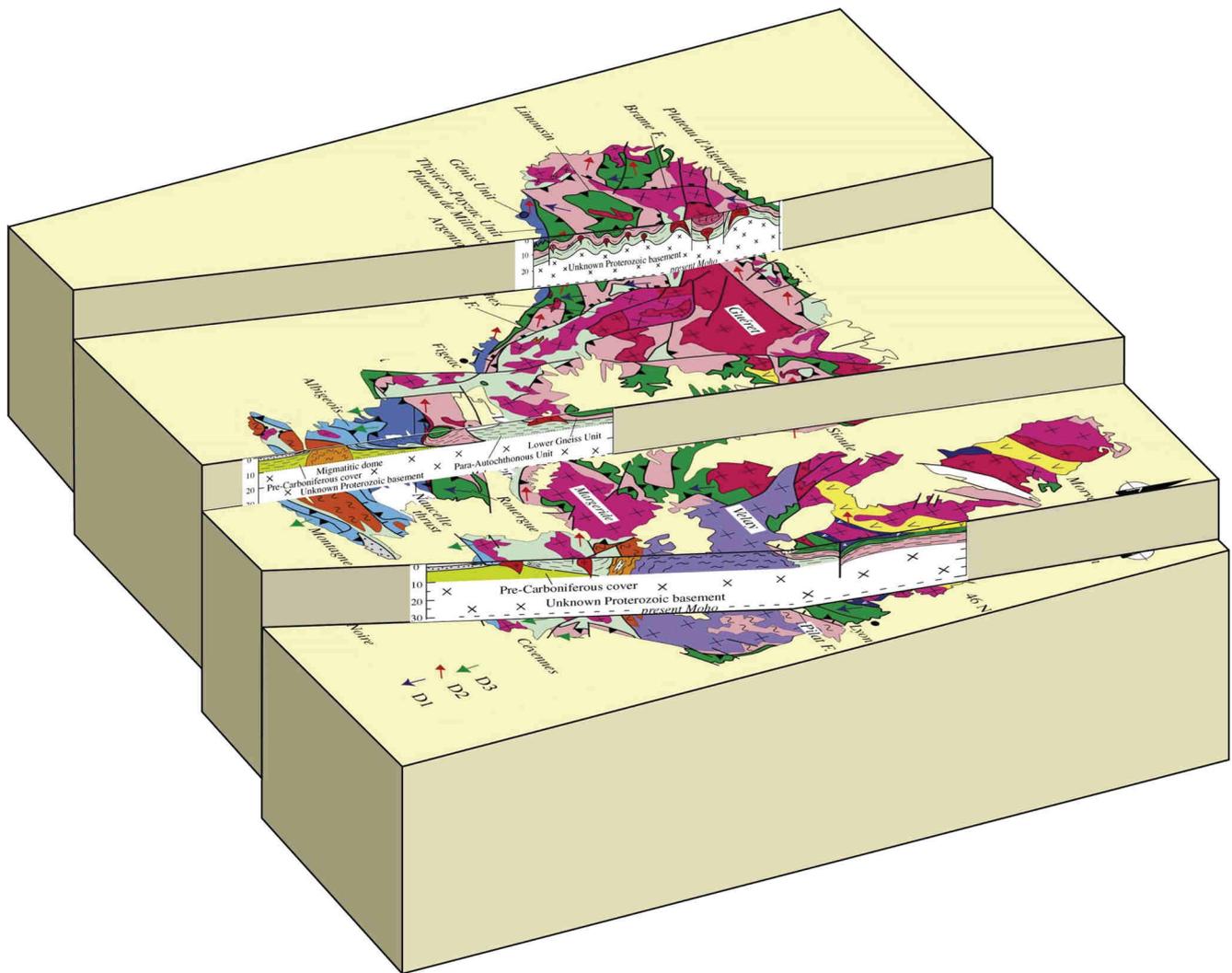


Figure 38 : Bloc 3D du Massif Central, modifié par TLS Geothermics d'après Faure et al. (2009)

Ces différentes unités permettent de retracer le phasage des évènements tectono-métamorphiques qui ont affecté le Massif Central au Paléozoïque (Figure 39).

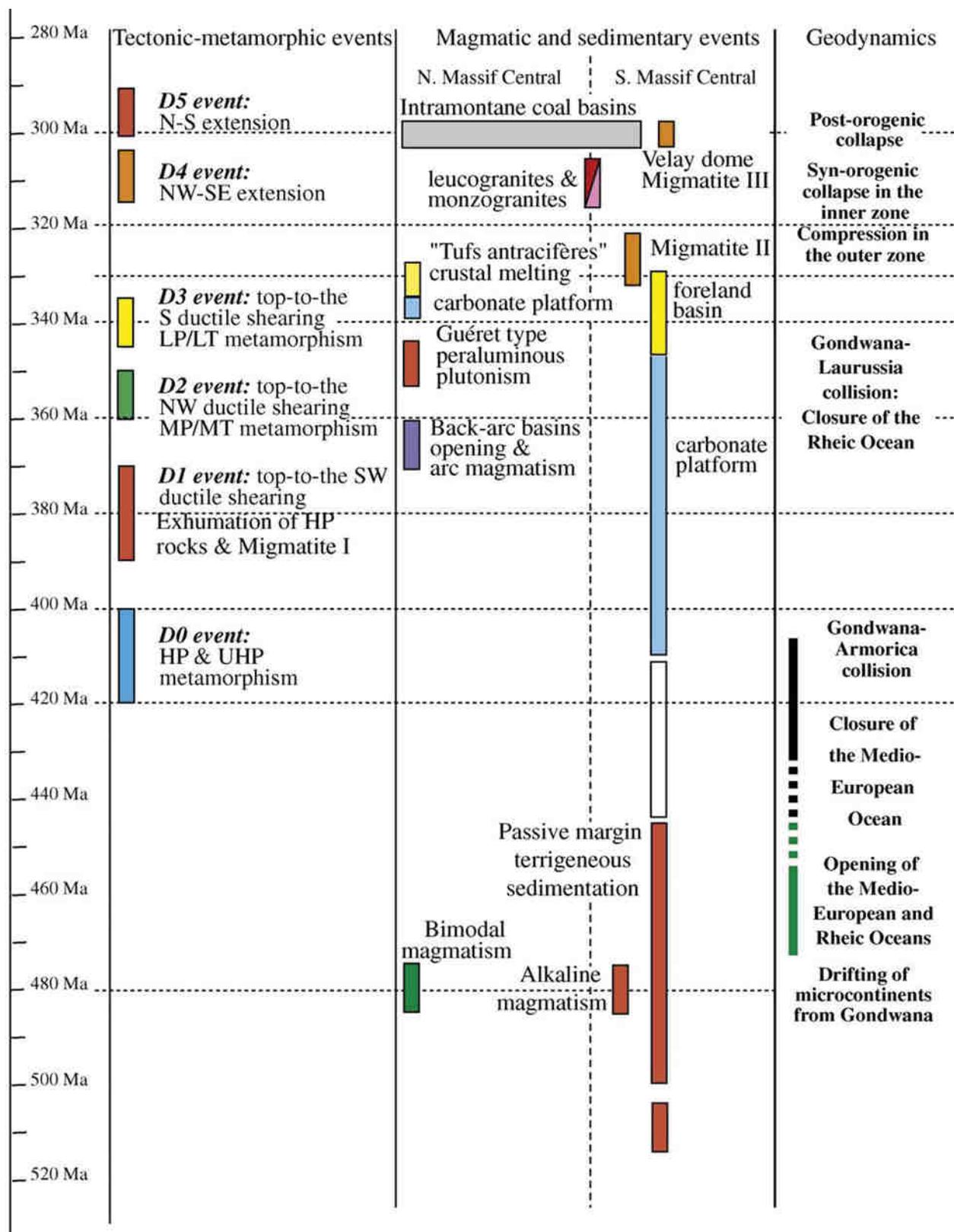


Figure 39 : Table synoptique des événements tectono-métamorphiques, magmatique et sédimentaire du Massif Central d'après Faure et al. (2009).

- Un évènement de HP (1,5/2GPa – 650-750°C) daté à 415Ma été reconnu dans certaines roches mafiques et orthogneiss de « l'unité supérieure des gneiss ».
- La fusion partielle qui affecte les deux unités gneissiques a été daté autour de 385-375Ma avec des conditions métamorphiques de 0,7GPa – 700°C. La foliation relativement plate et la linéation NE-SO de cet

évènement migmatitique ainsi que les indicateurs cinématiques révèlent des conditions de cisaillement vers le SO.

- Entre le Dévonien supérieur et le Carbonifère inférieur, un évènement caractérisé par une foliation plate ou très verticale ainsi qu'une linéation NO-SE traduisant un cisaillement vers le NO caractérise les unités depuis l'UIG jusqu'aux unités de la Brévenne ou de Thiviers-Payzac. Les conditions métamorphiques enregistrées sont de 0,8/1 Gpa – 550-800°C dans l'UIG, 0,7/1GPa – 600-700°C dans l'USG et de 0,4/0,6GPa – 400-500°C dans l'unité de Thiviers-Payzac. Ce cisaillement vers le NO est caractérisé par un chevauchement plat ductile dans le Rouergue où l'unité para-autochtone chevauchent l'UIG, ou encore à la base de l'unité de la Brévenne. Ces structures ont été daté entre 360 et 350Ma et sont scellées par les dépôts viséens du Goujet (>345Ma). Ces évènements sont synchrones d'un cisaillement transpressif dans le faciès des amphibolites associé à des plutons syn-cinématiques datés entre 350 et 345Ma.
- Dans le sud du Massif Central, l'unité para-autochtone est déformée entre 340 et 335Ma et la chaîne de plis et chevauchements à vergence sud est active autour de 325Ma comme en attestent les séries sédimentaires syn-orogéniques. Des migmatites datées entre 333 et 325Ma sont visibles dans la Montagne Noire, entre les Cévennes et le Velay ou au sud de Millevaches,
- Au carbonifère supérieur (325-315Ma) une extension caractérisée par de grandes failles normales (Argentat, Nantiat...) et l'emplacement de plutons granitiques caractérisent une grande partie du Massif Central. Les plutons et leurs auréoles de métamorphisme portent des linéations NO-SE. La direction de l'extension évolue vers une direction NNE-SSO (305-275Ma), où certaines failles normales ductiles se caractérisent par un rejeu décrochant fragile (figure suivante). C'est à cette époque que se met en place le dôme migmatitique du Velay daté à 300Ma ainsi que le bassin carbonifère de St-Etienne le long de la faille normale ductile du Pilat.

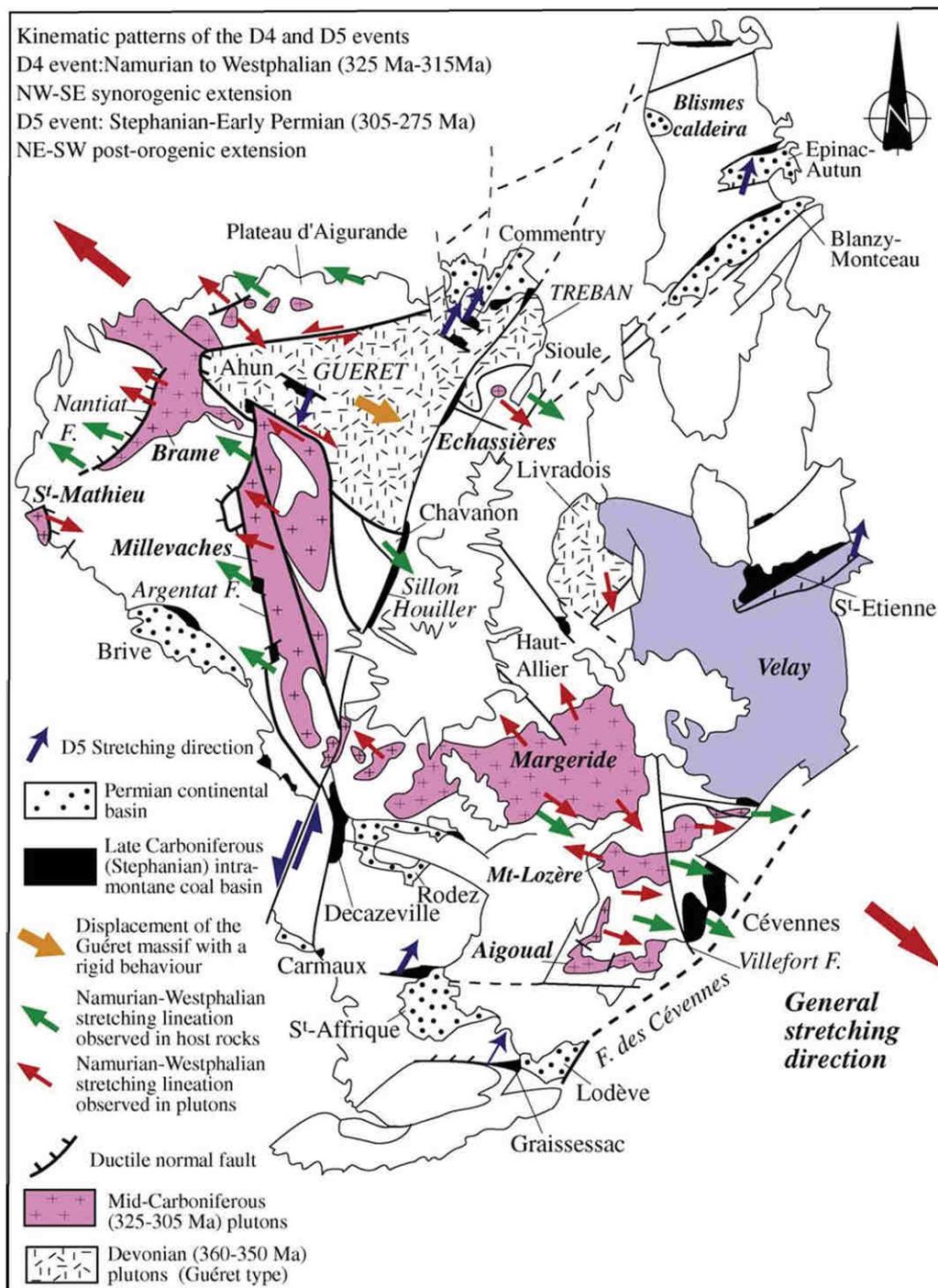


Figure 40 : Carte structurale et cinématique de l'épisode extensif carbonifère supérieur d'après Faure et al. (2009)

2.5.1.3. Évènements Mésozoïques

Les dépôts de cette période étant aujourd'hui majoritairement inexistant (érodés ou jamais déposés ?), il est difficile de reconstruire l'histoire Mésozoïque avec précision (Figure 34, Figure 35). Ce que l'on peut avancer, c'est que suite à la pénéplanation permo-triassique de la Chaîne Varisque, la mer recouvre au moins en partie le Massif Central au Jurassique inférieur. Quelques failles normales associées au rifting Liasique se mettent en place, dans les Cévennes notamment. Le Massif Central est à nouveau exhumé au Crétacé, comme en témoigne les importants volumes de sable qui vont se déposer dans les bassins périphériques du Massif.

2.5.1.4. Évènements Cénozoïques

Alors que la collision et l'épaississement de la chaîne alpine ont lieu à l'Est durant l'Oligocène [Bellanger et al., 2015], le Massif Central subit une extension (jusqu'à 25% en Limagne) et une subsidence dans sa moitié Est caractérisée par la mise en place de grabens (Figure 40) [Michon, 2000].

Le Massif Central est également affecté par un volcanisme sporadique depuis le Crétacé (Figure 41). Le paroxysme de ce volcanisme a lieu entre 15Ma et l'actuel, soit 10Ma après le maximum d'extension de la croûte. Ce magmatisme mio-quadernaire, et celui du Cantal en particulier, est associée à une plume asthénosphérique bien visible en tomographie sismique (Figure 42) [Granet et al. 1995].

Enfin, durant les derniers stades glaciaires, quelques glaciers occupaient des hauts sommets comme le Cantal, le Mont Dore, l'Aubrac, le Forez.

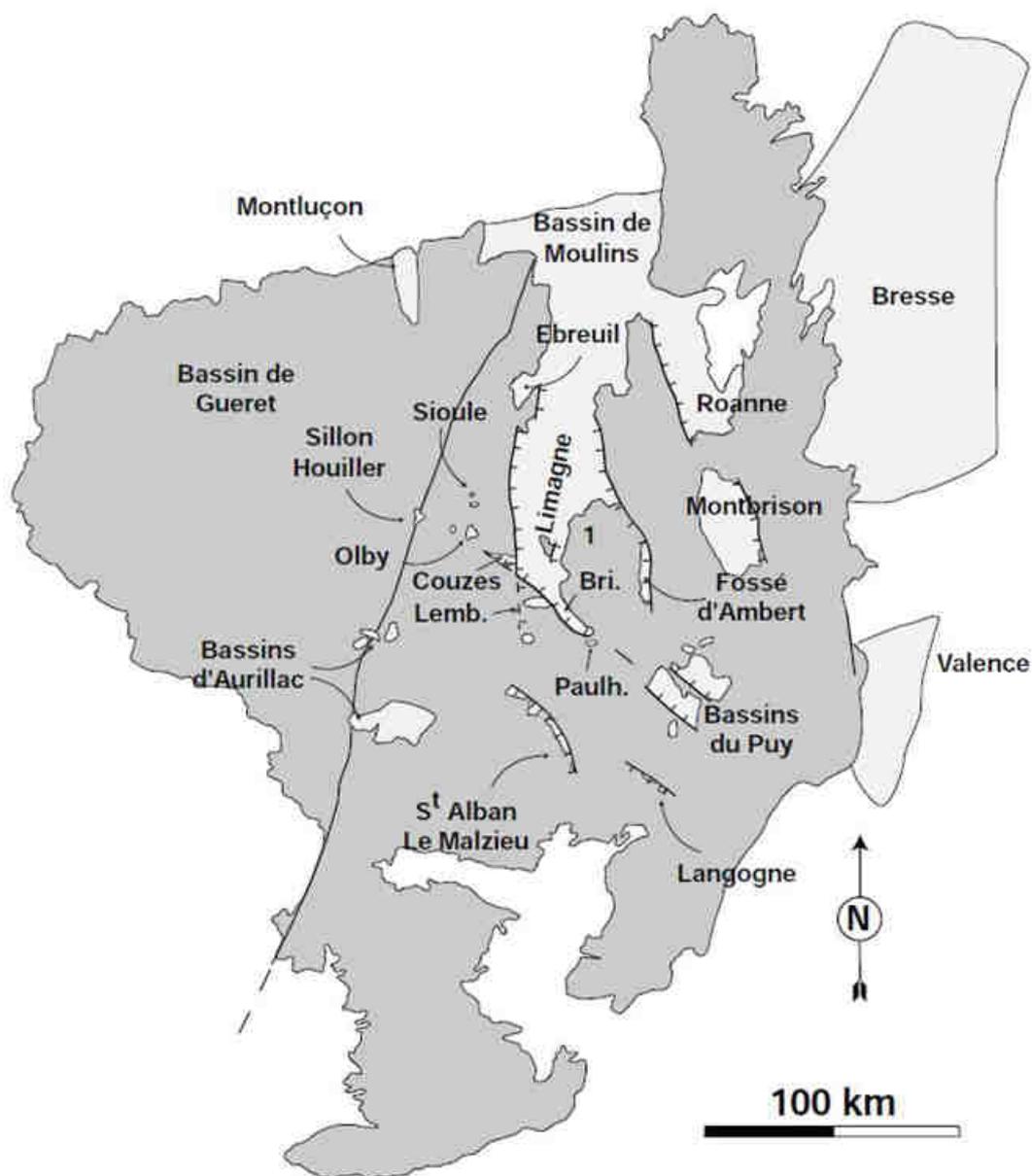


Figure 41 : Localisation des grabens formés lors de l'extension éocène supérieur à miocène inférieur d'après Michon (2000). (1) fossé de Saint Dier d'Auvergne; (Bri) Brioude; (Lemb) Lembron; (Paulh) Paulhaguet

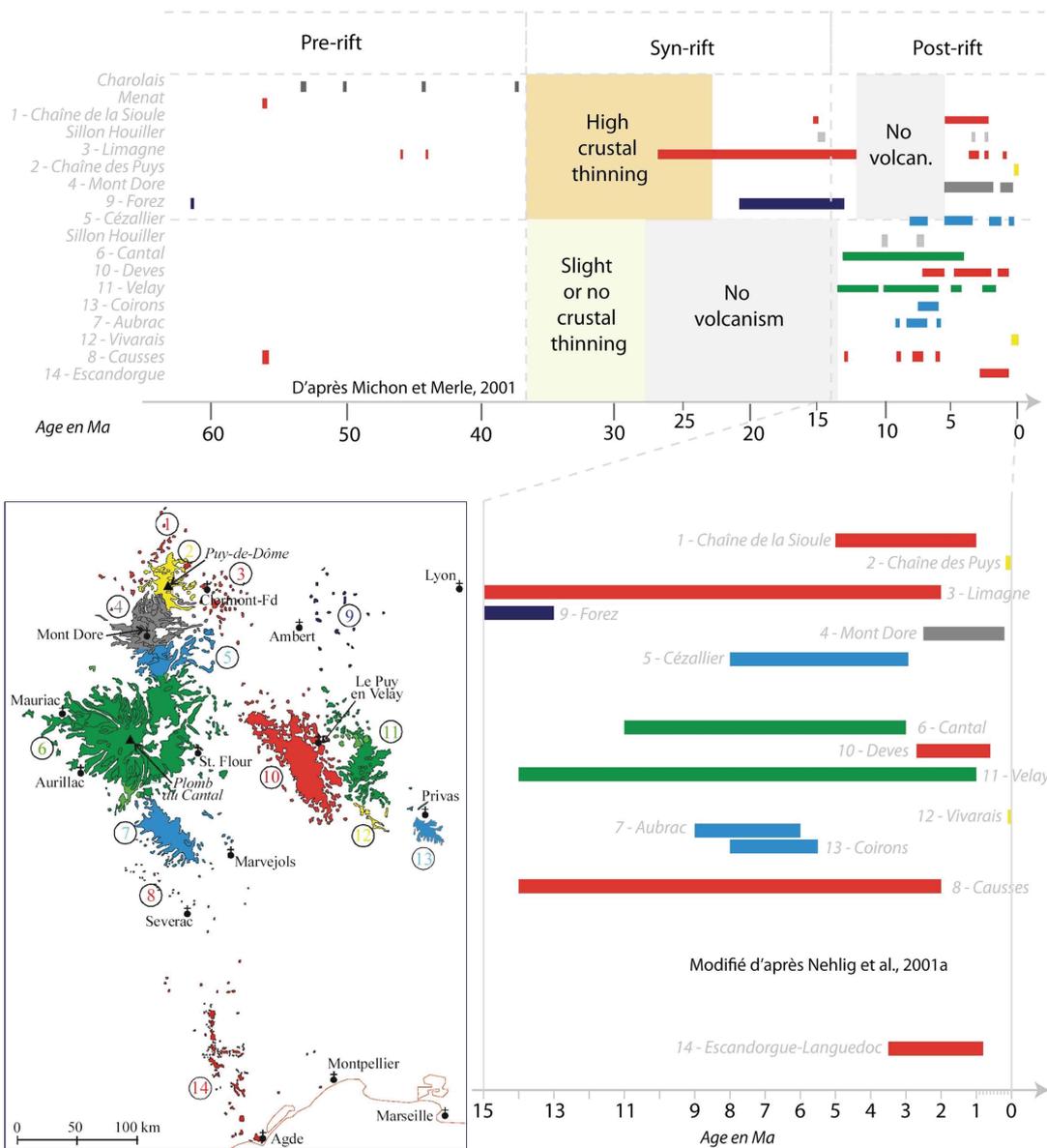


Figure 42 : Le volcanisme du Massif Central, modifié d'après Michon et Merle (2001) et Nehlig et al. (2001)

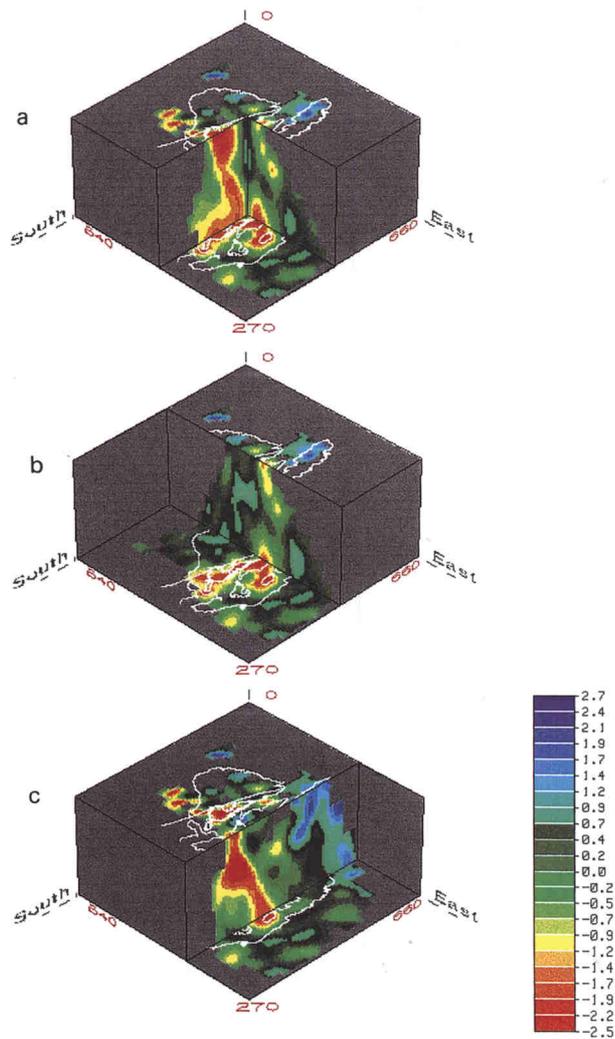


Figure 43 : Tomographie sismique du Massif Central d'après Granet et al. (1995)

2.5.2. Géologie sur l'étendue du permis

2.5.2.1. Localisation du permis

Au nord du Massif Central, le permis Combrailles-en-Marche est situé au Sud-Ouest du graben de Montluçon, sur du socle paléozoïque partiellement recouvert par des sédiments Cénozoïques (Figure 44).

Le permis est recouvert par 2 cartes géologiques au 1/50000^{ème} éditées par le BRGM : La carte de Boussac (n°618) au Nord et celle d'Evau-les-bains (n°643) au Sud. Ces cartes ont été les supports de réalisation de la carte géologique réalisée par TLS Geothermics (Figure 45).



Figure 44 : Localisation du permis « Combrailles-en-Marche » sur fond de carte géologique au 1/1000000^{ème} éditée par le BRGM

2.5.2.2. Formations géologiques présentes sur le permis

Trois ensembles appartenant aux ères paléozoïques et cénozoïques (absence des formations de l'ère mésozoïque) peuvent être distingués sur l'étendue du permis (Figure 45):

- Ère Paléozoïque :
 - Formations métamorphiques à magmatiques de Lépaud (micaschistes, gneiss, migmatites et granites) ;
 - Formations magmatiques, volcano-sédimentaires et sédimentaires Permo-Carbonifères exprimées par : (1) les divers corps plutoniques peralumineux (monzogranite, granite à deux micas...), et métalumineux (syéno-diorite, diorite quartzique); (2) par les formations volcano-sédimentaires plus ou moins métamorphiques du viséen supérieur; (3) par les formations volcano-sédimentaires stéphano-permiennes.
- Ère Cénozoïque :
 - Bassins Eocènes supérieurs argilo-sableux à argilo-conglomératique.

Les formations Paléozoïques occupent une surface largement majoritaire de l'étendue du permis. En outre, les formations Cénozoïques ne sont que pelliculaires et ne dépassent guères 100m d'épaisseur.

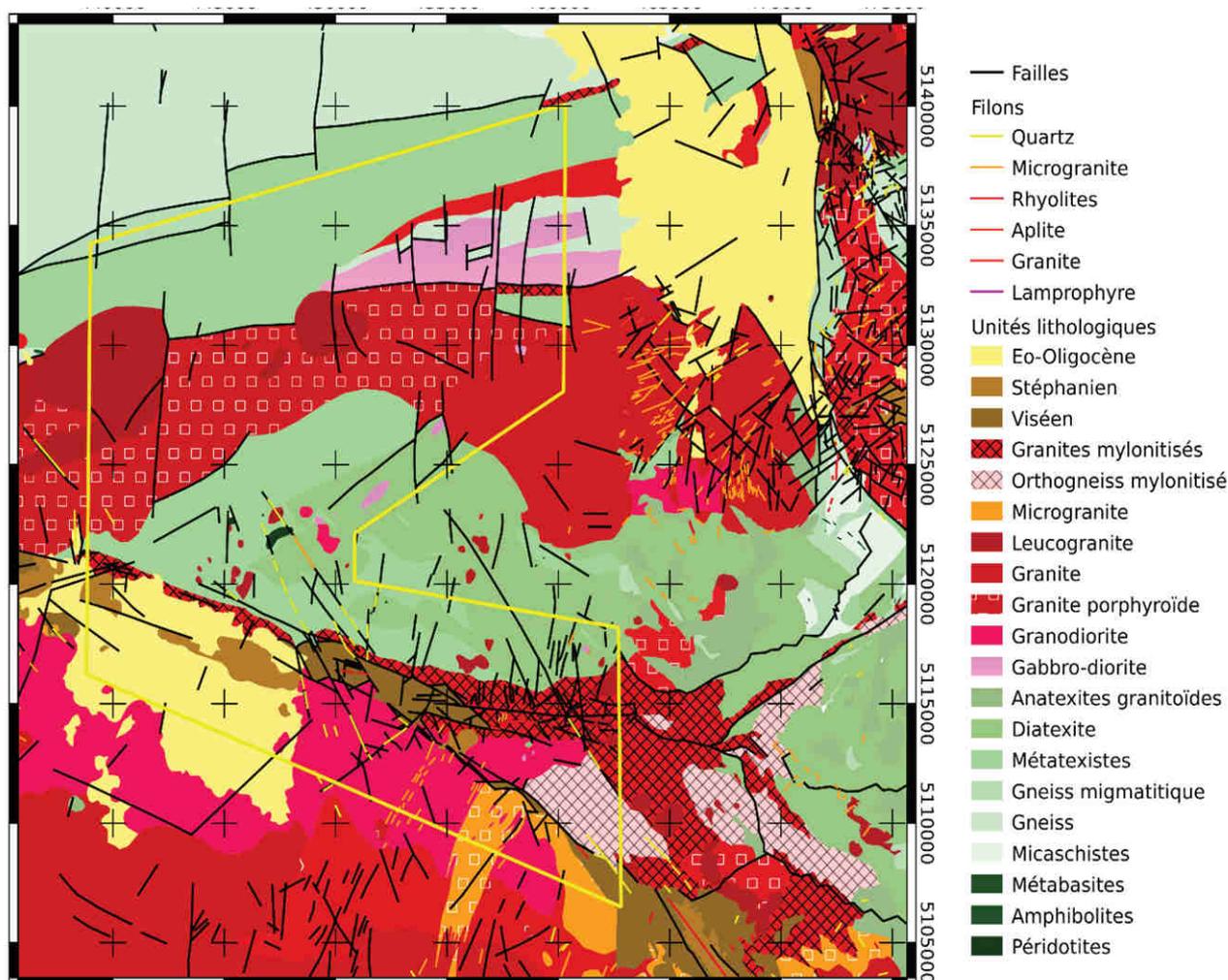


Figure 45 : Carte géologique au 1/50000^{ème} du permis « Combrailles-en-Marche »

2.5.2.3. Les formations Paléozoïques

- **Les formations métamorphiques à magmatiques Dévoniennes :**

Les formations métamorphiques (en vert pâle sur la Figure 45) correspondent aux nappes (essentiellement à l'unité supérieure des gneiss sur l'étendue du permis) empilées aux Dévoniens supérieurs - Tournaisien (360-340Ma, Figure 35, Figure 39).

Sur le permis Combrailles-en-Marche, ces unités correspondent à quelques micaschistes et gneiss et majoritairement à des migmatites et granites. Si l'âge de formation des migmatites et granites associés n'est pas établie ici, il est probablement compris entre le Frasnien et le Tournaisien par comparaison avec les âges obtenus par ailleurs dans le massif de Guéret (Figure 46). Les unités présentent un degré de fusion croissant vers le haut des séries, ce qui peut s'expliquer par la décompression subie lors de l'exhumation post-subduction de ces unités.

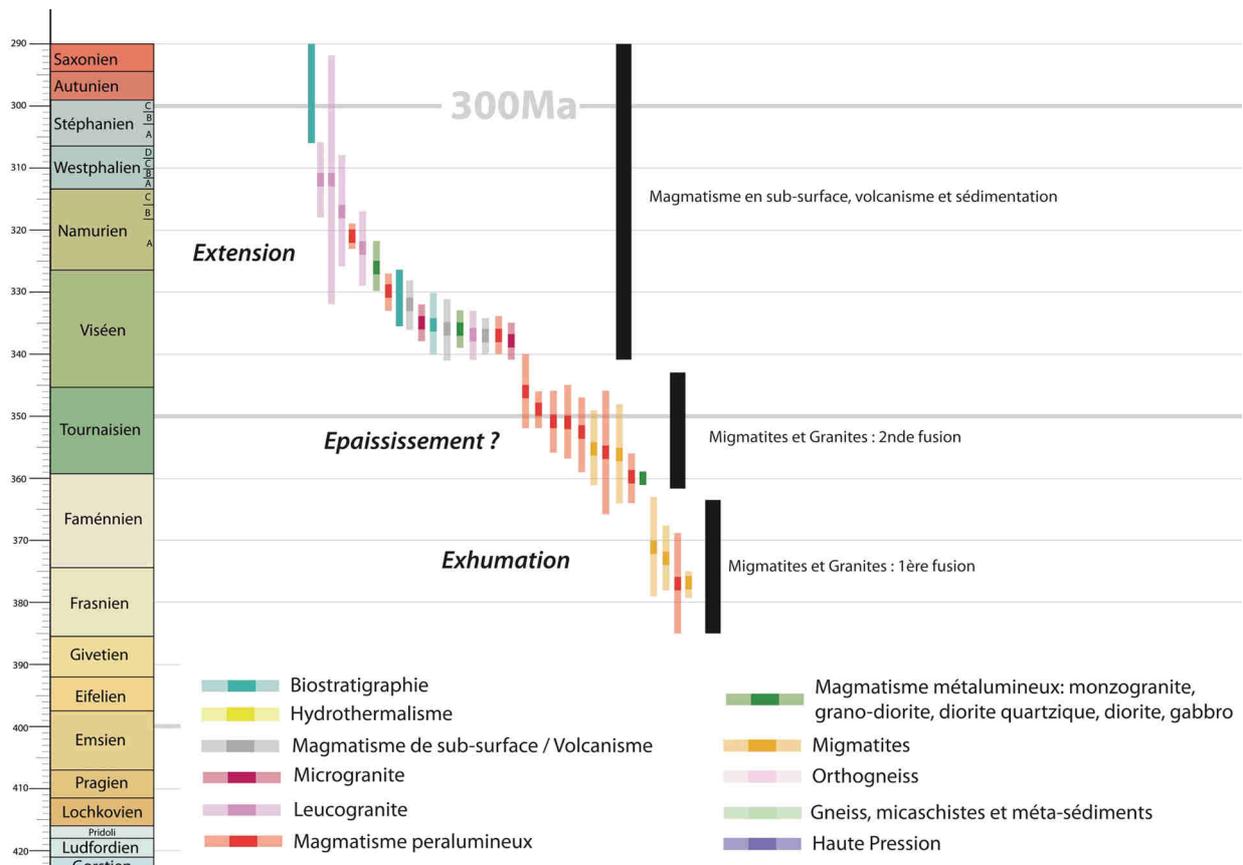


Figure 46 : Synthèse des âges disponibles sur le Massif de Guéret et le plateau d'Aigurande

- **Les formations magmatiques et volcano-sédimentaires d'âge Carbonifère :**

Deux épisodes plutoniques sont reconnus dans le Massif Central : le premier suite à l'empilement de nappes au Dévoniens-supérieurs-Tournaisien et le second suite à l'effondrement de la chaîne au Viséen-Stéphalien (Figure 46). La distinction pétrologique entre ces deux générations n'est pas toujours aisée (Figure 47). Sur l'étendue du permis, les granites de Montmarault (Namurien) et de Chanon (Viséen) ainsi que le microgranite de Sannat (Viséen) et les formations volcano-sédimentaires de Chambon sur Voueize (Viséen) ont été datés.

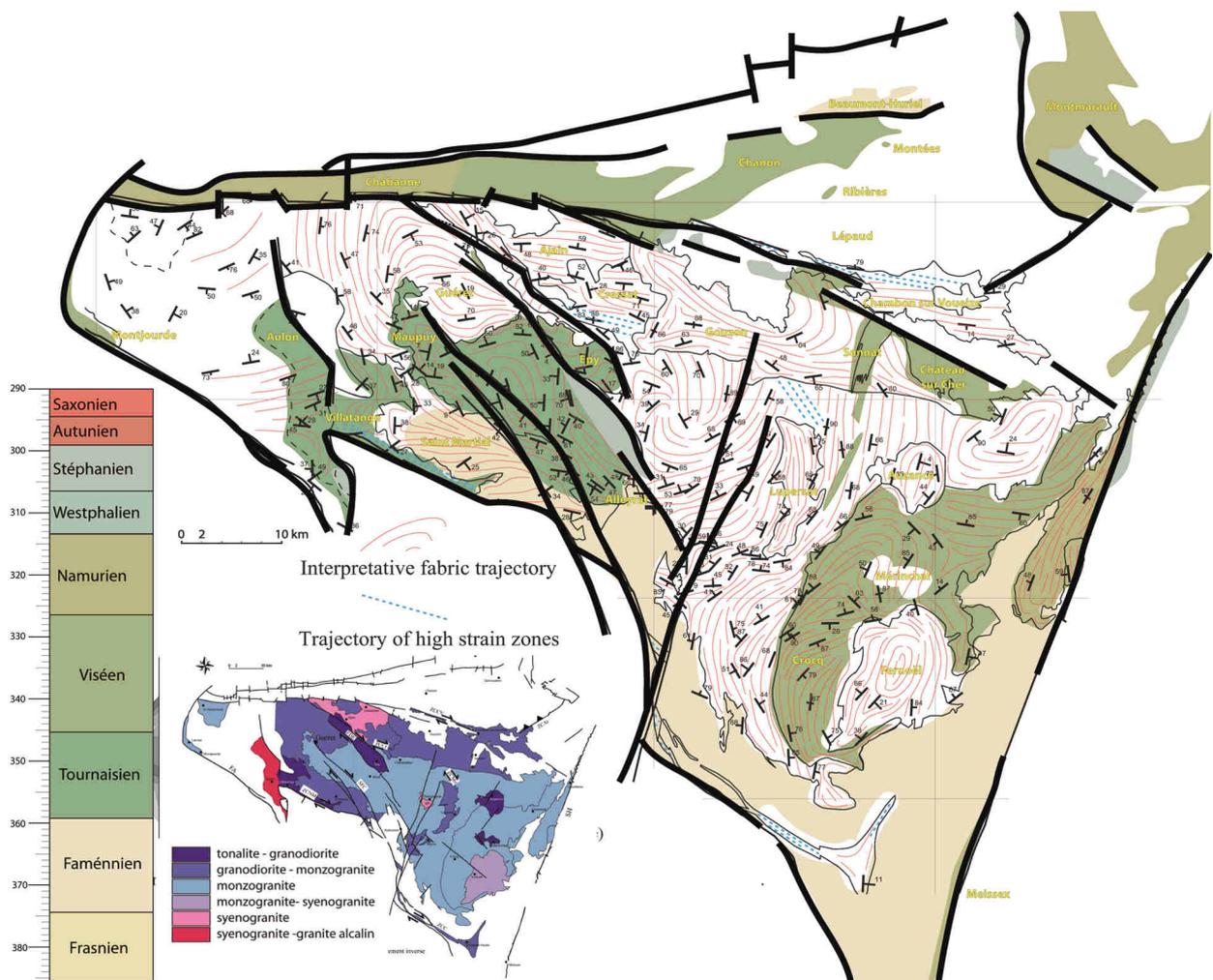


Figure 47 : Localisation des formations datées dans le Massif de Guéret sur fond de foliation ASM interpolées (Cartannaz, 2006). En bas à gauche, cartographie chimique des corps plutoniques (Cartannaz, 2006).

L'accident de Chambon sur Voueize, qui traverse le permis au sud, est un décrochement dextre, ductile à fragile. Son âge n'est pas connu avec certitude, mais il serait au moins antérieur au Viséen moyen [Cartannaz, 2006; Rolin et al., 2009].

L'accident de la Marche (à ne pas confondre avec l'accident la Marche-Boussac plus au Nord), qui traverse le coin NO du permis, est également un accident ductile dextre. L'accident de NE-SO de l'Arpheuille à l'Est du permis, serait un chevauchement vers le Sud-Ouest [Cartannaz, 2006]. Enfin, le massif de Montmarault (Namurien) est bordé à l'Ouest par une grande faille qui a rejoué en faille normale au Stéphanien et à l'Eocène.

2.5.2.4. Les formations Cénozoïques

- Les bassins Oligocènes :

Deux bassins éocènes sont représentés sur l'étendue du permis. Dans le coin NE, quelques sédiments détritiques représentent l'extrémité méridionale du bassin de Montluçon. Dans le coin SO du permis, le bassin de Gouzon est représenté par des sédiments s'épaississant vers le Nord où ils n'excèdent guères 60m (Figure 48). Dans ces deux cas, ces bassins se sont formés à la faveur de réactivations d'accidents tectoniques existants au Carbonifère.

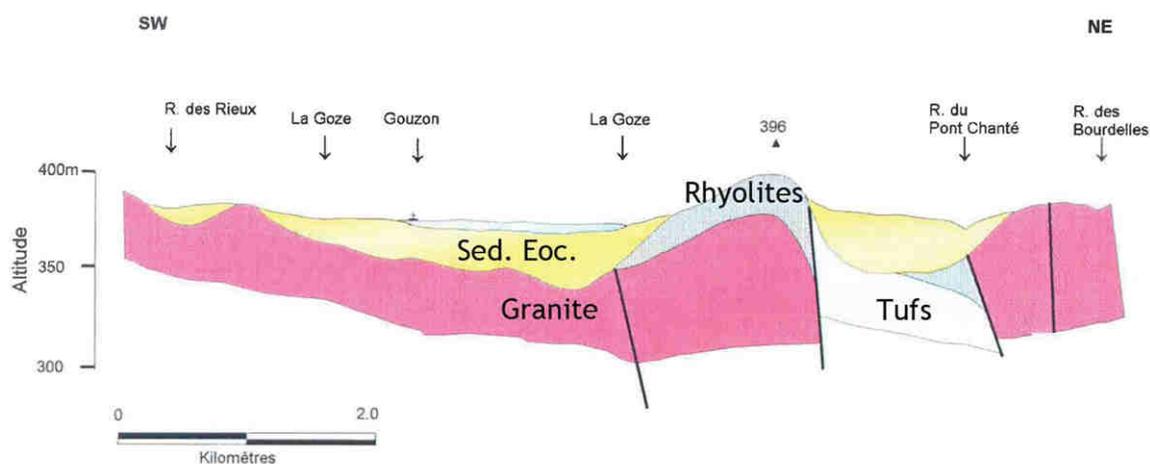


Figure 48 : Coupe à travers le bassin de Gouzon d'après Lemordant (1998)

2.5.3. Bibliographie

- Bellanger, M., Augier, R., Bellahsen, N., Jolivet, L., Monié, P., Baudin, T., & Beyssac, O. (2015).** Shortening of the European Dauphinois margin (Oisans Massif, Western Alps): New insights from RSCM maximum temperature estimates and 40 Ar/39 Ar in situ dating. *Journal of Geodynamics*, 83, 37-64.
- Briot, D., Cantagrel, J. M., Dupuy, C., & Harmon, R. S. (1991).** Geochemical evolution in crustal magma reservoirs: Trace-element and Sr Nd O isotopic variations in two continental intraplate series at Monts Dore, Massif Central, France. *Chemical geology*, 89(3), 281-303.
- Brousse R. et al. (1989).** - Carte géologique 50 000e et notice, Mauriac, BRGM, Serv.Géol. Nat
- Brousse R., Lefèvre C. (1990)** – Le volcanisme en France en en Europe limitrophe. Guides Géologiques Régionaux, Masson, 262 p.
- Cartannaz, C. (2006).** Magmatisme et déformations polyphasées: exemple des massifs de Guéret et de Millevaches (Massif central français). Origine des magmas et contexte de mise en place (Doctoral dissertation, Thèse, Université de Franche-Comté, Besançon).
- Faure, M., Lardeaux, J. M., & Ledru, P. (2009).** A review of the pre-Permian geology of the Variscan French Massif Central. *Comptes Rendus Geoscience*,341(2), 202-213.
- Granet, M., Wilson, M., & Achauer, U. (1995).** Imaging a mantle plume beneath the French Massif Central. *Earth and Planetary Science Letters*, 136(3), 281-296.
- Ledru, P., Lardeaux, J. M., Santallier, D., Autran, A., Quenardel, J. M., Floc'h, J. P., ... & Ploquin, A. (1989).** Où sont les nappes dans le Massif central français?. *Bulletin de la Société géologique de France*, (3), 605-618.
- Lemordant, Y. (1998).** Synthèse hydrogéologique du Bassin Tertiaire de Gouzon, Creuse. Rap. BRGM R40214, 19p, 5 fig, 2 annexes.
- Martel, C., Champallier, R., Prouteau, G., Pichavant, M., Arbaret, L., Balcone-Boissard, H., ... & Scaillet, B. (2013).** Trachyte phase relations and implication for magma storage conditions in the Chaîne des Puys (French Massif Central).*Journal of Petrology*, egt006.
- Michon, L. (2000).** Dynamique de l'extension continentale-Application au Rift Ouest-Européen par l'étude de la province du Massif Central (Doctoral dissertation, Université Blaise Pascal).
- Michon, L., & Merle, O. (2001).** The evolution of the Massif Central Rift; spatio-temporal distribution of the volcanism. *Bulletin de la Société géologique de France*, 172(2), 201-211.
- Nehlig, P., Bojvin, P., De Goër de Hervé, A., Mergoil, J., Prouteau, G., & Thiéblemont, D. (2001).** Les volcans du Massif central. *GEOLOGUES-PARIS-*, 66-91.
- Rossee J.B. (1996)** - Synthèse chrono-magmatologique de la Chaîne des Puys. DEA Univ. Clermont Ferrand, 50p + Annexes.

2.6. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

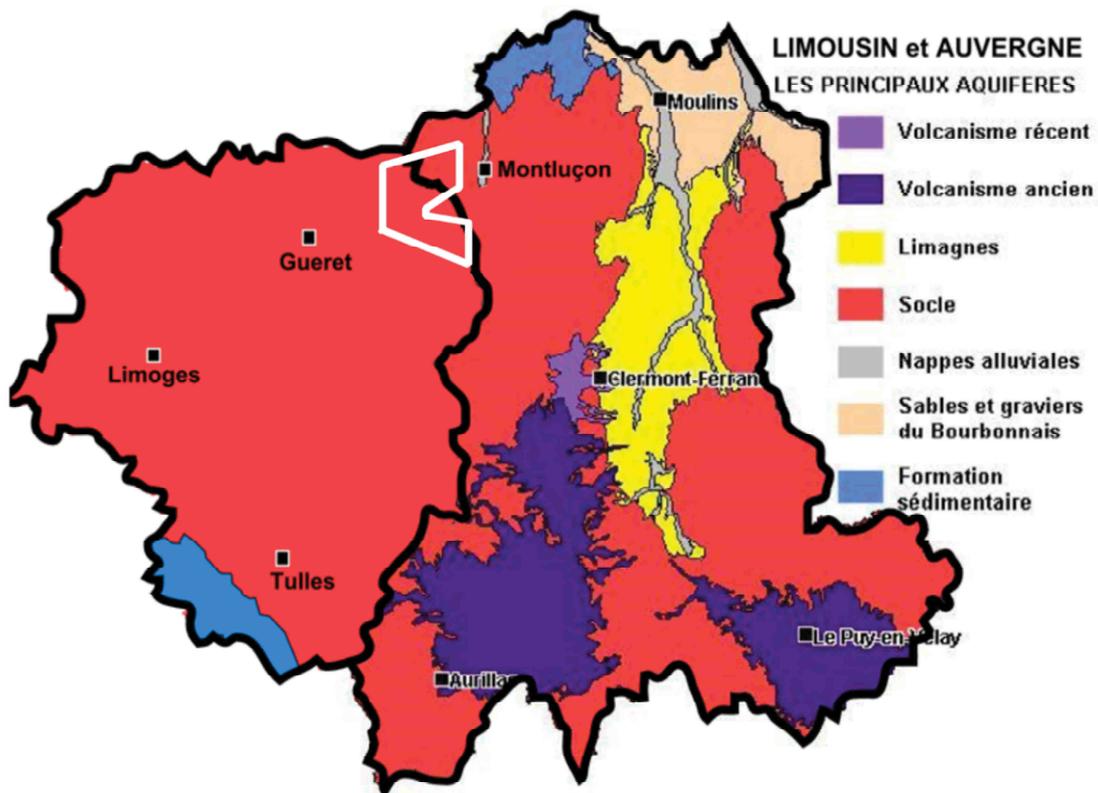
2.6.1. Généralités

L'eau est très présente dans le Massif Central, et notamment dans le sous-sol : nappes et aquifères, eaux thermales, eaux de sources sous-basaltiques... Cette diversité est en relation avec le contexte physique que sont les reliefs, le climat et bien évidemment aussi la géologie. En Auvergne et en Limousin, les principaux traits caractérisant l'hydrogéologie sont un réseau hydrographique dense et ramifié avec des cours d'eau à la morphologie variée et aux régimes hydrologiques divers, un patrimoine aquifère riche mais inégalement réparti, et une qualité des eaux superficielles plutôt bonne.

2.6.2. Présentation des aquifères régionaux

En lien avec la diversité des formations géologiques présentes dans le Massif Central, les ressources en eau souterraine sont assez variées et de caractéristiques très inégales.

A l'échelle de l'Auvergne, les nappes alluviales et les massifs volcaniques constituent la ressource essentielle. Le socle, présent majoritairement en Limousin (93% de la région) et pour le reste de l'Auvergne (60% du territoire) ne renferme que des formations aquifères superficielles et diffuses (altérations ou fissurations granitiques). En dehors du fossé d'effondrement de la Limagne au remplissage marneux non aquifère, les horizons sédimentaires sont très peu représentés. Les vallées glaciaires du Cantal ainsi que les recouvrements détritiques de la Sologne bourbonnaise peuvent cependant représenter des aquifères d'appoint.



Sources : BRGM, carte géologique France / TLS Geothermics

Figure 49 : Localisation des principales formations et aquifères présents en Limousin et Auvergne

De manière générale sur ces deux régions, on distingue quatre types d'aquifères. Sur le permis sollicité, les types d'aquifères rencontrés sont principalement les formations de socle.

2.6.2.1. Les nappes alluviales et les vallées glaciaires

Cet ensemble regroupe les formations alluviales, les dépôts glaciaires et fluvio-glaciaires ainsi que les formations tourbeuses, principalement en Auvergne. A l'échelle de cette région, les principales nappes alluviales sont celles de l'Allier, la Loire (en rive gauche de la limite du département de l'Allier et de la Saône et Loire) et le Cher en aval de Montluçon.

La nappe alluviale de l'Allier, principale ressource de la région, alimente en eau potable 60 % de la population du Puy de Dôme et 68 % de celle de l'Allier. L'aquifère le plus important est contenu dans les alluvions récentes et modernes de la première terrasse et du lit majeur. Ces alluvions, à dominante sablo-limoneuse, ont de bonnes caractéristiques hydrodynamiques (le débit d'un puits est de l'ordre de la centaine de m³/h).

Les aquifères des vallées glaciaires sont surtout rencontrés dans les vallées des Monts du Cantal. Elles renferment des dépôts d'alluvions importants (de l'ordre de 50 m d'épaisseur), bien protégés en surface, constituant des réserves potentielles caractérisées par une eau d'excellente qualité.

2.6.2.2. Les formations volcaniques

Présents en Auvergne, les formations associées au volcanisme fournissent 30 % de la ressource de cette région et donnent l'image de marque des aquifères auvergnats (Volvic, le Mont-Dore, La Bourboule...).

Schématiquement, les précipitations d'origines météoritiques s'infiltrent en profondeur par les diaclases des coulées de lave jusqu'à ce qu'elles atteignent un horizon géologique de plus faible perméabilité qui va constituer le substratum de la nappe phréatique. Les eaux souterraines vont ensuite se déplacer de manière subhorizontale jusqu'aux exutoires naturels : fronts de coulées de lave, ruptures de pente.

Différents types de formations jouent le rôle du niveau imperméable : coulée de basalte plus compact, paléosols entre deux coulées de laves, des argiles et aussi le socle.

Certains réservoirs d'eau souterraine peuvent être des laves lorsqu'elles sont assez fissurées (porosité de fracture) ou des roches suffisamment poreuses comme les roches pyroclastiques (écoulements et retombées). Les produits de remplissage de maars (volcano-sédimentaires) peuvent également permettre la mise en place de nappes aquifères. Les sources, très nombreuses, ont généralement des débits fluctuants pouvant être localement assez conséquents. Leur minéralisation n'est pas très élevée et leur pH est proche de la neutralité.

Parmi ces formations volcaniques les plus jeunes (volcanisme quaternaire), il y a la Chaîne des Puys, un alignement de cônes stromboliens et de coulées sur une trentaine de km du Nord au sud.

Les autres massifs que sont les Monts Dore, le Cantal ou le Cézallier sont des systèmes plus complexes, d'âge plus ancien, issus de structures composites ou strato-volcans. Les captages y exploitent uniquement le recouvrement de la première coulée. Dans les massifs du Devès et du Mézenc (Velay) l'individualisation des coulées et la détermination de leur centre d'émission sont difficiles et leur fonctionnement hydrogéologique reste encore mal connu.

2.6.2.3. Les domaines de socle

Il s'agit de tous les terrains cristallophylliens (micaschistes, gneiss) et cristallins (granites) correspondant à 60 % de la superficie de la région Auvergne et 93% de la région Limousin. Ces formations sont dotées de ressources en eau faibles à très faibles, mais ponctuellement des débits économiquement intéressants ont pu être obtenus, notamment dans des verrous. Les forages réalisés pour exploiter les ressources profondes de fissures et de fractures ne fournissent que des débits unitaires de 5-10 m³/h en relation avec une recherche coûteuse (profondeur des sondages de reconnaissance de l'ordre de 100 m). Sur le permis sollicité, on retrouvera ces aquifères superficielles en dehors des formations volcaniques.

2.6.2.4. Les terrains sédimentaires

Ces formations peuvent contenir des horizons aquifères. Présentes depuis le Carbonifère, elles sont présentes de manière discontinue, elles peuvent donc être libres ou captives mais sont toujours de faible extension latérale et verticale. Les débits y sont modestes et inégaux. De petits bassins sédimentaires peu profonds peuvent être rencontrés dans les deux régions.

2.6.3. Masses d'eau souterraines

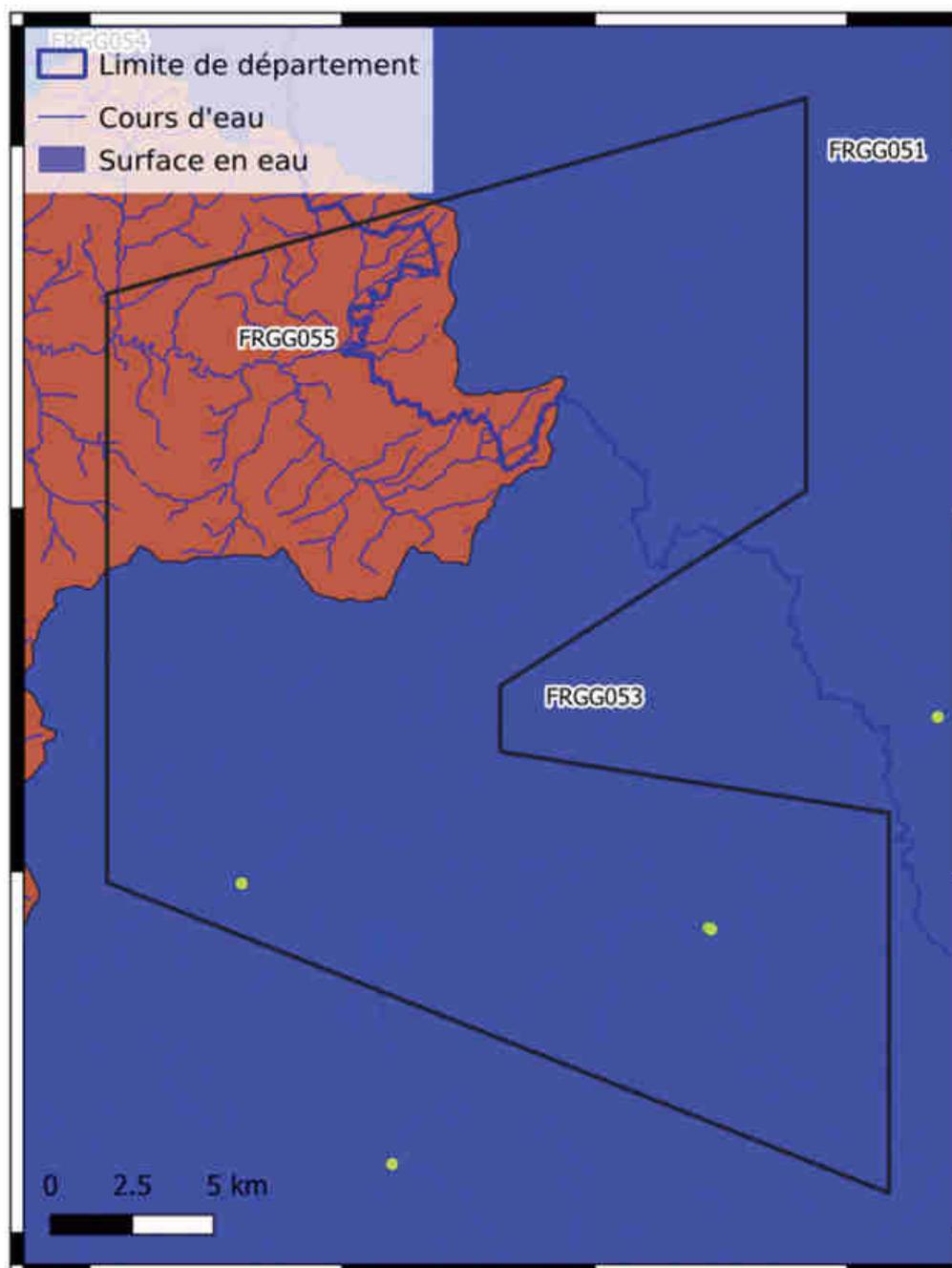


Figure 50 : Masses d'eau souterraines sur le permis sollicité (Agence de l'Eau)

La directive 2000/60/CE du Parlement Européen et du Conseil de l'Union Européenne du 23 octobre 2000 a créé un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau. Cette directive demande aux Etats membres de prendre des dispositions pour assurer le bon état des ressources en eau. Cette directive fixe l'objectif aux pays membres de l'Union Européenne d'arrêter la dégradation des eaux et des milieux aquatiques et parvenir à un « bon état » ou « bon potentiel » à échéance 2015.

Cela se traduit par la désignation d'unité de gestion par bassin et district hydrographique : les masses d'eau qui sont soit superficielles, littorales ou souterraines. Ces masses d'eau devront à terme constituer le référentiel du suivi, les plans de gestion et de surveillance. Deux masses d'eau souterraines sont concernées par le permis sollicité. Ce sont les suivantes :

Code	Nom
FRGG053	Massif Central BV Cher
FRGG055	Massif Central BV Creuse

Tableau 9 : Liste des masses d'eau souterraines

Voir en annexes le détail des masses d'eau (fiches eaufrance/BRGM).

2.6.4. Systèmes Aquifères

Le BRGM, en coordination avec l'ensemble des agences de l'eau, a mis en place avec un référentiel cartographique national des eaux et aquifères souterrains afin de disposer d'un découpage de l'ensemble du territoire français en unités hydrogéologiques. Ce référentiel est centralisé dans la base BDRHF V1 (BRGM). L'objectif de ce référentiel est de répondre à deux besoins différents :

- Au niveau national, augmenter la connaissance patrimoniale,
- Au niveau local, améliorer la connaissance de la gestion des ressources en eau.

Sur le permis, plusieurs systèmes aquifères et sous-aquifères sont recensés :

Code entité	Nomenclature	Description
611n	MASSIF CENTRAL / MARCHE A L'EST DE LA CREUSE	Domaine du Massif Central situé à l'est de la Creuse composé de micashistes, de gneiss granulitisés et d'amphibolites
611o	MARCHE AU SUD DE LA PETITE CREUSE	Domaine du Massif Central situé au sud de la Petite Creuse composé de micashistes, de gneiss granulitisés et d'amphibolites
611p	GNEISS D'AUBUSSON A L'OUEST DU CHER	Domaine du Massif Central constitué de gneiss supérieurs avec des amphibolites et des micashistes granulitiques
660d	MASSIF GRANITIQUE DE GUERET	Domaine du Massif Central composé de granite
660e	MASSIF GRANITIQUE DE GUERET NORD EST	Domaine du Massif Central situé à l'ouest du Cher
700d	BASSIN VISEEN DE CHAMBON SUR VOUEIZE	Domaine du Massif Central composé de veinules charbonneuses, de grès et de schistes
700e	BASSIN VISEEN DE CHATEAU SUR CHER	Domaine du Massif Central composé de tufs volcaniques, de laves, de schistes, de grès, de couches charbonneuses et de lentilles de calcaires
701b	BASSIN TERTIAIRE DE GOUZON	Domaine du Massif Central composé de sables, d'arkoses, d'argiles, de gypses et de rhyolites

Tableau 10 : Liste des systèmes aquifères sur le permis sollicité

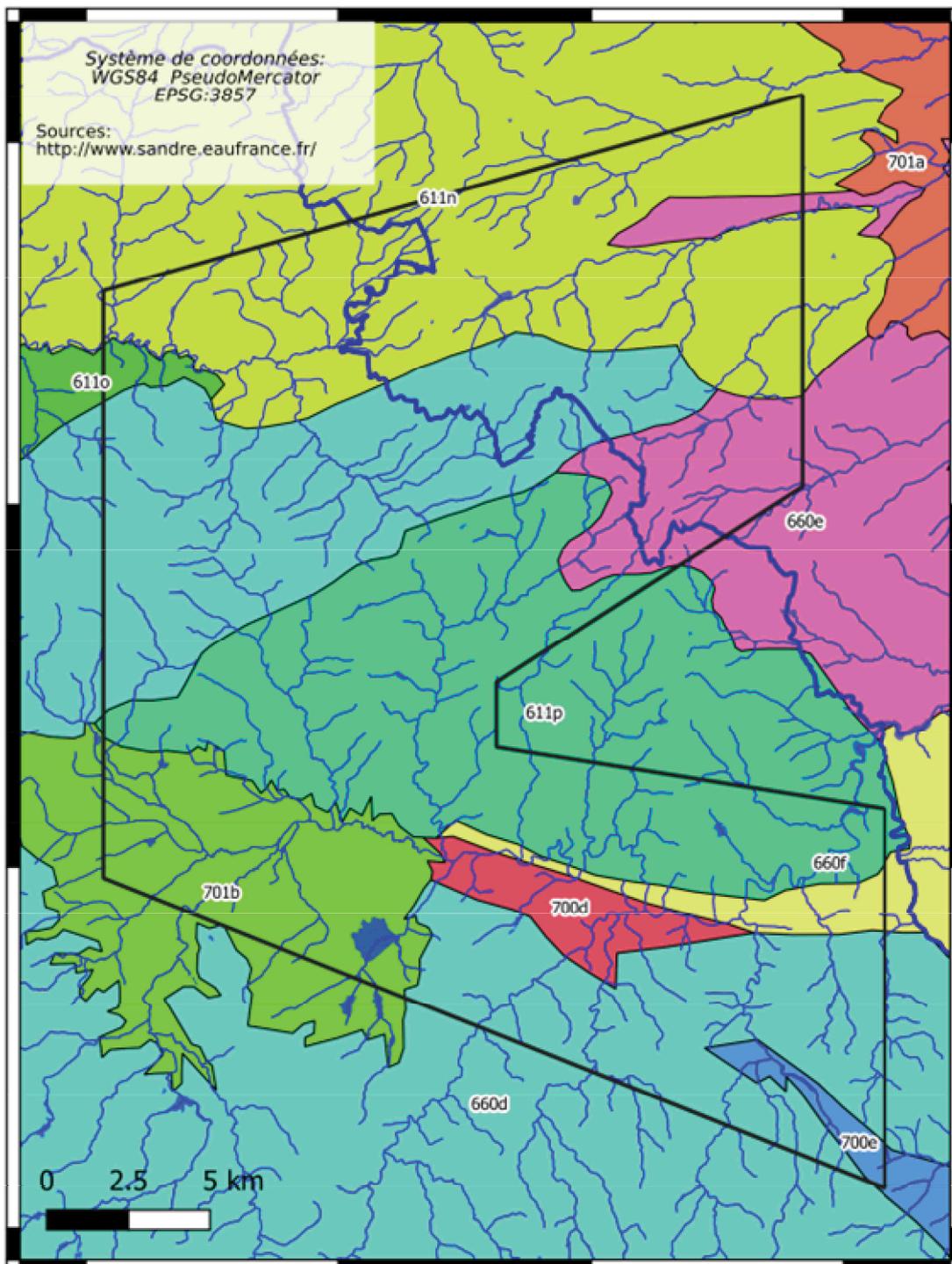


Figure 51 : Carte des systèmes aquifères sur le permis sollicité (BRGM / BDRHFv1 / SANDRE)

2.6.5. Suivi des aquifères

SANDRE est une banque nationale des données et référentiels sur l'eau qui rassemble sur un site Internet public les données quantitatives et qualitatives relatives aux eaux souterraines et superficielles notamment. Cette banque de données permet notamment de collecter toutes les données sur les eaux, d'avoir un suivi de l'état patrimonial des ressources pour répondre à la politique des eaux souterraines et superficielles.

La figure suivante présente les qualimètres et piézomètres situés sur le périmètre du permis sollicité. 3 piézomètres sont présents et 4 qualimètres sont situés sur le permis de Combrailles-en-Marche. Des stations de mesure sont présentes sur l'ensemble du permis.

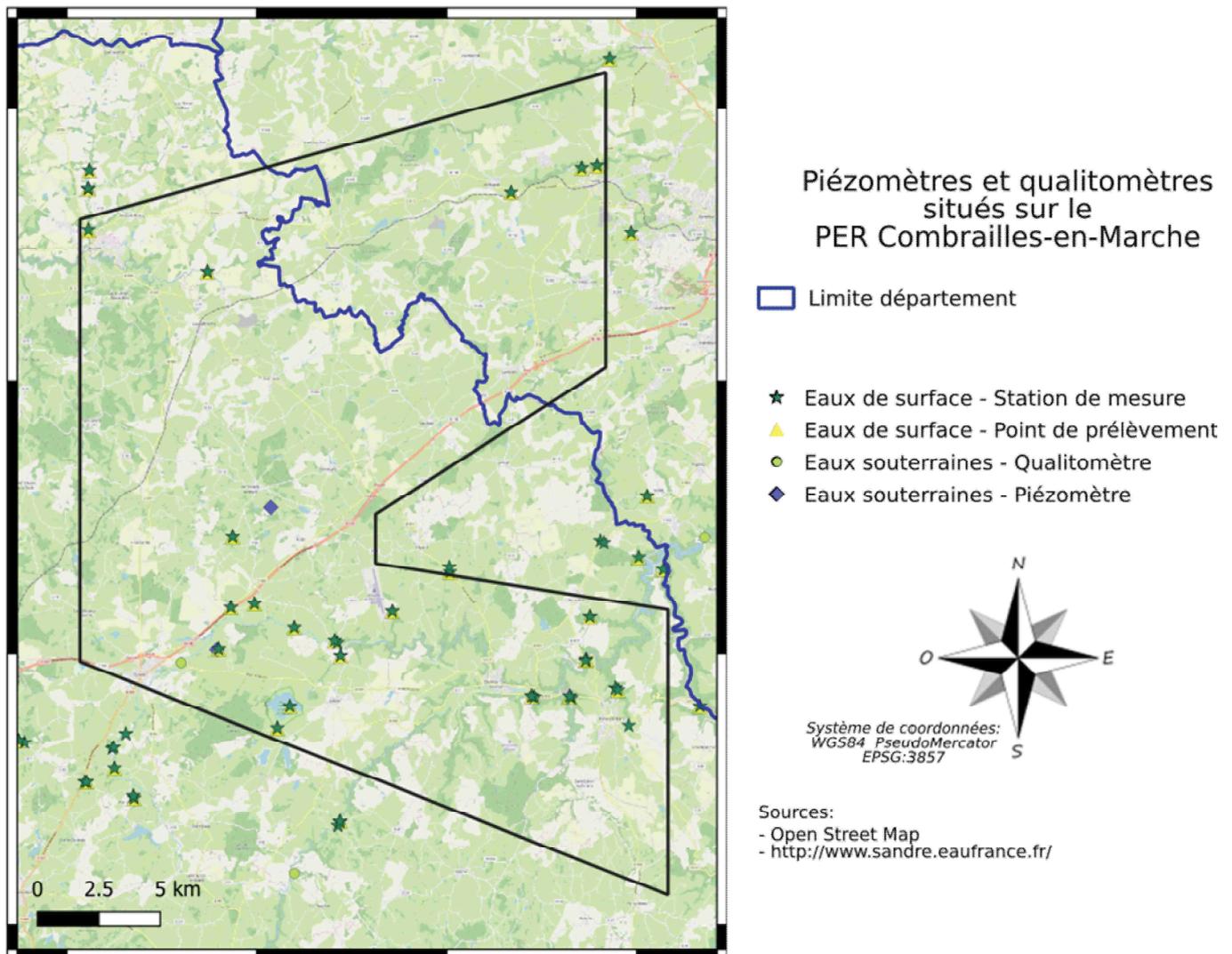


Figure 52 : Piézomètres et qualitomètres situés sur le périmètre du permis sollicité

2.6.6. Qualité des eaux

La qualité générale des eaux en région Auvergne et Limousin est considérée par la DREAL comme variable. Certaines têtes de bassins versants sont assez bien préservés, avec en revanche des secteurs aval sur lesquels des perturbations d'origines variées, ponctuelles ou diffuses, existent et perdurent.

L'évaluation de l'état écologique des masses d'eau et cours d'eau établit en 2009 (mesures 2006 et 2007 sur le grand bassin hydrographique Loire-Bretagne) répertorie l'ensemble des masses d'eau superficielles du bassin, dont 66 % sont déjà en « très bon état » ou « bon état » en Auvergne. Les autres sont dans une situation plus préoccupante (33%).

Des recommandations ont été émises et des mesures doivent être mises en œuvre pour améliorer cet état de fait: requalifier les stations d'épuration, réduire les pollutions diffuses par des pratiques culturales plus respectueuses de l'environnement, et enfin mieux traiter les effluents industriels.

Concernant la qualité des eaux souterraines, l'état global de la qualité chimique des eaux souterraines sur le permis est bon et doit donc être préservé ou amélioré.

L'évaluation de l'état des cours d'eau établit en en 2015-2017 montre un état ou potentiel écologique des cours d'eau médiocre voire mauvais sur une bonne partie du permis. L'état biologique est lui considéré essentiellement comme médiocre.

Bassin Loire-Bretagne
Département : CREUSE et CORREZE

Etat écologique 2013 des eaux de surface

Cours d'eau (données 2011 à 2013)
Plans d'eau (données 2008 à 2013)
Eaux littorales (données 2011 à 2013)

Etat ou potentiel écologique et niveau de confiance de l'état

Cours d'eau					Niveau de confiance de l'état
Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais	
					Élevé
					Faible

Plans d'eau, estuaires et eaux côtières

Niveau de confiance de l'état	Etat ou potentiel écologique
Élevé (E)	Très bon (T)
Moyen (M)	Bon (B)
Faible (F)	Moyen (O)
	Médiocre (M)
	Mauvais (R)
	Information non disponible (I)

	MEFM MEA
	Masse d'eau surfacique

Echéances des objectifs

	2015
	2021
	2027
	objectif moins strict
	villes principales
	limite départementale

©DDrThAeC Loire-Bretagne 2010 - DEP - 0011/2015
Agence de l'eau Loire Bretagne

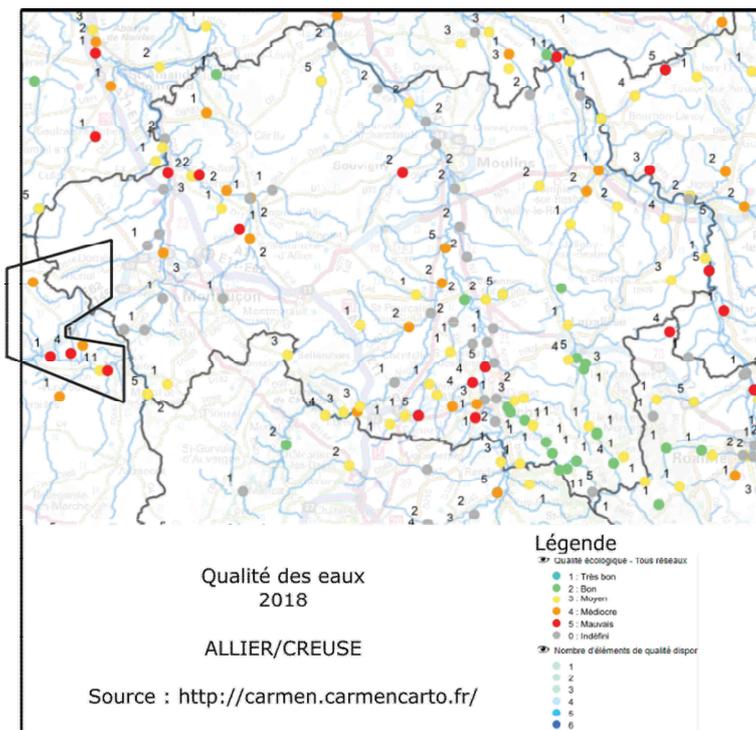
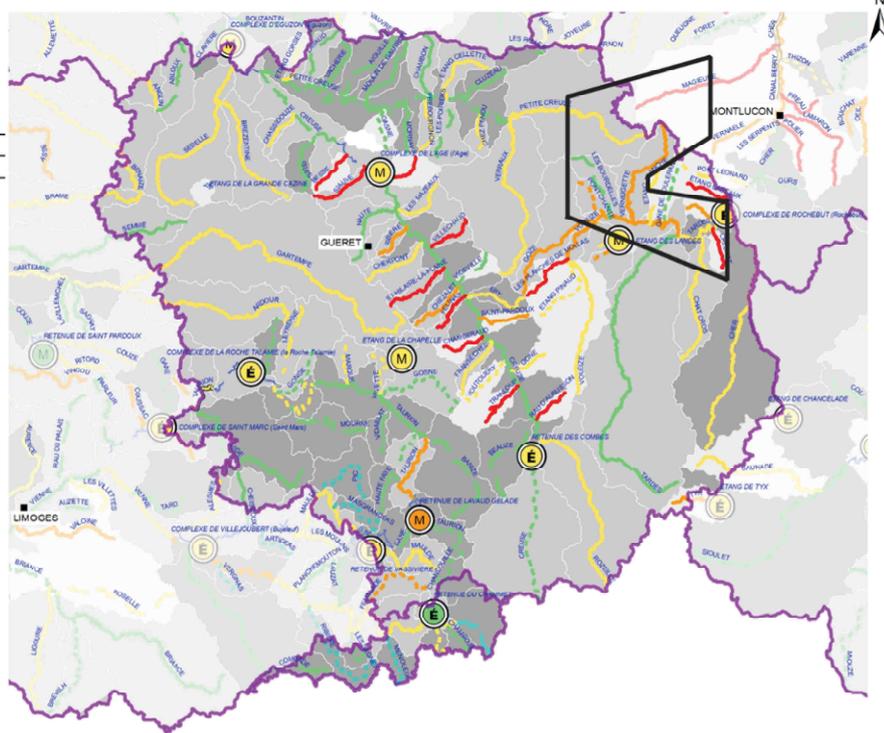


Figure 53 : En haut qualité écologique des masses d'eau de surface, données Allier et Creuse Agence de l'Eau 2013. En bas, qualité écologique des masses d'eau de surface, données Allier et Creuse 2018 (Agence de l'Eau)

Etat et objectifs chimiques

Masses d'eau en bon état
 ■ Bon état et objectif 2015
 ■ Bon état et objectif 2021 ou 2027

Masses d'eau en état médiocre et objectif 2021 ou 2027
 ■ Cause nitrates
 ■ Cause pesticides
 ■ Cause nitrates et pesticides

Tendance significative et durable à la hausse
 ↑ Cause nitrates
 ↑ Cause pesticides
 ↑ Cause nitrates et pesticides

● villes principales
 □ départements

0 4 8 Kilomètres

160 Carthage Loire Bretagne 2013 - DEP - 23110215
 Agence de l'eau Loire Bretagne 2013

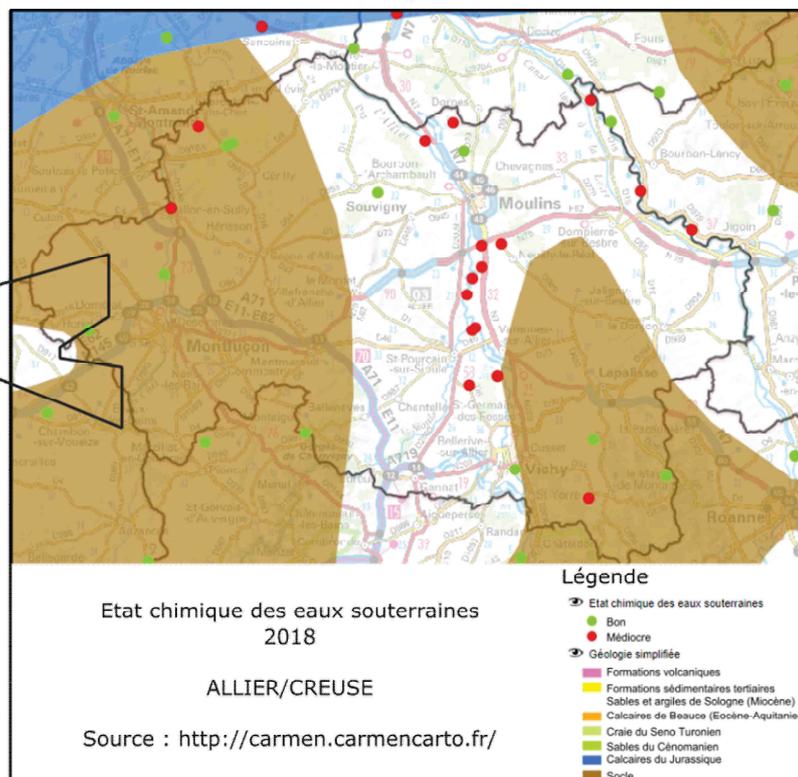
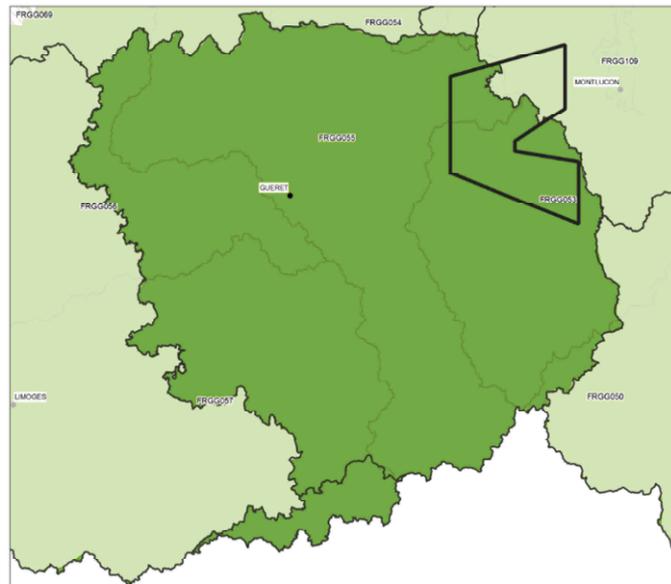


Figure 54 : En haut qualité chimique des masses d'eaux souterraines, données Allier et Creuse Agence de l'eau 2013. En bas, qualité chimique des masses d'eaux souterraines, données Allier et Creuse Agence de l'Eau 2018

La qualité écologique des masses d'eaux de surface est globalement « médiocre » à « moyen » en 2018. Elle varie sensiblement d'un secteur géographique à l'autre des deux départements.

La qualité des masses d'eaux souterraines en 2018 se révèle assez cohérente avec la carte d'état 2013 et objectifs 2021-2027. Il y a peu de points de mesures sur le secteur du PER.

Les travaux de prospection en surface, mesures géologiques, géophysiques ou géochimiques, n'impacteront et ne dégraderont pas la qualité des eaux de surfaces ou souterraines. Les travaux de forage sont eux strictement encadrés dans le but de préserver la qualité des eaux de surfaces et souterraines, notamment avec protection des aquifères superficiels par des tubages cimentés.

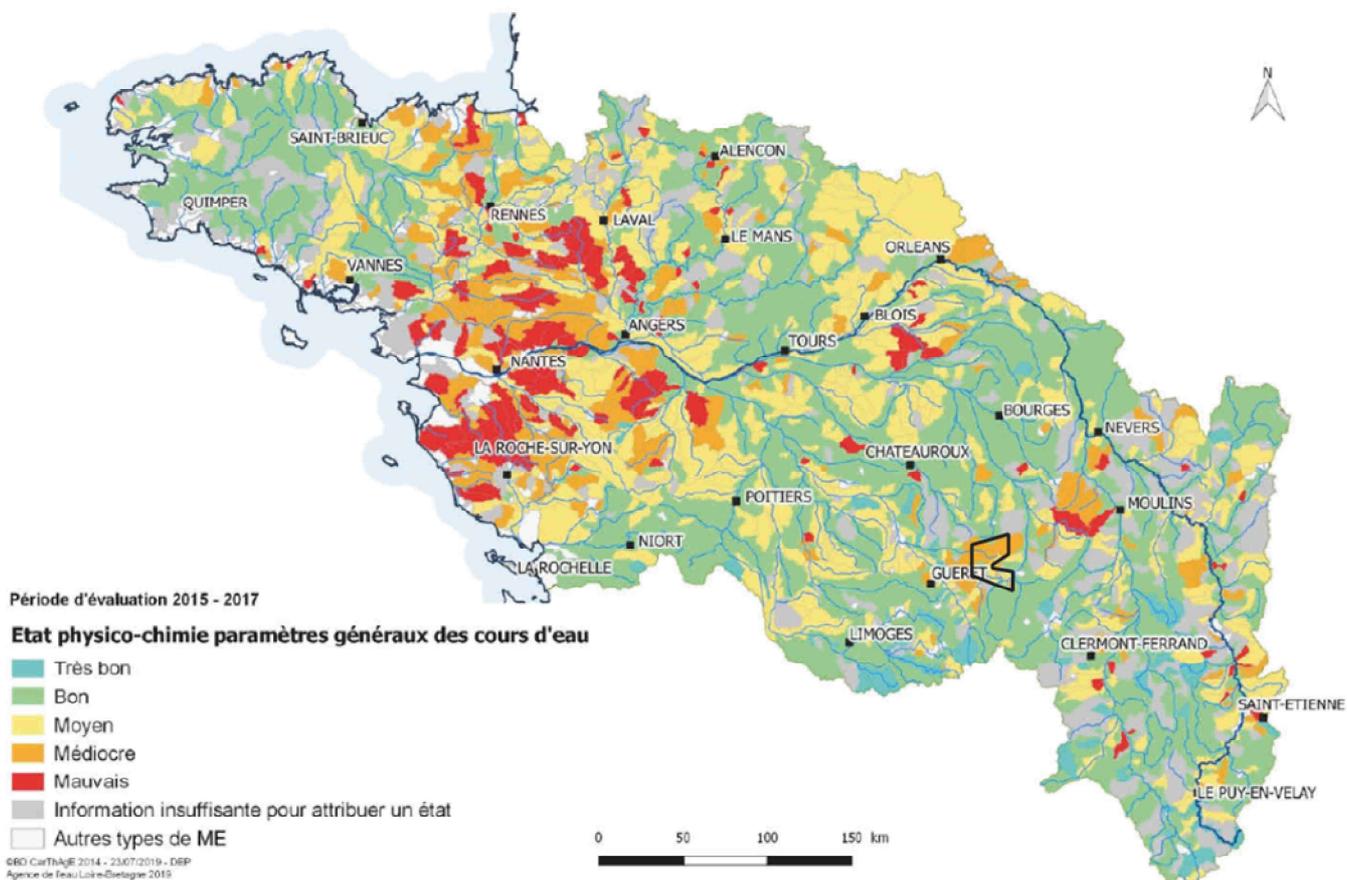
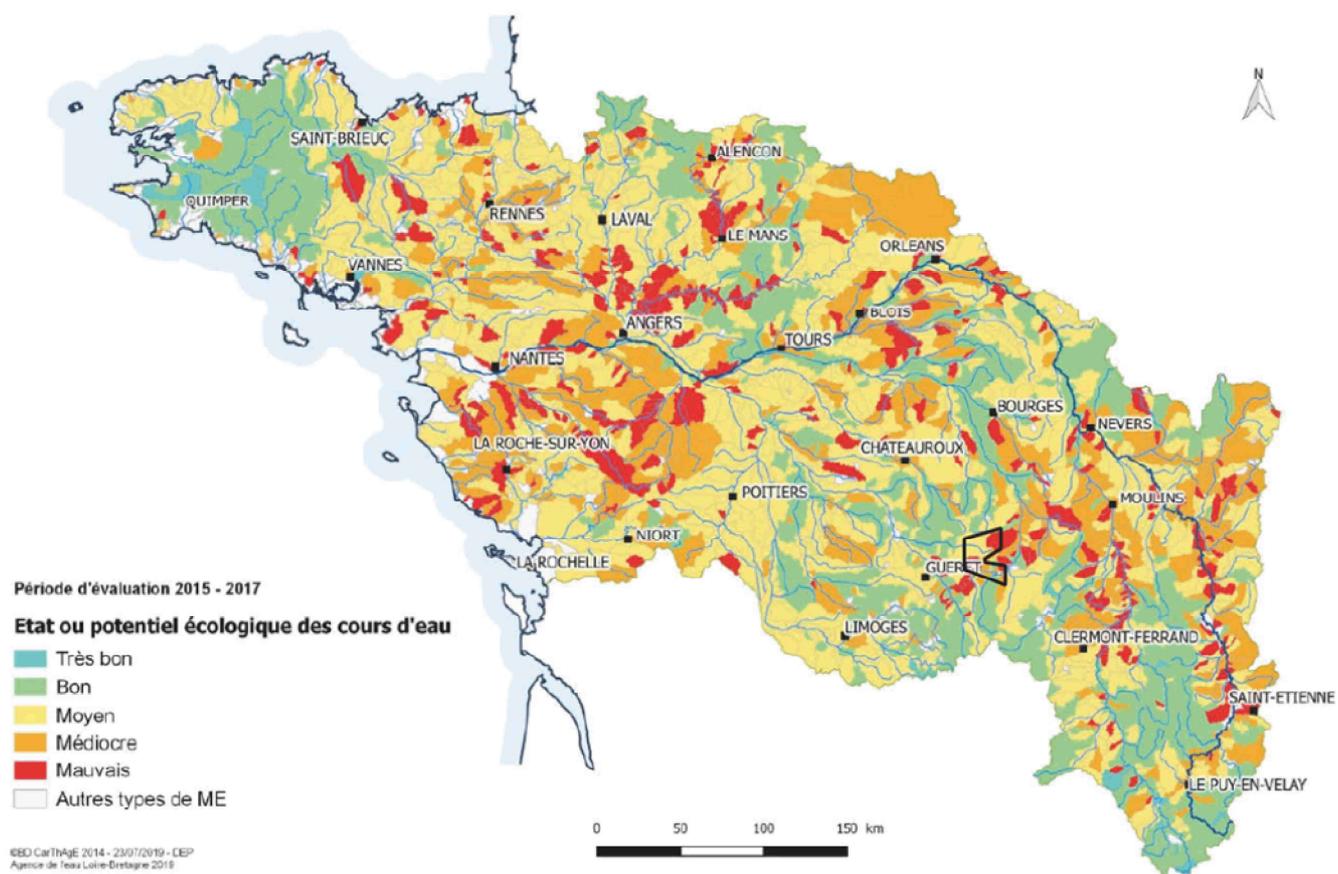


Figure 55: Etat écologique et biologique des cours d'eau dans le bassin de la Loire (source Etat des lieux du bassin Loire-Bretagne, adopté en 2019)

2.6.7. Documents de planification au regard de l'enjeu de l'eau

Les agences de l'eau mettent en œuvre les orientations de la politique de l'eau, en accord avec le comité de bassin. Elles ont pour mission de favoriser l'utilisation rationnelle des ressources en eau, la lutte contre leur pollution et la préservation des milieux aquatiques au travers du SDAGE. Ici, c'est l'agence de l'eau Loire-Bretagne.

2.6.7.1. Le SDAGE Loire-Bretagne

Le SDAGE Loire-Bretagne 2016-2021 s'inscrit dans le cadre du Code de l'Environnement qui a intégré la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques du 30 décembre 2006 (LEMA), ainsi que les préconisations de la Directive Cadre sur l'Eau européenne (DCE) d'octobre 2000. Ils tiennent également compte de la loi du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'Environnement. Ils courent sur une durée de 6 ans et devront être révisés en 2021.

Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) est mis à jour tous les six ans. L'Etat, les collectivités et, les établissements publics qui prennent des décisions publiques et mettent en œuvre des programmes d'actions dans le domaine de l'eau devront les rendre compatibles avec le SDAGE.

Le SDAGE fixe les objectifs qualitatifs et quantitatifs pour un bon état de l'eau. Il indique les moyens pour y parvenir, exprimés sous la forme d'orientations et de dispositions : les orientations donnent la direction dans laquelle il faut agir, les dispositions précisent pour chaque orientation les actions à mener et fixent le cas échéant des objectifs quantifiables.

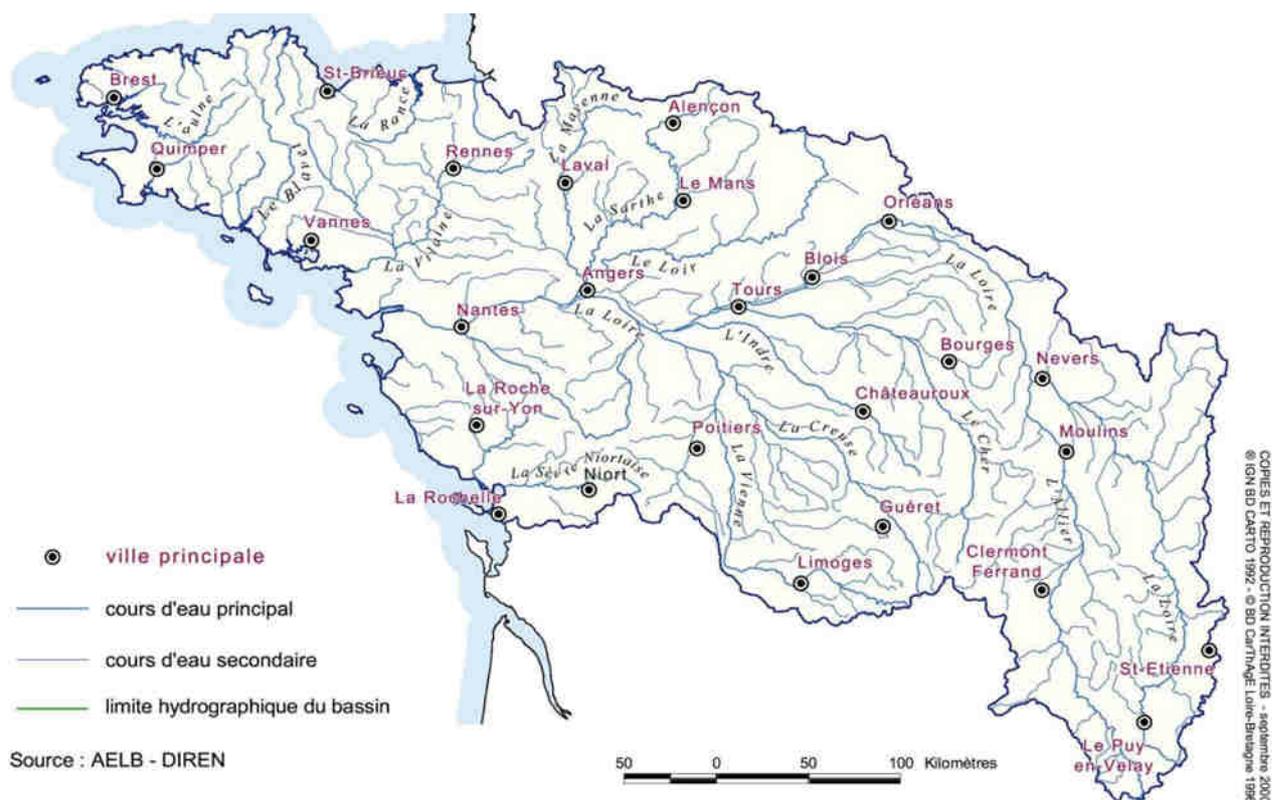


Figure 56 : Carte des bassins versants de l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne

Le territoire du permis est inscrit dans le périmètre du SDAGE Loire-Bretagne. Le bassin Loire-Bretagne occupe une superficie de 155 000 km², représente 28 % du territoire national et intéresse dix régions partiellement ou en totalité (36 départements). Il comprend deux massifs montagneux anciens aux extrémités, le Massif armoricain et le Massif central avec au centre, une vaste plaine traversée par la Loire.

L'ensemble des documents du SDAGE, les cartes détaillées et les données SIG de cartographie sont consultables sur le site du bassin <http://www.eau-loire-bretagne.fr/> .

Les principaux enjeux du SDAGE Loire-Bretagne sont les suivants (4 questions importantes) :

- ✓ Réduire les conséquences négatives des inondations sur les territoires ;
- ✓ Retrouver un fonctionnement plus naturel des milieux ;
- ✓ Valoriser les atouts du patrimoine ;
- ✓ Développer, valoriser et partager la connaissance sur le bassin ;

Pour y répondre, le SDAGE 2016-2021 définit 13 objectifs stratégiques :

- ✓ Elaborer et mettre en œuvre des stratégies territorialisées et cohérentes de réduction du risque d'inondation
- ✓ Définir un schéma global de gestion et sécurisation des digues et réalisation des travaux correspondants
- ✓ Préserver ou recréer des zones d'écoulement, des espaces de mobilité et des champs d'expansion de crues
- ✓ Restaurer les populations de poissons grands migrateurs amphihalins et faciliter leur migration
- ✓ Rétablir la continuité écologique
- ✓ Préserver les zones humides
- ✓ Prévenir l'installation de nouvelles espèces envahissantes et contenir les espèces installées
- ✓ Préserver et faire connaître les atouts paysagers du bassin
- ✓ Faire connaître le patrimoine lié à la Loire
- ✓ Proposer une offre de tourisme « nature et culture »
- ✓ Poursuivre et diversifier le développement des itinérances douces
- ✓ Partager et valoriser la connaissance
- ✓ Acquérir de nouvelles connaissances ou outils opérationnels

Le programme de mesures précise le type d'actions à mettre en place, territoire par territoire. Les acteurs locaux, notamment les collectivités, sont étroitement associés à la mise en œuvre de ces actions évaluées chaque année.

Le SDAGE comporte 66 orientations fondamentales regroupées en 14 chapitres:

- ✓ Orientation 1 : Repenser les aménagements de cours d'eau
- ✓ Orientation 2 : Réduire la pollution par les nitrates
- ✓ Orientation 3 : Réduire la pollution organique et bactériologique
- ✓ Orientation 4 : Maîtriser et réduire la pollution par les pesticides
- ✓ Orientation 5 : Maîtriser et réduire les pollutions dues aux substances dangereuses
- ✓ Orientation 6 : Protéger la santé en protégeant la ressource en eau
- ✓ Orientation 7 : Maîtriser les prélèvements d'eau
- ✓ Orientation 8 : Préserver les zones humides
- ✓ Orientation 9 : Préserver la biodiversité aquatique
- ✓ Orientation 10 : Préserver le littoral
- ✓ Orientation 11 : Préserver les têtes de bassin versant
- ✓ Orientation 12 : Faciliter la gouvernance locale et renforcer la cohérence des territoires et des politiques publiques
- ✓ Orientation 13 : Mettre en place des outils réglementaires et financiers
- ✓ Orientation 14 : Informer, sensibiliser et favoriser les échanges

De manière générale, les travaux mis en œuvre dans le cadre de Permis Exclusif de Recherche doivent tenir compte de ces objectifs et prendre toutes les mesures nécessaires pour réduire ses impacts sur les ressources en eau. **Le projet devra veiller à la compatibilité avec les orientations du SDAGE du bassin Loire-Bretagne.**

2.6.7.2. Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE)

Les Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE), d'initiative locale, mettent en œuvre les SDAGE. La Commission Locale de l'Eau (CLE), composée de trois collèges (élus 50%, usagers 25% et l'Etat 25%) est le noyau opérationnel du SAGE qui est chargée de l'élaboration, de la mise en œuvre et du suivi du SAGE en les complétant ou en les adaptant si nécessaire aux contextes locaux. La structure porteuse est en charge d'assurer l'animation de la procédure et la maîtrise d'ouvrage des études.

Dès lors que le SAGE est arrêté par le Préfet, toute décision administrative doit être compatible avec le SAGE si elle relève du domaine de l'eau, ou doit prendre en compte le SAGE, si elle ne relève pas directement du domaine de l'eau.

- ✓ Les décisions applicables dans le périmètre du SAGE prises dans le domaine de l'eau par les autorités administratives doivent être compatibles ou rendues compatibles avec le Plan d'Aménagement et de Gestion Durable (PAGD).
- ✓ Le règlement et ses documents cartographiques sont opposables à toute personne publique ou privée pour l'exécution de toutes installations, ouvrages, travaux ou activités mentionnés à l'article L.214-2 du Code de l'environnement.

Un SAGE se situe sur le périmètre de la zone concernée : le SAGE Cher amont (Code SAGE04036). Seule l'extrémité Nord-Ouest n'est concernée par aucun SAGE. Actuellement, ce SAGE est mis en œuvre depuis octobre 2015 par arrêté inter-préfectoral.

Le SAGE Cher amont a une superficie de 6750 km². Il concerne 5 départements. Les tuteurs administratifs sont la DREAL Centre et l'Agence de l'eau Loire Bretagne (délégation Centre). La structure porteuse du SAGE Cher amont est l'Etablissement Public Loire (EPL).

Au regard des éléments issus de l'état des lieux, du diagnostic et de différents scénarios d'évolution, la CLE a arrêté 3 enjeux :

- ✓ Satisfaire l'alimentation en eau potable et les exigences écologiques
- ✓ Améliorer la qualité des eaux en luttant contre les rejets polluants
- ✓ Repenser l'aménagement des rivières et assurer leur entretien.

En déclinaison, le SAGE comporte une vingtaine d'objectifs opérationnels regroupés en 5 thèmes.

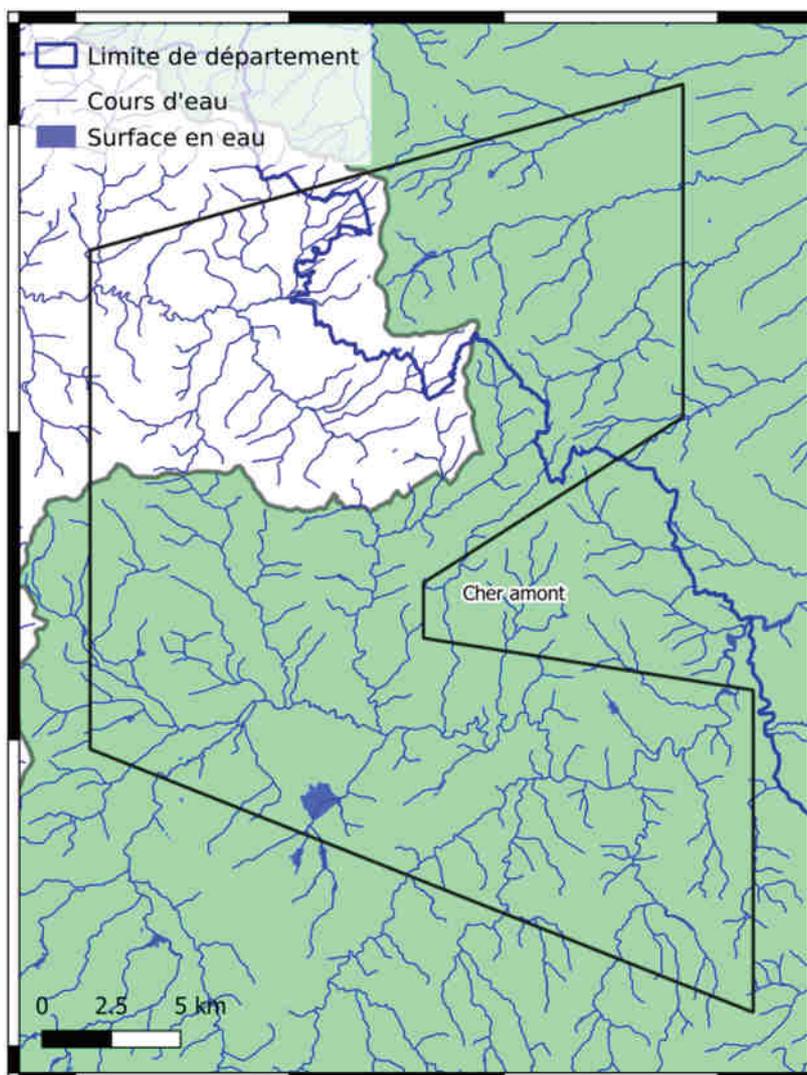


Figure 57: Répartition des SAGE sur le permis

Thèmes	Objectifs	Pages du PAGD	Pages du règlement
Gouvernance	Anticiper la mise en œuvre du SAGE et assurer la coordination des actions	47-48	
	Structurer des maîtrises d'ouvrage sur l'ensemble du territoire	49-52	
	Communiquer pour mettre en œuvre le SAGE	53-55	
Gestion quantitative	Organiser la gestion des prélèvements	56-61	6-8
	Economiser l'eau	62-67	
	Satisfaire l'alimentation en eau pour l'abreuvement en préservant les cours d'eau à l'étiage sur les bassins de la Tardes et de la Voueize	68-70	
	Satisfaire l'alimentation en eau pour l'irrigation en préservant les cours d'eau à l'étiage	71-74	
	Sécuriser et diversifier l'alimentation en eau potable et industrielle	75-77	
Gestion qualitative	Améliorer le fonctionnement des systèmes d'assainissement	78-81	
	Atteindre le bon potentiel de la retenue de Rochebut	82-84	
	Atteindre le bon potentiel écologique sur l'CEII	85-87	
	Atteindre le bon état des eaux sur la masse d'eau du Jurassique supérieur et restaurer une qualité d'eau compatible avec la production d'eau potable	88-91	
	Réduire l'usage des produits phytosanitaires et raisonner leur application	92-95	
Gestion des espaces et des espèces	Atteindre le bon état écologique des masses d'eau	96-100	
	Rétablir la continuité écologique	101-108	
	Limiter l'impact des plans d'eau existants sur cours d'eau	109-113	9-10
	Améliorer la connaissance, gérer et protéger les zones humides et la biodiversité	114-120	11-13
Inondations	Connaître et lutter contre la colonisation des espèces envahissantes (animales et végétales)	121-124	
	Réduire le risque inondation	125-131	

Figure 58: Objectifs du SAGE Cher Amont

Le SAGE veille particulièrement aux milieux aquatiques : eaux douces superficielles et eaux souterraines.

2.6.7.3. Contrats de milieu

Il s'agit d'accords techniques et financiers entre partenaires concernés pour une gestion globale, concertée et durable à l'échelle d'une unité hydrographique cohérente. Définis comme des programmes d'actions volontaires et concertés sur 5 ans avec engagement financier contractuel (désignation des maîtres d'ouvrage, du mode de financement, des échéances des travaux, etc.), ils peuvent être des déclinaisons opérationnelles d'un SAGE. Il peut s'agir de contrat de rivière, de lac, de baie, ou de nappe.

Le territoire du permis n'est concerné par aucun contrat de milieu, ni achevé ni en cours d'élaboration.

2.6.7.4. Zones de Répartition des Eaux

Les zones de répartition des eaux sont des zones comprenant des bassins, sous-bassins, fractions de sous-bassins hydrographiques ou des systèmes aquifères, caractérisées par une insuffisance, autre qu'exceptionnelle, des ressources par rapport aux besoins. Il s'agit d'un zonage réglementaire destinées à permettre une meilleure maîtrise de la demande en eau, afin d'assurer au mieux la préservation des écosystèmes aquatiques et la conciliation des usages économiques de l'eau.

Dans ces zones, les seuils d'autorisation et de déclarations des prélèvements dans les eaux superficielles comme dans les eaux souterraines sont abaissés : les prélèvements d'eau supérieurs à 8 m³/s sont soumis à autorisation et tous les autres sont soumis à déclaration.

La zone du permis sollicité est concernée par une Zone de Répartition des Eaux concernant les bassins versants (bassin du Cher, en bleu Figure 59, décret de 1994), aucune pour les aquifères.

ZRE LOIRE-BRETAGNE - BASSIN HYDROGRAPHIQUE

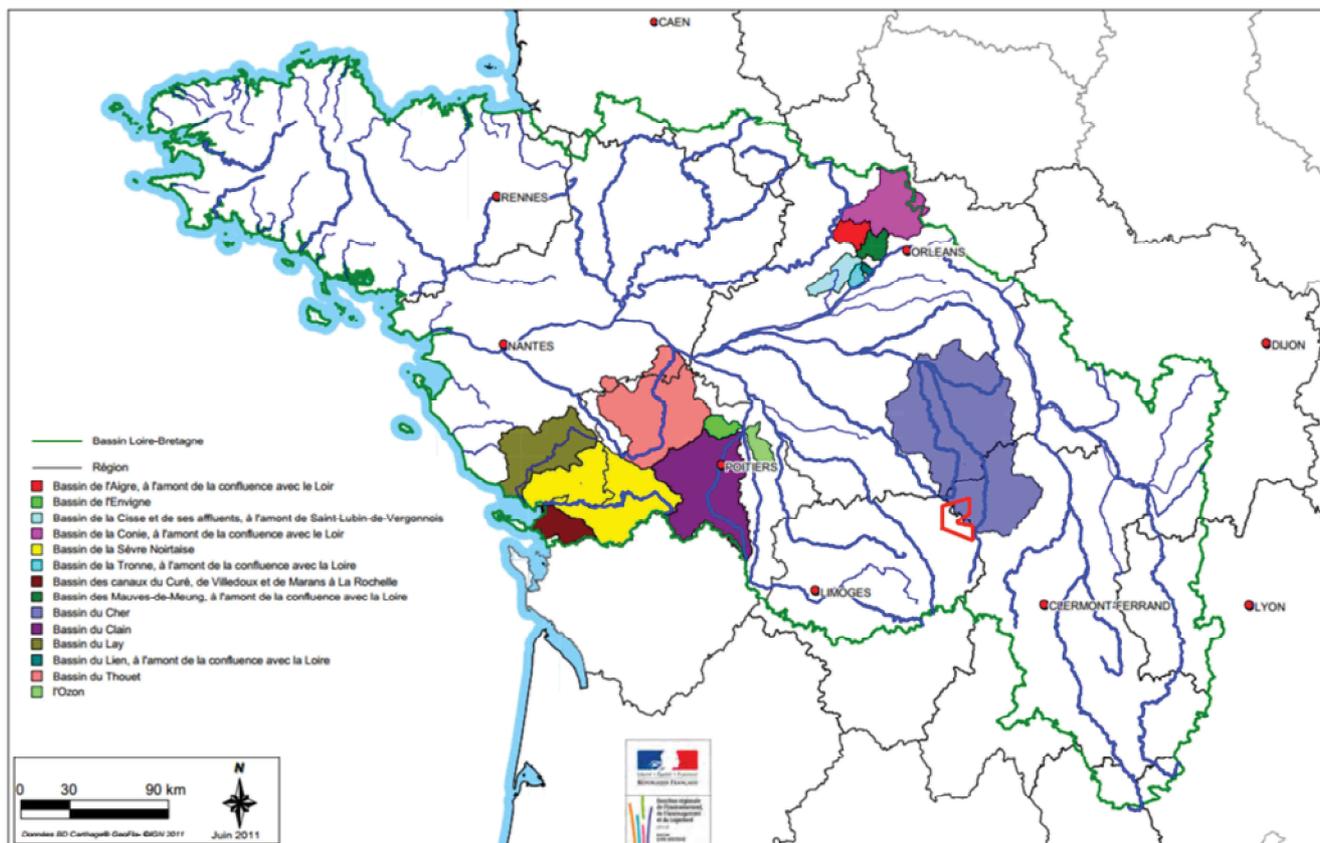


Figure 59 : Carte des Zones de Répartition des Eaux – Bassin hydrographique (DREAL Bassin Loire Bretagne)

ZRE LOIRE-BRETAGNE - SYSTEME AQUIFERE

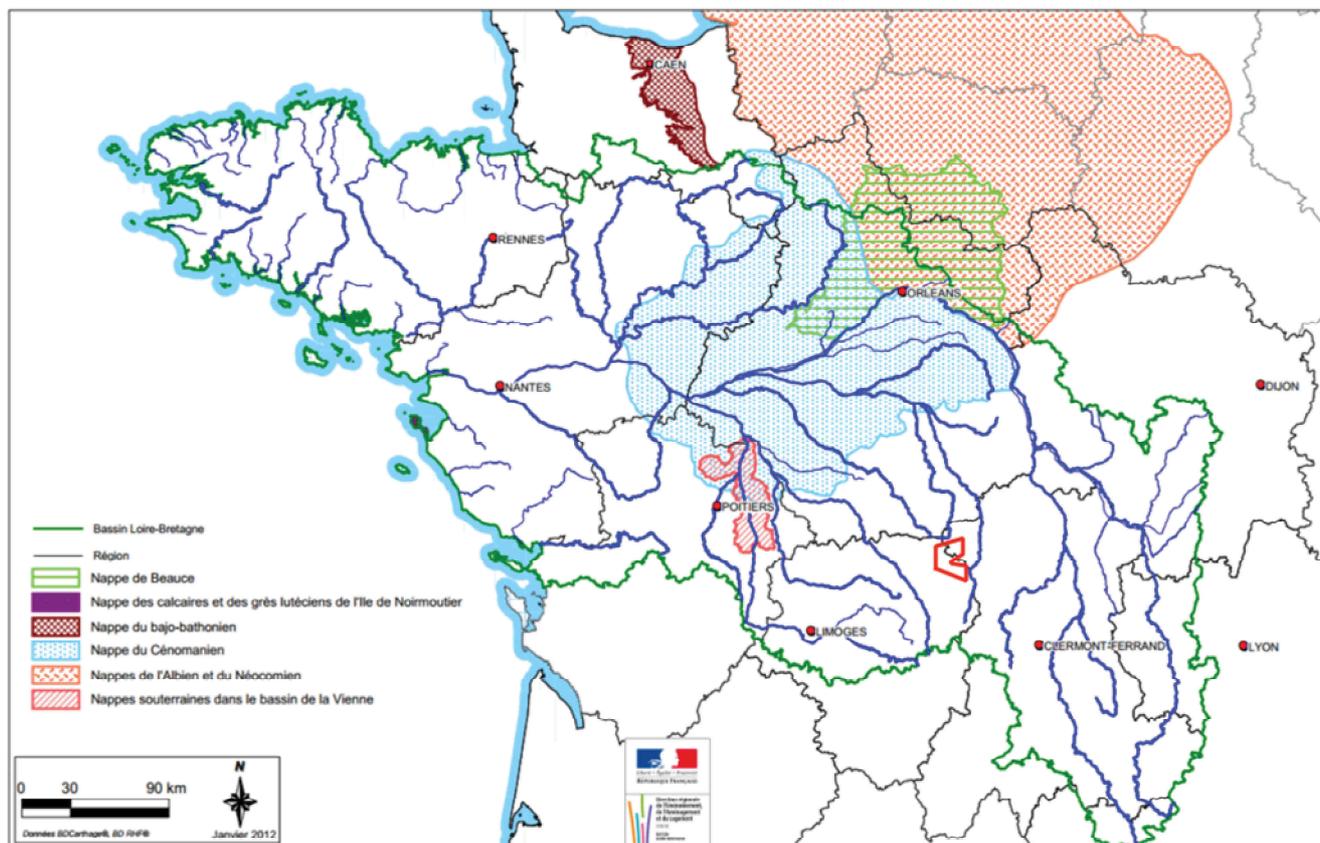


Figure 60 : Carte des Zones de Répartition des Eaux – Systèmes aquifères (DREAL Bassin Loire Bretagne)

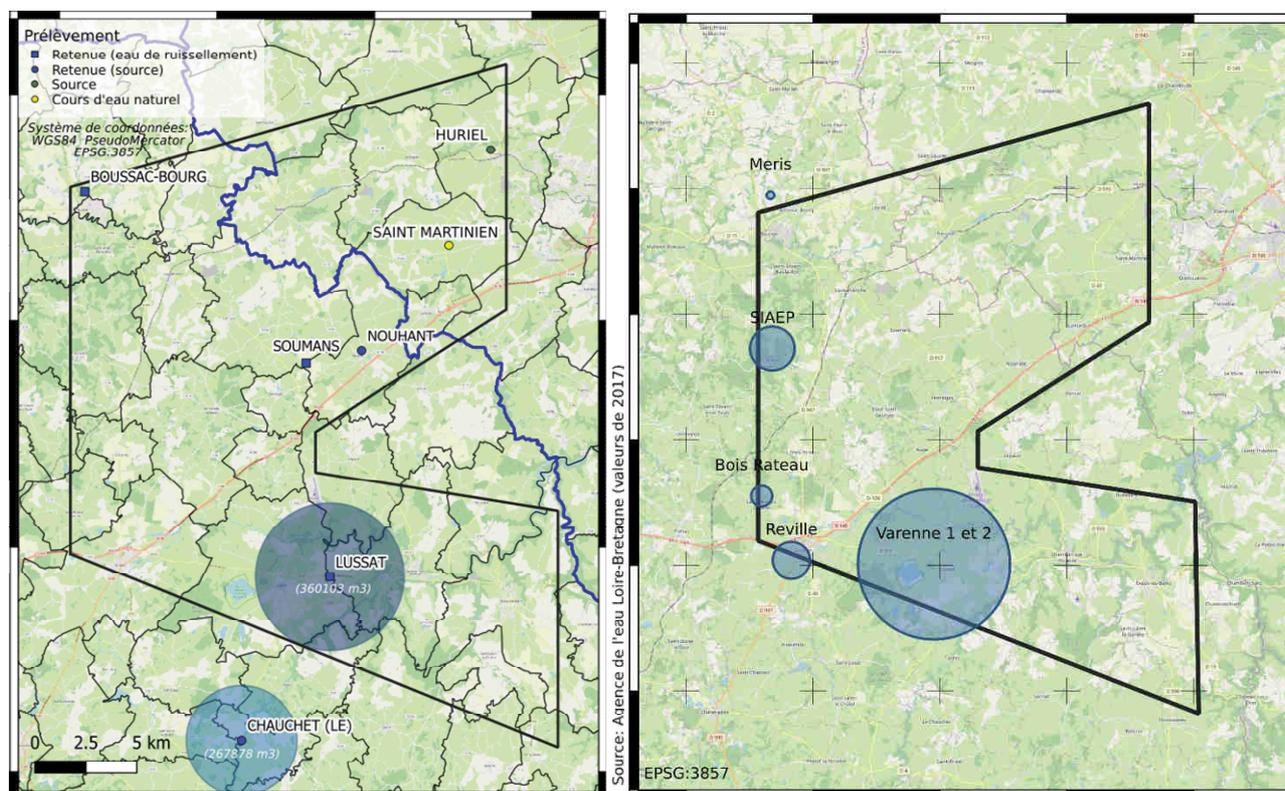
2.6.8. Captages d'eau et gestion de l'Alimentation en Eau Potable

La quasi-totalité de la population du bassin du Cher est desservie par un réseau public d'adduction d'eau potable. Les réseaux de distribution, appelés aussi unités de gestion, sont soit des réseaux communaux, soit des réseaux intercommunaux gérés par des syndicats d'alimentation en eau potable. Ces réseaux peuvent comporter une ou plusieurs unités de distribution, définies en fonction de l'origine de la ressource en eau.

La gestion est exercée soit directement par les collectivités lorsque celles-ci possèdent les moyens financiers et humains suffisants pour sa prise en charge, soit confiée à des compagnies privées, par délégation.

En France, un certain nombre de ces captages possèdent des **périmètres de protection**, rendus obligatoires par la Loi sur l'Eau de 1992. **Avant tout début de travaux de forage notamment, les limites des périmètres de protection des captages AEP doivent être obtenues auprès de l'ARS et aucun travaux ne doit avoir lieu à l'intérieur de celles-ci.** Toutes les mesures nécessaires seront prises pour protéger les ressources en eau potable au sein du territoire du permis.

Les données de prélèvements AEP présentées dans cette partie sont issues de l'Agence de l'Eau Loire Bretagne et sont datées de 2017 et mise à jour avec les données de 2021. Il n'y a pas de prélèvement pour l'irrigation ou l'industrie sur l'emprise du permis.



3. ETUDE DES IMPACTS POTENTIELS DU PROJET

Un tableau synthétique des enjeux, impacts et mesures à considérer sur le territoire du permis sollicité figure en annexe 2 de la notice d'impact et reprend les thématiques liés aux impacts potentiels du projet.

3.1. DESCRIPTION DES ETUDES ET TRAVAUX

3.1.1. LES ÉTUDES GÉOSCIENCES

La première phase du projet va consister en la réalisation d'études géosciences approfondies pour identifier les zones les plus pertinentes pour les travaux de recherche et de prospection.

Ces études ont pour but de déterminer les zones du permis susceptibles d'abriter des ressources profondes d'eaux chaudes exploitables et consistent en une interprétation des données recueillies par différentes méthodes:

- ✓ campagnes de géologie de terrain,
- ✓ méthodes géophysiques,
- ✓ processus et traitements numériques améliorés des données de terrain,
- ✓ résultats de sondages déjà existants,
- ✓ imagerie aérienne ou satellitaire...

Ces études sont effectuées en laboratoire ou en bureaux d'études, ces travaux n'affectent nullement l'environnement.

3.1.2. LES INVESTIGATIONS GÉOPHYSIQUES, GÉOCHIMIQUE ET LE FORAGE

La réalisation d'investigations géophysiques par des méthodes sismiques actives (« sismique réflexion ») n'est pas spécifiquement envisagée dans le cadre de ce projet.

Cependant des investigations géophysiques par des méthodes dites passives sont envisageables notamment :

- ✓ Sondage magnétotellurique,
- ✓ Sondage gravimétrique,
- ✓ Tomographie par bruit sismique (bruit sismique naturel/microsismicité).

3.1.2.1. Sondage magnétotellurique (MT)

La MT est une méthode non-invasive qui utilise les courants telluriques naturels circulant en permanence dans le sous-sol pour sonder celui-ci (MT ou Audio MT). Dans ce cas-là, il s'agit d'une méthode passive.

La méthode peut être déclinée et employée avec une source contrôlée injectant du courant à l'aide de générateur, il s'agit alors d'une méthode active (CSMT/CSAMT).

La mise en œuvre de la MT demande seulement l'installation de deux lignes croisées de fils électriques courants sur le sol, chacune terminée de deux électrodes poreuses posées sur le sol (une à chaque extrémité).

En outre, 3 capteurs magnétiques sont installés dans 3 directions perpendiculaires (2 horizontaux, 1 vertical). Ces capteurs demandent à être enterrés pour être protégés du vent : ceci demande une petite tranchée réalisée à la pioche pour les capteurs horizontaux (1m x 0,2m x 0,2m) et un trou de tarière de 10 cm de diamètre et de 50 cm de profondeur pour le capteur vertical. Ces trous sont rebouchés en fin de mesure.

Cette technique d'exploration géophysique délivre des données et informations (après traitement numérique) sur les variations (contrastes) de résistivité du sous-sol, en utilisant le champ magnétique induit par les courants telluriques. La méthode MT est donc sans impact notable sur l'environnement.

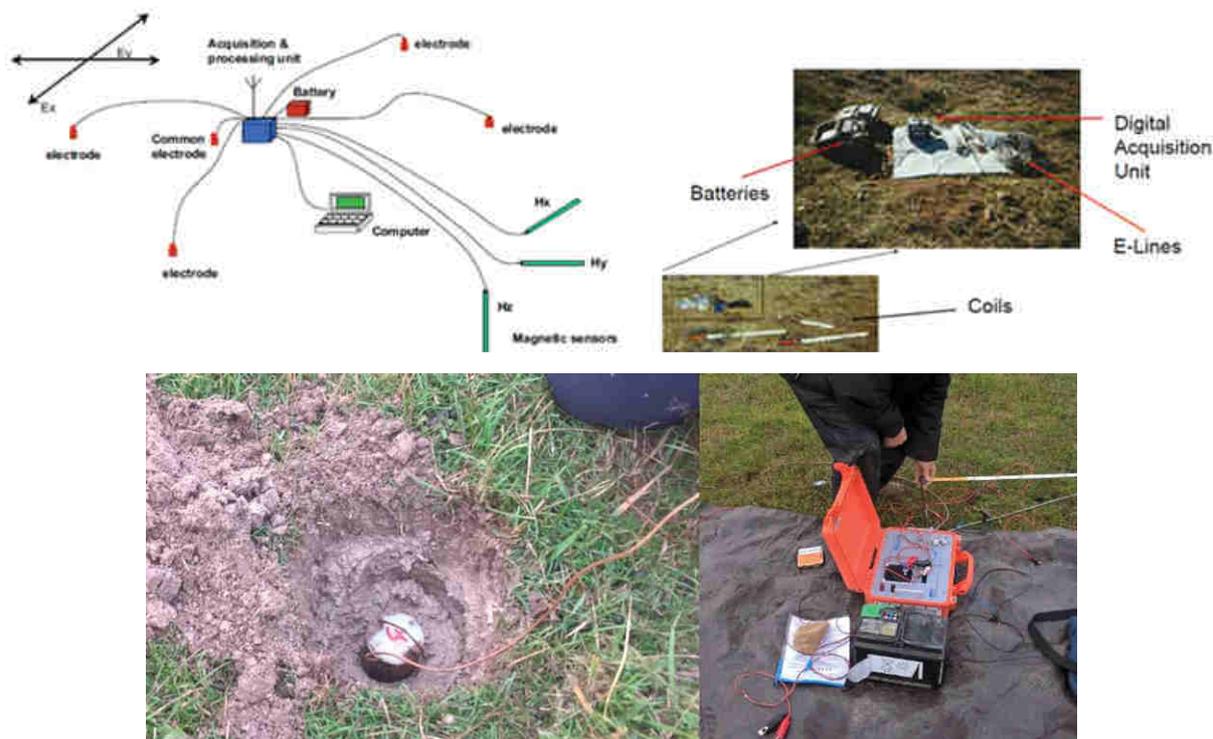


Figure 62 : Dispositif en surface des instruments de MT

3.1.2.2. Sondage gravimétrique

La méthode gravimétrique est passive, c'est-à-dire qu'elle mesure un champ naturel de la Terre, la pesanteur. La mesure gravimétrique n'émet donc aucune onde, vibration, bruit ou autre. La mesure est réalisée à l'aide d'un gravimètre et d'un GPS fonctionnant tous deux sur batteries rechargeables. D'une mesure à l'autre, les déplacements peuvent avoir lieu à pied ou en voiture. Lors de la mesure, le gravimètre est posé au sol et enregistre pendant une à deux minutes le champ de pesanteur. L'environnement n'est en aucun cas perturbé par ce type de mesure.



Figure 63 : Gravimètre (instrument de mesure)

3.1.2.3. Sondage sismique passif

Il s'agit d'une méthode plus couramment utilisée par les sismologues et volcanologues afin d'enregistrer l'activité tectonique du sous-sol.

Cette technique, assez courante dans le monde universitaire permet d'identifier et de localiser en profondeur les microséismes naturels et le bruit de fonds sismique. Les ondes de propagation générées en permanence par les microséismes naturels, le bruit de fonds de la terre liées aux mouvements faibles de certaines failles, ainsi que le bruit microsismique ambiant de certains océans (ondes dites P de compression et ondes S de cisaillement) sont enregistrées en surface par des capteurs sismiques (sismomètres). On mesure les temps de trajet des ondes P et S par rapport à un modèle théorique qui permet de déduire la vitesse des couches traversées par ces ondes.



Figure 64 : Ensemble d'instruments de mesures du bruit sismique et des séismes (station fixe, station mobile, géophone)

3.1.2.4. Acquisitions et études géochimiques

Les acquisitions géochimiques vont consister à :

- mesurer les quantités de gaz qui s'échappent naturellement du sous-sol (CO₂, H₂, Hélium par exemple), à l'aide de capteurs dédiés disposés en surface. Aucun impact sur l'environnement ou le milieu humain
- échantillonner les sources naturelles d'eaux thermo-minérales afin d'analyser leur composition (géothermométrie en laboratoire par exemple). Aucun impact sur l'environnement ou le milieu humain.



Figure 65 : Instrument de mesures du CO₂ s'échappant naturellement du sous-sol.

3.1.2.5. Le forage

Les travaux liés au forage s'enchaîneront en trois étapes résumées ci-dessous :

- Etape n°1, les travaux de génie civil préparatoires :
 - les plates-formes des puits sont conçues pour recevoir l'ensemble des équipements et permettre la circulation des engins de transport et de manutention par toutes conditions climatiques, ces travaux permettent de préparer le terrain à accueillir la machine de forage et ses modules.
 - La réalisation d'un avant trou de quelques dizaines de mètres est en général effectué pendant cette phase par une entreprise spécialisée et sous le contrôle de STORENGY, c'est une étape nécessaire avant l'installation de l'appareil de forage.
- Etape n°2, le forage : il sera réalisé à l'aide d'une machine de forage (ou rig de forage) qui sera sélectionnée en fonction de la profondeur et de l'architecture du forage.
 - Montage de la machine ;
 - Réalisation du forage : construction de l'ouvrage et réalisation des mesures (diagraphies, tests, prélèvement d'eau, éventuellement carottage) ;
 - Démontage de la machine.
- Etape n°3, les travaux de génie civil de fin de chantier: pour remettre en conformité la chaussée de la plate-forme.

Les étapes n°1 et 3 représentent des travaux de génie civil sur de courtes durées (2/3 semaines).

L'étape n°2 est réalisée à l'aide d'une machine de forage de type rotary dont le schéma est présenté ci-dessous :

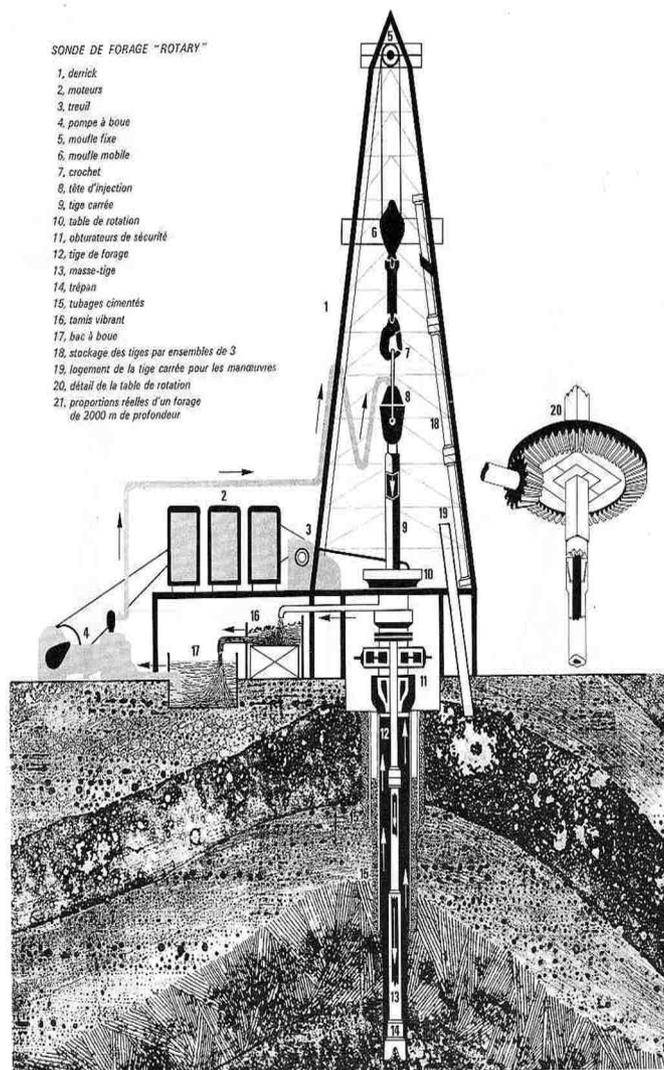


Figure 66: Sonde de forage rotary (document ENSPM)

Le forage rotary repose sur trois fonctions principales: (1) la fonction levage, (2) la fonction rotation et (3) la fonction pompage :

- (1) La fonction levage est assurée via le mât de forage. Le mât est la superstructure métallique montée à l'aplomb du puits qui permet la manutention des tiges et soutient leur poids. (utilise un trépan (ou outil) à dents ou monobloc sur lequel on applique une force procurée par un poids, tout en l'entraînant en rotation
- (2) Le mouvement de rotation est obtenu en surface via une table de rotation (installée au niveau du plancher de forage) ou un dispositif installé dans le mât de forage (de type topdrive). Dans ce cas, l'ensemble du train de tiges est entraîné en rotation. Le mouvement de rotation peut également être obtenu directement au niveau de l'outil via un moteur de fond. Dans ce cas seul ce dernier est entraîné en rotation (technique notamment utilisée dans le cadre du forage dirigé).
- (3) La fonction pompage est assurée par les pompes de forage. On injecte en continu un fluide dans les tiges de forage. Ce dernier arrive au niveau du trépan et emporte les débris de forage hors du trou grâce au courant ascensionnel du fluide vers la surface. Le poids appliqué sur l'outil est fourni par les masses-tiges vissées au-dessus de l'outil et prolongées jusqu'en surface par les tiges de forage (simples tubes vissés entre eux) qui assurent la transmission du mouvement de rotation et la canalisation du fluide de forage.

Le fluide de forage, constitué d'un mélange d'eau et de bentonite (argile naturelle) est utilisé en circuit fermé et injecté par une pompe à haute pression. Il assure la remontée des déblais produits par l'action des dents l'outil de

forage. Il contribue au soutien des parois du puits et maintient en place, par pression hydrostatique, les fluides présents dans les terrains perméables.

Le puits est foré par intervalles (ou phases) de diamètres décroissants et concentriques. A la fin de chaque phase, un tubage en acier est mis en place dans le puits puis cimenté à l'extrados si possible jusqu'à la surface. En général, deux ou trois phases de forage sont nécessaires pour atteindre l'objectif fixé.

La machine est constituée de plusieurs modules, l'ensemble est démontable et transportable par la route sur des semi-remorques, d'un site à l'autre, en une cinquantaine de colis de quelques dizaines de tonnes pour les plus lourds. Des grues automotrices sont utilisées pour les opérations de montage et de démontage, et épisodiquement pendant la durée du chantier.



Figure 67 : Machine de forage installée en 2014 sur le puits d'Arcueil (94)

On notera que le forage ne sera réalisé qu'en cas de conclusions positives des études de géosciences et géophysiques préalables.

Le cas échéant, la réalisation du forage sera conditionnée à l'obtention d'une Autorisation d'Ouverture de Travaux conformément au **Code Minier**, au **décret n°2006-649 du 2 juin 2006** (art.3, art. 6 notamment), et au **décret n° 2016-1303 du 4 octobre 2016 relatif aux travaux de recherches par forage et d'exploitation par puits de substances minières, et abrogeant l'annexe intitulée « Titre Recherche par forage, exploitation de fluides par puits et traitement de ces fluides » du décret n° 80-331 du 7 mai 1980 portant règlement général des industries extractives** ; c'est une procédure instruite par les services de l'Etat (Préfecture et DREAL). Cette procédure comprend une étude d'impact qui fait partie intégrante du dossier de demande d'Autorisation d'Ouverture de Travaux et d'une étude d'incidence sur la ressource en eau.

3.2. ÉTUDE DES IMPACTS SUR LE MILIEU PHYSIQUE

Comme évoqué précédemment, les impacts sont principalement liés aux travaux de forage.

Biens et patrimoine culturel

Les travaux peuvent donner lieu à la découverte de vestiges archéologiques lors de l'aménagement des plateformes qui ont en général des surfaces de 4000 à 8000 m² environ.

En effet, leur création nécessite le décapage des terres arables et stériles sur 30 cm d'épaisseur. La plupart des emplacements de surface se trouve sur des terres d'élevage ou en culture, ce qui rend peu probable une découverte lors du décapage. Sur ces plateformes peuvent être également aménagés des bassins destinées à accueillir les fluides géothermaux des phases de tests (pompage, essais), et également les boues de forage. Cependant certaines opérations de forage peuvent se faire à l'aide de réservoirs préfabriqués amenés sur place (cuves).

La proximité de zones sensibles (sites archéologiques, monuments classés, ...) sera étudiée avant le début des travaux. Dans cette éventualité, un éloignement plus important sera choisi. Cependant, le Service Vestiges Archéologiques de la DRAC (Direction Régionale des Affaires Culturelles) sera contacté au préalable et présent lors des opérations de décapage des terrains.

Enfin, pendant les travaux, les éventuelles découvertes fortuites de vestiges archéologiques seront immédiatement déclarées au maire de la commune concernée (Titre III de la Loi du 27 septembre 1941 portant réglementation des fouilles archéologiques).

Réglementation

Dans tous les cas, l'ouverture des travaux de recherches, et notamment la réalisation d'un forage d'exploration se fera, le moment venu, dans le respect de toutes les contraintes environnementales, règlementaires et des dispositions du décret de police des mines n° 2006-649 du 6 juin 2006 (pris en application de l'article L162-1 du code minier) et notamment celles fixées à l'article 3 - alinéa 3 qui soumet à autorisation préfectorale la réalisation de tels travaux avec notamment une enquête publique et la fourniture d'une étude d'impact.

Cette étude prévoit les points résumés ci-dessous qui correspondent aux points classiquement traités dans le cadre des demandes d'autorisation d'ouverture de travaux de forage :

- ✓ rappel du contexte : justification, contexte local, socio-économiques, monuments classées, espaces verts ;
- ✓ une description du site et de son environnement (état initial) : situation, description, foncier, accès, paysage, qualité du sol et de l'air, risques, urbanisme et réseaux ;
- ✓ une analyse des impacts temporaires et permanents du projet ;
- ✓ mesures destinées à supprimer, atténuer, ou compenser les effets négatifs ;
- ✓ incidence des travaux sur la ressource en eau ;
- ✓ incidence sur les espaces Natura 2000 ;
- ✓ aspects économiques des mesures de suppression, atténuation ou compensation des impacts

Implantation

Le site sera sélectionné de façon à limiter les impacts éventuels, il sera notamment positionné à distance des habitations afin d'éviter certaines nuisances comme le bruit. Il pourrait par ailleurs être implanté dans des zones d'activités industrielles ou tertiaires si des besoins thermiques étaient identifiés.

3.3. ÉTUDE DES IMPACTS SUR LE MILIEU NATUREL

Les investigations géophysiques par des méthodes légères (magnétotellurie, gravimétrie et tomographie sismique passive) n'ont dans la pratique aucun impact sur le milieu naturel.

3.3.1. Paysage

Au niveau du paysage, seule une opération de forage peut engendrer une gêne lors des phases d'exploration. En effet, le mât de l'installation de forage peut constituer une gêne temporaire en raison de sa hauteur (30 à 55 m). Hormis la signalisation du mât, l'installation lumineuse pour le travail de nuit est systématiquement dirigée vers l'intérieur du site et centrée essentiellement sur le plancher de forage. De même, l'empierrement de la plate-forme la rendra plus visible par rapport aux parcelles adjacentes (d'élevage, de culture ou boisées) si elle est implantée en campagne.

Ainsi la recherche d'implantations favorables tiendra compte de ces facteurs tout en restant compatible avec l'objectif géologique, les besoins thermiques locaux ou encore les contraintes de raccordement au réseau électrique.

En général, l'impact visuel d'un forage d'exploration est de courte durée et ne dépasse pas 3 à 4 mois, la durée prévue pour les travaux de forage et les tests qui suivent. A la fin des travaux, si le forage est conservé en vue d'une éventuelle mise en exploitation, seule subsistera la tête de puits dont l'impact visuel sera minime. En cas de succès des tests, un deuxième forage peut avoir lieu sous les mêmes conditions.

3.3.2. Ecosystèmes

Les travaux de forage auront lieu à l'extérieur de toute zone de protection notamment faunistique et floristique.

Concernant la faune, les impacts seront limités aux environs immédiats du site de la plateforme. Un effet résiduel limité peut donc se produire sur le lieu même de la plateforme, correspondant à une perte d'habitat. Par ailleurs, d'un point de vue général, il faut s'attendre à ce que les animaux sauvages évitent le site en raison des niveaux de bruit et d'activité durant le déroulement des opérations. Toutefois, l'impact sur la faune sauvage locale sera limité à la durée du chantier, soit 3 à 4 mois, et il n'y aura pas d'impact résiduel à la fin des travaux.

Concernant la flore, un défrichage des accès et de l'emplacement de la plate-forme sera nécessaire, nécessitant éventuellement l'élagage ou la coupe de quelques arbres et le défrichage de la végétation présente. **En cas de nécessité de défricher un boisement, une autorisation préalable sera déposée auprès de l'administration lors du dépôt du dossier de travaux.**

Dans tous les cas, au plan de la protection de la flore et de la faune, les administrations compétentes en particulier l'Office National des Forêts, seront contactées au préalable. Les dégâts causés aux forêts sous gestion de l'ONF seront indemnisés en application du barème de cet organisme.

Concernant le volet espèces protégées, il sera approfondi avant le dépôt d'un dossier de demande d'autorisation d'ouverture de travaux minier. Un dossier espèces protégées serait déposé si nécessaire, avec des mesures de compensation (dossier CRSPN ou CNPN).

3.3.3. Sols

L'impact sur les sols va résulter du nivellement et du défrichage éventuels nécessaires pour installer la dalle de béton de la plate-forme ainsi que du creusement de plusieurs bassins (bourbiers, bassins à eau) nécessaires à l'activité de forage. Les travaux de nivellement et d'aménagement du site seront limités à l'emprise de la plate-forme, soit une surface de 4000 à 8000 m² au maximum. L'inventaire des zones sensibles (conduites diverses, câbles) permettra d'éviter toute fausse manœuvre à conséquences environnementales. Les bassins seront quant à eux tapissés de films plastiques étanches pour empêcher d'éventuelles infiltrations. **Le projet prendra en compte le risque minier en s'implantant en dehors des zones identifiées à risques.**

Le site sera remis en état en fin de chantier, lors d'une phase de travaux spécifiques. On notera également que le programme de travaux sera élaboré en tenant compte de la possibilité de traverser un aquifère superficiel sensible. Dans un tel cas, les mesures de protection des ressources adéquates seront prévues et présentées dans le dossier de déclaration de travaux.

3.3.4. Circulation routière

L'aménagement d'une plate-forme nécessitera deux à trois engins/véhicules pour le terrassement du site. D'autre part, l'apport des matériaux sur le site (graviers, béton, etc.) va nécessiter des mouvements de camions dont le nombre est évalué entre 15 à 30 selon le volume et la configuration du site.

Ensuite, les opérations d'installation et de repli du chantier de forage vont entraîner la circulation de véhicules lourds transportant du matériel pendant une période brève (environ 10-15 jours). Au total, entre 90 et 100 convois seront nécessaires. Cette augmentation de trafic s'observera uniquement pendant la journée. L'installation des équipements sur site peut prendre dix jours selon le cas. Par la suite, pendant la durée des travaux de forage et de complétion, la circulation sera limitée à quelques camions par semaine et aux déplacements des personnes travaillant sur le chantier en particulier au moment de la relève de l'équipe de jour par celle de nuit soit environ huit à dix véhicules par jour, ce qui n'entraînera pas de nuisance susceptible de nuire à la tranquillité des habitations avoisinantes. Ainsi, la circulation d'engins lourds nécessaires à l'implantation, à l'installation et au repli du chantier ne durera que quelques jours au début et à la fin des travaux. Le trafic de nuit sera généralement proscrit.

Toutes les précautions nécessaires seront prises pour signaler une éventuelle modification de voirie causée par le chantier. Le cas échéant, les services compétents de l'état, et notamment la Direction Départementale des Territoires (DDT) seront consultés.

Enfin, on soulignera que les articles L131-8 et L 141-9 du code de la voirie routière imposent aux exploitants de mines des contributions spéciales en vue de réparer les éventuelles dégradations causées aux routes départementales et/ou aux voies communales.

3.3.5. Air et climat

En phase de forage, les seules odeurs dégagées par le chantier sont les gaz d'échappement des moteurs diesels utilisés pour entraîner les pompes, les treuils et la table de rotation. Ces odeurs, peu gênantes, se dispersent sur un rayon d'action relativement faible. La connaissance de la direction et la force des vents dominants permettra d'implanter le chantier « sous le vent » par rapport aux habitations avoisinantes, dans la mesure des possibilités techniques.

Au moment des essais de production, d'éventuelles venues d'hydrocarbures (gaz, pétrole) peuvent se produire, mais plutôt généralement dans les contextes de bassins sédimentaires, plus exceptionnellement dans les domaines de socle comme c'est le cas pour ce projet.

Ces venues seront contrôlées par les équipes de forage, qui dirigeront immédiatement le gaz vers une torche et l'huile dans une fosse de brûlage puis vers une raffinerie. La mise en œuvre éventuelle de ces dispositifs sera assurée par les équipes de forage qui sont spécifiquement entraînées à cet effet. Des systèmes de vannes de sécurité manipulables à une distance de 30 mètres seront également installés en cas de dégagement intempestif.

De plus, une unité de traitement du H₂S éventuellement présent dans les venues de gaz sera installée en surface et fonctionnera pendant toute la durée des opérations.

3.4. ÉTUDE DES IMPACTS SUR LE MILIEU HUMAIN

Les investigations géologiques et géophysiques n'ont dans la pratique aucun impact sur le milieu humain. Dans cette partie sont donc présentés les impacts d'un forage.

3.4.1. Bruit

Définitions

- ✓ Bruit d'ambiance

C'est un bruit en un lieu donné, résultant de l'ensemble des bruits à caractère quasi-stationnaire pendant la période d'écoute ou de mesure due au rayonnement de l'ensemble des sources considérées comme faisant habituellement partie de l'environnement de l'endroit considéré.

- ✓ Bruit perturbateur

Il s'agit d'un bruit lié soit à l'apparition de sources sonores qui ne font pas partie habituellement de l'environnement, soit à la modification d'une ou des sources habituelles et qui, pour diverses raisons se distingue du bruit ambiant.

- ✓ Bruit de fond

C'est le niveau de pression acoustique minimal moyen du bruit d'ambiance, en l'absence du bruit perturbateur.

Identification des incidences

D'une manière générale, l'impact des bruits générés par un chantier de forage est principalement conditionné par les facteurs suivants :

- ✓ la puissance des appareils (forage et complétion) utilisés,
- ✓ la distance des habitations,
- ✓ la configuration générale du relief, des écrans naturels ou artificiels constituant le site,

- ✓ l'humidité relative du site,
- ✓ la force et la direction des vents au moment des opérations.

Le tableau ci-dessous récapitule les mesures de bruit d'ambiance effectuées sur différents sites d'une manière générale dans leur état initial.

Valeurs moyennes en dB(A)		
	jour	nuite
Milieu rural	42 à 52	25 à 30
Milieu résidentiel	45 à 58	25 à 35
Milieu sururbain	45 à 65	25 à 38
Ville moyenne	65 à 75	40 à 45
Paris	70 à 80	45 à 50

Tableau 11 : Valeurs moyennes de bruits d'ambiance

Il faut néanmoins noter que dans les milieux ruraux, la circulation sur les routes départementales voisines est génératrice de bruit qui, s'il est considéré comme bruit d'ambiance le jour, peut devenir bruit perturbateur la nuit.

Les opérations de forage, de complétion et de construction sont sources de bruits dont les origines sont les suivantes :

- ✓ bruits continus des moteurs diesel entraînant les groupes électrogènes, les pompes d'injection de boue, la table de rotation ou le treuil de levage des appareils,
- ✓ bruits discontinus liés à la manutention de la garniture métallique au niveau du plancher et des racks de stockage de la sonde, ainsi que les chocs métalliques liés à la remontée et à la descente des trains de tiges,
- ✓ bruits des véhicules d'approvisionnement du chantier.

La réglementation sur les bruits de voisinage s'imposera. Des mesures seront prises pour limiter les nuisances sonores des travaux ; ces mesures sont précisées dans les dossiers de demandes d'autorisation de travaux de forage.

3.4.2. Circulation et flux de matières

Traitement et mode de rejet des déchets

Les travaux de forage, de complétion et de construction des installations vont entraîner des déblais divers : sacs plastiques, cartons d'emballage, palettes, tubes, bidons, pièces mécaniques etc. Sur le chantier, un tri sélectif sera mis en place et les déchets seront répartis comme suit :

- ✓ Plastiques, cartons, palettes,
- ✓ Eléments acier (tubes, bidons, pièces mécaniques),
- ✓ Déchets dits "ménagers".

La valorisation se fera selon le principe suivant

- ✓ Les palettes en bois sont reprises par le fournisseur, ou réutilisées localement par le Maître d'Ouvrage,
- ✓ Les tubes ou autres éléments métalliques seront entreposés en benne et évacués vers un centre de tri et de recyclage,
- ✓ Les bidons ayant contenus diverses huiles seront repris par l'entrepreneur (utilisateur) pour nettoyage et broyage en vue d'être recyclés.

Les déchets générés par la prise de repas du personnel sur site, seront déposés dans une benne qui sera périodiquement enlevée et son contenu évacué vers un centre de stockage agréé, conformément à la loi du 15 juillet 1975.

Traitement et mode de rejet des déblais de forage

Pour les déblais provenant de la phase aqueuse, un traitement avec tamis vibrant linéaire et une centrifugeuse est préconisé. Les déblais seront transportés à l'aide d'une bande transporteuse vers une benne de récupération, et seront ensuite évacués dans un centre de traitement agréé (Site de stockage de classe 2). Des tests de lixiviation des boues solidifiées seront réalisés par un organisme agréé afin d'assurer que le traitement respecte les normes en vigueur.

Traitement et mode de rejet des boues de forage

Le programme de forage générera des volumes de boues et de déblais en fonction de la profondeur et des diamètres de forage. Les boues produites seront traitées sur place puis évacuées vers un site agréé.

Traitement des fosses septiques

Des sanitaires mobiles seront loués pour la durée du chantier. Les fosses septiques et les eaux usées seront vidangées périodiquement par des entreprises spécialisées et ces installations n'occasionneront aucun impact supplémentaire.

3.4.3. Économie locale

Les propriétaires terriens ou les exploitants des parcelles concernées par les travaux vont subir une perte temporaire de l'usage de leur terrain sur une surface limitée à 4000 à 8000 m².

Très en amont d'une opération de forage, les collectivités, les propriétaires ou usagers du sol du secteur géographique ciblé, seront contactés afin de les informer du projet. Des rencontres entre les propriétaires et usagers du sol auront lieu pour trouver des modalités de mise en œuvre du projet en matière de foncier.

En accord, les parcelles définitives et les passages à emprunter seront déterminés, en tenant compte des contraintes techniques, de manière à minimiser la gêne pour toutes les parties prenantes.

Les exploitants agricoles seront systématiquement et rapidement indemnisés des dégâts éventuellement causés par le passage des engins de chantier en application d'un barème qui a reçu l'approbation des Chambres d'Agriculture. Le propriétaire et/ou l'exploitant de l'emplacement de la plate-forme sera également dûment indemnisé pour la perte d'usage de son terrain en application des barèmes en vigueur.

Le terrain sera remis en état à la fin des travaux, et à cet effet, un état des lieux sera réalisé avant l'installation du chantier et après son démontage. Tout dégât causé au site par l'implantation de la plate-forme sera également indemnisé en accord avec les barèmes en vigueur.

En dehors de l'achat de la parcelle, différents types de convention d'occupation de terrain sont aussi possibles :

Convention d'occupation des plates-formes de forage

Cette convention d'occupation temporaire d'une durée maximale de 35 ans prévoit la restitution du terrain à sa vocation d'origine et à son état initial à l'abandon du puits. Les barèmes d'indemnisation pour le propriétaire sont basés sur la valeur vénale du terrain, majorée d'une indemnité de réemploi et une somme complémentaire pour couvrir les taxes foncières pendant la période d'occupation. L'exploitant est indemnisé à la prise de possession par paiement de la culture en place plus des primes compensatrices, un paiement anticipé des récoltes à venir après restitution, un paiement pour la restitution physique et chimique du sol plus un montant d'éviction. Ces montants sont indexés sur la base des barèmes en vigueur.

Convention de servitude pour les réseaux

Cette convention d'une durée de 35 ans est basée sur la gêne occasionnée par la pose de réseaux enterrés en terre agricole. Le propriétaire est indemnisé sur la base de la valeur vénale du terrain multipliée par la surface de la servitude. L'exploitant est indemnisé sur la base de l'emprise des travaux utilisée pour la pose de réseaux, la récolte en cours plus une remise en état du sol et la perte de récolte.

3.5. ÉTUDE DES IMPACTS SUR LES AUTRES USAGES

Il n'y a pas d'impact sur les autres usages concernant les investigations géologiques et géophysiques. Seule une opération de forage peut en avoir.

3.5.1. Micro sismicité induite et aléa sismique

Les techniques qui seront mises en œuvre intégreront le potentiel sismique naturel existant (étude géologique amont). Un des objectifs de cette exploration est la découverte de réservoirs et drains suffisamment perméables à l'état naturel (utilisation de la fissuration naturelle). Aucuns travaux par fracturation hydraulique ne seront mis en œuvre (injection d'eau à très forte pression).

Surveillance sismique

Concernant l'aléa sismique, un réseau de sismomètres sera déployé pendant les opérations de forage, mais aussi pendant l'exploitation à long terme d'une centrale géothermique pour observer la microsismicité naturelle et induite par les activités de pompage et réinjection. Ce réseau complètera le réseau national qui peut exister localement. En phase d'exploitation, des standards de surveillance existent (cf. Région Grand-Est ex Alsace) qui préconise ou oblige de ralentir ou arrêter les activités géothermiques en cas de dépassement d'une magnitude donnée d'un ou plusieurs micro-événements sismiques. Ces standards pourraient être discutés et adaptés avec l'administration localement.

3.5.2. Radioactivité naturelle

Le fluide géothermal riche en éléments minéraux en remontant en surface peut faire l'objet de dépôts minéraux qui piègent des radioéléments. Des analyses seront réalisées sur l'eau géothermale pour évaluer et prendre les mesures adaptées sur l'exploitation en conséquence. En phase d'exploitation, si des radioéléments sont présents dans les fluides, même en très petites quantités, les opérateurs appliqueront les protocoles adaptés pour protéger les travailleurs, visiteurs, et les milieux naturels et humains de manière générale.

3.6. ÉTUDE DES RISQUES VIS-À-VIS DE LA SANTE HUMAINE

Les levées et sondages géophysiques n'ont pas de risques connus sur la santé humaine. Concernant l'installation du chantier de forage ou de l'exploitation d'une centrale géothermique, toutes les mesures nécessaires pour assurer la sécurité des travailleurs du site et des populations environnantes seront prises. Ainsi, dès le début des travaux, l'emplacement du forage sera entièrement clôturé et son accès interdit au public. Des panneaux expliquant les travaux en cours seront apposés en périphérie du site pour informer les populations. Les clôtures perdureront en cas de construction d'une centrale.

Tous les travaux qui seront effectués à proximité ou au droit de la plate-forme de forage seront réalisés par des entreprises habilitées et qui se conformeront aux règles de sécurité en vigueur afin d'assurer la sécurité du personnel.

L'entrepreneur de forage sera soumis aux obligations résultant des lois et règlements relatifs à la protection de la main d'œuvre et aux conditions de travail. Il sera tenu :

- ✓ d'assurer la discipline et la sécurité sur les chantiers et leurs abords de manière à éviter les accidents, tant à l'égard du personnel qu'à l'égard des tiers ;
- ✓ d'observer toutes les règles administratives et professionnelles inhérentes à son activité et notamment les consignes de la Chambre Syndicale de la Recherche et de la Production de Pétrole et du Gaz Naturel ainsi que celles relatives aux textes suivants :
 - Code Minier notamment son chapitre II du titre IV :
 - décret n° 80 330 du 7 mai 1980 relatif à la Police des Mines et des Carrières,
 - décret n° 80 331 du 7 mai 1980 portant Règlement Général des Industries Extractives (RGIE) et le règlement joint à ce décret,
 - décret n° 76 48 du 9 janvier 1976 relatif à la protection du personnel contre les courants électriques dans les Mines et les Carrières,
 - décret n° 59 285 du 27 janvier 1959 portant règlement d'exploitation des Mines autres que les Mines de combustibles minéraux solides et les Mines d'hydrocarbures exploitées,
 - sondages et notamment les articles 4 et 23 inclus, 273 et 275,
 - Code du travail articles L7II.5 à L7II-12 et D7II-1 à D7II-20,
 - Les arrêtés ministériels pris en application des textes susvisés.

L'entreprise de forage sera ainsi tenue :

- ✓ D'assurer l'éclairage du chantier, sa signalisation tant intérieure qu'extérieure ainsi que l'entretien de la clôture ;
- ✓ De prendre toutes les précautions nécessaires pour éviter que les travaux ne causent un danger aux tiers, notamment pour la circulation publique si celle-ci n'a pas été déviée ;
- ✓ De prendre toutes les dispositions utiles pour assurer l'hygiène des installations de chantier destinées au personnel et notamment la protection individuelle contre d'éventuelles émanations de gaz (H₂S, CnHn, CO₂...) ;
- ✓ D'afficher en permanence le plan d'hygiène et de sécurité dans les différents bâtiments du chantier.

Dans cet objectif, l'entreprise établira un document unique conformément à la réglementation ainsi qu'un PPSPS (Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé) soumis à approbation préalable.

Enfin, des fiches d'intervention spécifiques aux principaux risques identifiés seront établies et diffusées :

- ✓ En cas de présence de gaz dans les regards des forages : le personnel sera équipé de détecteurs de gaz. Préalablement à toute intervention sur les forages, les tampons seront préalablement ouverts pour renouveler l'air intérieur. Les interventions se feront par équipe de deux personnes au minimum.
- ✓ En cas de risques liés à l'électricité : Le personnel intervenant sera habilité. En cas d'intervention sur les équipements de pompage, l'installation sera mise hors tension.

Toutes les entreprises intervenant sur les installations seront soumises à ces règles strictes en matière de sécurité. Dans ce but, un document unique pour la maintenance et les interventions sur les forages sera élaboré.

3.7. REMISE EN ÉTAT DU SITE

Deux cas sont à envisager selon les résultats obtenus à l'issue d'une opération de forage et des tests.

3.7.1. Cas d'un puits productif

En cas de succès sur un puits d'exploration, celui-ci pourra alors devenir un puits de production ou d'injection d'une future centrale géothermique.

En cas de résultats positifs, il sera alors procédé au dépôt d'un dossier spécifique de « Demande d'autorisation d'exploitation » ou « Demande de concession ».

3.7.2. En cas de résultats défavorables

Si les tests sont négatifs, le puits sera bouché selon les règles de l'Art ; le programme de bouchage sera, préalablement soumis aux services compétents de la DREAL pour accord.

Programme d'abandon type :

La fermeture d'un puits représente une série d'opérations destinées à restaurer l'isolation des différents niveaux perméables à débit potentiel au moyen de bouchons de ciment avec les objectifs suivants :

- ✓ Isolement des niveaux-réservoirs dans le découvert
- ✓ Isolation du découvert
- ✓ Isolement des annulaires non cimentés

Ces bouchons de ciment doivent empêcher la circulation des fluides entre les niveaux perméables, interdire toute possibilité de fuite au jour des effluents, prévenir la pollution et protéger les niveaux aquifères.

Considérés comme une barrière fiable dans le temps, leur volume minimum doit être de 1 m³ et leur hauteur de 50 m minimum. La qualité de la cimentation est assurée par le contrôle des paramètres suivants :

- ✓ Continuité de l'injection
- ✓ Bilan des volumes
- ✓ Densité du laitier
- ✓ Nature d'additif
- ✓ Evolution des pressions

A la fin des opérations de fermeture, un rapport d'activité et d'état du puits abandonné sera élaboré et transmis aux autorités compétentes.

4. ÉTUDE DES INCIDENCES SUR LA RESSOURCE EN EAU (FORAGE)

Un tableau synthétique des enjeux, impacts et mesures à considérer sur le territoire du permis sollicité figure en annexe 2 de la notice d'impact, et reprend la thématique sur les incidences sur la ressource en eau.

Les mesures de réduction des incidences sur l'eau seront développées dans un dossier de demande d'autorisation d'ouverture de travaux par forage, le cas échéant. L'Annexe 2 de la présente Notice d'impact donne certaines orientations de mesures d'évitement, réduction et compensation (ERC).

Les Plans de Prévention des Risques (inondation, mouvements de terrain, technologique) seront systématiquement pris en compte dans l'élaboration des dossiers de demande d'ouverture de travaux miniers par forage et dans l'application des mesures ERC.

Les travaux se dérouleront strictement en dehors des périmètres de protection immédiate et rapprochée des captages et les prescriptions de périmètres de protection éloignés seront respectées.

4.1. INCIDENCES SUR LES EAUX SUPERFICIELLES

Identification des effluents bruts

Pendant la phase de forage, les effluents suivants peuvent présenter un risque pour l'environnement, notamment en cas de déversement accidentel :

- ✓ les boues de forage,
- ✓ les déblais de forage ou cuttings des terrains traversés entraînés par la boue utilisée,
- ✓ les eaux de lavage de l'appareil de forage,
- ✓ les carburants ou lubrifiants utilisés pour le fonctionnement des moteurs thermiques,
- ✓ les effluents des installations sanitaires,
- ✓ les eaux pluviales ayant transité sur les aires techniques.

Mesures prises pour la protection des eaux superficielles

En phase de forage, les précautions suivantes seront prises :

- ✓ A l'entrée en terre du forage, un tube métallique sera mis en place depuis la surface jusqu'à environ 35 m de profondeur ainsi qu'une cave étanche bétonnée isolant les terrains de surface de la boue de forage.
- ✓ En cours de forage, les eaux issues de l'activité de forage seront recyclées en circuit fermé et donc isolées des eaux de surface. En fin de chantier, les eaux de forage restantes seront envoyées dans des unités de traitement spécialisées.
- ✓ Les phases de forage seront réalisées avec une boue à base d'eau.
- ✓ Les déblais seront acheminés vers une benne étanche au départ du tamis vibrant et d'une centrifugeuse à l'aide d'une bande transporteuse, l'ensemble placé sur des bâches plastiques pour récupérer les égouttures.
- ✓ Les effluents liquides ou solides seront acheminés vers des filières de traitement adaptées, par des moyens de transport appropriés.
- ✓ La cuve à gasoil sera du type double paroi et posée sur rétention étanche et la zone de manipulation et de déchargement du gasoil spécialement aménagée pour éviter toute contamination.
- ✓ Les toilettes du chantier seront équipées d'une fosse étanche et vidangée périodiquement.

4.2. INCIDENCES SUR LES EAUX SOUTERRAINES

Identification des risques éventuels :

Le territoire du permis fait l'objet d'un certain nombre de forages pour l'alimentation en eau potable. Les incidences potentielles des opérations d'un forage d'exploration sur la qualité des eaux souterraines sont les suivantes :

- ✓ Contamination par la boue de forage,
- ✓ Mise en communication des aquifères sensibles avec la surface,
- ✓ Mise en communication des aquifères sensibles avec l'intérieur du puits par percement des cuvelages (contamination par cheminement d'eau salée ou autre).

Mesures prises pour la protection des eaux souterraines (évitement et réduction) :

En premier lieu, on soulignera qu'aucuns travaux ne seront effectués au sein des périmètres de protection rapprochés des captages destinés à l'Alimentation en Eau Potable.

L'eau utilisée pour les opérations de tests sera au maximum recyclée et prélevée dans un puits dédié ou dans une nappe salifère non potable.

Au cours du forage, la protection des nappes d'eaux souterraines sera assurée par la pose successive de cuvelages cimentés, empêchant toute communication entre les couches rencontrées au cours du forage et l'intérieur du puits. De plus, le métal des tubages sera sélectionné de manière à offrir la protection anticorrosion la plus adaptée aux aquifères traversés. De cette manière, les cuvelages seront protégés à la fois contre la corrosion :

- ✓ externe (agression par les eaux des aquifères traversés), car elle sera fortement ralentie par la cimentation des tubages jusqu'en surface,
- ✓ interne, car les cuvelages des forages à l'intérieur du puits seront en contact uniquement avec le fluide géothermique.

Enfin, lors de l'abandon éventuel du puits, les bouchons de ciment seront mis en place à des cotes permettant d'assurer l'isolement des différents aquifères traversés. Le programme de bouchage sera préalablement soumis à l'approbation de la DREAL.

Les Plans de Prévention des Risques (inondation, mouvements de terrain, technologique) seront systématiquement pris en compte dans l'élaboration des dossiers de demande d'ouverture de travaux miniers par forage et dans l'application des mesures ERC.

4.3. INCIDENCES SUR LE CONTEXTE REGLEMENTAIRE

4.3.1. SDAGE Loire-Bretagne

Comme présenté au chapitre 2.6.7 et suivants, le SDAGE 2016-2021 comporte 66 orientations fondamentales Regroupées en 14 chapitres qui seront pris en compte dans le cadre de ce projet :

- ✓ Repenser les aménagements des cours d'eau
- ✓ Réduire la pollution par les nitrates
- ✓ Réduire la pollution organique et bactériologique
- ✓ Maîtriser la pollution par les pesticides
- ✓ Maîtriser les pollutions dues aux substances dangereuses
- ✓ Protéger la santé en protégeant la ressource en eau
- ✓ Maîtriser les prélèvements d'eau
- ✓ Préserver les zones humides
- ✓ Préserver la biodiversité aquatique
- ✓ Préserver le littoral
- ✓ Préserver les têtes de bassins versants
- ✓ Faciliter la gouvernance locale et renforcer la cohérence des territoires
- ✓ Mettre en place des outils réglementaires et financiers
- ✓ Informer, sensibiliser, favoriser les échanges

Ces orientations sont regroupées en 7 macro-orientations (enjeux ou questions importantes) pour Loire-Bretagne. Le tableau ci-dessous présente les mesures qui seront adoptées pour répondre à ces objectifs.

Objectifs principaux du SDAGE 2016-2021 Loire Bretagne	Réponse du projet dans le cas d'une opération de forage d'exploration
Les milieux aquatiques : Comment préserver et restaurer des milieux aquatiques vivants et diversifiés, des sources à la mer ?	Implantation du chantier en dehors des zones inondables
La qualité de l'eau : Que faire pour garantir des eaux de qualité pour la santé des hommes, la vie des milieux aquatiques et les différents usages, aujourd'hui, demain et pour les générations futures ?	Mesures prises pour limiter l'utilisation d'eau et pour la protection des aquifères : - recyclage des boues et usage d'eau limité au strict minimum - pose de cuvelages cimentés en face des horizons aquifères pour éviter toute contamination et connexion entre aquifères Mise en place de mesures de réduction de risque de pollution sur les chantiers : - collecte des eaux pluviales tombées sur la plate-forme et passage dans un déshuileur avant rejet
La quantité d'eau : Comment partager la ressource disponible et réguler ses usages ? Comment adapter les activités humaines et les territoires aux inondations et aux sécheresses ?	Implantation du chantier en dehors des périmètres de protection des captages destinés à l'Alimentation en Eau Potable et des zones inondables.

<p>Lutter contre toutes les pollutions (nitrates, organique et bactériologique, pesticides, substances dangereuses, et protéger la santé en protégeant la ressource en eau)</p>	<p>Mesures prises pour limiter l'utilisation d'eau et pour la protection des aquifères :</p> <ul style="list-style-type: none"> - recyclage des boues et usage d'eau limité au strict minimum - emploi de matériaux et d'adjuvants conformes aux normes en vigueur - pose de cuvelages cimentés en face des horizons aquifères pour éviter toute contamination et connexion entre aquifères <p>Mise en place de mesures de réduction de risque de pollution sur les chantiers :</p> <ul style="list-style-type: none"> - aménagement de bassins de rétentions étanches pour le stockage, la manipulation de produits chimiques et de carburant - collecte vers un réseau spécifique des déblais de forage, boues usées et égouttures - collecte et évacuation en filière agréée des produits potentiellement polluants stockés ou générés pendant les travaux
<p>Maîtriser la ressource en eau et le patrimoine remarquable (maîtrise des prélèvements d'eau, préserver les zones humides, la biodiversité aquatique, le littoral, les têtes de bassins versants)</p>	<p>Implantation du chantier en dehors des périmètres de protection des captages destinés à l'Alimentation en Eau Potable.</p>
<p>Gouvernance (gouvernance locale et cohérence des territoires)</p>	<p>Approche territoriale et économique du projet :</p> <ul style="list-style-type: none"> - information aux acteurs locaux : élus, collectivités, syndicats et administrations. - soumissions auprès des Administrations et information aux collectivités concernées des dossiers de demande de permis d'exploration et d'ouverture de travaux. - exposé des retombées positives de tels projets d'énergie renouvelable sur les territoires concernés (fiscalité, emplois, dynamisme économique, gaz à effet de serre évité et lutte contre le réchauffement climatique...) - recherche de débouchés potentiels pour l'utilisation de la chaleur auprès du tissu local (industrie, agriculture, implantation...).
<p>Coordonner, informer (outils réglementaires et financiers, informer, sensibiliser, favoriser les échanges)</p>	<p>Mise en place d'actions de communication et d'information :</p> <ul style="list-style-type: none"> - information des populations avoisinantes avant le début des travaux (réunions publiques, échanges, réponses aux questions) - information des populations avoisinantes avant le début des travaux (réunions publiques, échanges, réponses aux questions) - site internet dédié (suivi des opérations, actualités, FAQ) - le site de forage pourra être organisé de façon à pouvoir être visité sur rendez-vous dans un objectif de pédagogie et de promotion de la géothermie comme énergie renouvelable à fort potentiel pour notre pays, et notamment pour l'Auvergne.

Tableau 12 : Réponses aux enjeux et orientations du SDAGE en perspective d'un projet de forage d'exploration

4.3.2. Compatibilité du programme de travaux avec les orientations fondamentales du SDAGE

		Programme de travaux				
		Les études géosciences	Les Sondage magnétotellurique (MT)	Sondage gravimétrique	Sondage sismique passif	Travaux de forage
Orientations fondamentales du SDAGE	1 : Repenser les aménagements de cours d'eau	Etudes sont effectuées en laboratoire ou en bureaux d'études, ces travaux n'affectent nullement l'environnement Compatible	Méthode non-invasive sans impact notable sur l'environnement Compatible	Méthode passive sans impact notable sur l'environnement Compatible	Méthode passive sans impact notable sur l'environnement Compatible	Les travaux ne nécessiteront aucune intervention sur cours d'eau. Les bassins techniques (eaux pluviales, réserve incendie, test fluide géothermal) ne seront pas assimilés à des plans d'eau. Compatible
	2 : Réduire la pollution par les nitrates	Etudes sont effectuées en laboratoire ou en bureaux d'études, ces travaux n'affectent nullement l'environnement Compatible	Méthode non-invasive sans impact notable sur l'environnement Compatible	Méthode passive sans impact notable sur l'environnement Compatible	Méthode passive sans impact notable sur l'environnement Compatible	Les travaux ne seront pas à l'origine de libération de nitrates. Compatible
	3 : Réduire la pollution organique et bactériologique	Etudes sont effectuées en laboratoire ou en bureaux d'études, ces travaux n'affectent nullement l'environnement Compatible	Méthode non-invasive sans impact notable sur l'environnement Compatible	Méthode passive sans impact notable sur l'environnement Compatible	Méthode passive sans impact notable sur l'environnement Compatible	Les travaux ne seront pas de nature à occasionner, hors phénomène accidentel, un rejet de substances dangereuses vers le réseau Hydrographique. Compatible
	4 : Maîtriser et réduire la pollution par les pesticides	Etudes sont effectuées en laboratoire ou en bureaux d'études, ces travaux n'affectent nullement l'environnement Compatible	Méthode non-invasive sans impact notable sur l'environnement Compatible	Méthode passive sans impact notable sur l'environnement Compatible	Méthode passive sans impact notable sur l'environnement Compatible	Les travaux ne seront pas à l'origine de libération de pesticides. Compatible
	5 : Maîtriser et réduire les pollutions dues aux substances dangereuses	Etudes sont effectuées en laboratoire ou en bureaux d'études, ces travaux n'affectent nullement l'environnement Compatible	Méthode non-invasive sans impact notable sur l'environnement Compatible	Méthode passive sans impact notable sur l'environnement Compatible	Méthode passive sans impact notable sur l'environnement Compatible	Les moyens mis en œuvre en termes d'imperméabilisation des installations de forages et de gestion des eaux de ruissellement permettent de contenir toute pollution ruisselant vers l'aval topographique. Compatible

		Programme de travaux				
		Les études géosciences	Les Sondage magnétotellurique (MT)	Sondage gravimétrique	Sondage sismique passif	Travaux de forage
	6 : Protéger la santé en protégeant la ressource en eau	Etudes sont effectuées en laboratoire ou en bureaux d'études, ces travaux n'affectent nullement l'environnement Compatible	Méthode non-invasive sans impact notable sur l'environnement Compatible	Méthode passive sans impact notable sur l'environnement Compatible	Méthode passive sans impact notable sur l'environnement Compatible	Les travaux seront implantés en dehors de tout périmètre de captage destiné à l'alimentation en eau potable. Les mesures de protection des forages (cuvelages) permettront d'isoler les aquifères traversés et n'affecteront pas une ressource en eau souterraine susceptible d'être utilisée à cet usage. Compatible
	7 : Maîtriser les prélèvements d'eau	Etudes sont effectuées en laboratoire ou en bureaux d'études, ces travaux n'affectent nullement l'environnement Compatible	Méthode non-invasive sans impact notable sur l'environnement Compatible	Méthode passive sans impact notable sur l'environnement Compatible	Méthode passive sans impact notable sur l'environnement Compatible	Si des prélèvements dans un cours d'eau est envisagé, il sera limité dans le temps. Le prélèvement respectera les dispositions légales et réglementaires en vigueur et notamment l'obligation de maintenir un débit minimum dans le cours d'eau (cf. article L.214-18 du Code de l'environnement). L'exploitation de la Ressource en eau géothermal se fait dans une boucle fermée : l'eau prélevée et réinjectée dans le milieu souterrain. Compatible
	8 : Préserver les zones humides	Etudes sont effectuées en laboratoire ou en bureaux d'études, ces travaux n'affectent nullement l'environnement Compatible	Méthode non-invasive sans impact notable sur l'environnement Compatible	Méthode passive sans impact notable sur l'environnement Compatible	Méthode passive sans impact notable sur l'environnement Compatible	Les travaux seront implantés en dehors de toute zone humide. Compatible
	9 : Préserver la biodiversité aquatique	Etudes sont effectuées en laboratoire ou en bureaux d'études, ces travaux n'affectent nullement l'environnement Compatible	Méthode non-invasive sans impact notable sur l'environnement Compatible	Méthode passive sans impact notable sur l'environnement Compatible	Méthode passive sans impact notable sur l'environnement Compatible	Les travaux n'auront pas d'impact sur le lit ou les berges des cours d'eau et ne créeront pas de nouvelle pollution au regard de la nature du projet et des mesures prises concernant le risque accidentel. Les travaux ne modifieront pas les débits caractéristiques (étiage et module) des cours d'eau. Compatible
	10 : Préserver le littoral	non concerné	non concerné	non concerné	non concerné	non concerné

		Programme de travaux				
		Les études géosciences	Les Sondage magnétotellurique (MT)	Sondage gravimétrique	Sondage sismique passif	Travaux de forage
	11 : Préserver les têtes de bassin versant	Etudes sont effectuées en laboratoire ou en bureaux d'études, ces travaux n'affectent nullement l'environnement Compatible	Méthode non-invasive sans impact notable sur l'environnement Compatible	Méthode passive sans impact notable sur l'environnement Compatible	Méthode passive sans impact notable sur l'environnement Compatible	En l'absence d'impact sur les ressources en eau superficielles, les travaux ne remettront pas en cause les têtes de bassin versant. Compatible
	12 : Faciliter la gouvernance locale et renforcer la cohérence des territoires et des politiques publiques	non concerné	non concerné	non concerné	non concerné	non concerné
	13 : Mettre en place des outils réglementaires et financiers	non concerné	non concerné	non concerné	non concerné	non concerné
	14 : Informer, sensibiliser et favoriser les échanges	non concerné	non concerné	non concerné	non concerné	non concerné

4.3.3. Compatibilité du programme de travaux avec les enjeux et objectifs du SAGE Cher Amont

		Programme de travaux				
		Les études géosciences	Les Sondage magnétotellurique (MT)	Sondage gravimétrique	Sondage sismique passif	Travaux de forage
Enjeux	Objectifs					
Gouvernance	Anticiper la mise en œuvre du SAGE et assurer la coordination des actions Structurer des maîtrises d'ouvrage sur l'ensemble du territoire Communiquer pour mettre en œuvre le SAGE	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Non concerné

		Programme de travaux				
		Les études géosciences	Les Sondage magnétotellurique (MT)	Sondage gravimétrique	Sondage sismique passif	Travaux de forage
Gestion quantitative	<p>Organiser la gestion des prélèvements</p> <p>Economiser l'eau</p> <p>Satisfaire l'alimentation en eau pour l'abreuvement en préservant les cours d'eau à l'étiage sur les bassins de la Tardes et de la Voueize</p> <p>Satisfaire l'alimentation en eau pour l'irrigation en préservant les cours d'eau à l'étiage</p> <p>Sécuriser et diversifier l'alimentation en eau potable et industrielle</p>	<p>Etudes sont effectuées en laboratoire ou en bureaux d'études, ces travaux n'affectent nullement l'environnement</p> <p>Compatible</p>	<p>Méthode non-invasive sans impact notable sur l'environnement</p> <p>Compatible</p>	<p>Méthode passive sans impact notable sur l'environnement</p> <p>Compatible</p>	<p>Méthode passive sans impact notable sur l'environnement</p> <p>Compatible</p>	<p>Les travaux ne seront pas à l'origine de libération de nitrates.</p> <p>Les travaux ne seront pas à l'origine de libération de pesticides.</p> <p>Si des prélèvements dans un cours d'eau est envisagé, il sera limité dans le temps.</p> <p>Le prélèvement respectera les dispositions légales et réglementaires en vigueur et notamment l'obligation de maintenir un débit minimum dans le cours d'eau (cf. article L.214-18 du Code de l'environnement).</p> <p>L'exploitation de la ressource en eau géothermal se fait dans une boucle fermée : l'eau prélevée et réinjectée dans le milieu souterrain.</p> <p>Les travaux seront implantés en dehors de tout périmètre de captage destiné à l'alimentation en eau potable. Les mesures de protection des forages (cuvelages) permettront d'isoler les aquifères traversés et n'affecteront pas une ressource en eau souterraine susceptible d'être utilisée à cet usage.</p> <p>Compatible</p>

		Programme de travaux				
		Les études géosciences	Les Sondage magnétotellurique (MT)	Sondage gravimétrique	Sondage sismique passif	Travaux de forage
Gestion qualitative	<p>Améliorer le fonctionnement des systèmes d'assainissement</p> <p>Atteindre le bon potentiel de la retenue de Rochebut</p> <p>Atteindre le bon potentiel écologique sur l'OEil</p> <p>Atteindre le bon état des eaux sur la masse d'eau du Jurassique supérieur et restaurer une qualité d'eau compatible avec la production d'eau potable</p>	<p>Etudes sont effectuées en laboratoire ou en bureaux d'études, ces travaux n'affectent nullement l'environnement</p> <p>Compatible</p>	<p>Méthode non-invasive sans impact notable sur l'environnement</p> <p>Compatible</p>	<p>Méthode passive sans impact notable sur l'environnement</p> <p>Compatible</p>	<p>Méthode passive sans impact notable sur l'environnement</p> <p>Compatible</p>	<p>Les travaux n'auront pas d'impact sur le lit ou les berges des cours d'eau. Les travaux seront implantés en dehors de toute zone humide. Les moyens mis en œuvre en termes d'imperméabilisation des installations de forages et de gestion des eaux de ruissellement permettent de contenir toute pollution ruisselant vers l'aval topographique. En l'absence d'impact sur les ressources en eau superficielles, les travaux ne remettront pas en cause les têtes de bassin versant. Les travaux seront implantés en dehors de tout périmètre de captage destiné à l'alimentation en eau potable. Les mesures de protection des forages (cuvelages) permettront d'isoler les aquifères traversés et n'affecteront pas une ressource en eau souterraine susceptible d'être utilisée à cet usage.</p> <p>Compatible</p>

		Programme de travaux				
		Les études géosciences	Les Sondage magnétotellurique (MT)	Sondage gravimétrique	Sondage sismique passif	Travaux de forage
Gestion des espaces et des espèces	Atteindre le bon état écologique des masses d'eau Rétablir la continuité écologique	Etudes sont effectuées en laboratoire ou en bureaux d'études, ces travaux n'affectent nullement l'environnement Compatible	Méthode non-invasive sans impact notable sur l'environnement Compatible	Méthode passive sans impact notable sur l'environnement Compatible	Méthode passive sans impact notable sur l'environnement Compatible	L'exploitation de la ressource en eau géothermal se fait dans une boucle fermée : l'eau prélevée et réinjectée dans le milieu souterrain. Les travaux seront implantés en dehors de tout périmètre de captage destiné à l'alimentation en eau potable. Les mesures de protection des forages (cuvelages) permettront d'isoler les aquifères traversés et n'affecteront pas une ressource en eau souterraine susceptible d'être utilisée à cet usage. Les travaux n'auront pas d'impact sur le lit ou les berges des cours d'eau. Les travaux seront implantés en dehors de toute zone humide. Les moyens mis en œuvre en termes d'imperméabilisation des installations de forages et de gestion des eaux de ruissellement permettent de contenir toute pollution ruisselant vers l'aval topographique. Compatible

5. AUTRES ÉLÉMENTS CONSIDÉRÉS

Des précautions seront prises en compte en fonction de l'environnement des sites, des populations et des techniques déployées, conformément avec la réglementation et fonction de la nature et la localisation des travaux miniers envisagés sur les sujets suivants :

- la lutte contre l'ambrosie à feuille d'armoise (conformément à l'arrêté préfectoral n°19-01047 du 5 juin 2019 relatif à la lutte contre les espèces d'ambrosie plantes invasives et allergènes).
- Les ressources thermales : en fonction de la localisation des travaux de forages géothermiques dans le périmètre de protection de l'établissement thermal d'Evaux-les-Bains ou dans un environnement très proche, une évaluation de l'impact des travaux de forages géothermiques serait réalisée.

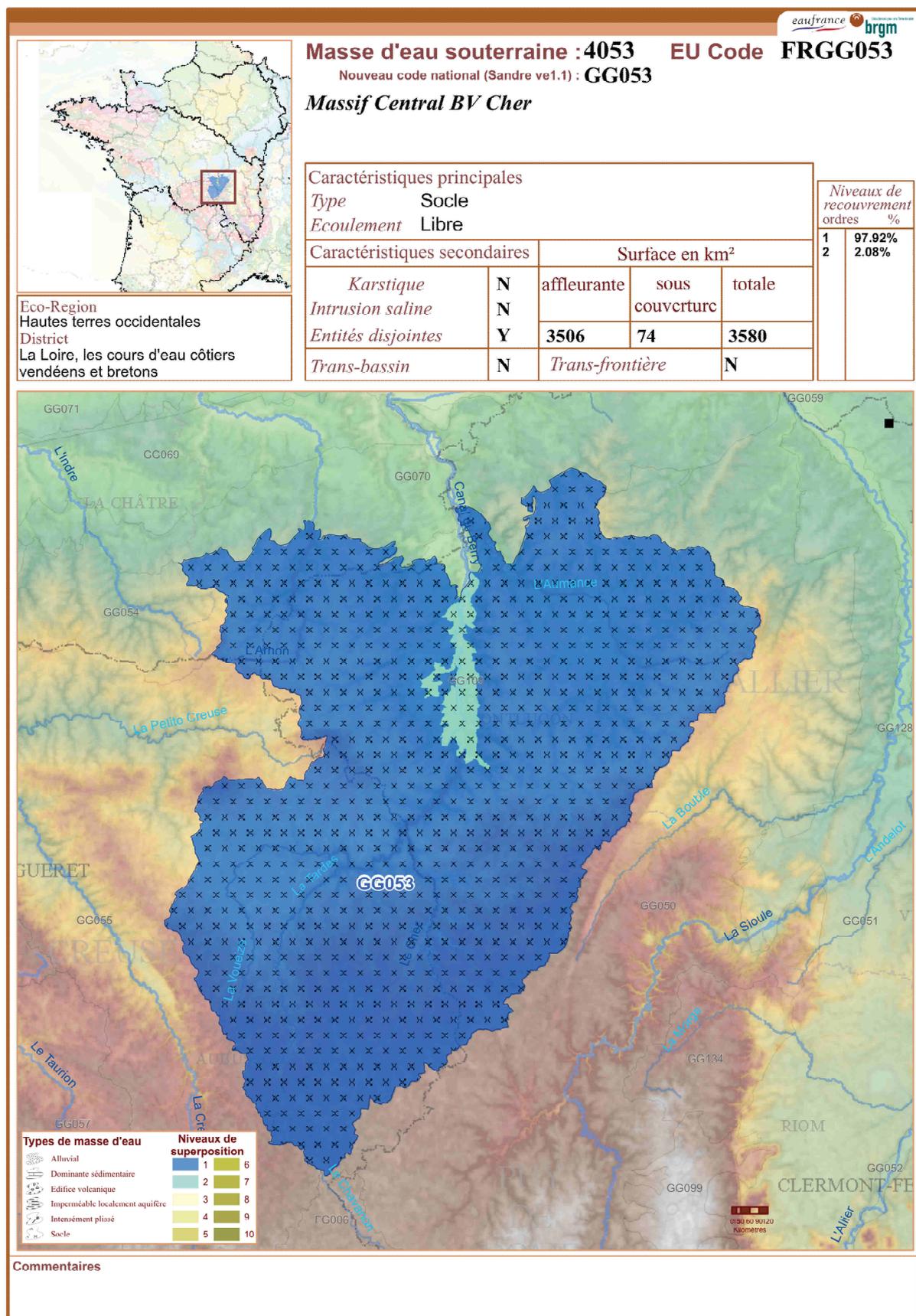
Enfin, concernant l'étang d'Herculat sur la commune de Treignat, utilisé comme plan d'eau de baignade, des mesures de gestion pour assurer la protection sanitaire de la population et des actions vis-à-vis de pollution seraient menées, dans le cas d'un risque de pollution en lien avec des travaux de forage.

La carte des captages a été remise à jour en décembre 2021, à la suite du courrier de remarque (page 86).

Ces sujets seront précisés dans le cadre du dossier de Demande d'Autorisation d'Ouverture de Travaux Miniers et de l'étude d'impact associée en fonction de la localisation et de la nature des travaux à réaliser.

6. ANNEXES

6.1. Annexe 1 : Fiches masse d'eau souterraine (2)



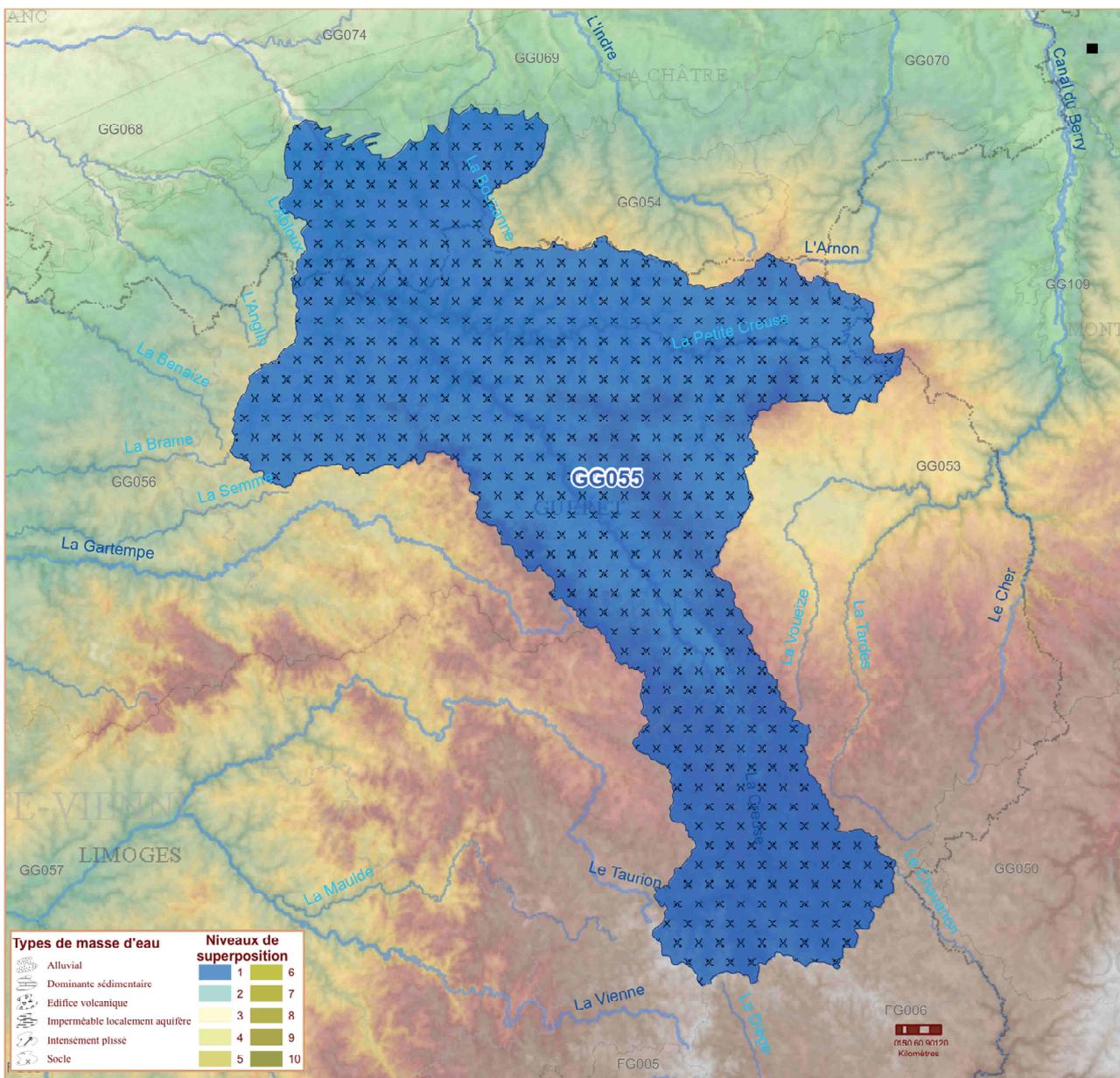


Masse d'eau souterraine : 4055 **EU Code FRGG055**
 Nouveau code national (Sandre ve1.1) : **GG055**
Massif Central BV Creuse

Eco-Region
 Plaines occidentales
 District
 La Loire, les cours d'eau côtiers vendéens et bretons

Caractéristiques principales				
Type	Socle			
Écoulement	Libre			
Caractéristiques secondaires		Surface en km ²		
<i>Karstique</i>	N	affleurante	sous couverture	totalc
<i>Intrusion saline</i>	N			
<i>Entités disjointes</i>	Y	2711		2711
<i>Trans-bassin</i>	N	Trans-frontière		N

Niveaux de recouvrement	
ordres	%
1	100.00%



Commentaires

6.2. Annexe 2 : Tableau synthétique des enjeux, impacts et mesures à considérer sur le territoire du permis sollicité

Hierarchie des impacts : FORT  MODERE  FAIBLE 

Thèmes	Enjeux	Phase de travaux	Impacts et incidences potentiels	Occurrence de l'impact	Mesures de prévention et contraintes pour les travaux
Biens et patrimoine culturel	Préservation du patrimoine culturel	Prospection Géophysique (mesures MT, mesures gravimétriques, écoute bruit sismique naturel)	-	-	-
		Travaux de forage : - génie civil ; - forage et essais ; - remise en état ;	• Découverte de vestiges archéologiques lors des travaux d'installation de la plate-forme 	Phase de Génie Civil	• Eloignement vis à vis des sites sensibles • Consultation de la DRAC avant le début des travaux et en cas de découverte pendant les travaux
Paysage	Préservation du Paysage	Prospection Géophysique (mesures MT, mesures gravimétriques, écoute bruit sismique naturel)	-	-	-
		Travaux de forage : - génie civil ; - forage et essais ; - remise en état ;	• Eclairage Nocturne et • Présence du mât de forage  • Plate-forme empierreée	Phase de Génie Civil, Phase de forage et essais, Phase de remise en état	• Recherche d'implantations favorables à proximité de zones boisées ou de relief marqué • Impact visuel de courte durée : 3 à 4 mois • Impact résiduel négligeable à la fin des travaux limité à la présence de la tête de puits
Ecologie	Protection des écosystèmes & Préservation des zones protégées	Prospection Géophysique (mesures MT, mesures gravimétriques, écoute bruit sismique naturel)	• Petit aménagement pour la pose des dispositifs d'écoute du bruit sismique naturel (1 m ²) ou de la sismicité naturelle locale 	Phases de mise en place et d'acquisition	• Opération de courte durée (quelques heures à quelques jours au maximum pour la MT et la Gravimétrie • Opération d'un à deux mois pour l'écoute du bruit sismique naturel • Plusieurs mois pour l'écoute de la sismicité locale naturelle • Aucun impact résiduel
		Travaux de forage : - génie civil ; - forage et essais ; - remise en état ;	• Défrichage à l'emplacement de la plate-forme et éventuellement le long des accès, perturbation de la faune • Perte d'habitat pour la faune dans l'emprise de la plate-forme • Fuite de la faune locale à cause du bruit et de l'activité • Dérangement de la faune • Destruction de zones humides • Prolifération d'espèces exotiques envahissantes (EEE) • Risque de création de gîtes larvaires du moustique tigre 	Phase de Génie Civil, Phase de forage et essais, Phase de remise en état	• Implantation du chantier en dehors des zones protégées recensées concernant les écosystèmes : ZICO, Zone Natura 2000, Arrêté Préfectoral de Protection de Biotope, Zone Humide, Réserves Naturelles • Prise en compte des enjeux environnementaux des zones ZNIEFF lors des aménagements ou travaux • Consultation de l'ONF avant les travaux si abattage d'arbres prévu • Impact de durée limitée aux travaux de forage (quelques mois) • Remise en état du site et aucun impact résiduel à la fin des travaux • Implantation du chantier en dehors des zones humides • Nettoyage des engins de chantier lors de leur première arrivée sur le site et protocole d'intervention adapté pour éviter toute propagation d'EEE. • Suppression des accumulations d'eau stagnante pouvant abriter des larves

Thèmes	Enjeux	Phase de travaux	Impacts et incidences potentiels	Occurrence de l'impact	Mesures de prévention et contraintes pour les travaux
Sols	Minimisation de l'incidence sur les sols	Prospection Géophysique (mesures MT, mesures gravimétriques, écoute bruit sismique naturel)	<ul style="list-style-type: none"> • Pose temporaire de dipôles électromagnétiques dans la terre (<20cm de profondeur pour les dipôles horizontaux ; <80cm pour un dipôle vertical, facultatifs) 	Phases de mise en place et d'acquisition	<ul style="list-style-type: none"> • Accord des propriétaires des parcelles et voies concernées • Remise en état après passage sur les emplacements
		Travaux de forage : - génie civil ; - forage et essais ; - remise en état ;	<ul style="list-style-type: none"> • Nivellement et défrichage pour installer la dalle de béton de la plate-forme de forage • Dérangement de la faune 	Phase de Génie Civil, Phase de forage et essais, Phase de remise en état	<ul style="list-style-type: none"> • Travaux limités à l'emprise de la plate-forme, soit 4000 à 8000 m² (< 1 ha) • Inventaire des conduites et câbles éventuellement présents auprès des concessionnaires • Remise en état en fin de chantier
Circulation routière	Réduction de l'incidence sur la circulation routière, et limitation des risques d'accident	Prospection Géophysique (mesures MT, mesures gravimétriques, écoute bruit sismique naturel)	<ul style="list-style-type: none"> • Circulation de véhicules légers et tout terrain pour le transport du matériel 	Phases de mise en place et d'acquisition	<ul style="list-style-type: none"> • Information aux autorités locales
		Travaux de forage : - génie civil ; - forage et essais ; - remise en état ;	<ul style="list-style-type: none"> • Circulation de véhicules transportant le matériel de forage : entrave à la circulation, bruit et risque d'accident • Circulation de véhicules du personnel de chantier : bruit et risque d'accident • Circulation de véhicules transportant le matériel de forage : entrave à la circulation, bruit et risque d'accident • Dérangement de la faune 	Phase de Génie Civil, Phase de forage et essais, Phase de remise en état	<ul style="list-style-type: none"> • Déclaration aux autorités compétentes et obtention des autorisations nécessaires pour les convois exceptionnels • Circulation liée à l'arrivée et au du matériel limitée à environ 15 jours au début et à la fin du chantier • Signalisation du chantier • Signalement de toute éventuelle modification de voirie causée par le chantier • Circulation limitée au strict nécessaire durant la nuit : cas d'urgences et opérations spécifiques de de cimentation • Remise en état de la voirie en cas de dégradation

Thèmes	Enjeux	Phase de travaux	Impacts et incidences potentiels	Occurrence de l'impact	Mesures de prévention et contraintes pour les travaux
Air	Préservation de la qualité de l'Air	Prospection Géophysique (mesures MT, mesures gravimétriques, écoute bruit sismique naturel)	-	-	-
		Travaux de forage : - génie civil ; - forage et essais ; - remise en état ;	<ul style="list-style-type: none"> • Odeurs liées aux gaz d'échappement des moteurs diesels • Venues de gaz au moment du forage et/ou des essais ou présence de H2S 	Phase de Génie Civil, Phase de forage et essais, Phase de remise en état	<ul style="list-style-type: none"> • Implantation du chantier « sous le vent » par rapport aux habitations avoisinantes dans la mesure du possible, sous réserve de disponibilité du réseau électrique HT • Si possible branchement sur le réseau électrique sans utilisation de groupes diesels / électriques • Traitement des fumées des moteurs si besoin avec mise en place de systèmes homologués • Surveillance des dégagements gazeux en continu par équipe en place • Mise en place de vannes de sécurité • Acheminement du gaz vers une torche ou un utilisateur • Acheminement de l'huile vers une fosse étanche puis vers une raffinerie • Formation du personnel à la prévention d'éruption • Mise en place des procédures de mise en sécurisation du puits • Capteur de H2S en continu à divers endroits stratégiques du rig • Mise en place et affichage des plans de prévention et d'évacuation

Thèmes	Enjeux	Phase de travaux	Impacts et incidences potentiels	Occurrence de l'impact	Mesures de prévention et contraintes pour les travaux
Eaux superficielles	Protection des eaux superficielles	Prospection Géophysique (mesures MT, mesures gravimétriques, écoute bruit sismique naturel)	-	-	-
		Travaux de forage : - génie civil ; - forage et essais ; - remise en état ;	<ul style="list-style-type: none"> Risque de pollution par les eaux pluviales tombées à l'intérieur de la plate-forme Risque de pollution via les effluents issus des travaux de forage 	Phase de Génie Civil, Phase de forage et essais, Phase de remise en état	<ul style="list-style-type: none"> Pas de travaux à l'intérieur des périmètres de protection de captages pour l'alimentation en eau potable Aménagement sur rétention étanche des zones de stockage ou de manipulation de produits chimiques ou de carburant Collecte vers un réseau spécifique des déblais de forage, boues usées et égouttures Collecte et évacuation en filière agréée des produits potentiellement polluants stockés ou générés pendant les travaux, pas de traitement sur site
Eaux souterraines	Protection des eaux souterraines	Prospection Géophysique (mesures MT, mesures gravimétriques, écoute bruit sismique naturel)	-	-	-
		Travaux de forage : - génie civil ; - forage et essais ; - remise en état ;	<ul style="list-style-type: none"> Présence des bacs et borbiers : risque de pollution des aquifères superficiels Risques liés à la traversée d'horizons aquifères pendant le forage : pollution via la boue de forage et les adjuvants utilisés et/ou par mélange d'eaux entre aquifères 	Phase de forage et essais	<ul style="list-style-type: none"> Pas de travaux à l'intérieur des périmètres de protection de captages pour l'alimentation en eau potable Bacs et borbier à fond imperméable Recyclage des boues et usage d'eau limité au strict minimum Emploi de matériaux et d'adjuvants conformes aux normes en vigueur Pose de cuvelages cimentés en face des horizons aquifères

Thèmes	Enjeux	Phase de travaux	Impacts et incidences potentiels	Occurrence de l'impact	Mesures de prévention et contraintes pour les travaux
Bruit	Minimisation de l'impact sonore	Prospection Géophysique (mesures MT, mesures gravimétriques, écoute bruit sismique naturel)	-	-	-
		Travaux de forage : - génie civil ; - forage et essais ; - remise en état ;	<ul style="list-style-type: none"> • Bruit continu des moteurs, des groupes électrogènes, des pompes, de la table de rotation, du treuil de levage des appareils • Bruit discontinu de manutention et d'assemblage du train de tige 	Phase de forage et essais	<ul style="list-style-type: none"> • Mise en place de levées de terre ou d'écrans antibruit • Communication à la population sur l'ensemble du déroulement du chantier • Contact permanent des responsables du chantier avec les habitants pour résoudre les éventuels cas de nuisances

Thèmes	Enjeux	Phase de travaux	Impacts et incidences potentiels	Occurrence de l'impact	Mesures de prévention et contraintes pour les travaux
Flux et circulation de matière	Gestion de la production de déchets	Prospection Géophysique (mesures MT, mesures gravimétriques, écoute bruit sismique naturel)	-	-	-
		Travaux de forage : - génie civil ; - forage et essais ; - remise en état ;	<ul style="list-style-type: none"> • Production de déchets liés à la présence du chantier : - déchets d'activité de forage - déchets assimilés à des déchets ménagers 	Phase de forage et essais	Déchets d'activité de forage : <ul style="list-style-type: none"> • Recyclage de la boue et de l'eau de forage • Traitement des déblais de forage avec tamis vibrant et centrifugeuse, stockage dans une benne spécifique et évacuation vers centre agréé • Test de lixiviation des boues de forage solidifiées par organisme agréé et évacuation en centre agréé Déchets assimilables à des déchets ménagers : <ul style="list-style-type: none"> • Valorisation pour limiter la production : réutilisation de certains éléments / recyclage des éléments métalliques / recyclage des contenants • Tri sélectif : plastiques, cartons, palettes / éléments aciers / déchets ménagers • Mise à disposition de bennes pour évacuation régulière vers des centres agréés
Économie locale	Minimiser l'impact sur l'économie locale	Prospection Géophysique (mesures MT, mesures gravimétriques, écoute bruit sismique naturel)	-	-	-
		Travaux de forage : - génie civil ; - forage et essais ; - remise en état ;	<ul style="list-style-type: none"> • Perte temporaire d'usage des terrains concernés par les travaux 	Phase de Génie Civil, Phase de forage et essais, Phase de remise en état	<ul style="list-style-type: none"> • Information avant le début des travaux et concertation pour déterminer les passages à emprunter • Indemnisation des propriétaires et/ou exploitants des parcelles concernées selon les barèmes en vigueur • Convention d'occupation des terrains