

Document public



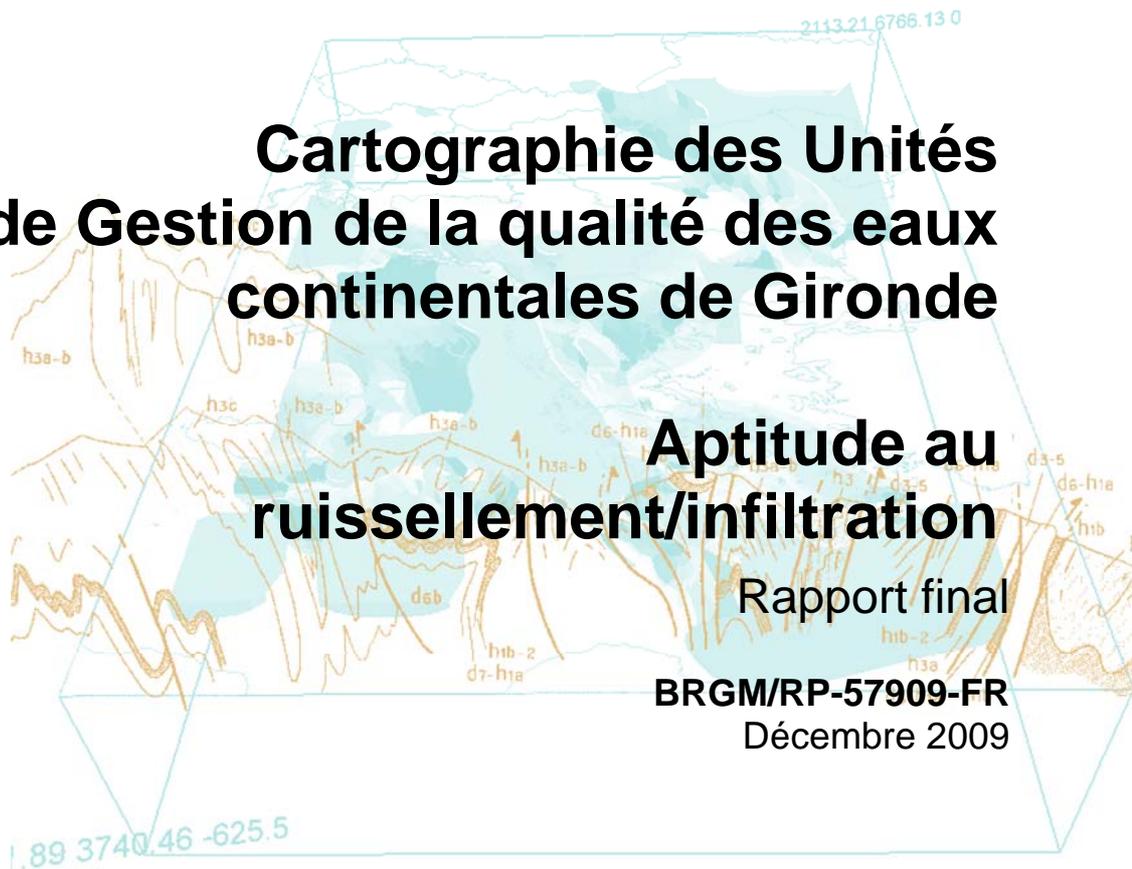
Cartographie des Unités de Gestion de la qualité des eaux continentales de Gironde

Aptitude au ruissellement/infiltration

Rapport final

BRGM/RP-57909-FR

Décembre 2009



AGENCE DE L'EAU
ADOUR-GARONNE

ÉTABLISSEMENT PUBLIC DU MINISTÈRE
DE L'ÉCOLOGIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

 Conseil Général de la Gironde
Embellir la vie *pour toute la vie*

 Géosciences pour une Terre durable
brgm

Cartographie des Unités de Gestion de la qualité des eaux continentales de Gironde

Aptitude au ruissellement/infiltration

Rapport final

BRGM/RP-57909-FR
Décembre 2009

Étude réalisée dans le cadre des projets
de Service public du BRGM 09EAUK19

A. Abou Akar et B. Ayache

Vérificateur :

Nom : **N. Pédron**

Date : 09 décembre 2009

(original signé)

Approbateur :

Nom : **P. Dutartre**

Date : 14 décembre 2009

(original signé)



En l'absence de signature, notamment pour les rapports diffusés en version numérique,
l'original signé est disponible aux Archives du BRGM.

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2000.

Mots-clés : aquifère, bassin versant, entité hydrogéologique, fissuré, fonctionnement homogène, Gironde, infiltrant, karstique, masse d'eau, poreux, ruisselant, sous-secteur, unité de gestion, vulnérabilité, zone hydrographique.

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

Abou Akar A. et Ayache B. (2009) – Cartographie des Unités de Gestion de la qualité des eaux continentales de Gironde. Aptitude au ruissellement/infiltration. Rapport BRGM/RP-57909-FR, 71 p., 19 fig., 1 tabl., 5 ann.

Synthèse

La mise en place des différentes actions induites par la Directive Cadre Européenne sur l'Eau vise en particulier à se doter des moyens nécessaires au maintien ou au retour du bon état des eaux superficielles et souterraines.

La Directive Cadre Européenne sur l'Eau (JOCE, 2000) a défini un référentiel commun pour l'évaluation et la surveillance de l'état des ressources en eau. Ce référentiel est basé sur la notion de masses d'eau superficielles (MESU) ou souterraines (MESO). Il inclut un ensemble de définitions à utiliser pour délimiter et caractériser ces masses d'eau, pour évaluer leur état, pour les surveiller et pour présenter les résultats.

Pour atteindre ses objectifs, la DCE exige des états membres de se doter de moyens nécessaires au maintien ou au retour du bon état des eaux superficielles et souterraines d'ici 2015.

Cette volonté, replacée dans le contexte géographique du bassin versant, implique, pour les gestionnaires de l'eau et les opérateurs chargés de son suivi, de poursuivre l'amélioration de la connaissance des systèmes géologiques et hydrogéologiques et principalement celle du fonctionnement des milieux superficiels et souterrains vis à vis des mécanismes variés de cheminement des eaux de pluie depuis leur arrivée au sol jusqu'à leur stockage dans les aquifères souterrains. Ce sont en effet ces mécanismes de transfert qui sont responsables de l'entraînement de solutés (contenant des produits polluants - phytosanitaires, nitrates) vers les eaux superficielles ou souterraines.

En Adour-Garonne, il a été jugé prioritaire de répondre à ce souci de connaissance du transfert des solutés par une approche multicritères visant à identifier des unités cartographiques élémentaires présentant des fonctionnements homogènes (les Unités de Gestion).

Une telle approche cartographique associée à la mise en place d'un Système d'Information Géographique répond à trois finalités :

- Calculer la vulnérabilité du milieu à la pollution,
- Hiérarchiser les plans d'action : où faut-il intervenir en premier lieu et comment ?
- Sensibiliser et communiquer.

Elle a déjà été réalisée, avec l'appui de l'Agence de l'Eau Adour Garonne et de la DIREN de Bassin, sur les huit départements de Midi-Pyrénées où elle est devenue indispensable au suivi qualité des eaux souterraines notamment pour optimiser les réseaux d'observation.

Sa mise en oeuvre sur tout le bassin Adour Garonne est ainsi apparue souhaitable et urgente en particulier pour l'optimisation de la mise en place du suivi renforcé des masses d'eau à risque. L'Agence de l'Eau Adour Garonne, chargée de l'application de cette directive cadre sur son district et le conseil général de Gironde ont confié au BRGM Aquitaine le travail de découpage des masses d'eau du département (MESO) en des entités hydrogéologiques de fonctionnement homogène (EHFH). Après prise en

compte du mode d'occupation du sol (CORINE Land Cover), modification éventuelle et validation par l'AEAG et du conseil général de Gironde, ces EHFH prendront le titre d'Unités de Gestion. C'est pourquoi le présent rapport reprend la terminologie d'EHFH.

Le présent rapport rend compte du travail de cartographie des Unités de Gestion de la qualité des eaux souterraines réalisé sur le département de la Gironde. Il est réalisé dans le cadre de la mission de service public du BRGM relevant de la thématique EAU et bénéficie du soutien financier de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne (AEAG) et du conseil général de la Gironde. Il fait suite au rapport d'avancement (Abou Akar *et Ayache*, 2009a) remis en juin 2009 au conseil général de Gironde et à l'Agence de l'Eau Adour Garonne. Le même travail a été réalisé en parallèle sur le département de la Dordogne avec le concours financier du conseil général de la Dordogne (Abou Akar *et Ayache*, 2009b). A terme, la cartographie des EHFH devrait être étendue aux 3 autres départements de la région Aquitaine.

Le département de la Gironde compte 12 masses d'eau souterraine concernées par la délimitation des entités hydrogéologiques de fonctionnement homogène (EHFH). 95 EHFH sont proposées sur ce département dont 29 sont en commun avec les départements limitrophes en raison notamment des contraintes imposées par les bassins versants ou sous-secteurs (regroupement de 3 à 8 bassins versants en général) inter-départementaux.

Sur ces 95 EHFH, 20 sont de type « ruisselant », 54 de type « infiltrant » et 21 de type « mixte : ruisselant + infiltrant ». En terme de surface, la plus grande EHFH a une superficie de 1071 km² dont les 2/3 environ couvrent le territoire des Landes et 1/3 celui de la Gironde. La plus petite EHFH a une superficie de 7 km². La surface moyenne des EHFH est de 168,3 km².

75 EHFH sont du type « infiltrant » ou « mixte ». Elles impliqueront *a priori* un minimum de 75 points de contrôle de la qualité des eaux. Ce chiffre est supérieur au nombre actuel de points de contrôle de la qualité des eaux en Gironde, 52 en 2009, qui sont suivis dans le cadre du projet « Gestion des nappes d'eaux souterraines de Gironde : GN 33 ». Ceci nécessitera des prises de décisions pour privilégier les EHFH d'ordre stratégique (celles concernant des aquifères très sollicités pour l'AEP) et/ou regrouper les EHFH de moindre importance.

Un travail de réflexion pourra ainsi être engagé avec l'AEAG et les services techniques des conseils généraux concernés pour optimiser les points de surveillance, aussi bien en nombre qu'en position géographique. On pourra ainsi repositionner certains points de contrôle actuels, voire réduire leur nombre ou l'augmenter pour certaines masses d'eau afin de mieux tenir compte du travail de découpage des MESO. Les découpages pourront eux aussi être modifiés à la marge des éléments complémentaires qui découleront du traitement des départements limitrophes, du mode d'occupation du sol (CORINE Land Cover) ou de la nécessité de regrouper certaines EHFH.

Le cas du nombre importants d'Unités de Gestion à gérer a déjà été rencontré dans la région Midi-Pyrénées. Le BRGM Midi-Pyrénées a ainsi proposé, après concertation avec l'AEAG et les décideurs régionaux, un regroupement des Unités de Gestion en Méga Unités de Gestion dites MUG. Des bassins versants ont ainsi été regroupés en Méga bassins versants (MBV).

Sommaire

1. Introduction	9
2. Contextes géologique et hydrogéologique	11
2.1. CONTEXTE GEOLOGIQUE REGIONAL ET DEPARTEMENTAL	11
2.2. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE REGIONAL ET DEPARTEMENTAL	12
2.2.1. Généralités	12
2.2.2. Les nappes "superficielles"	12
2.2.3. Les nappes "profondes"	13
3. Données prises en considération	19
3.1. LES DONNEES DE BASE	19
3.1.1. MESO.....	19
3.1.2. BDRHF v2	23
3.1.3. BD Carthage®	25
3.1.4. MONA	25
3.1.5. CORINE Land Cover (CLC)	26
3.1.6. Modèle Numérique de Terrain (MNT)	28
3.1.7. Autres données	28
3.2. DONNEES VALORISEES : TRAVAUX ANTERIEURS	29
3.2.1. Carte de vulnérabilité des systèmes aquifère en Aquitaine	29
3.2.2. Analyse de la vulnérabilité intrinsèque des eaux souterraines autour des sites BASOL	29
4. Méthodologie	31
4.1. DEFINITIONS	31
4.2. PRINCIPE D'IDENTIFICATION DES EHFH.....	32
4.3. CROISEMENT DES DONNEES.....	33
4.3.1. Outils	33

4.3.2. Logique respectée	33
4.4. VALIDATION EXPERT	37
4.5. APPRECIATION DE LA VULNERABILITE DE L'EHFH.....	39
4.5.1. Vulnérabilité intrinsèque du milieu	39
4.5.2. Vulnérabilité liée à l'occupation du sol (CORINE Land Cover)	40
4.5.3. Calcul de la vulnérabilité totale du milieu.....	40
4.5.4. La vulnérabilité par défaut	40
5. Résultats	43
5.1. RESULTATS ATTENDUS	43
5.2. LES AQUIFERES KARSTIQUES (TYPE K)	43
5.3. EXEMPLES DE CAS TRAITES	44
5.3.1. les EHFH simples : exemple du Sable des Landes sur le Littoral	44
5.3.2. les EHFH « sous couverture » : Oligocène en rive gauche.	44
5.3.3. les EHFH semi-perméables.....	46
5.3.4. les EHFH sous couvertures « sp » puis « pf » : exemple de l'Eocène moyen commun à la Gironde et à la Dordogne	46
5.4. BILAN STATISTIQUE	48
5.5. FICHES ENTITES HYDROGEOLOGIQUES DE FONCTIONNEMENT HOMOGENE	48
6. Conclusion	51
7. Bibliographie.....	53

Liste des illustrations

Figure 1a : Géologie de la région Aquitaine (d'après la carte géologique de la France au 1/1 000 000, source BRGM).....	15
Figure 1b : Légende de la Carte géologique de la France au 1/1 000 000 (source BRGM)	17
Figure 2 : Masses d'eaux souterraines affleurantes établies sur la région Aquitaine	21
Figure 3 : Lithologie détaillée et simplifiée dans le Médoc et le littoral Girondin.....	24

Figure 4 : Exemple de réseaux, zones et sous-secteurs hydrographiques	25
Figure 5 : Vue 3D de lagéométrie du Modèle Nord-Aquitain (MNA V3.3)	26
Figure 6 : Mode d'occupation du sol autour du bassin d'Arcachon.	27
Figure 7 : Modèle Numérique de Terrain sur les départements de la Gironde et de la Dordogne.....	28
Figure 8 : Carte de vulnérabilité des systèmes aquifères libre en Aquitaine (Seguin, 2002).....	30
Figure 9 : Zones d'affleurements des différents aquifères sur le département de la Gironde.....	34
Figure 10 : Simplification de la lithologie sur le département de la Gironde en termes de perméabilité de la roche.....	35
Figure 11 : Exemple de constitution d'EHFH du type infiltrant sur un secteur présentant des zones d'affleurements des formations du Tertiaire.	38
Figure 12 : Vulnérabilité totale calculée à partir de la vulnérabilité intrinsèque (coef. 10) et de la note du Mode d'occupation du sol (coef. 2)	41
Figure 13 : Vulnérabilité totale incluant la vulnérabilité à priori	42
Figure 14 : Exemple d'une EHFH infiltrante relative à la formation des Sables des Landes et couvrant deux sous-secteurs géographiques.	44
Figure 15 : Exemple d'une EHFH infiltrante relative à la formation de l'Oligocène partiellement couverte de Sables des Landes et de Hautes Terrasses (EHFH sous couverture).	45
Figure 16 : Exemple d'une EHFH infiltrante relative aux formations des Sables des Landes et des Hautes Terrasses couvrant partiellement l'EHFH de la formation de l'Oligocène	45
Figure 17 : Exemple d'EHFH mixtes (type pf + bv) relatives à la formation de l'Oligocène de l'Entre-deux-Mers partiellement couvertes par les Molasses de l'Agenais.....	46
Figure 18 : Exemple d'EHFH (type bv) pour le contrôle des eaux superficielles ruisselantes sur les Molasses.	47
Figure 19 : Exemple d'EHFH sous couverture (type pf) pour le contrôle des eaux de l'aquifère de l'Eocène moyen.....	47

Liste des tableaux

Tabl. 1 : Répartition des EHFH sur les 12 MESO libres du département de la Gironde	50
--	----

Liste des annexes

Annexe 1 Caractéristiques des Masses d'eau souterraine (MESO) libres sur la région Aquitaine.....	55
Annexe 2 Liste des entités hydrogéologiques (BDRHF_v2) répertoriées sur la région Aquitaine.....	59
Annexe 3 Mode d'occupation du sol d'après la base de données CORINE Land Cover	63
Annexe 4 Carte de vulnérabilité intrinsèque simplifiée du département de la Gironde (Mardhel, 2006)	67
Annexe 5 Fiches de présentation des Entités Hydrogéologiques de Fonctionnement Homogène	71

1. Introduction

La mise en place des différentes actions induites par la Directive Cadre Européenne sur l'Eau vise en particulier à se doter des moyens nécessaires au maintien ou au retour du bon état des eaux superficielles et souterraines.

La Directive Cadre Européenne sur l'Eau (JOCE, 2000) a défini un référentiel commun pour l'évaluation et la surveillance de l'état des ressources en eau. Ce référentiel est basé sur la notion de masses d'eau superficielles (MESU) ou souterraines (MESO). Il inclut un ensemble de définitions à utiliser pour délimiter et caractériser ces masses d'eau, pour évaluer leur état, pour les surveiller et pour présenter les résultats.

Cette directive a pour objet d'établir un cadre pour la protection des eaux superficielles et souterraines, qui prévienne toute dégradation supplémentaire, promeuve une utilisation durable de l'eau, renforce la protection de l'environnement aquatique, assure la réduction progressive de la pollution des eaux souterraines et contribue à atténuer les effets des inondations et des sécheresses.

Pour atteindre ses objectifs, la DCE exige des états membres de se doter de moyens nécessaires au maintien ou au retour du bon état des eaux superficielles et souterraines d'ici 2015.

L'article 2 de la directive définit une **masse d'eau souterraine**, comme « un volume distinct d'eau souterraine à l'intérieur d'un ou de plusieurs aquifères » et un **aquifère** comme « une ou plusieurs couches souterraines ou autres couches géologiques d'une porosité et perméabilité suffisantes pour permettre soit un courant significatif d'eau souterraine, soit le captage de quantités importantes d'eau souterraine ».

L'article 3, alinéa 1 de cette directive précise : « Les États membres recensent les bassins hydrographiques qui se trouvent sur leur territoire national et, aux fins de la présente directive, les rattachent à des districts hydrographiques. Les petits bassins hydrographiques peuvent, si nécessaire, être liés à des bassins plus importants ou regroupés avec des petits bassins avoisinants pour former un district hydrographique... ».

Par ailleurs, l'alinéa 1 de l'article 8 prévoit que : « Les Etats membres veillent à ce que soient établis des programmes de surveillance de l'état des eaux afin de dresser un tableau cohérent et complet de l'état des eaux au sein de chaque district hydrographique... ».

L'Agence de l'Eau Adour Garonne, chargée de l'application de cette directive cadre sur son district, a confié au BRGM Aquitaine le travail de découpage des masses d'eau en Aquitaine (MESU et MESO) en des entités hydrogéologiques de fonctionnement homogène (EHFH) dites « Unités de Gestion ». Pour la Gironde, le travail bénéficie également du soutien financier du Conseil Général de Gironde. Cette mission fait suite

à celle confiée antérieurement au BRGM Midi-Pyrénées pour réaliser le même travail dans cette région (Schoen et Ricard (2001) ; Schoen et Codvelle (2001) ; rapport FREDEC Midi-Pyrénées ; Ghyselinck (2004)).

Ce travail intitulé « Cartographie des Unités de Gestion de la qualité des eaux continentales de Gironde » consiste à définir l'aptitude au ruissellement/infiltration au sein de chaque unité et à calculer ultérieurement la vulnérabilité au sein de chacune d'entre elles.

Il s'agit donc de caractériser le fonctionnement des systèmes hydrogéologiques, principalement les milieux superficiels (puisqu'ils sont les plus vulnérables), vis-à-vis des mécanismes variés de cheminement des eaux de pluie.

Par ailleurs, l'article 8 de la directive nécessitera la définition, pour chaque EHFH, d'un (ou de plusieurs) point(s) de contrôle (exutoire, forage ou source) représentatif(s) de l'état de l'EHFH en question afin d'assurer un bon contrôle de la qualité de son eau et identifier une éventuelle pollution. Cette étape sort néanmoins du cahier des charges actuel de la présente étude.

Après un bref descriptif du contexte géologique régional et de celui de la Gironde (cf. § 2), l'ensemble des données utilisées pour l'étude (réseau hydrographique, lithologie, relief, ...) sera décrit (cf. § 3). La méthodologie utilisée sera ensuite exposée (cf. § 4), elle est basée sur une analyse multicritères «semi-automatisée » à l'aide d'un SIG et l'expertise d'un hydrogéologue. Enfin, les résultats issus de ce travail de découpage des EHFH seront présentés (cf. § 5).

2. Contextes géologique et hydrogéologique

2.1. CONTEXTE GEOLOGIQUE REGIONAL ET DEPARTEMENTAL

Un extrait de la carte géologique de la France à 1/1 000 000 est présenté sur les figures 1a (carte) et 1b (légende).

Depuis les contreforts du Massif central et des Pyrénées, jusqu'à l'Atlantique, le Bassin aquitain est constitué d'empilements de couches perméables de grès ou de calcaires alternant avec des argiles ou des marnes imperméables. Dans ce bassin sédimentaire, les couches les plus anciennes affleurent à l'est et au nord et sont recouvertes par les couches plus récentes qui s'épaississent et s'approfondissent vers l'ouest pour s'étendre largement sous le plateau continental à plus de 50 kilomètres au large de la côte girondine (Platel *et al.*, 2002, Platel, 2004).

Ces terrains appartiennent à des formations géologiques allant de l'ère mésozoïque (Secondaire) à la période actuelle. Pendant ces 250 millions d'années, les conditions physiques et climatiques qui régnaient sur le bassin ont évolué, modifiant sans cesse la nature des dépôts de sédiments qui constituent aujourd'hui le sous-sol aquitain. Le fait le plus notable est sans doute lié aux cycles des transgressions et des régressions marines qui déterminaient au même moment et selon les secteurs, des conditions de dépôt alternativement continentales, margino-littorales ou marines de plates-formes peu profondes.

Concernant le département de la Gironde, les terrains géologiques appartiennent presque totalement à l'ère cénozoïque (Tertiaire et Quaternaire) et les dépôts sont soit marins littoraux soit continentaux.

D'une manière générale, on note que :

- du nord au sud, dans le *Nord-Blayais*, la *Double* et le *Landais*, puis le *Libournais*, le *Fronsadais* et le *Bourgeais*, ainsi que dans l'*Entre-Deux-Mers*, existent essentiellement à l'affleurement des formations fluvio-lacustres ou marines de l'Éocène et de l'Oligocène:

- de nature argilo-sableuse (ex : *Formations de Guizengeard et de Boisbreteau*)
- de type molassique avec une nature lithologique argilo-silto-carbonatée (ex : *Molasses de l'Agenais et du Fronsadais...*)
- de nature calcaire ou argileuse (ex : *Formation du Calcaire à Astéries, Argile et Calcaire de Castillon, Argile à Palaeotherium, Marnes à Ostrea bersonensis*)

- dans le *Médoc*, le *Bordelais*, le *Langonnais* et le *Bazadais*, affleurent essentiellement des formations du Pléistocène et du Miocène :

- de nature sableuse, ou à graviers et galets (*Formation de Marcheprime, Sable des Landes, Formation de Belin, terrasses alluviales anciennes ...*)
- de nature argileuse (*Glaises bigarrées, Formation de Brach...*)
- à dominante calcaire (*Calcaire de St-Estèphe, Grès et calcaire de Bazas, ...*)
- de type molassique avec une lithologie argilo-silto-carbonatée (*Molasses de l'Armagnac*)

- aux abords immédiats des grands fleuves *Garonne* et *Dordogne*, ainsi qu'en bordure de *l'estuaire de la Gironde*, s'observe la succession des terrasses alluviales anciennes (hautes, moyennes et basses terrasses), ainsi que les terres d'alluvions récentes (moins de 6 000 ans), très argileuses, du Flandrien dans les plaines des lits majeurs.

La structuration du département de la Gironde est assez peu marquée en dehors du pendage régional de quelques pourcents vers le sud-ouest. Seuls les petits anticlinaux de Blaye-Listrac et de Couquèques font ressortir les dépôts marins éocènes les plus anciens, ainsi que la structure de Villagrains-Landiras dans laquelle pointent les terrains calcaires de la fin du Crétacé, cependant presque toujours masqués sous les sables quaternaires des Landes girondines.

2.2. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE REGIONAL ET DEPARTEMENTAL

2.2.1. Généralités

Les nappes de la Gironde peuvent être classées en deux grands ensembles. D'une part, les nappes "superficielles" (comme celles des formations alluviales et des formations détritiques du Plio-Quaternaire), et d'autre part les nappes plus "profondes" (comme celle des formations de l'Éocène et de l'Oligocène). Compte tenu des pendages des couches vers le sud-ouest, de la structuration géologique et de l'empilement des différents niveaux lithologiques, les nappes de la partie nord-est du département s'enfoncent progressivement vers le centre du bassin et deviennent captives sous différentes formations imperméables. (Platel, 2004).

2.2.2. Les nappes "superficielles"

Il existe un nombre important d'aquifères superficiels, que l'on peut classer des plus anciens aux plus récents :

- ceux du Tertiaire continental sablo-argileux, recouvrant généralement les formations crétacées, et qui ne prennent de l'importance que dans la Double et le Landais, où ils renferment des nappes perchées, pérennes ou temporaires. L'eau est en général peu profonde en dessous des premières couches argileuses, du fait de la constitution "en mille-feuilles" de ces terrains (aquifère multicouche) ;

- les réservoirs calcaires et/ou gréseux de l'Éocène moyen dans les secteurs de Blaye et du Nord-Médoc,
- les réservoirs calcaires oligocènes karstiques présents en rive gauche de la Garonne, mais principalement dans l'Entre-deux-Mers ou leur productivité est peu importante compte tenu de leurs caractères perchés,
- les formations de faluns et sables associés miocènes dans les petites vallées affluentes de rive gauche de la Garonne,
- les alluvions des terrasses du Quaternaire, dont la "nappe sous-flandrienne", captées en bordure et dans les vallées,
- l'aquifère multicouche quaternaire composé de toutes les formations sableuses de la série deltaïque landaise (Arengosse, Onesse, Belin, Marcheprime, Sables des Landes) présent à l'affleurement sur toute la partie ouest du département.

La délimitation des Entités Hydrogéologiques de Fonctionnement Homogène (EHFH) intéressera principalement ces nappes superficielles.

Remarque : il convient de préciser que « les réservoirs calcaires et/ou gréseux de l'Éocène moyen » ou « les formations de faluns et sables associés miocènes », cités ci-dessus, constituent des affleurements de nappes profondes. Il en est de même pour. A contrario, l'Oligocène de l'Entre-deux-Mers est complètement déconnecté de l'aquifère Oligocène profond situé en rive gauche de la Garonne.

2.2.3. Les nappes "profondes"

Les principales nappes profondes sont le prolongement des formations observées à l'affleurement et sont généralement de grande extension. On distingue principalement, de la surface vers la profondeur :

- l'aquifère oligocène nappe profonde qui se situe en rive gauche de la Garonne. Cet aquifère est capté entre 20 et 50 mètres, au niveau de la CUB. Il présente des zones d'affleurement dans les vallées des affluents de la Garonne, qui constituent des aires de vulnérabilité locale de la nappe en raison notamment de la perte de son caractère captif sur certains secteurs géographiques (La Brède, Léognan, Mérignac,...). Compte tenu du sens de l'écoulement global de la nappe orienté ouest-est, seul le secteur de la nappe, situé à l'est de ces affleurements, serait impacté. Plus à l'ouest, côté littoral, et dans le sud-ouest du département, l'aquifère de l'Oligocène s'enfonce sous d'épaisses formations quaternaires et miocènes qui le protègent des infiltrations depuis la surface (toit de l'aquifère vers 200 m). C'est la partie vulnérable de cet aquifère, proche de la Garonne et de l'estuaire, qui intéresse la présente étude.
- les aquifères éocènes ("*Sables fluviaux du Libournais*", "*Sables inférieurs*" et "*l'Éocène moyen calcaire*") qui sont captés entre 100 et 300 mètres de profondeur, dans le centre et sud-ouest du département.

- les aquifères karstiques crétacés, qui sont plus rarement captés, car profonds (400 à 500 m), sauf dans le nord-est du département.

En dehors des aires d'affleurement de l'Éocène moyen dans les secteurs de Blaye et du Nord-Médoc, les aquifères de l'Eocène moyen et du Crétacé, ne seront pas concernés par la délimitation des Entités Hydrogéologiques de Fonctionnement Homogène (EHFH).

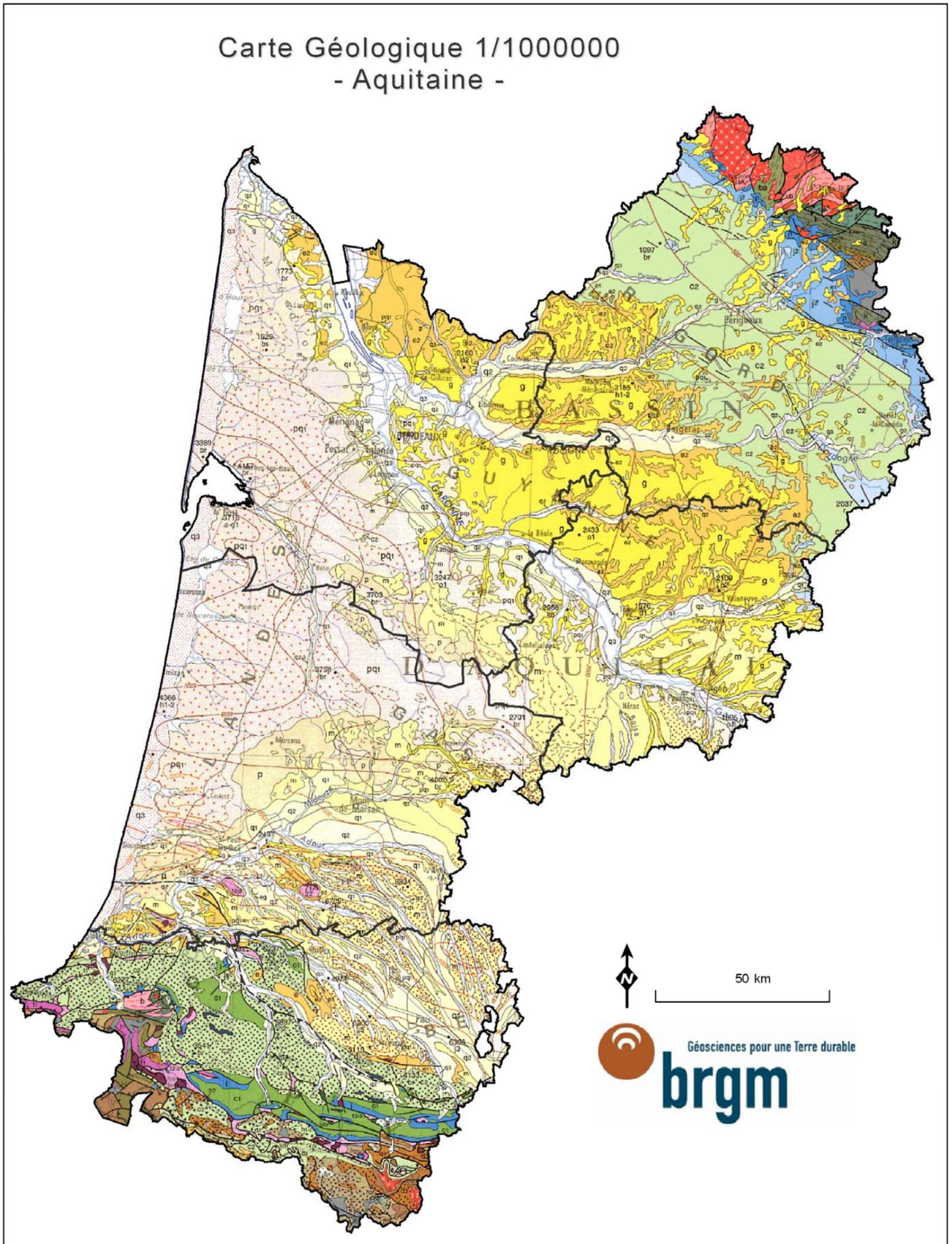


Figure 1a : Géologie de la région Aquitaine (d'après la carte géologique de la France au 1/1 000 000, source BRGM)

3. Données prises en considération

Le présent chapitre permet de définir l'ensemble des données nécessaires à la réalisation du projet. On distinguera les données de base et les données valorisées.

Les données de base sont nécessaires à la définition des contours des EHFH alors que les données valorisées sont des approches de la vulnérabilité intrinsèque des aquifères issues d'études antérieures réalisées par le BRGM. Elles permettent de valider des hypothèses de travail et d'effectuer des comparaisons.

L'ensemble des données relève de bases de données représentées sous formes de couches SIG (système d'information géographique) associant une géométrie à des données attributaires.

3.1. LES DONNEES DE BASE

Certaines de ces données (BDRHF v2, MONA) proviennent de travaux antérieurs réalisés par le BRGM.

3.1.1. MESO

Masse d'eaux souterraines : il s'agit d'un découpage des systèmes aquifères réalisé suite aux exigences de la Directive Cadre Européenne sur l'Eau (fig. 2). C'est le point de départ de la présente étude puisque le travail consiste à découper ces MESO en EHFH pour le contrôle de leur qualité. Les MESO établies sur la région Aquitaine sont décrites en annexe 1.

Délimitation des Masses d'eau Souterraine de surface - Aquitaine -

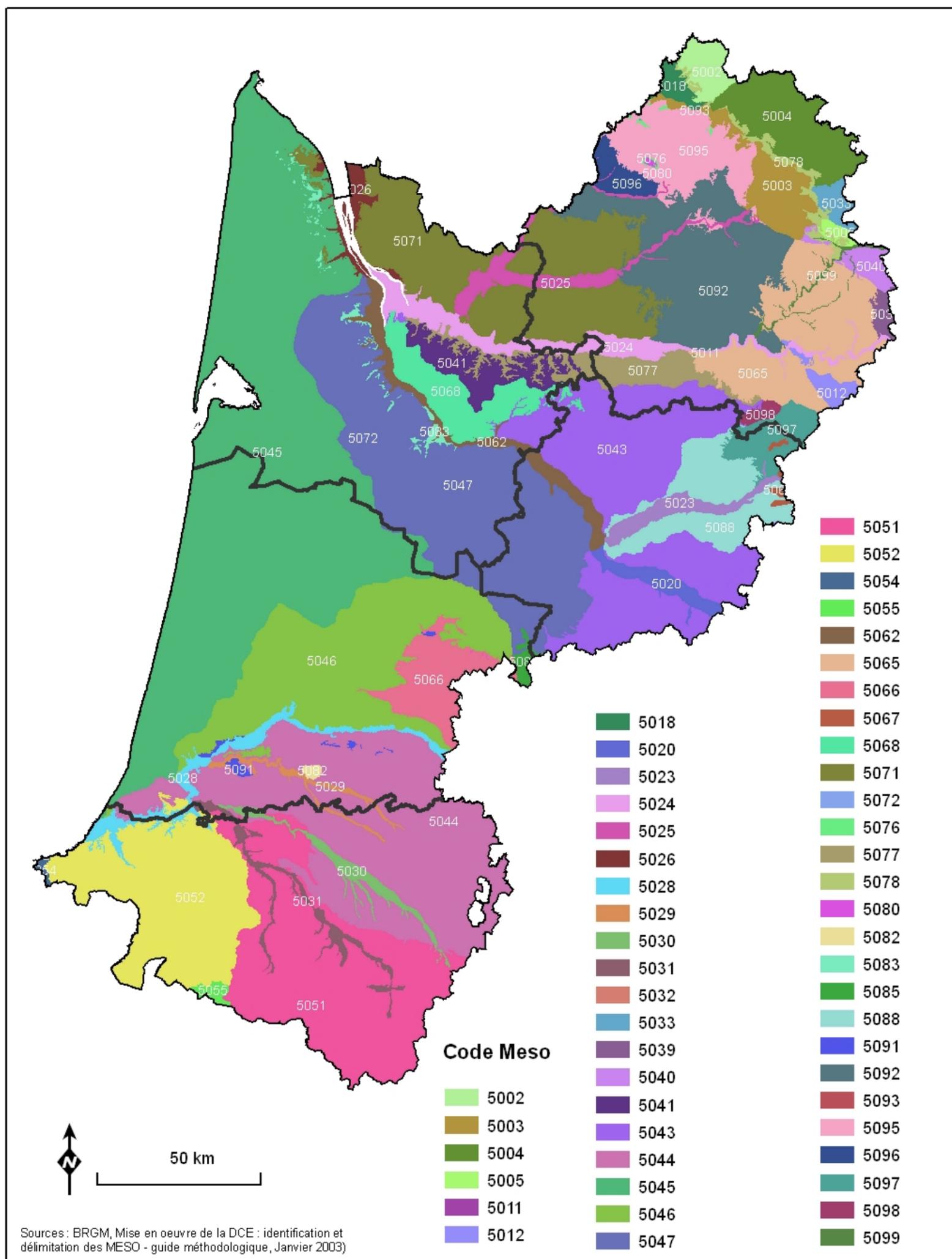


Figure 2 : Masses d'eaux souterraines affleurantes établies sur la région Aquitaine

3.1.2. BDRHF v2

Base de données du Référentiel Hydrogéologique Français (version 2) des eaux souterraines au 1/50 000^{ième}.

Cette version est un découpage du territoire national en entités hydrogéologiques (formations géologiques aquifères ou non) délimitées à 3 niveaux de détail (national, régional et local) suivant des règles élaborées dans le cadre d'une méthodologie nationale.

Les entités hydrogéologiques sont rattachées à 5 "thèmes" correspondant à 5 grands types de formations géologiques:

- le sédimentaire (bassin aquitain, bassin parisien,...),
- le socle (massif armoricain, massif central,...),
- l'alluvial,
- le volcanisme,
- les formations intensément plissées (massifs montagneux).

Le référentiel se présente sous la forme d'un Système d'Information Géographique (SIG) dont la base de données contient des informations permettant de caractériser les entités hydrogéologiques.

Cette base de données décrit l'ordre et la lithologie des différentes formations géologiques y compris les formations alluviales considérées comme des « surcouches ». Pour mener cette étude, nous avons opté pour le niveau de détail local (NV3), soit le plus détaillé. Ce niveau correspond à 66 formations différentes de la région Aquitaine¹ (annexe 2) auxquelles il faudra rajouter les 4 surcouches correspondant aux formations superficielles (dont les Alluvions récentes et les Alluvions flamandaises).

Pour chaque formation, la nature du faciès est décrite ainsi qu'un regroupement selon les trois termes suivants : perméable, semi-perméable et aquifère (fig. 3), indiquant la nature ruisselante ou infiltrante des entités.

¹ Hors socle du massif central (Dordogne) traité séparément et l'intensément Plissé (Pyrénées Atlantiques) en cours de traitement.

Simplification de la lithologie en 3 terminologies

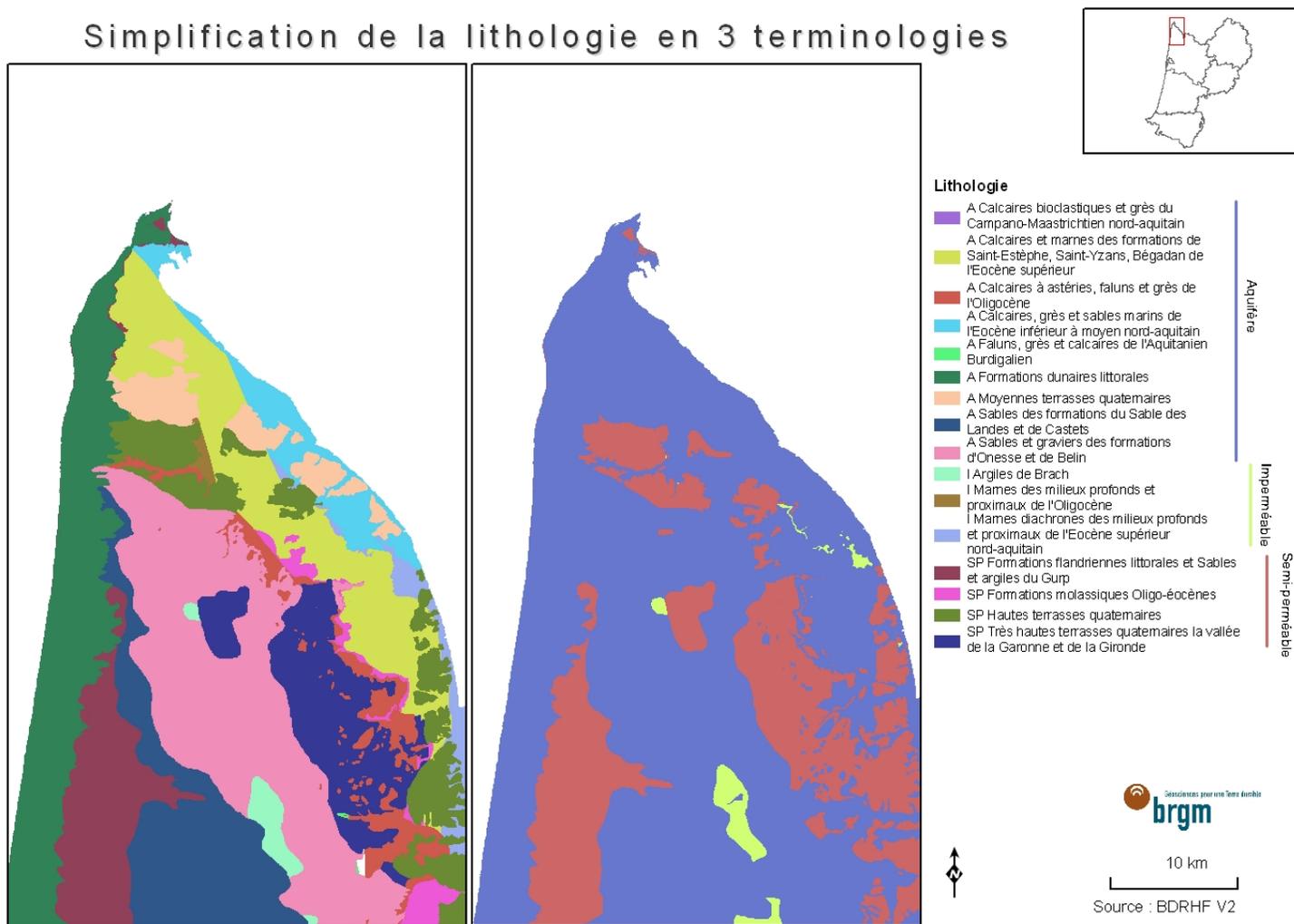


Figure 3 : Lithologie détaillée et simplifiée dans le Médoc et le littoral Girondin.

3.1.3. BD Carthage®

Référentiel hydrographique français sur les eaux superficielles : base de données décrivant l'ensemble des cours d'eau avec une classification tenant compte de leur importance (fig. 4).

La base de données comprend également des entités polygonales matérialisant différents niveaux de bassins versants : de la zone hydrographique ZH (plus petit bassin versant) à la région hydrographique RH (11 RH sur l'ensemble du district Adour-Garonne), en passant par les sous-secteurs et les secteurs.

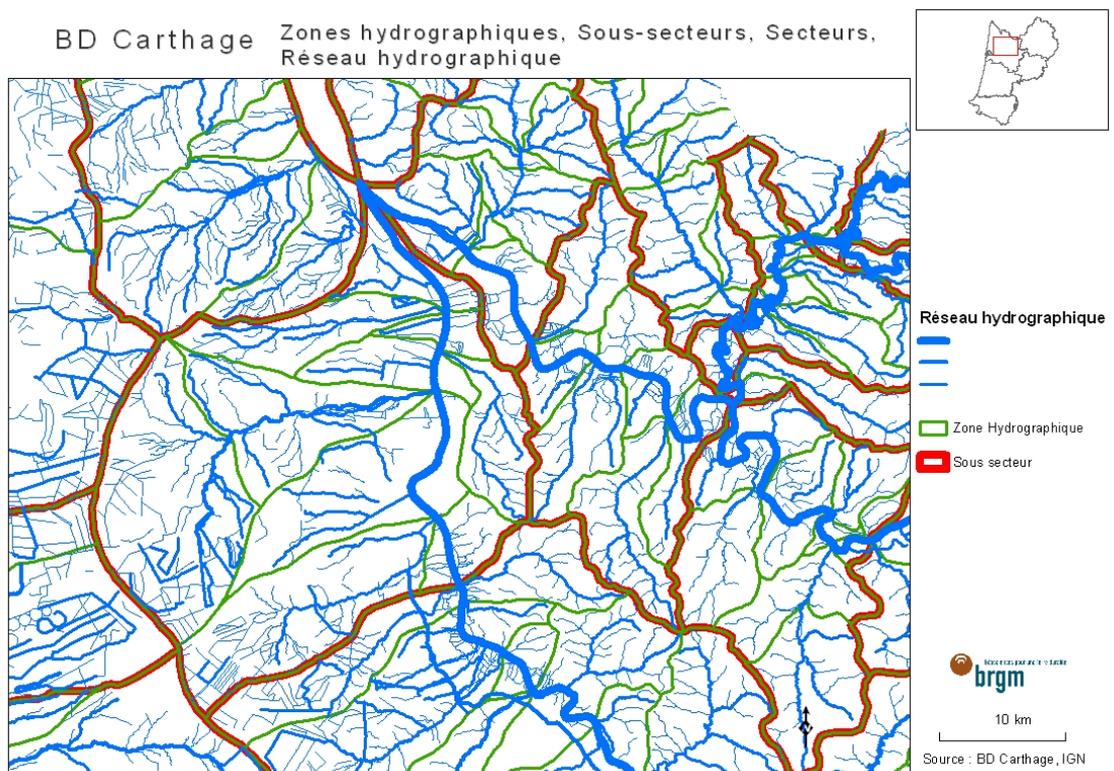
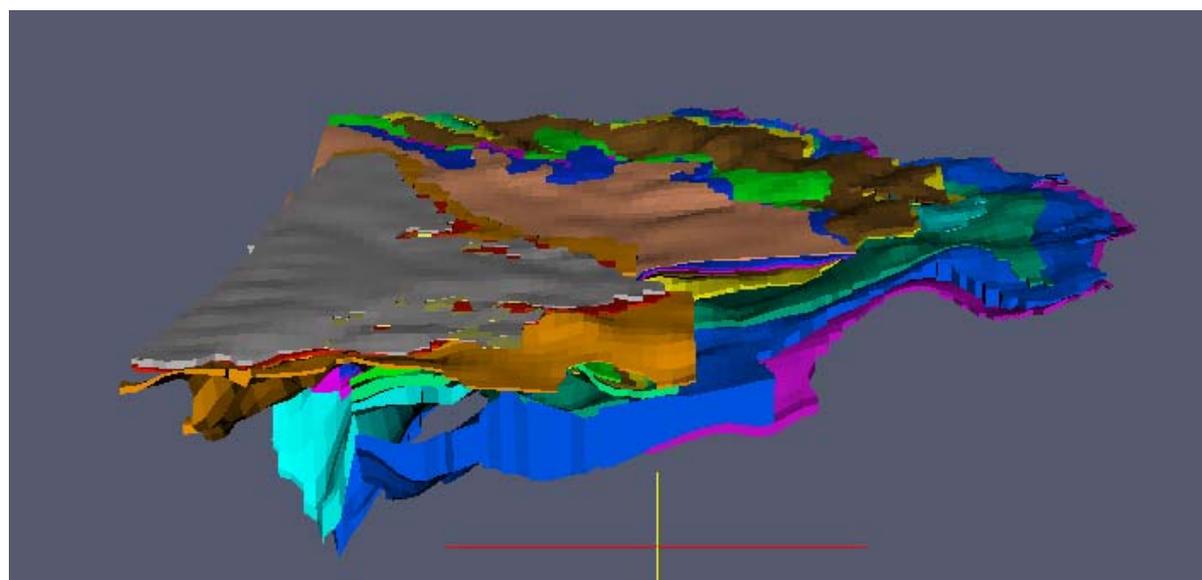


Figure 4 : Exemple de réseaux, zones et sous-secteurs hydrographiques

3.1.4. MONA

Modèle Nord Aquitain : il s'agit d'un modèle hydrodynamique régional développé par le BRGM (Pédon et *al.*, 2008). Il permet de disposer de la géométrie des grands aquifères du nord du Bassin aquitain en 3D et de simuler les écoulements dans chacune des formations modélisées (fig. 5).



Vue du Sud



Figure 5 : Vue 3D de la géométrie du Modèle Nord-Aquitain (MNA V3.3)

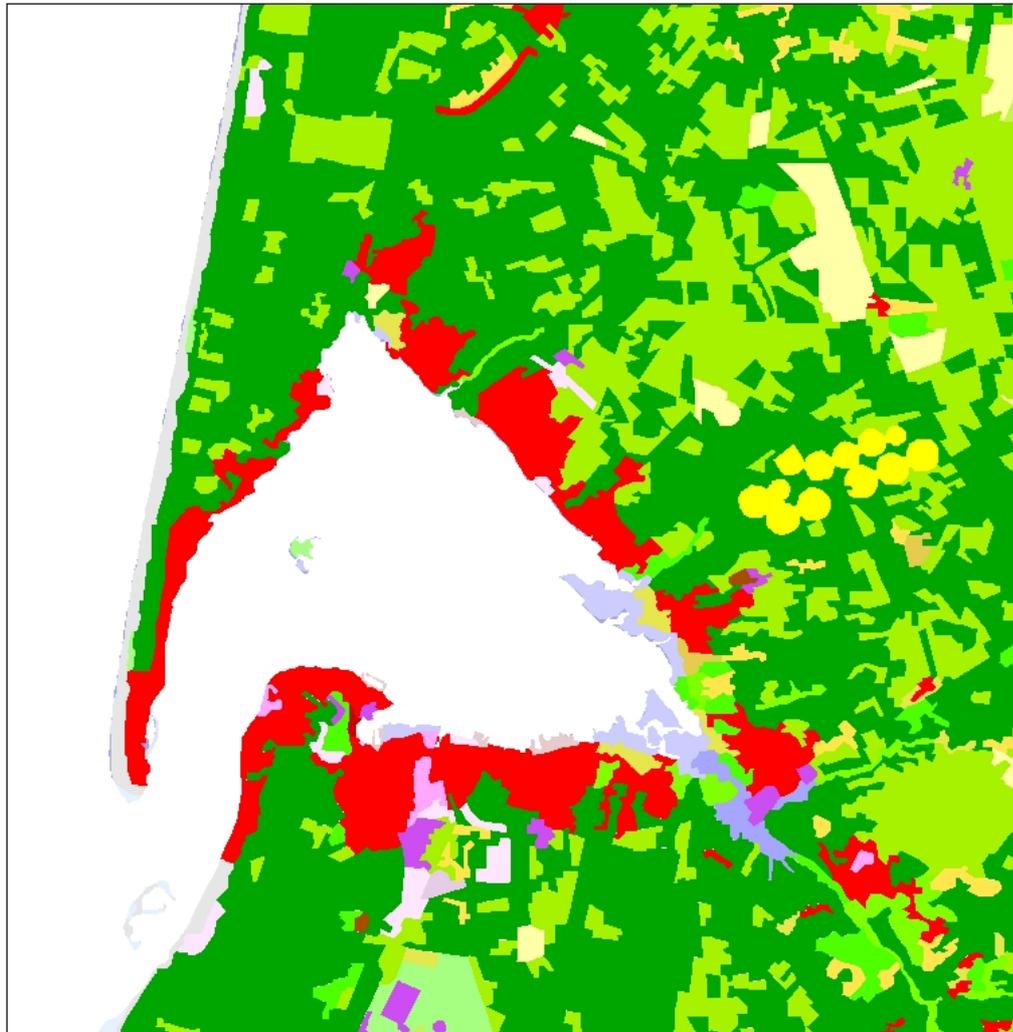
3.1.5. CORINE Land Cover (CLC)

Base de données du MEEDDM relative au mode d'occupation du sol produite dans le cadre du programme européen de coordination de l'information sur l'environnement. La continuité de ce programme et la diffusion des données CORINE Land Cover sont pilotées par l'Agence Européenne pour l'Environnement.

Cette base est réalisée à partir d'images satellitaires (SPOT 4 et IRS) de l'année 2006 avec un pas de résolution de 20 m. L'échelle d'utilisation est le 1/100 000^{ième}. Elle permet d'ajouter à la présente étude un paramètre relatif à la nature de l'exploitation du sol et donc à la pression anthropique (fig. 6).

36 descriptions différentes regroupées dans 15 thématiques sont proposées dans cette base de données. Elles sont explicitées en annexe 3.

Mode d'Occupation du Sol 2006 Bassin d'Arcachon



- 112 : Tissu urbain discontinu
- 121 : Zones industrielles et commerciales
- 211 : Terres arables hors périmètres d'irrigation
- 212 : Périmètres irrigués en permanence
- 242 : Systèmes culturaux et parcellaires complexes
- 313 : Forêts mélangées
- 324 : Forêt et végétation arbustive en mutation
- 411 : Marais intérieurs
- 421 : Marais maritimes



Source : MEEDDAT

Figure 6 : Mode d'occupation du sol autour du bassin d'Arcachon.

Cette base intervient dans le calcul de la vulnérabilité totale (pondération de la vulnérabilité intrinsèque du milieu et du mode d'occupation du sol, cf. § 4.5). Il conviendra également d'en tenir compte lors de la délimitation finale des EHFH (validation de l'Unité de Gestion). On pourra être amené à isoler une zone forestière d'une zone agricole ou d'un secteur fortement urbanisé, même si la lithologie autorise un regroupement.

3.1.6. Modèle Numérique de Terrain (MNT)

Ce modèle est réalisé par l'IGN (2008) au pas de 50 m. Il permet de schématiser le relief et de calculer les pentes (fig. 7).

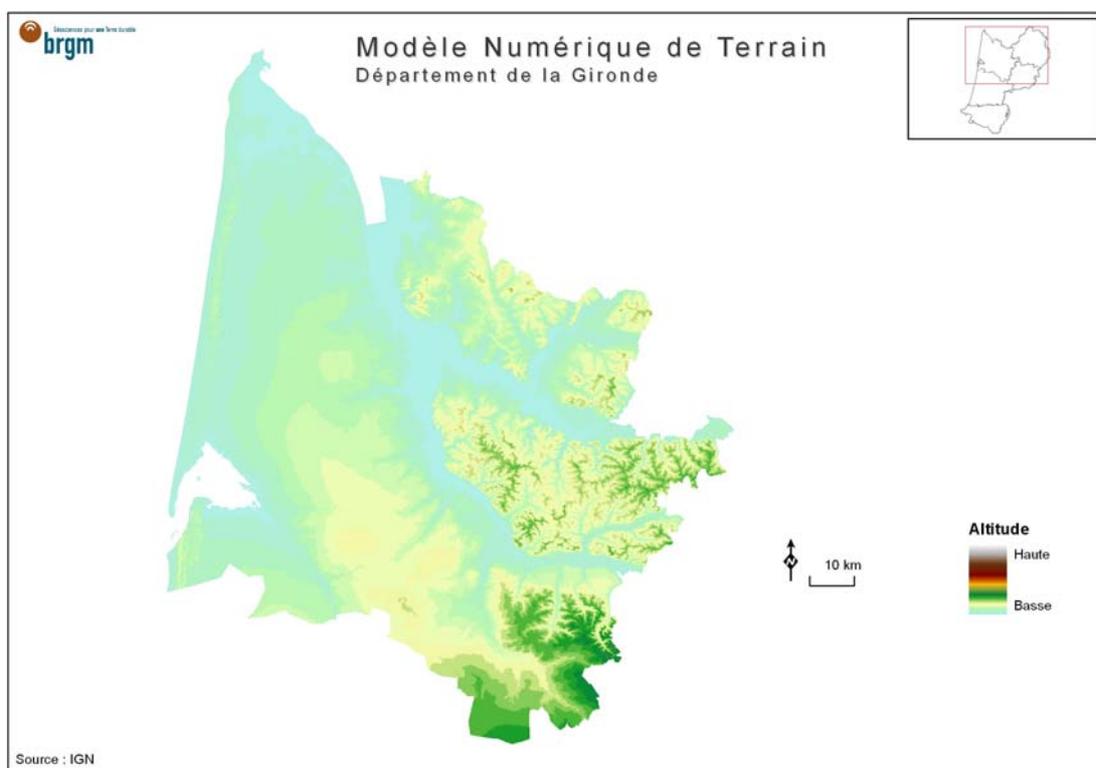


Figure 7 : Modèle Numérique de Terrain sur le département de la Gironde

3.1.7. Autres données

Enfin, d'autres données viendront s'ajouter aux précédentes en fonction de leur disponibilité (les systèmes karstiques en Aquitaine, les failles, ...).

3.2. DONNEES VALORISEES : TRAVAUX ANTERIEURS

3.2.1. Carte de vulnérabilité des systèmes aquifère en Aquitaine

Il s'agit d'une carte de vulnérabilité réalisée par le BRGM (Seguin, 2002). Cette carte est réalisée selon un maillage au pas de 1 km de côté. Il s'agit d'une analyse multicritères permettant d'attribuer une note de vulnérabilité en pondérant 4 paramètres : la pente (coefficient 1), la lithologie (coefficient 5), la capacité de rétention en eau du sol ou RFU (coefficient 2) et la profondeur de la nappe ou épaisseur de la zone non saturée (coefficient 5). Au final une combinaison linéaire de ces 4 paramètres définit une note de vulnérabilité intrinsèque comprise entre 1 et 100 (fig. 8).

L'échelle de restitution des données est le 1/250 000^{ième}. Il s'agit donc d'un travail moins fin que celui attendu sur les EHFH.

Cette carte de vulnérabilité permet de valider des hypothèses d'interprétations sur la nature plutôt perméable ou ruisselante du sol.

3.2.2. Analyse de la vulnérabilité intrinsèque des eaux souterraines autour des sites BASOL

Il s'agit d'une carte de vulnérabilité réalisée par le BRGM (Mardhel, 2006 ; Mardhel et Pinson, 2008) autour des sites BASOL (Base des sites pollués ou susceptibles de l'être, faisant l'objet d'une action administrative).

Cette carte fait appel à la méthodologie de l'IDPR (Indice de Développement et Persistance des Réseaux), qui revient à comparer un réseau hydrologique de surface théorique, régulier et homogène au réseau réel de façon à définir la nature plutôt perméable (infiltrante) ou imperméable (ruisselante) du sol (cf. Annexe 4).

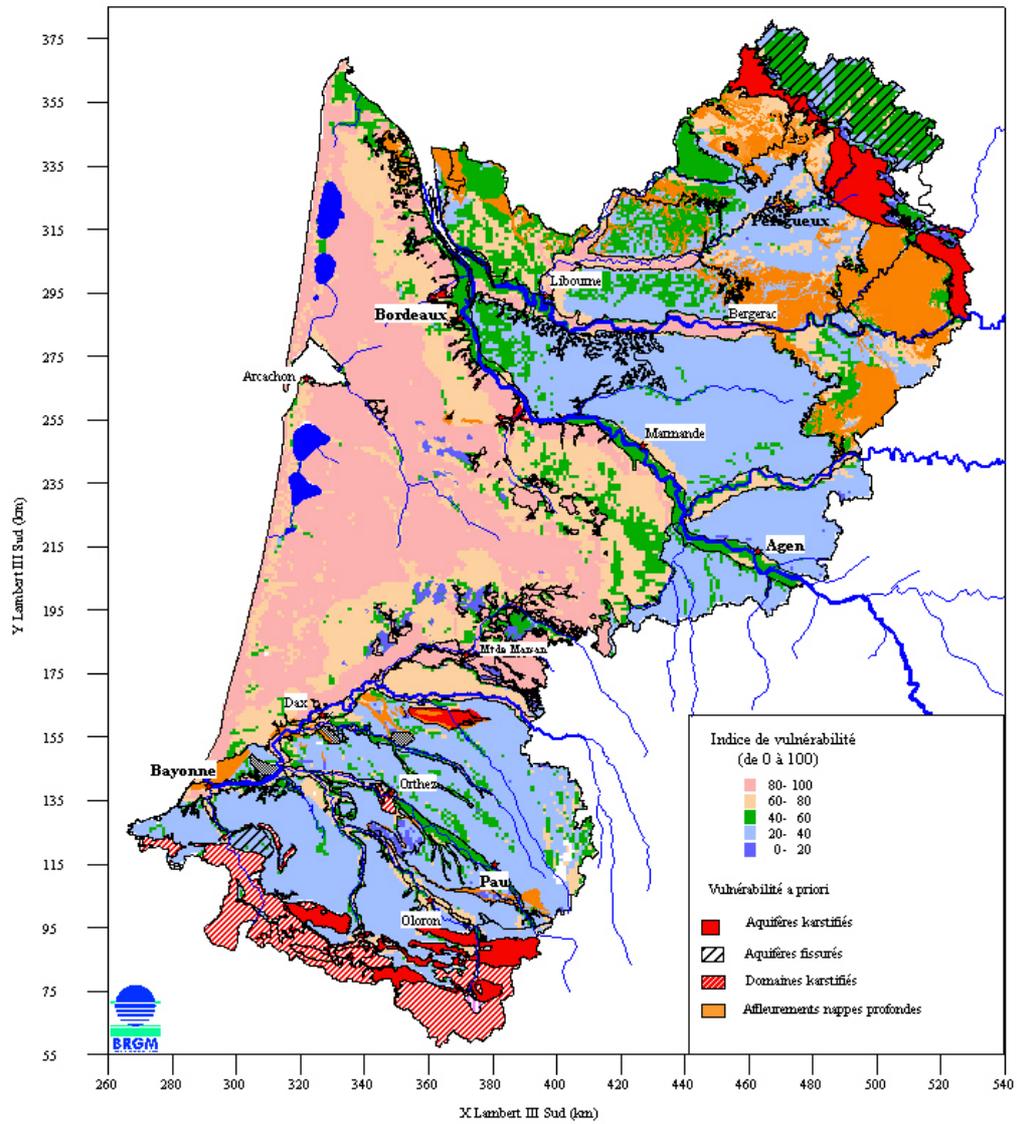


Figure A13 - Vulnérabilité des systèmes aquifères libres et domaines hydrogéologiques d'Aquitaine

Figure 8 : carte de vulnérabilité des systèmes aquifères libre en Aquitaine (Seguin, 2002)

4. Méthodologie

La délimitation des EHFH au sein des MESO est réalisée à l'échelle des zones hydrographiques (ZH) (il s'agit de la couche (SIG) des bassins versants issue de la base de données BD Carthage®).

Cette base de données propose un regroupement de plusieurs ZH (3 à 8 en général) au sein d'un bassin versant unique appelé sous secteur.

Il s'agit de constituer des EHFH au sein desquels on déterminera l'aptitude du sol au ruissellement ou à l'infiltration (cas des masses d'eau souterraine MESO). Cette entité de fonctionnement homogène aura en général une taille comprise entre une ZH et un sous-secteur², soit, pour le département de la Gironde, une surface moyenne comprise entre 80 et 516 km². Néanmoins un regroupement de 2 sous-secteurs peut être envisagé. Un exemple de création d'une EHFH est explicité dans le chapitre 4.4. Des exemples d'EHFH délimitées figurent dans le chapitre 5.3.

Enfin, cette délimitation des EHFH concernera essentiellement les MESO superficielles du fait de leur vulnérabilité élevée. Les MESO profondes présentant des zones d'affleurement ou situées sous une couverture perméable seront elles aussi traitées.

4.1. DEFINITIONS

Ruissellement : phénomène d'écoulement des eaux à la surface du sol. Le ruissellement est caractéristique de roches de nature imperméable. Les EHFH concernant des sols plutôt imperméables seront globalement représentées par des bassins versants (ZH), parfois regroupés jusqu'à constituer la totalité d'un sous-secteur tel que défini dans la BD Carthage.

Le ruissellement est un des moteurs de l'érosion : l'eau qui s'écoule entraîne avec elle des particules plus ou moins grosses en fonction de la quantité d'eau en mouvement et de la pente, ce qui peut avoir un effet abrasif sur le terrain soumis au ruissellement.

Le ruissellement est un facteur d'aggravation des pollutions notamment liées à l'agriculture : les engrais et autres produits de traitement sont entraînés vers les cours d'eau, puis vers la mer, au lieu de rester sur le lieu d'épandage.

Infiltration : ce phénomène s'oppose au ruissellement, il caractérise la pénétration de l'eau dans les couches rocheuses constituant le sol et le sous-sol. Les sols plutôt perméables sont définis comme aquifères.

² La surface des ZH rencontrées sur la Gironde varie de 1,2 à 570 km² (moyenne de 80 km²). Celle des sous-secteurs varie de 18 à 1315 km² (moyenne de 516 km²).

Dans le cadre de la présente étude, il s'agira de définir des EHFH à ruissellement prépondérant, à infiltration prépondérante ou avec co-existence du ruissellement prépondérant et de l'infiltration. Une association des deux caractères reste néanmoins possible.

4.2. PRINCIPE D'IDENTIFICATION DES EHFH

Le principe d'identification des EHFH est inspiré de celui mis au point par le BRGM en Midi-Pyrénées (Schoen et Ricard, 2001).

Notons qu'en 2001, les systèmes aquifères étaient délimités à partir du référentiel hydrogéologique (BDRHF) qui n'en était qu'à sa première version. Par ailleurs, le modèle MONA et les travaux d'appréciation de la vulnérabilité des systèmes aquifères étaient à leur début.

En conséquence les travaux réalisés en Midi-Pyrénées étaient quasi exclusivement basés à dire d'expert au cas par cas alors que le nombre de données important disponible aujourd'hui permet d'employer un traitement géomatique préalable.

Afin d'obtenir des EHFH cohérentes au 1/50 000^{ième} il n'est pas possible de tenir compte de tous les détails de très faible extension (buttes témoins, colluvions ou très petite partie d'une formation dans un BV). D'où l'utilisation des termes « ruissellement prépondérant » ou « infiltration prépondérante ».

On distingue 3 types d'EHFH :

- Type 1 : ruissellement prépondérant

Le contour de l'EHFH correspond au contour de la zone hydrographique (bassins versants) de BD Carthage®. Dans certains cas, ces ZH peuvent être regroupées jusqu'à atteindre la taille du sous secteur (grand bassin versant).

Il s'agit du cas le plus simple. Ex. aquifères du socle, formations molassiques.

- Type 3 : infiltration prépondérante

Le contour des EHFH suit en général celui des formations géologiques aquifères affleurantes.

* la formation géologique peut être découpée si elle n'est pas homogène,

* le contour d'une EHFH peut correspondre à celui de la zone hydrographique ou du sous secteur (cas des sables des Landes). Dans de tels cas, des agrégations de bassins versants ou de sous secteurs peuvent être envisagées. Aussi, si la formation géologique couvre une surface importante, son découpage, hormis à ses limites, peut être effectué selon le contour du (ou des) bassin(s) versant(s),

* aquifère karstique : il s'agit d'un cas plus complexe qui concerne les aquifères calcaires du Crétacé et du Jurassique. Des essais de traçage avec des analyses à l'exutoire (source karstique) sont nécessaires pour déterminer le contour de la future

EHFH. Ces essais ne peuvent être effectués dans le cas de la présente étude mais certaines informations sont susceptibles d'être disponibles dans la littérature.

- Type 2 : coexistence ruissellement et infiltration

Le contour des EHFH sera traité au cas par cas.

4.3. CROISEMENT DES DONNEES

4.3.1. Outils

Le travail fait appel à l'outil SIG ArcGIS 9.2™ développé par ESRI®.

Un pré-travail a permis d'identifier, de rassembler et d'homogénéiser l'ensemble des données nécessaires à l'étude (cf. § 3, Données prises en considération).

La vision spatialisée et l'empilement des différentes couches permettent de mettre en lumière et d'identifier les grands principes cités précédemment.

4.3.2. Logique respectée

L'interprétation des disciplines de la géomatique et de l'hydrogéologie ont permis de définir des logiques à respecter pour définir les EHFH à partir de l'ensemble des données mises à disposition.

- La BDRHF v2

Le département de la Gironde est constitué d'un empilement de formations aquifères (bassin sédimentaire) dont les plus anciennes datent du secondaire. Les plus récentes, celles du Plio-Quaternaire affleurent à l'ouest de la Gironde et de la Garonne et correspondent principalement aux formations des sables des Landes et de Castets (fig. 9). Les formations du tertiaire présentent des zones d'affleurement aussi bien en rive gauche de la Garonne et de la Gironde (Miocène, Oligocène et Eocène) qu'en rive droite (Miocène, Oligocène de l'Entre-deux-mers, Eocène). En outre, l'Estuaire, la Garonne et les principaux cours d'eau (la Dordogne et l'Isle notamment) sont accompagnés de nappes alluviales plus ou moins perméables.

La lithologie définie dans la BDRHF v2 permet de connaître la nature de ces formations de façon simplifiée à l'échelle du 1/50 000^{ième}. Les 70 descriptions présentes dans cette base de données et concernant la lithologie de la région Aquitaine³ ont permis l'identification des différents aquifères et des épontes les séparant.

³ Hors socle du massif central (Dordogne) traité séparément et l'intensément Plissé (Pyrénées Atlantiques) en cours de traitement

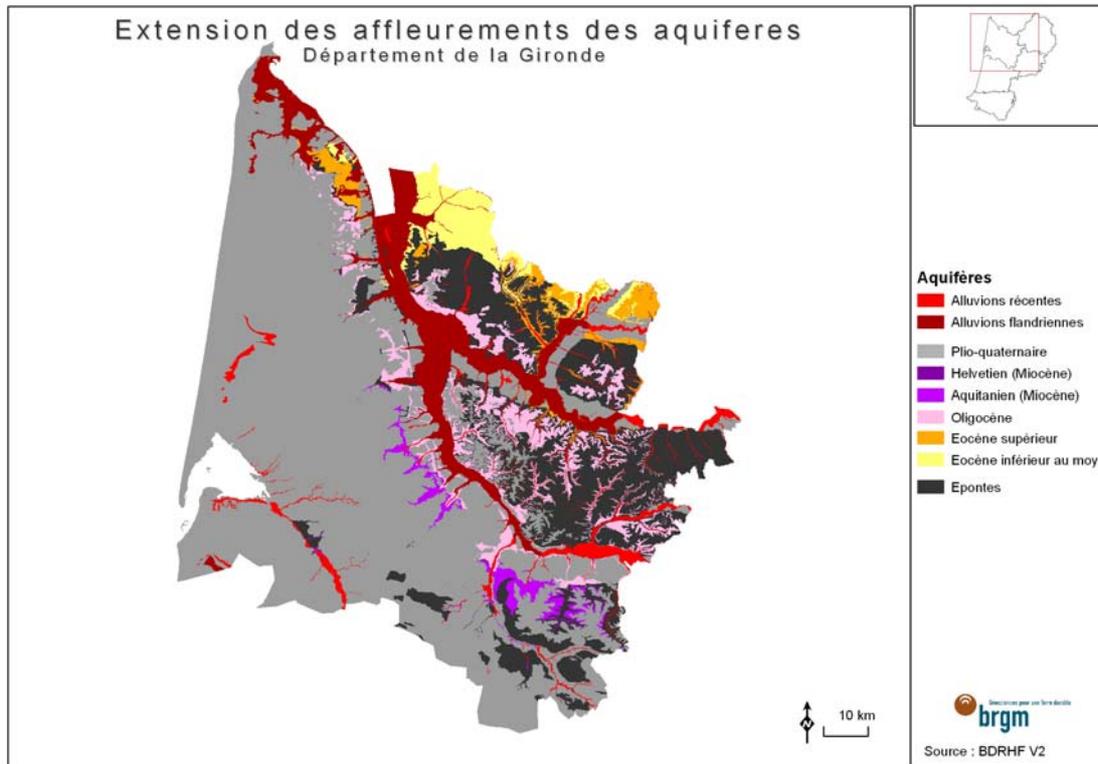


Figure 9 : Zones d'affleurements des différents aquifères sur le département de la Gironde

Les grands ensembles constituent des limites d'entités hydrogéologiques. Il convient naturellement d'interpréter les différentes natures de roches présentes pour délimiter les EHFH.

Les alluvions, notamment les sables, constituent une ou plusieurs EHFH. En effet, elles définissent une nappe alluviale aux abords d'un cours d'eau principal. Les formations flandriennes présentes à l'aval de la Garonne et de la Dordogne et dans l'estuaire ont un intérêt car elles rendent la nappe alluviale semi-captive (Elles jouent donc un rôle protecteur).

La BDRHF v2 a permis de délimiter ces grands secteurs aquifères affleurants et homogènes selon la méthodologie suivante :

Les entités relevant du niveau 3 (le plus détaillé) lors de la mise en place de la BDRHF v2 (Pédron *et al.*, 2009) et correspondant à des systèmes aquifères ont été converties en couches sous ArcGIS 9.2™ (Plio-Quaternaire, Hélovétien, Aquitanien,..., Jurassique, Trias). Le même traitement a ensuite été appliqué aux domaines hydrogéologiques. Ceci a nécessité dans certains cas la séparation de certains aquifères relevant du même étage géologique en 2 couches distinctes séparées par une éponte. La superposition de ces différentes couches sous ArcGIS 9.2™, par ordre

de dépôt, permet de visualiser, sur chaque ZH ou sous-secteur en cours de traitement, les aquifères affleurants et la présence éventuelle d'une éponte qui les sépare.

Par ailleurs, une simplification des formations affleurantes, permettant d'illustrer une première tendance générale, a été réalisée. Elle a consisté à regrouper leur lithologie selon les trois termes suivants : formation aquifère, formation imperméable et formation semi-perméable (fig. 10).

Remarque : en raison de la pertinence de la BDRHF v2 et la finesse de son découpage (1/50 000), c'est le contour de ses entités qui sera utilisé pour la définition des EHFH quelque soit leur type (ruisselant, infiltrant ou semi-perméable). Des décalages sont donc susceptibles d'être relevés entre les contours des MESO et ceux des EHFH qui seront définis en leur sein.

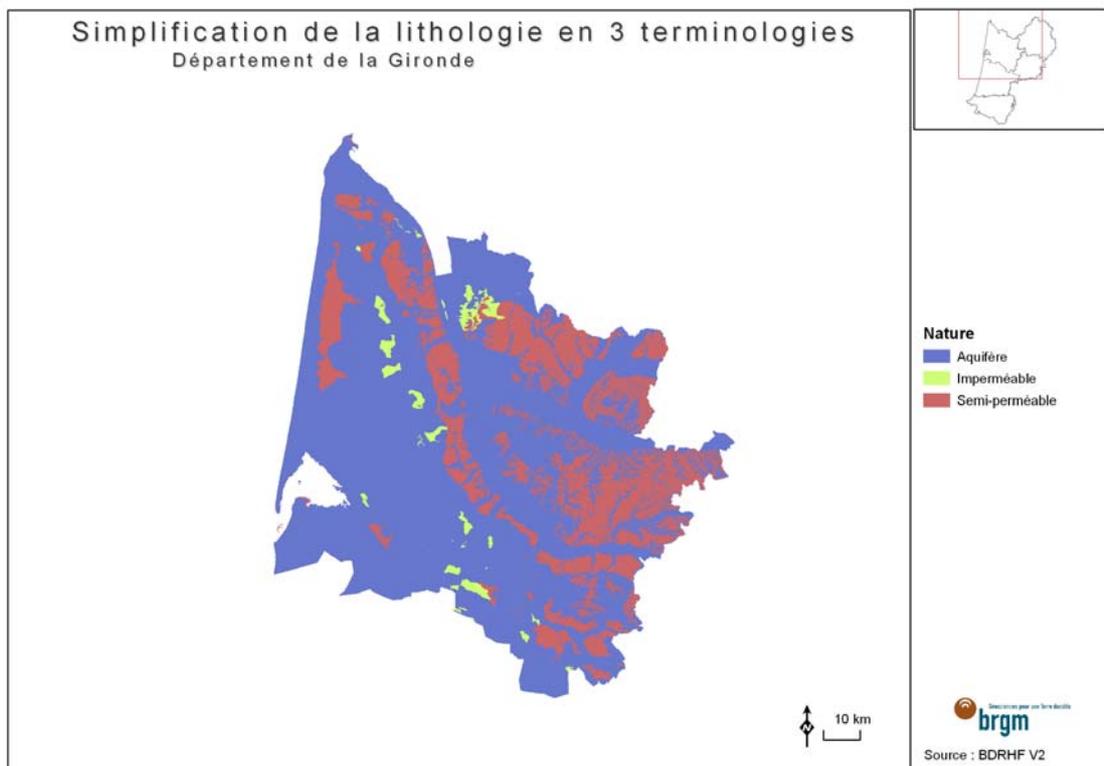


Figure 10 : Simplification de la lithologie sur le département de la Gironde en termes de perméabilité de la roche

- Identification du réseau hydrographique et relief

La nature du réseau hydrographique donne une information sur le milieu. Elle permet d'apprécier sa densité et de confirmer (ou infirmer) la nature plutôt ruisselante du sol. Plus le réseau est dense, plus la nature du sol est ruisselante.

Cette identification est à comparer au relief (MNT) et aux bassins versants représentés par les zones hydrographiques (BD Carthage).

Dans les secteurs du type ruissellement prépondérant, le contour de l'EHFH sera souvent confondu avec celui des bassins versants (zones hydrographiques), agrégés ou non jusqu'au sous-secteur correspondant à un grand bassin versant.

Dans les secteurs du type infiltration prépondérante, le contour de l'EHFH peut être parfois identique à celui des bassins versants (zones hydrographiques), agrégés ou non jusqu'au sous-secteur correspondant à un grand bassin versant. Une ligne de crête séparant deux bassins versants constituera une future frontière entre deux EHFH, du type infiltrant, avec deux écoulements opposés pour la nappe d'eau souterraine. Le fonctionnement hydrogéologique de certaines nappes en milieu poreux et relativement homogène (à l'échelle de travail) peut être calqué sur la topographie. Les lignes de crêtes topographiques correspondant approximativement à des lignes de partage des eaux de la nappe libre. Ce choix pourra également être fait lorsque les informations disponibles ne sont pas suffisantes pour préciser les limites d'écoulement de la nappe.

- Modèle Nord Aquitain (MONA)

Ce modèle fournit les données piézométriques relatives à chaque nappe. Leur représentation cartographique sous SIG permet de déterminer le sens d'écoulement des eaux au sein de chaque aquifère. Ces informations sont utiles pour le tracé des contours des EHFH et aideront par la suite à définir les points de contrôle au sein de chaque Unité de Gestion.

- CORINE Land Cover

Le mode d'occupation du sol (MOS) pourra être pris en compte lors de la délimitation finale de l'EHFH (validation de l'Unité de Gestion), où l'on pourra être amené à isoler une zone forestière d'une zone agricole ou d'un secteur fortement urbanisé même si la lithologie autorise un regroupement. Le cas échéant, ce MOS permettra d'aider à la mise en place d'un réseau de surveillance de la qualité des eaux plus pertinent.

Cette vérification est particulièrement pertinente dans les cas suivants :

- Cas d'une formation aquifère, selon la lithologie simplifiée, où les EHFH peuvent être très étendues, CORINE Land Cover peut fournir une aide pour le découpage : ex. séparation entre zone agricole (maraichages, vignobles, prairies) et zone non exploitée (forêt, relief, ...).
- Le long des nappes alluviales avec présence de zones parfois fortement urbanisées (ex. Libourne), nécessitant un découpage des entités.

4.4. VALIDATION EXPERT

Le travail réalisé a avant tout été basé sur un échange constant entre géomaticien et hydrogéologue.

La compréhension et l'interprétation des données n'ont été rendues possibles que grâce au travail d'expert du thématicien.

Pour un bassin versant (zone hydrographique) avec ruissellement prépondérant, le travail de délimitation est assez simple, la question qui se pose au niveau de la validation relève du niveau de regroupement. Deux ZH (voire plus) peuvent être regroupées si elles remplissent les deux conditions suivantes :

- Elles doivent toutes être du type ruissellement prépondérant,
- Elles doivent disposer d'un exutoire unique après regroupement

Si le bassin versant atteint un grand cours d'eau avec présence d'une nappe alluviale importante, le contour de l'entité est limité à la lisière entre ce bassin et cette bande alluviale. La bande alluviale fera l'objet d'une EHFH particulière de type infiltrant. Pour les principaux cours d'eau (Garonne, Dordogne, Isle), chaque bande alluviale donnera lieu à deux EHFH chacune, séparées par le lit du cours d'eau en question (bien souvent le fonctionnement hydraulique entre les deux rives peut être considéré de façon indépendante).

Nous avons précisé ci-dessus que dans les secteurs du type infiltration prépondérante, le contour de l'EHFH peut être parfois identique à celui des bassins versants (zones hydrographiques), agrégés ou non jusqu'au sous-secteur correspondant à un grand bassin versant (cf. § 5.3.1).

Ce cas correspond à celui des sables des Landes par exemple : le fonctionnement hydrogéologique de la nappe en ce milieu poreux et relativement homogène (à l'échelle de travail) peut être calqué sur la topographie. L'écoulement de la nappe respecte le sens de ruissellement des eaux superficielles.

Cas des EHFH « sous couverture »

Le Bassin aquitain est le siège de grands aquifères captifs dont les zones d'affleurements ou sous couvertures perméables (sans présence d'une éponte protectrice) constituent les seuls points d'entrée fortement vulnérables de ces aquifères par ailleurs naturellement protégés du milieu superficiel.

Il est apparu important de tenir compte de cette spécificité et de réfléchir à un aménagement de la méthodologie initiale définie en Midi Pyrénées (où la superposition des aquifères est beaucoup moins importante). Ceci nous a conduit à introduire le concept d'EHFH « sous couverture » dont l'extension englobe les zones d'affleurements de la formation considérée et la partie sous recouvrement perméable. Ce recouvrement perméable étant lui-même traité dans le cadre d'une EHFH

classique. On aboutit ainsi à un schéma à 3 dimensions où 2 EHFH peuvent se superposer dans un secteur donné : une « superficielle » et une « sous couverture ».

L'application de ce concept est exposée ci-après en prenant une étude de cas : celui où les nappes de l'Eocène moyen, de l'Eocène supérieur et de l'Oligocène du Nord-Médoc affleurent, en un (ou plusieurs) secteur(s) géographique(s), au sein d'une entité quaternaire. Deux EHFH quaternaires superficielles sont définies (fig. 11.a).

La réalisation d'un écorché sous ArcGIS 9.2™, permet de visualiser l'extension des 3 EHFH sous couverture correspondant aux 3 nappes profondes. Elles sont situées « sous » les EHFH définies pour l'aquifère quaternaire. Ces EHFH sont généralement de surface inférieure à celles sus-jacentes. Elles s'arrêtent quand une éponte est détectée entre l'aquifère quaternaire et tertiaire (fig. 11.b).

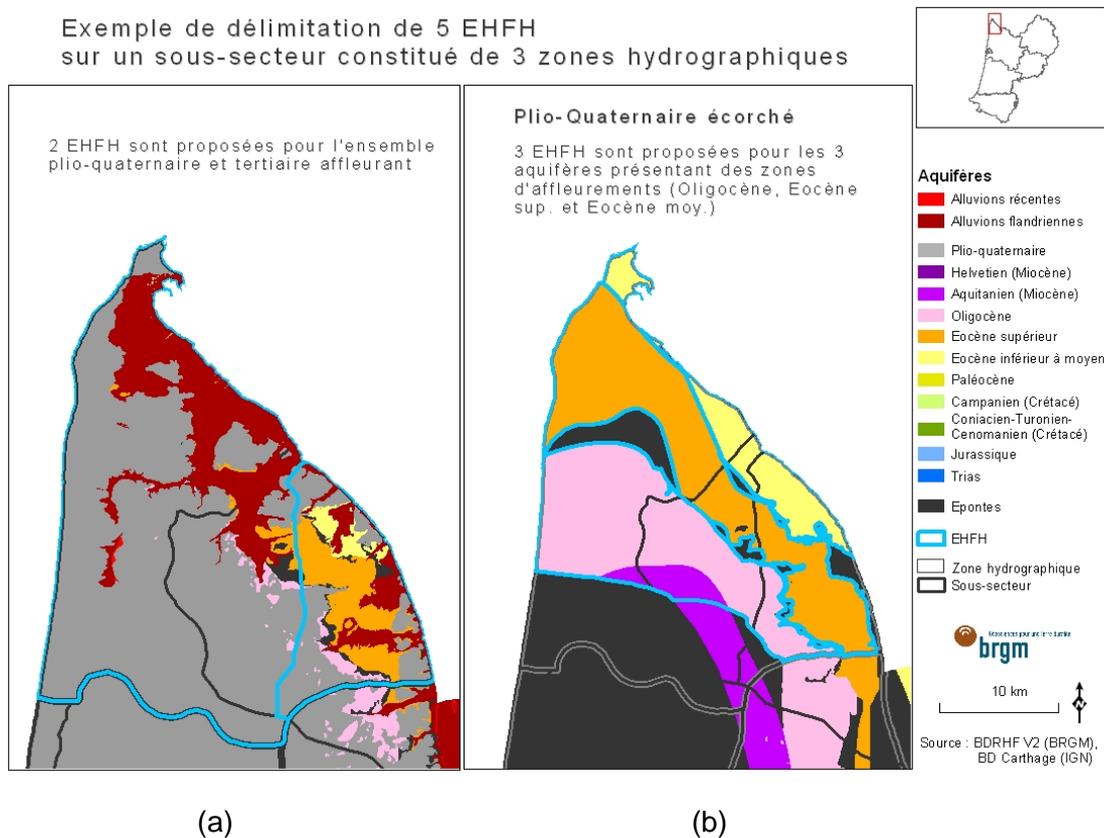


Figure 11 : Exemple de constitution d'EHFH du type infiltrant sur un secteur présentant des zones d'affleurements des formations du Tertiaire.

- a) Plio-Quaternaire présent montrant des affleurements de formations tertiaires
- b) Plio-Quaternaire écorché montrant l'extension des formations tertiaires non protégées par des épentes et faisant l'objet d'un traitement EHFH nappes profondes (ou sous couverture).

4.5. APPRECIATION DE LA VULNERABILITE DE L'EHFH

Une fois l'EHFH définie, il reste à apprécier sa vulnérabilité vis-à-vis des polluants susceptibles de s'y infiltrer. Cette vulnérabilité, dite vulnérabilité totale s'obtient par croisement de deux vulnérabilités calculées séparément :

- la vulnérabilité intrinsèque du milieu,
- la vulnérabilité liée à l'occupation faite du sol.

Ces vulnérabilités sont établies à l'échelle de toute la région Aquitaine.

4.5.1. Vulnérabilité intrinsèque du milieu

La vulnérabilité intrinsèque caractérise la plus ou moins grande capacité de défense d'une nappe vis-à-vis d'une pollution (Seguin, 2002). Son évaluation ne prend donc en compte que des facteurs physiques influençant le mouvement d'un polluant vers la nappe **et jusqu'à la nappe seulement**.

La vulnérabilité intrinsèque est indépendante du polluant et ne considère que des facteurs physiques peu susceptibles de varier dans le temps. Il s'agit de :

- la pente du terrain et de la capacité de rétention en eau du sol : plus elles sont élevées et plus la part d'eau et de polluant qui s'infiltrer est faible,
- perméabilité du sol et du milieu non saturé : plus elle est faible et plus elle ralentit la propagation du polluant,
- épaisseur de la zone non saturée : plus la ZNS est épaisse et plus elle diffère l'arrivée du polluant à la nappe.

Pour cartographier la vulnérabilité des systèmes aquifères de l'Aquitaine, Seguin (2002) a attribué à chacun des 4 paramètres figurant ci-dessus une note comprise entre 1 et 10. Une note de 1 équivaut à un risque très faible alors qu'une note de 10 équivaut à un risque très élevé. Les quatre critères physiques sont ensuite pondérés de la façon suivante pour calculer la note intrinsèque du milieu :

- pente du terrain : coefficient 1
- capacité de rétention en eau du sol : coefficient 2
- perméabilité du sol et du milieu non saturé (liée à la lithologie) : coefficient 5
- épaisseur de la zone non saturée : coefficient 5

Compte tenu de la stabilité ou presque de ces paramètres, nous avons maintenu les mêmes notations pour la pente, la capacité de rétention en eau du sol et l'épaisseur de la zone non saturée. En revanche, les notes attribuées à la lithologie ont été recalculées pour tenir compte de la BDRHF_v2 absente lors de cette première étude. Les notes attribuées à la lithologie de la BDRHF_v2 figurent en annexe 2.

Enfin, la pondération (1 : 2 : 5 : 5) proposée ci-dessus par Seguin en 2002 a été maintenue.

4.5.2. Vulnérabilité liée à l'occupation du sol (CORINE Land Cover)

Afin de pouvoir calculer la vulnérabilité globale du milieu, il faudra tenir compte de l'activité humaine s'exerçant sur le sol (facteur anthropique) qui sera elle aussi exprimée en « vulnérabilité liée au mode d'occupation du sol ».

Les 36 modes d'occupation du sol figurant dans la base de données CORINE Land Cover (cf. § 3.1.5) sont décrits en annexe 3. Une note comprise entre 1 et 10 prenant en compte l'impact potentiel de ces modes d'occupation (activité industrielle, zone urbaine, terre agricole, forêt, etc.) a été attribuée à chacun d'entre eux.

4.5.3. Calcul de la vulnérabilité totale du milieu

La vulnérabilité totale du milieu s'obtient par addition des deux précédentes, pondérées chacune par un coefficient adéquat. Afin de déterminer les bons coefficients, nous avons affecté le coefficient 10 à la vulnérabilité intrinsèque et testé 4 coefficients de pondération croissants (2, 5, 8 et 10) pour la vulnérabilité liée au mode d'occupation du sol. Il en ressort que le coefficient devant être affecté à cette dernière ne devrait pas être supérieur à 2. Le coefficient 5 fait déjà disparaître la quasi-totalité des notes de vulnérabilité très fortes (80 à 100 %) et le coefficient 8 réduit de beaucoup les secteurs disposant d'une note de vulnérabilité élevée (60 à 80 %). La figure 12 représente la vulnérabilité totale établie d'après la pondération 10 : 2.

4.5.4. La vulnérabilité par défaut

Le calcul de la vulnérabilité, aussi bien intrinsèque que totale avait abouti à des notes de vulnérabilité pour certaines EHFH, considérées *a priori* non représentatives. C'est le cas par exemple du secteur de la CUB. C'est aussi le cas des aquifères karstiques du secondaire (notamment le Jurassique) affleurant à l'Est et au Nord-Est du département de la Dordogne. La vulnérabilité intrinsèque a été recalculée en y incluant un critère pondéré lié à la densité des dolines, grottes, pertes, etc. extraites des cartes géologiques harmonisées mais les résultats obtenus n'étaient pas satisfaisants. Nous avons opté finalement pour la méthodologie utilisée par Seguin (2002) et qui consistait à attribuer des « vulnérabilités *a priori* » aux systèmes aquifères supposés être très vulnérables mais dont le traitement multicritères ne permet pas de les distinguer.

La figure 13 montre la cartographie de la vulnérabilité totale des systèmes aquifères établie sur la région Aquitaine.

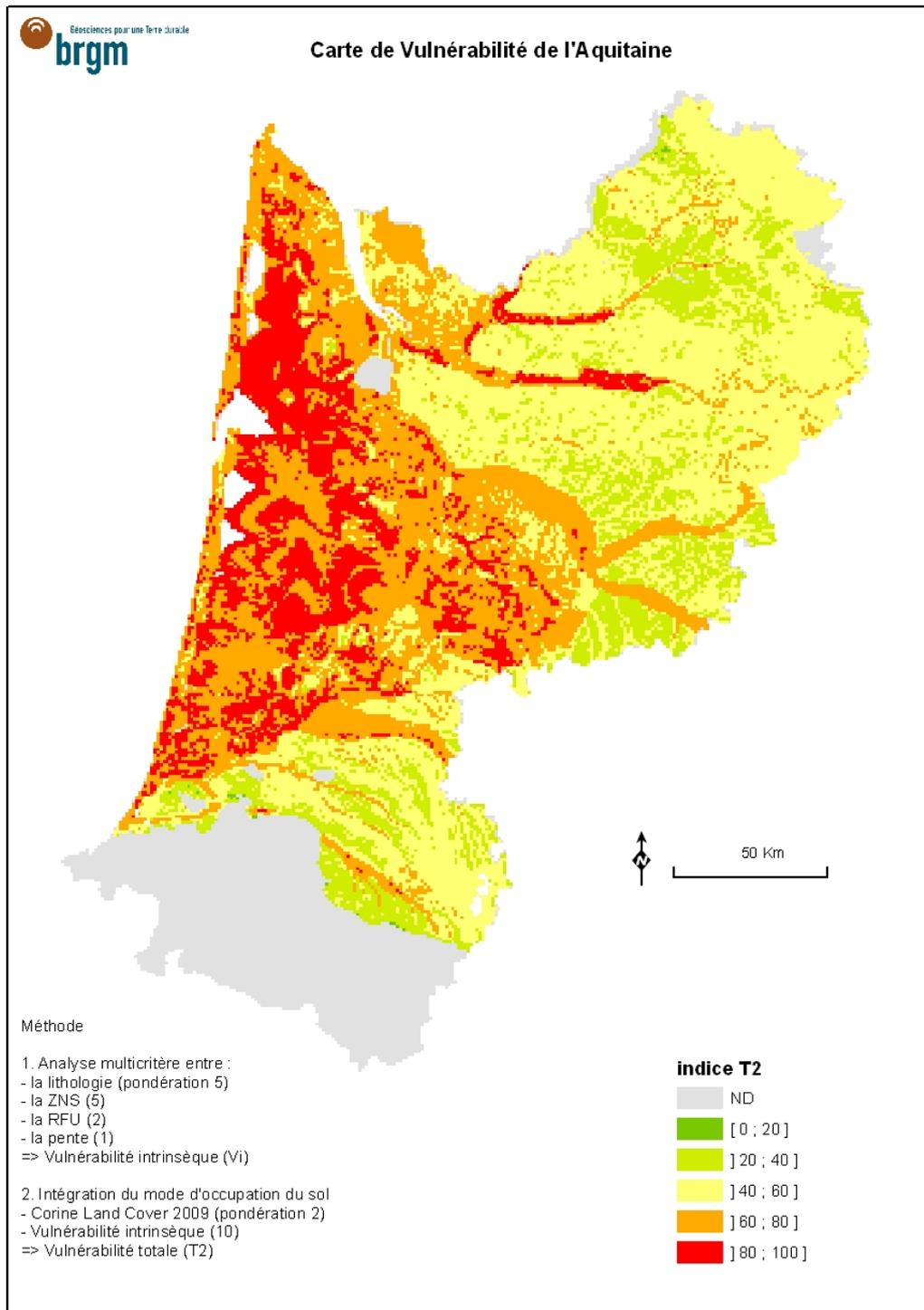


Figure 12 : Vulnérabilité totale calculée à partir de la vulnérabilité intrinsèque (coef. 10) et de la note du Mode d'occupation du sol (coef. 2)

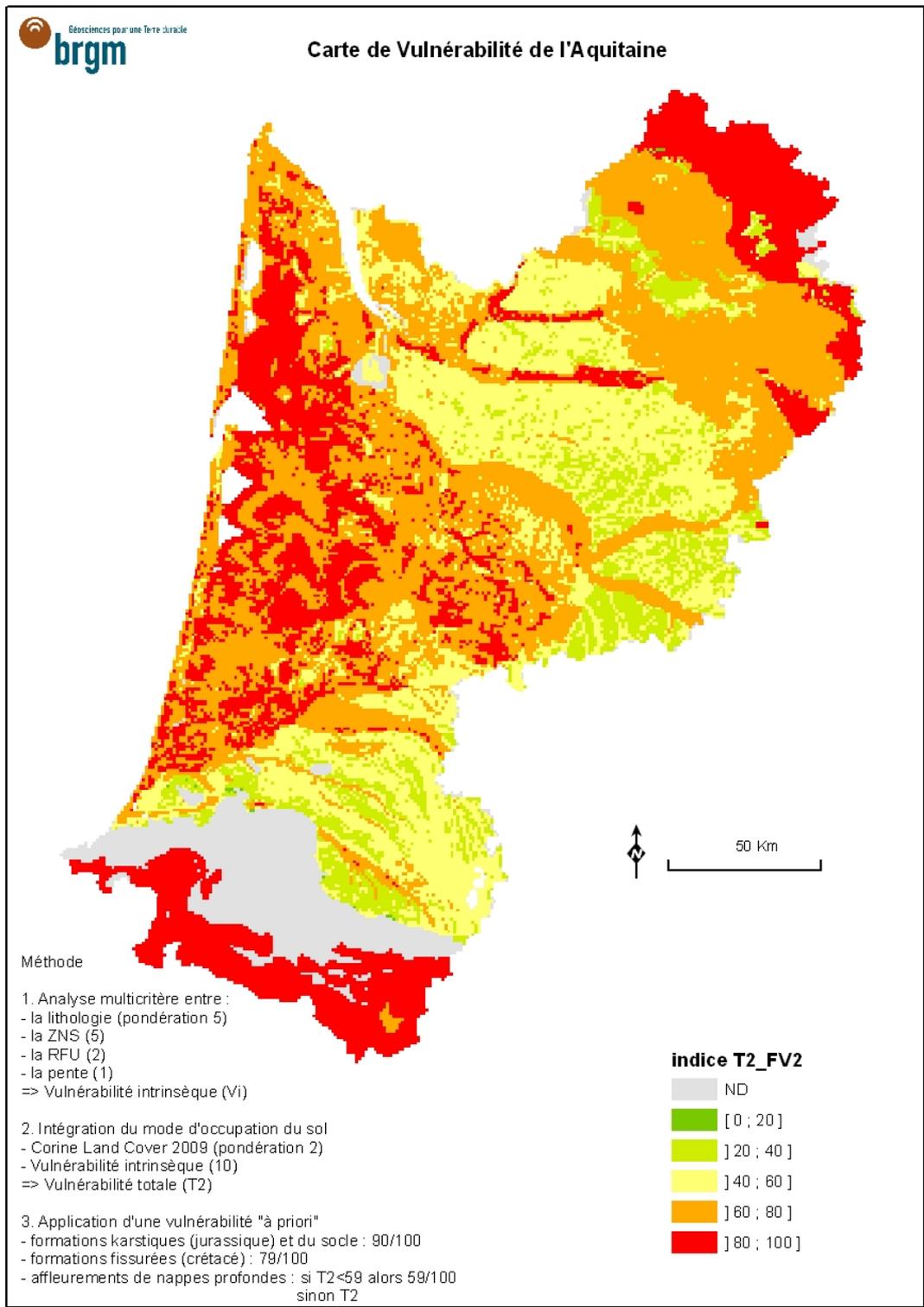


Figure 13 : Vulnérabilité totale incluant la vulnérabilité à priori .

5. Résultats

Les découpages présentés dans ce rapport, qui correspondent au traitement du département de la Gironde seront susceptibles d'être modifiés en fonction des éléments complémentaires qui découleront du traitement des départements limitrophes ou de certaines contraintes techniques (ex. nécessité de réduire les points de contrôle en regroupant certaines Unités de Gestion et entraînant ainsi la création de « Méga Unités de Gestion »). Cette décision sera prise en concertation avec l'AEAG et le conseil général de la Gironde.

5.1. RESULTATS ATTENDUS

Le travail réalisé en Midi-Pyrénées, sur lequel nous nous appuyons pour suivre une logique de continuité et de cohérence à l'échelle du bassin Adour-Garonne a mis en évidence

- deux catégories d'aquifères (ou d'infiltration) : poreux-fissuré (pf) ou karstique (k)
- une catégorie de ruissellement : bassin versant (bv)

Leur combinaison permet d'aboutir à 5 natures d'EHFH regroupées en 3 types :

- bv (type 1)
- pf + bv (type 2)
- k + bv (type 2)
- pf (type 3)
- k (type 3)

5.2. LES AQUIFERES KARSTIQUES (TYPE K)

Il s'agit du cas le plus délicat lors de l'étape de délimitation des EHFH. Ce cas concerne essentiellement les aquifères affleurants du Jurassique sur la partie est du département de la Dordogne et dans une moindre mesure ceux du Crétacé. En ce qui concerne la Gironde, le karst est peu commun. Il concerne, à un faible degré, les calcaires à Astéries du Rupélien (Oligocène). En raison de cette moindre importance et de la difficulté de trouver des données sur le karst, les EHFH en Gironde ont toutes été considérées du type pf (poreux-fissuré).

5.3. EXEMPLES DE CAS TRAITES

5.3.1. les EHFH simples : exemple du Sable des Landes sur le Littoral

La formation des Sables des Landes (Plio-Quaternaire) couvre la quasi-totalité du territoire du département de la Gironde situé en rive gauche de l'axe Gironde-Garonne (fig. 9) et s'étend côté sud au-delà du département, jusqu'à l'Adour. Trois MESO sont dédiées à cette formation. L'écoulement de la nappe est considéré comme homogène à l'échelle du travail. Le contour de l'EHFH est identique à celui de la zone hydrographique ou du sous-secteur selon le principe d'identification des EHFH défini antérieurement (cf. § 4.1.2). L'EHFH représentée dans la figure 14 est un cas particulier où deux sous-secteurs, communs à deux départements (la Gironde et les Landes), ont été regroupés pour constituer une seule EHFH.

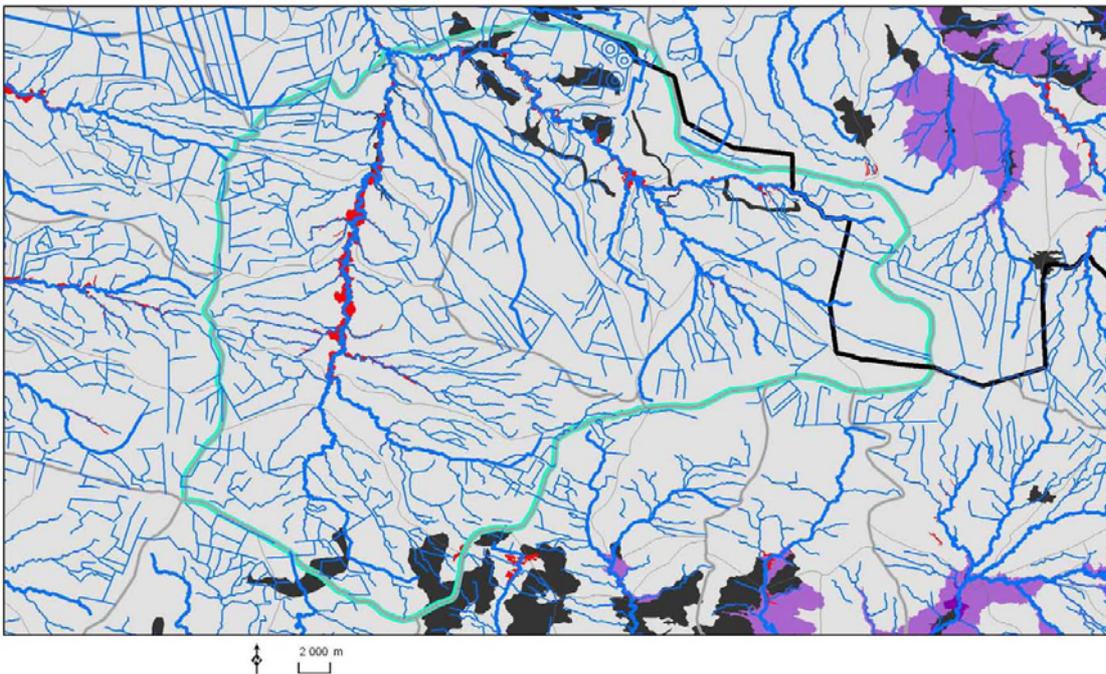


Figure 14 : Exemple d'une EHFH infiltrante relative à la formation des Sables des Landes et couvrant deux sous-secteurs géographiques.

5.3.2. les EHFH « sous couverture » : Oligocène en rive gauche.

L'Oligocène présente des zones d'affleurement en rive gauche correspondant à la MESO libre 5083. L'EHFH représentée sur la figure 15 concerne la partie affleurante de l'Oligocène et la partie située directement sous le sable du Plio-Quaternaire (couleur grise), les très hautes (hachuré noir) et les hautes terrasses (hachuré rose). La limite ouest de l'EHFH a été fixée à la limite d'extension de l'éponte protectrice.

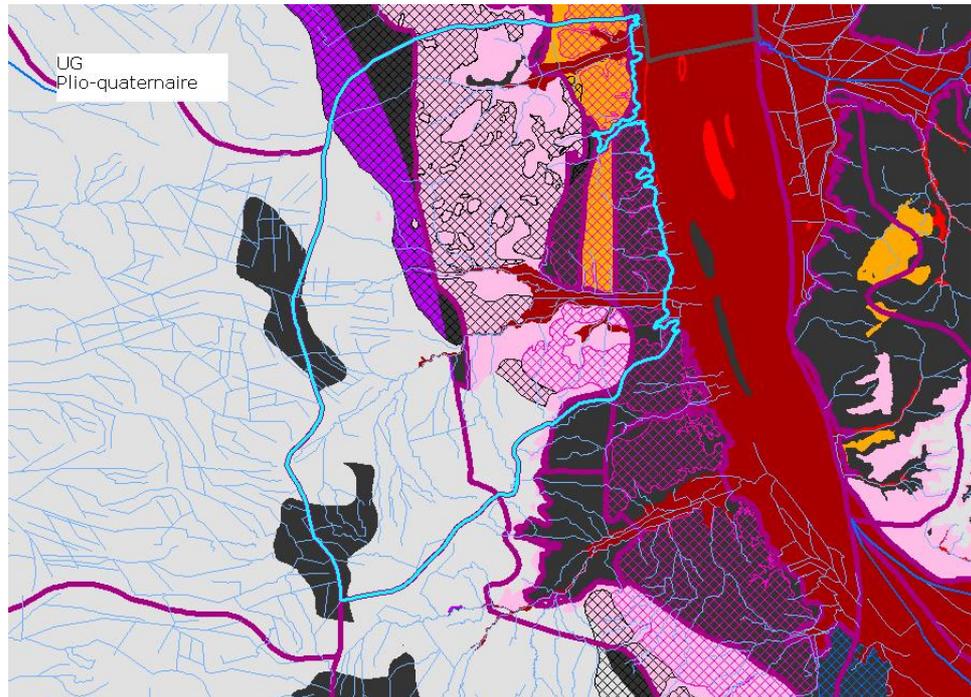


Figure 15 : Exemple d'une EHFH infiltrante relative à la formation de l'Oligocène partiellement couverte de Sables des Landes et de Hautes Terrasses (EHFH sous couverture).

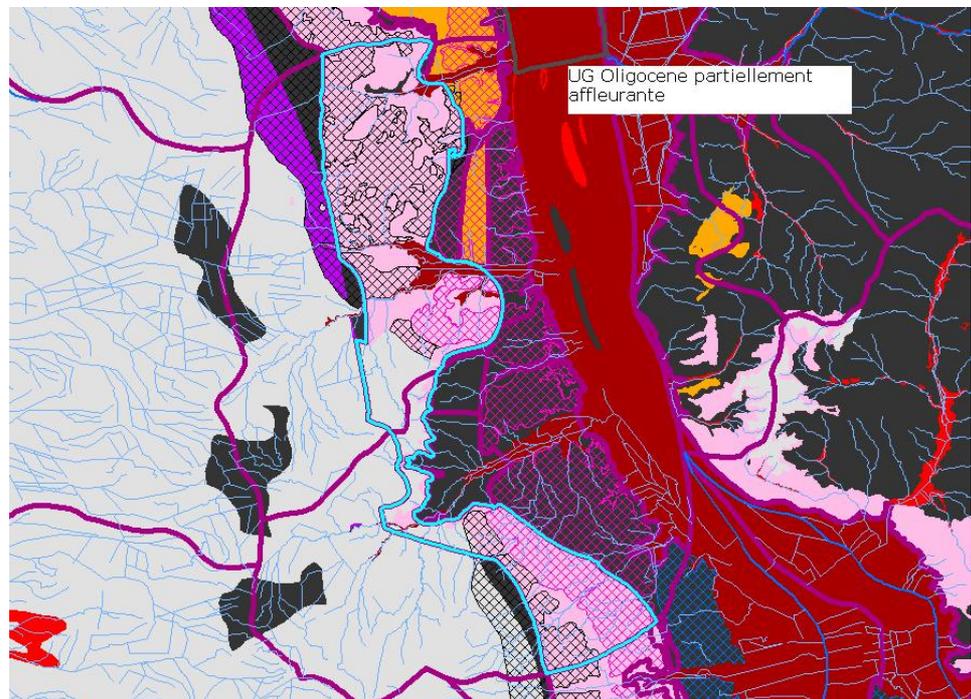


Figure 16 : Exemple d'une EHFH infiltrante relative aux formations des Sables des Landes et des Hautes Terrasses couvrant partiellement l'EHFH de la formation de l'Oligocène

Cette EHFH Oligocène est par ailleurs « partiellement couverte » par l'EHFH relative aux formations plio-quaternaires citées ci-dessus comme le montre la figure 16.

5.3.3. les EHFH semi-perméables

Exemple : l'Oligocène de l'Entre-deux-mers : aquifère d'intérêt local, souvent affleurant ou couvert d'éponte (molasses de l'agenais). Les EHFH ont été établies selon les bassins versants (BV) (fig. 17). Elles sont du type semi-perméable (bv+pf) avec bv = bassin versant et pf = profond-fissuré.

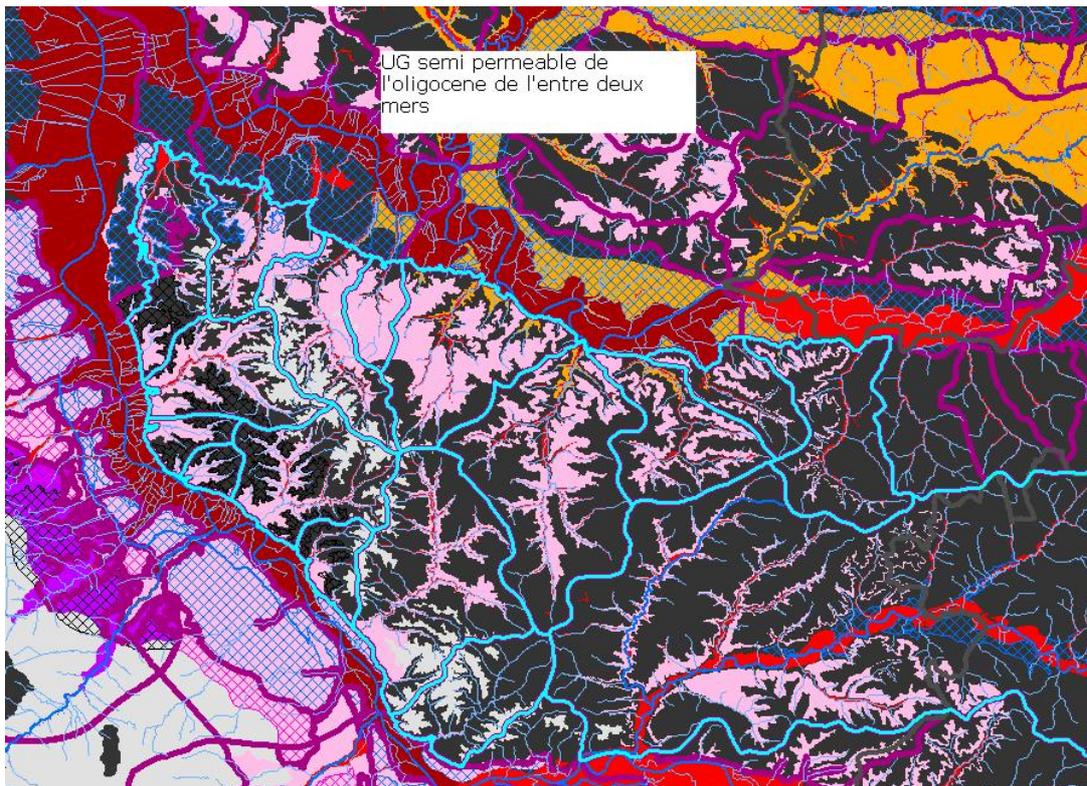


Figure 17 : Exemple d'EHFH mixtes (type pf + bv) relatives à la formation de l'Oligocène de l'Entre-deux-Mers partiellement couvertes par les Molasses de l'Agenais. bv = bassin versant ; pf = profond-fissuré.

5.3.4. les EHFH sous couvertures « sp » puis « pf » : exemple de l'Eocène moyen commun à la Gironde et à la Dordogne

Cet aquifère régional est d'un intérêt stratégique. Il est captif en Gironde (en dehors de quelques zones d'affleurements dans le nord du département et à l'est). Cet aquifère présente également des zones d'affleurement en Dordogne où il est partiellement recouvert de Molasses de l'Eocène supérieur lui conférant une certaine protection.

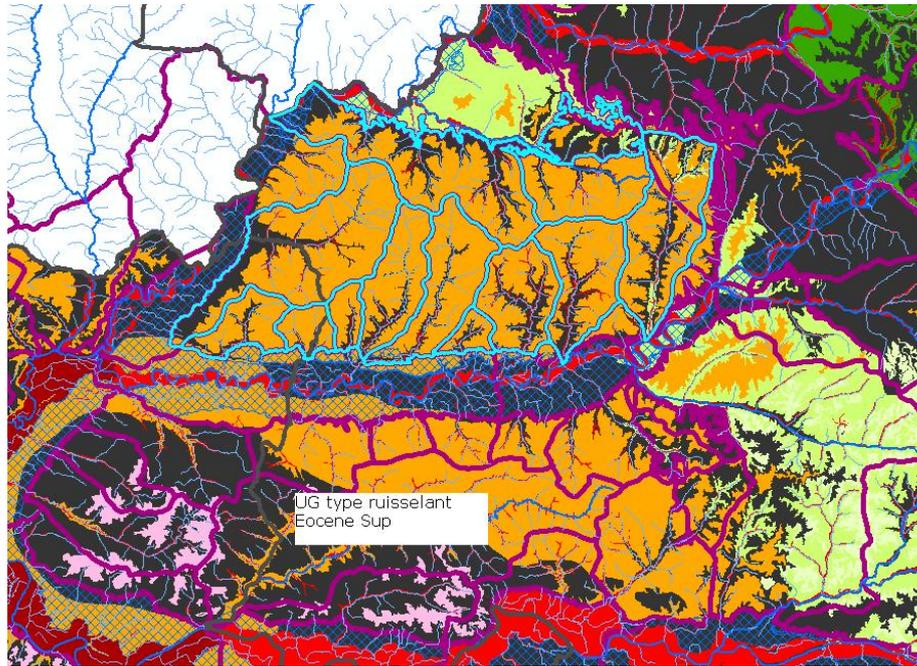


Figure 18 : Exemple d'EHFH (type bv) pour le contrôle des eaux superficielles ruisselantes sur les Molasses.

bv = bassin versant

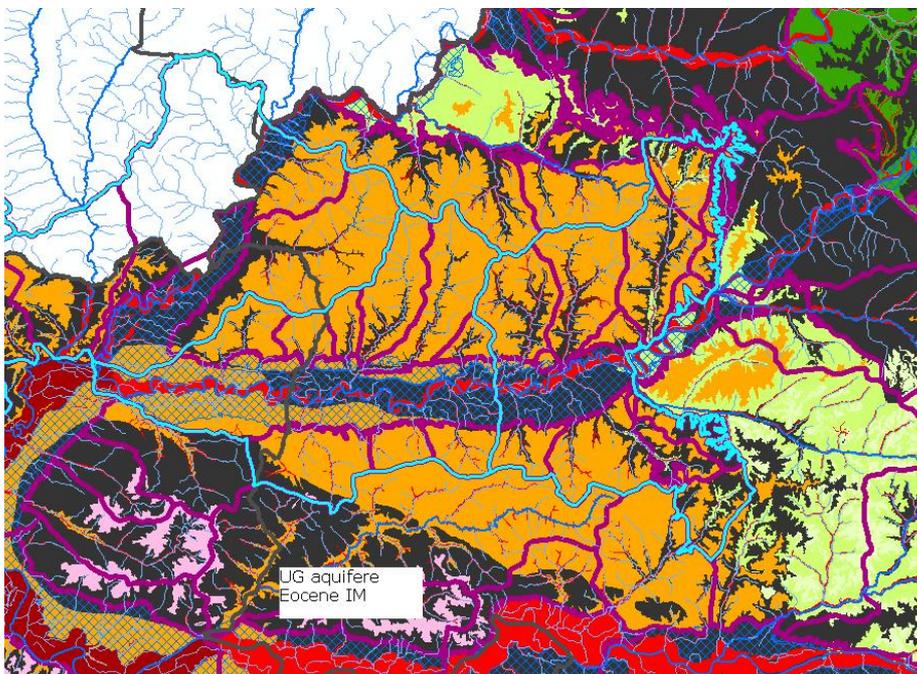


Figure 19 : Exemple d'EHFH sous couverture (type pf) pour le contrôle des eaux de l'aquifère de l'Eocène moyen.

pf = profond-fissuré.

Nous avons opté :

- d'une part pour des EHFH type bv pour le contrôle des eaux superficielles ruisselantes sur les Molasses (fig. 18),
- d'autre part pour des EHFH type pf (de taille supérieure) pour le contrôle des eaux de l'aquifère Eocène moyen, vulnérable au regard des zones d'affleurement (fig. 19).

5.4. BILAN STATISTIQUE

Le département de la Gironde compte 12 masses d'eau souterraine concernées par la délimitation des entités hydrogéologiques de fonctionnement homogène (EHFH). 95 EHFH sont proposées sur ce département dont 29 sont en commun avec les départements limitrophes (Charente-Maritime, Dordogne, Landes et Lot-et-Garonne) en raison notamment des contraintes physiques imposées par les bassins versants ou sous-secteurs (regroupement de 3 à 8 bassins versants en général) inter-départementaux.

Sur ces 95 EHFH, 20 sont de type « ruisselant », 54 de type « infiltrant » et 21 de type « mixte : ruisselant + infiltrant » (tabl. 1).

En terme de surface, la plus grande EHFH a une surface de 1071 km² dont les 2/3 environ couvrent le territoire des Landes et 1/3 celui de la Gironde. La plus petite EHFH a une surface de 7 km². La surface moyenne des EHFH est de 168,3 km².

5.5. FICHES ENTITES HYDROGEOLOGIQUES DE FONCTIONNEMENT HOMOGENE

Le travail de sectorisation des MESO en entités hydrogéologiques de fonctionnement homogène (EHFH) répond à une exigence de la Directive Cadre européenne sur l'Eau qui demande aux états membres de délimiter et caractériser les Masses d'eau, pour évaluer leur état et les surveiller.

Afin de faciliter cette tâche aux collectivités territoriales en charge de cette mission, nous avons jugé utile de présenter le résultat de cette sectorisation sous forme de fiches qui résument, pour chaque EHFH définie, les informations qui lui sont relatives : nom, nature (type), localisation géographique, formation(s) géologique(s) (telles que définie(s) dans la BDRHF_v2), MESO(s) concernée(s), note de vulnérabilité totale,...

Ces fiches EHFH ont été éditées en format pdf. Le mode de présentation des données a été retenu en concertation avec les acteurs du projet.

Le recto de la fiche contient une carte montrant l'EHFH et la (ou les) formation(s) qui la compose(nt) telle(s) qu'elle(s) a (ont) été définie(s) dans la BDRHF_v2. Le verso montre la carte des MESO présentes sur le département de la Gironde, l'indice de vulnérabilité totale calculé par km² géographique ainsi que la vulnérabilité totale moyenne de l'EHFH en question.

Les fiches relatives aux 95 EHFH délimitées sur le département de la Gironde sont jointes en annexe 5. Sous SIG (ArcGIS ou MapInfo), la fiche de l'EHFH pourra être consultable dynamiquement.

Catégorie	bv		pf		bv + pf		Total	
Données	Nombre d'EHHH	Surface moyenne (km²)						
5024			10	44,0			10	44,0
5025			6	47,5			6	47,5
5026			1	87,4			1	87,4
5041					8	62,9	8	62,9
5045			11	472,0			11	472,0
5047			5	476,1	2	223,5	7	403,9
5062			8	72,0			8	72,0
5068					9	103,2	9	103,2
5070			2	332,2			2	332,2
5071	16	84,1	7	299,1	2	11,3	25	138,5
5077	4	41,4					4	41,4
5083			4	215,2			4	215,2
Total	20	75,5	54	232,9	21	90,5	95	168,3

bv : bassin versant (ruissellement prépondérant)

pf : poreux-fissuré (infiltration prépondérante)

bv + pf : mixte (ruissellement + infiltration)

Tabl. 1 : Répartition des EHHH sur les 12 MESO libres du département de la Gironde.

6. Conclusion

L'Agence de l'Eau Adour Garonne, chargée de l'application de la Directive Cadre européenne sur son district, a confié au BRGM Aquitaine le travail de découpage des masses d'eau continentales en Aquitaine (MESO) en entités hydrogéologiques de fonctionnement homogène (EHFH) dites « Unités de Gestion ». Cette mission fait suite à celle confiée antérieurement au BRGM Midi-Pyrénées pour réaliser le même travail sur ses huit départements.

Le département de la Gironde compte 12 masses d'eau souterraine concernées par la délimitation des entités hydrogéologiques de fonctionnement homogène (EHFH). 95 EHFH sont proposées sur ce département dont 29 sont en commun avec les départements limitrophes (Charente-Maritime, Dordogne, Landes et Lot-et-Garonne) en raison notamment des contraintes physiques imposées par les bassins versants ou sous-secteurs (regroupement de 3 à 8 bassins versants en général) inter-départementaux.

Sur ces 95 EHFH, 20 sont du type « ruisselant », 54 du type « infiltrant » et 21 du type « mixte : ruisselant + infiltrant ». En terme de surface, la plus grande EHFH a une surface de 1071 km² dont les 2/3 environ couvrent le territoire des Landes et 1/3 celui de la Gironde. La plus petite EHFH a une surface de 7 km². La surface moyenne d'une EHFH est de 168,3 km².

75 EHFH sont du type « infiltrant » ou « mixte ». Elles impliqueront *a priori* un minimum de 75 points de contrôle de la qualité des eaux. Ce chiffre est supérieur au nombre actuel de points de contrôle de la qualité des eaux en Gironde, 52 en 2009, qui sont suivis dans le cadre du projet « Gestion des nappes d'eaux souterraines de Gironde : GN 33 ». Ceci nécessitera des prises de décisions pour privilégier les EHFH d'ordre stratégique (celles concernant des aquifères très sollicités pour l'AEP) et/ou regrouper les EHFH de moindre importance.

Un travail de réflexion pourra ainsi être engagé en partenariat avec l'AEAG et les services techniques des conseils généraux concernés avec comme objectif l'optimisation des points de surveillance, aussi bien en nombre qu'en position géographique. On pourra ainsi repositionner certains points de contrôle actuels, voire réduire leur nombre ou l'augmenter pour certaines masses d'eau afin de mieux tenir compte du travail de découpage des MESO. Les découpages pourront eux aussi être modifiés à la marge des éléments complémentaires qui découleront du traitement des départements limitrophes, du mode d'occupation du sol (CORINE Land Cover) ou de la nécessité de regrouper certaines EHFH.

Le cas du nombre importants d'Unités de Gestion à gérer a déjà été rencontré dans la région Midi-Pyrénées. Le BRGM Midi-Pyrénées a ainsi proposé, après concertation avec l'AEAG et les décideurs régionaux, un regroupement des Unités de Gestion en Méga Unités de Gestion dites MUG. Des bassins versants ont ainsi été regroupés en Méga bassins versants (MBV).

7. Bibliographie

Abou Akar A. et Ayache B. (2009a) – Cartographie des Unités de Gestion de la qualité des eaux continentales de Gironde. Aptitude au ruissellement/infiltration. Rapport BRGM/RP-57372-FR, 35 p., 10 illustrations, 1 ann.

Abou Akar A. et Ayache B. (2009b) – Cartographie des Unités de Gestion de la qualité des eaux continentales de Dordogne. Aptitude au ruissellement/ infiltration. Rapport BRGM/RP-57910-FR, 71 p., 18 fig., 1 tabl., 5 ann.

Ghyselinck M. avec la collaboration de **Ricard J.** (2004) – Etude d'optimisation du réseau d'observation des produits phytosanitaires dans les eaux superficielles et souterraines en région Midi-Pyrénées. Phase 7.1 et 7.3 Rapport BRGM/RP-52862-FR, 45 p., 22 fig., 1 tabl., 1 schem.

Journal Officiel des Communautés Européennes (2000) - Directive 2000/60/CE du parlement européen et du conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau. Journal Officiel des Communautés Européennes, pp. L327/1-72.

Mardhel V. (2006) – Carte de vulnérabilité intrinsèque simplifiée des eaux souterraines de la région Aquitaine. Rapport BRGM/RP-55311-FR, 103 p., 59 fig., 3 ann.

Mardhel V. et Pinson S. avec la collaboration de Koch-Mathian J.-Y. (2008) – Analyse de la vulnérabilité intrinsèque des eaux souterraines autour des sites BASOL du bassin Adour-Garonne. Rapport BRGM/RP-56593-FR, 87 p., 19 fig., 2 ann.

Pédron N., Platel J.-P., Bourguine B et Loiseau J.-B. (2008) – Gestion des eaux souterraines en région Aquitaine. Développements et maintenance du Modèle Nord-Aquitain de gestion des nappes – Module 4 – Année 4 - Rapport BRGM/RP-56614-FR, 99 p., 49 fig., ann.

Pédron N., Platel J.-P., Bidzana K., Labarthe B., Loiseau J.-B. et Lucassou F (2009) – Référentiel Hydrogéologique Français – BD RHF version 2. Bassin Adour-Garonne. Années 2 et 3. Délimitation des entités hydrogéologiques en région Aquitaine. Rapport d'étape BRGM/RP-56949-FR, 60 p., 41 ill., 5 ann.

Platel J.-P., Lescuyer J.-L., Vincent M. et Norié A. (2002) - Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département de la Dordogne. Rapport BRGM/RP-51266-FR, 102 p., 48 fig., 14 tab., 7 ann., 3 cartes hors-texte.

Platel J.-P. avec la collaboration de Estève A. et de Toméra L. (2004) - Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département de la Gironde. Rapport BRGM/RP-53382-FR, 223 p., 46 ill., 6 ann, 3 cartes hors-texte.

Seguin J.-J. et Baudry D. (2002) – Cartographie de la vulnérabilité des systèmes aquifères de l'Aquitaine. BRGM/RP-52042-FR, 40 p., 9 tabl., 3 ann.

Shoen R. et Ricard J. avec la collaboration de Codvelle A. (2001) - Unités de Gestion de la qualité des eaux continentales en région Midi-Pyrénées. Rapport BRGM/RP-51337-FR, 30 p., 9 fig., 3 tabl., 2 ann.

Shoen R. et Codvelle A. avec la collaboration de Ricard J. (2001) – Cartographie de l'alea de pollution des eaux superficielles et souterraines par les substances phytosanitaires en région Midi-Pyrénées. Vulnérabilité des eaux souterraines. Rapport BRGM/RP-51456-FR, 38 p., 11 fig., 2 tabl., 1 ann.

Sites en ligne :

http://www.ecologie.gouv.fr/IMG/eau/guide_delimcorrec.pdf

<http://www.ifen.fr/index.php?id=88>

Annexe 1

Caractéristiques des Masses d'eau souterraine (MESO) libres sur la région Aquitaine

Code européen MES		Nom de la masse d'eau souterraine	Bassin gestionnaire	Surface (km2)	Surface à l'affleurement (km2)	Surface sous couverture (km2)	Trans-bassin	Trans-frontière	Niveau 1 - Caractéristiques principales						Niveau 2 - Caractéristiques secondaires		
Préfixe FR	Code national MES								Type de masse d'eau	Nature des écoulements					Karstique	Frange littorale	Regroupées
										Libre et captif dissociés	Libre	Captif	Libre et captif associés majoritairement				
				capitif	libre												
FR	5002	Socle BV Haut Bandiat et Tardoire secteur hydro r1	F	630	630	0	N	N	Socle	N	O	N	N	N	N	N	O
FR	5003	Calcaires jurassiques BV Isle-Dronne secteurs hydro p6-p7	F	468	468	0	N	N	Dominante sédimentaire	O	O	N	N	N	O	N	O
FR	5004	Socle BV Isle-Dronne secteurs hydro p6-p7	F	1518	1518	0	N	N	Socle	N	O	N	N	N	N	N	O
FR	5005	Socle BV Vézère secteurs hydro p3-p4	F	2166	2160	6	N	N	Socle	N	O	N	N	N	N	N	O
FR	5011	Volcanisme cantalien - BV Adour-Garonne	F	2021	2021	0	N	N	Édifice volcanique	N	O	N	N	N	N	N	O
FR	5012	Calcaires et marnes du jurassique sup du BV de la Dordogne secteur hydro p2	F	564	564	0	N	N	Dominante sédimentaire	O	O	N	N	N	O	N	N
FR	5018	Calcaires du karst de la Rochefoucauld BV Charente	F	721	721	0	N	N	Dominante sédimentaire	O	O	N	N	N	O	N	N
FR	5020	Alluvions de la Garonne moyenne et du Tarn aval, la Save, l'Hers mort et le Girou	F	1479	1479	0	N	N	Alluvial	N	O	N	N	N	N	N	N
FR	5023	Alluvions du Lot	F	334	334	0	N	N	Alluvial	N	O	N	N	N	N	N	O
FR	5024	Alluvions de la Dordogne	F	701	I	I	N	N	Alluvial	N	N	N	N	O	N	N	O
FR	5025	Alluvions de l' Isle et de la Dronne	F	439	I	I	N	N	Alluvial	N	N	N	N	O	N	N	N
FR	5026	Alluvions récentes de la Gironde	F	231	<=231	>=0	N	N	Alluvial	N	N	N	O	N	N	O	N
FR	5028	Alluvions de l'Adour et de l'Echez, l'Arros, la Bidouze et la Nive	F	1005	I	I	N	N	Alluvial	N	N	N	N	O	N	O	N
FR	5029	Alluvions des Luys	F	117	117	0	N	N	Alluvial	N	O	N	N	N	N	N	N
FR	5030	Alluvions du gave de Pau	F	353	353	0	N	N	Alluvial	N	O	N	N	N	N	N	O
FR	5031	Alluvions du gave d'Oloron et du Saison	F	247	247	0	N	N	Alluvial	N	O	N	N	N	N	N	N
FR	5032	Alluvions de la Bidassoa	F	2	2	0	N	N	Alluvial	N	O	N	N	N	N	O	O
FR	5033	Grès du bassin de Brive	F	691	634	57	N	N	Dominante sédimentaire	N	O	N	N	N	N	N	N
FR	5039	Calcaires des Causses du Quercy BV Dordogne	F	910	909	1	N	N	Dominante sédimentaire	O	O	N	N	N	O	N	N
FR	5040	Calcaires des Causses du Quercy BV Corrèze-Vézère	F	245	234	12	N	N	Dominante sédimentaire	O	O	N	N	N	O	N	N
FR	5041	Calcaires de l'Entre 2 Mers du BV de la Dordogne	F	423	423	0	N	N	Dominante sédimentaire	N	O	N	N	N	O	N	O
FR	5043	Molasses du bassin de la Garonne et alluvions anciennes de Piémont	F	14559	14505	53	N	N	Imperméable localement aquifère	N	N	N	N	O	O	N	O
FR	5044	Molasses du bassin de l'Adour et alluvions anciennes de Piémont	F	5064	5049	15	N	N	Imperméable localement aquifère	N	N	N	N	O	O	N	O
FR	5045	Sables plio-quaternaires des bassins côtiers région hydro s et terrasses anciennes de la Gironde	F	7673	I	I	N	N	Dominante sédimentaire	N	N	N	N	O	N	N	N
FR	5046	Sables et calcaires plio-quaternaires du bassin Midouze-Adour région hydro q	F	2533	I	I	N	N	Dominante sédimentaire	N	N	N	N	O	O	N	O
FR	5047	Sables plio-quaternaires du bassin de la Garonne région hydro o et terrasses anciennes de la Garonne	F	3823	I	I	N	N	Dominante sédimentaire	N	N	N	N	O	N	N	N
FR	5051	Terrains plissés du BV des gaves secteurs hydro q4, q5, q6, q7	F	4322	3923	399	N	N	Intensément plissée	N	O	N	N	N	O	N	O
FR	5052	Terrains plissés BV Nive, Nivelle, Bidouze secteurs hydro q8, q9, s5 (+q3 et s4 marginal)	F	2094	2094	0	N	N	Intensément plissée	N	O	N	N	N	O	N	O
FR	5054	Terrains plissés du bassin de la Bidassoa secteur hydro s6	F	24	24	0	N	N	Intensément plissée	N	O	N	N	N	N	N	O
FR	5055	Terrains plissés du BV du Rio Irati	F	55	55	0	N	N	Intensément plissée	N	O	N	N	N	N	N	O
FR	5062	Alluvions de la Garonne aval	F	401	I	I	N	N	Alluvial	N	N	N	O	N	N	N	N
FR	5065	Calcaires, grès et sables du crétacé sup basal libre en Périgord Sarladais Bouriane	F	1225	1225	0	N	N	Dominante sédimentaire	O	O	N	N	N	O	N	N
FR	5066	Sables fauves BV Adour région hydro q	F	1240	1240	0	N	N	Dominante sédimentaire	N	O	N	N	N	N	N	N

Code européen MES		Nom de la masse d'eau souterraine	Bassin gestionnaire	Surface (km2)	Surface à l'affleurement (km2)	Surface sous couverture (km2)	Trans-bassin	Trans-frontière	Niveau 1 - Caractéristiques principales						Niveau 2 - Caractéristiques secondaires		
Préfixe FR	Code national MES								Type de masse d'eau	Nature des écoulements					Karstique	Frange littorale	Regroupées
										Libre et captif dissociés	Libre	Captif	Libre et captif associés majoritairement				
				captif	libre												
FR	5067	Calcaires et marnes du jurassique sup du BV du Lot secteur hydro 08	F	715	715	0	N	N	Dominante sédimentaire	O	O	N	N	N	O	N	O
FR	5068	Calcaires de l'Entre 2 Mers du BV de la Garonne	F	638	638	0	N	N	Dominante sédimentaire	N	O	N	N	N	O	N	O
FR	5071	Sables, graviers, galets et calcaires de l'éocène nord AG	F	20063	<=3865	>=16198	N	N	Dominante sédimentaire	N	N	N	O	N	N	O	N
FR	5072	Calcaires du sommet du crétacé supérieur captif nord-aquitain	F	17510	406	17104	N	N	Dominante sédimentaire	N	N	N	O	N	N	N	N
FR	5076	Calcaires, grés et sables de l'infra-cénomaniens/cénomaniens libre	F	937	937	0	N	N	Dominante sédimentaire	O	O	N	N	N	N	O	O
FR	5077	Molasses du bassin de la Dordogne	F	532	532	0	N	N	Imperméable localement aquifère	N	N	N	N	O	O	N	O
FR	5078	Sables, grés, calcaires et dolomies de l'infra-toarcien	F	24931	655	24275	O	N	Dominante sédimentaire	N	N	N	O	N	N	N	N
FR	5080	Calcaires du jurassique moyen et supérieur captif	F	40096	11	40086	N	N	Dominante sédimentaire	O	N	O	N	N	O	N	N
FR	5082	Sables, calcaires et dolomies de l'éocène-paléocène captif sud AG	F	25888	163	25725	N	N	Dominante sédimentaire	N	N	N	O	N	O	N	N
FR	5083	Calcaires et sables de l'oligocène à l'ouest de la Garonne	F	23493	199	23294	N	N	Dominante sédimentaire	N	N	N	O	N	O	N	N
FR	5085	Sables fauves BV Garonne région hydro 0	F	213	213	0	N	N	Dominante sédimentaire	N	O	N	N	N	N	N	N
FR	5088	Molasses du bassin du Lot	F	1076	I	I	N	N	Imperméable localement aquifère	N	N	N	N	O	O	N	O
FR	5091	Calcaires de la base du crétacé supérieur captif du sud du bassin aquitain	F	15562	12	15549	N	N	Dominante sédimentaire	N	N	N	O	N	O	N	N
FR	5092	Calcaires du sommet du crétacé supérieur du Périgord	F	2215	2215	0	N	N	Dominante sédimentaire	O	O	N	N	N	O	N	N
FR	5093	Calcaires, grés et sables du turonien-coniacien libre BV Charente-Gironde	F	927	927	0	N	N	Dominante sédimentaire	O	O	N	N	N	O	N	O
FR	5095	Calcaires, grés et sables du turonien-coniacien-santonien libre BV Isle-Dronne	F	999	999	0	N	N	Dominante sédimentaire	O	O	N	N	N	O	N	O
FR	5096	Calcaires et Calcaires marneux du santonien-campanien BV Isle-Dronne	F	713	I	I	N	N	Dominante sédimentaire	N	O	N	N	N	N	N	O
FR	5097	Calcaires, grés et sables du crétacé sup basal libre BV Lot	F	536	536	0	N	N	Dominante sédimentaire	O	O	N	N	N	O	N	N
FR	5098	Calcaires, grés et sables du crétacé sup basal libre BV Garonne	F	54	54	0	N	N	Dominante sédimentaire	O	O	N	N	N	O	N	N
FR	5099	Alluvions de la Vézère et de la Corrèze	F	122	122	0	N	N	Alluvial	N	O	N	N	N	N	N	N

Annexe 2

Liste des entités hydrogéologiques (BDRHF_v2) répertoriées sur la région Aquitaine

Notes de vulnérabilité proposées

Note	Nature	Libellé
8	Aquifère	A Calcaires bioclastiques du Campano-Maastrichtien sud-aquitain
8	Aquifère	A Calcaires bioclastiques et grès du Campano-Maastrichtien nord-aquitain
8	Aquifère	A Calcaires de la formation de Castillon
8	Aquifère	A Calcaires et Brèches du Kimméridgien basal nord-aquitain
8	Aquifère	A Calcaires et dolomies du Bajocien nord-aquitain
8	Aquifère	A Calcaires et dolomies du Tithonien
8	Aquifère	A Calcaires et grès du Domérien Supérieur
7	Aquifère	A Calcaires et marnes des formations de Saint-Estèphe, Saint-Yzans, Bégadan de l'Eocène supérieur
7	Aquifère	A Calcaires grès et marnes du Coniacien-Santonien nord-aquitain
8	Aquifère	A Calcaires à astéries de l'Entre-deux-Mers, du Bourgeois et du Libournais de l'Oligocène
8	Aquifère	A Calcaires à astéries, faluns et grès de l'Oligocène à l'ouest de la Garonne
8	Aquifère	A Calcaires, calcaires dolomitiques et marnes du Paléocène sud-aquitain
8	Aquifère	A Calcaires, dolomies et anhydrite de l'Hettangien-Sinemurien
8	Aquifère	A Calcaires, grès et sables du Turonien nord-aquitain
8	Aquifère	A Calcaires, grès et sables marins de l'Eocène inférieur à moyen nord-aquitain
8	Aquifère	A Faluns, grès et calcaires de l'Aquitaniens-Burdigalien
8	Aquifère	A Faluns, grès et sables du Langhien-Serravallien (Helvétien)
9	Aquifère	A Formation diachrones des sables infra-molassiques de l'Eocène inférieur à moyen
10	Aquifère	A Formations dunaires littorales
10	Aquifère	A Moyennes terrasses quaternaires
10	Aquifère	A Sables Fluviaux du Libournais
10	Aquifère	A Sables des formations du Sable des Landes et de Castets
10	Aquifère	A Sables et calcaires du Cénomaniens nord-aquitain
10	Aquifère	A Sables et graviers de la formation d'Arengeosse
10	Aquifère	A Sables et graviers des formations d'Onesse et de Belin
8	Aquifère	A calcaires et dolomies du multicouche Cénomaniens à Santonien sud-aquitain
8	Aquifère	A calcaires micritiques et bioclastiques du Bathonien moyen à Oxfordien nord-aquitain
9	Aquifère	A graviers, galets, sables et argiles continentaux de l'Eocène inférieur à moyen nord-aquitain
9	Aquifère	A sables, grès et calcaires gréseux de l'Eocène inférieur basal sud-aquitain
1	Imperméable	I Argiles du sommet de l'Arengeosse
1	Imperméable	I Argiles de Brach
1	Imperméable	I Argiles diachrones des milieux profonds et proximaux du Miocène inférieur
1	Imperméable	I Argiles diachrones des milieux profonds et proximaux du Miocène inférieur à moyen
1	Imperméable	I Argiles, évaporites et ophites du Trias sud-aquitain
3	Imperméable	I Calcaires crayeux du Turonien nord-aquitain
3	Imperméable	I Calcaires crayo-marneux et marnes du Santonien-Campanien nord-aquitain
3	Imperméable	I Calcaires marneux du Coniacien inférieur
1	Imperméable	I Glaises bigarrées du Miocène supérieur
2	Imperméable	I Marnes des milieux profonds et proximaux de l'Oligocène
2	Imperméable	I Marnes diachrones des milieux profonds et proximaux de l'Eocène inférieur
2	Imperméable	I Marnes diachrones des milieux profonds et proximaux de l'Eocène sud-aquitain
2	Imperméable	I Marnes diachrones des milieux profonds et proximaux de l'Eocène supérieur nord-aquitain
2	Imperméable	I Marnes du Crétacé inférieur
2	Imperméable	I Marnes du Domérien inférieur
2	Imperméable	I Marnes du Toarcien
1	Imperméable	I Marnes et argiles des milieux diachrones profonds et proximaux du Paléocène-Eocène
3	Imperméable	I Marno-calcaires du Bathonien basal nord-aquitain
3	Imperméable	I Marno-calcaires du Kimméridgien supérieur nord-aquitain
5	Semi-perméable	SP Altérites discordantes Post-Crétacées nord-aquitaines
5	Semi-perméable	SP Calcaires et Marnes de l'Eocène moyen sud-aquitain
5	Semi-perméable	SP Calcaires et grès du multicouche du Crétacé inférieur
6	Semi-perméable	SP Epandages alluviaux anciens à graviers et galets du Lannemezan
4	Semi-perméable	SP Flyschs Paléocènes sud-aquitains
4	Semi-perméable	SP Flyschs du Crétacé supérieur sud-aquitain
4	Semi-perméable	SP Formations flamandaises littorales et Sables et argiles du Gulp
4	Semi-perméable	SP Formations molassiques Oligo-miocènes
4	Semi-perméable	SP Formations molassiques Oligo-éocènes
4	Semi-perméable	SP Formations molassiques de l'Eocène supérieur
4	Semi-perméable	SP Formations molassiques du Miocène
6	Semi-perméable	SP Hautes terrasses quaternaires
6	Semi-perméable	SP Sables argileux de la Formation de Boisbretou (+Oriolles)
6	Semi-perméable	SP Sables verts et fauves du Miocène moyen
5	Semi-perméable	SP Schistes, grès, conglomérats du Stéphanien nord-aquitain
4	Semi-perméable	SP Terrains Cristallins nord-aquitains
6	Semi-perméable	SP Très hautes terrasses quaternaires la vallée de la Garonne et de la Gironde
5	Semi-perméable	SP grès et dolomie du Permo - Trias

Annexe 3

Mode d'occupation du sol d'après la base de données CORINE Land Cover

Notes d'impact proposées

Note	Legende
	CORINE Land Cover
	Territoires artificialisés - Zones urbanisées
8	111 : Tissu urbain continu
7	112 : Tissu urbain discontinu
	Territoires artificialisés - Zones industrielles ou commerciales et réseaux de communication
10	121 : Zones industrielles et commerciales
9	122 : Réseaux routier et ferroviaire et espaces associés
9	123 : Zones portuaires
9	124 : Aéroports
	Territoires artificialisés - Mines, décharges et chantiers
9	131 : Extraction de matériaux
10	132 : Décharges
8	133 : Chantiers
	Territoires artificialisés - Espaces verts artificialisés, non agricoles
6	141 : Espaces verts urbains
6	142 : Equipements sportifs et de loisirs
	Territoires agricoles - Terres arables
6	211 : Terres arables hors périmètres d'irrigation
7	212 : Périmètres irrigués en permanence
	Territoires agricoles - Cultures permanentes
8	221 : Vignobles
8	222 : Vergers et petits fruits
	Territoires agricoles - Prairies
5	231 : Prairies
	Territoires agricoles - Zones agricoles hétérogènes
8	242 : Systèmes culturaux et parcellaires complexes
6	243 : Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants
	Forêts et milieux semi-naturels - Forêts
1	311 : Forêts de feuillus
1	312 : Forêts de conifères
1	313 : Forêts mélangées
	Forêts et milieux semi-naturels - Milieux à végétation arbustive et/ou herbacée
2	321 : Pelouses et pâturages naturels
2	322 : Landes et broussailles
2	324 : Forêt et végétation arbustive en mutation
	Forêts et milieux semi-naturels - Espaces ouverts, sans ou avec peu de végétation
2	331 : Plages, dunes et sable
1	332 : Roches nues
1	333 : Végétation clairsemée
1	335 : Glaciers et neiges éternelles
	Zones humides - Zones humides intérieures
3	411 : Marais intérieurs
3	412 : Tourbières
	Zones humides - Zones humides maritimes
5	421 : Marais maritimes
5	423 : Zones intertidales
	Surfaces en eau - Eaux continentales
3	511 : Cours et voies d'eau
3	512 : Plans d'eau
	Surfaces en eau - Eaux maritimes
4	522 : Estuaires
4	523 : Mers et océans

Annexe 4

Carte de vulnérabilité intrinsèque simplifiée du département de la Gironde (Mardhel, 2006)

33

Vulnérabilité intrinsèque simplifiée

Typologie

zone non saturée inf. à 3 mètres

Unités fonctionnelles

Combinaison IDPR/ZNS

Vulnérabilité faible à nulle

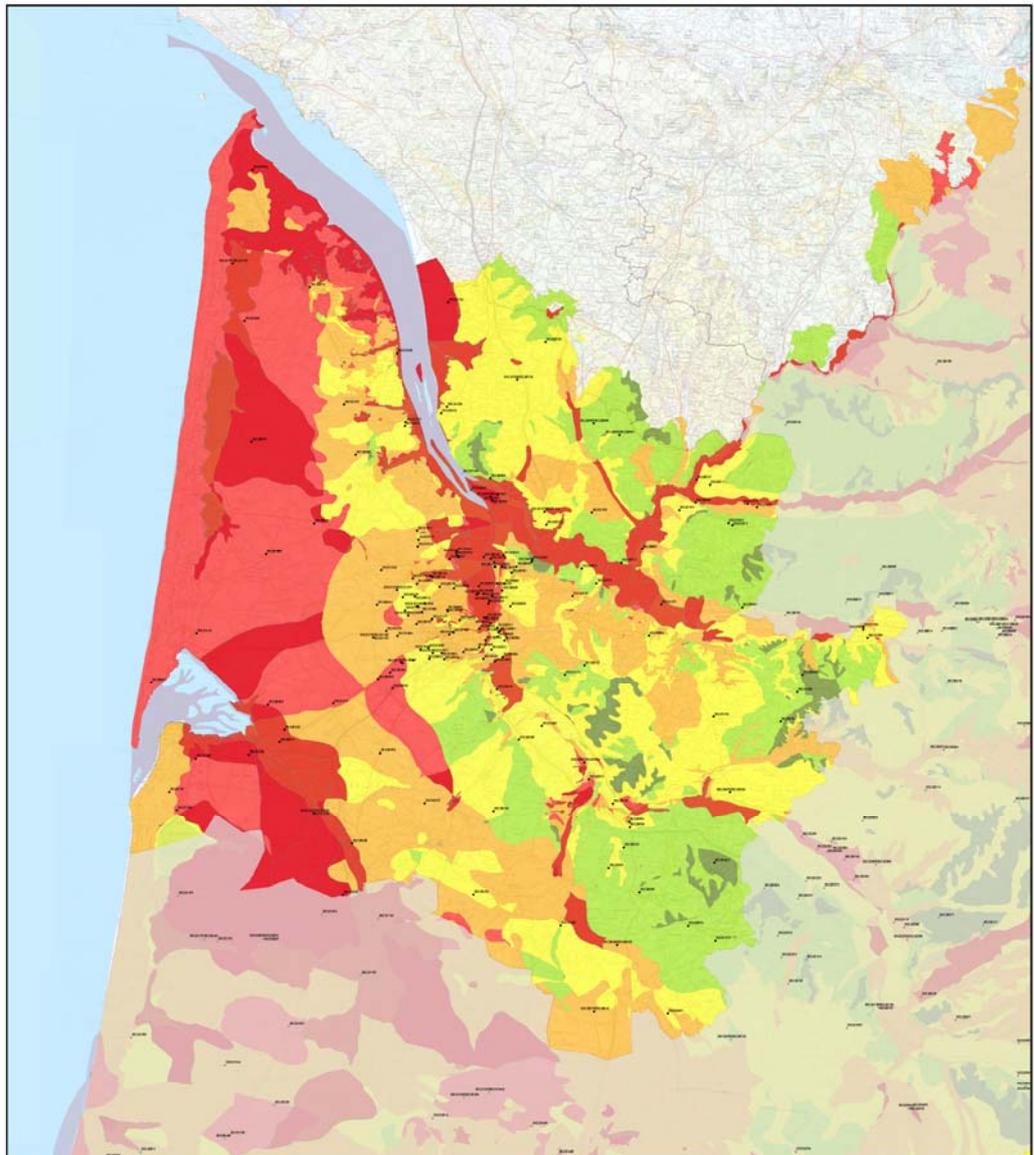
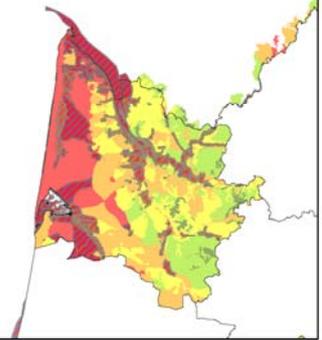
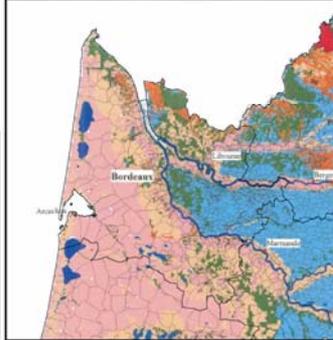
Vulnérabilité faible

Vulnérabilité moyenne

Vulnérabilité forte

Vulnérabilité très forte

Departements_Aqui



Annexe 5

Fiches de présentation des Entités Hydrogéologiques de Fonctionnement Homogène



Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34

Service Géologique Régional Aquitaine
Parc Technologique Europarc
24, Avenue Léonard de Vinci
33600 – Pessac - France
Tél. : 05 57 26 52 70