





# CPER 2000-2006 Phase 2 Construction d'outils d'aide à la décision pour la gestion de l'aquifère du Turonien-Coniacien

Rapport final

**BRGM/RP-52861-FR**  
Septembre 2004

Étude réalisée dans le cadre des opérations  
de Service public du BRGM 2003 Fiche 03EAUC15

**M. Thlnon-Larminach**  
Avec la collaboration de  
**Karnay G., Bichot F., Soursac V. et Farigot G**

**Vérificateur :**

Nom : J.P. Platel

Date :

Signature :

**Approbateur :**

Nom : F. Bichot

Date :

Signature :

## Synthèse

Un des volets du Contrat de Plan Etat-Région 2000-2006 "Eaux souterraines", signé le 29 janvier 2001, concerne la réalisation d'études pour mettre en place des outils de gestion de l'aquifère du Turonien-Coniacien en sud-Charentes. Ce rapport rend compte de la phase 2 d'une de ces actions, relative à la construction d'outils d'aide à la décision pour la gestion de l'aquifère du Turonien-Coniacien.

Dans le cadre de cette phase, il était prévu de poursuivre la collecte des données existantes et de construire le modèle hydrodynamique.

Les données nécessaires à la modélisation ont été regroupées en base pour permettre leur intégration dans le modèle. Elles ont été collectées le plus précisément possible (spatialement et temporellement), elles devront être actualisées et affinées au fur et à mesure des besoins de la modélisation.

Le travail de création du modèle hydrodynamique s'est découpée en deux parties : la création du modèle géométrique et la création du modèle dans un logiciel de modélisation. Les étapes de création du modèle ont été : définition du domaine à modéliser en s'appuyant sur des limites compatibles avec une modélisation hydrodynamique ; collecte des données nécessaire à la création des interfaces ; détermination des couches à modéliser ; choix de l'outil de géostatistique ; création des interfaces ; contrôles, corrections et premières validations de la géométrie ; création du maillage dans un logiciel de modélisation ; définition de l'extension spatiale et verticale de chaque couche ; contrôles de la géométrie du modèle.

A la fin de cette phase, un modèle géométrique intégré dans un logiciel de modélisation est disponible pour envisager la phase suivante de la modélisation : calage du modèle en régime permanent.



## Sommaire

<b>1. INTRODUCTION</b> .....	<b>7</b>
<b>2. CADRE GENERAL DE L'ETUDE</b> .....	<b>9</b>
2.1. CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE.....	9
2.2. CONTEXTE GÉOLOGIQUE ET STRUCTURAL.....	9
2.3. CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE.....	14
<b>3. COLLECTE DES DONNÉES</b> .....	<b>17</b>
3.1. LES PRÉLÈVEMENTS DANS LES NAPPES.....	17
3.2. LES DONNÉES PIÉZOMÉTRIQUES.....	17
3.3. LES PARAMÈTRES HYDRODYNAMIQUES.....	21
3.4. LES DONNÉES GÉOPHYSIQUES.....	21
3.5. LES DONNÉES HYDROLOGIQUES ET DÉBIT DE SOURCES.....	25
3.6. LES DONNÉES SUR LA QUALITÉ DES EAUX.....	29
3.7. LES DONNÉES CLIMATIQUES.....	29
<b>4. CONSTRUCTION D'UN MODELE HYDRODYNAMIQUE</b> .....	<b>33</b>
4.1. LA MODÉLISATION HYDRODYNAMIQUE.....	33
4.2. GÉOMÉTRIE DU MODÈLE.....	33
4.2.1. <i>Choix de la taille de la maille</i> .....	33
4.2.2. <i>Les différentes couches du modèle</i> .....	34
4.2.3. <i>Choix des limites du modèle</i> .....	40
4.3. CRÉATION DU MODÈLE GEOMETRIQUE.....	41
4.3.1. <i>Les logiciels</i> .....	41
4.3.2. <i>La topographie</i> .....	41
4.3.3. <i>Le codage des données</i> .....	42
4.3.4. <i>Le calcul du variogramme et le choix de la méthode d'interpolation</i> .....	42
4.3.5. <i>La création des interfaces</i> .....	43
4.4. CREATION DU MODELE DANS MARTHE.....	44
4.4.1. <i>Création des huit couches de calcul</i> .....	44
4.4.2. <i>La définition des mailles d'infiltration</i> .....	44
<b>5. CONCLUSIONS</b> .....	<b>47</b>

## Table des Illustrations

Illustration 1 : Localisation des affleurements de Turonien-Coniacien en Charentes .....	10
Illustration 2 : Géologie de la région étudiée .....	11
Illustration 3 : Eléments structuraux de la région étudiée.....	12
Illustration 4 : Faciès du Turonien inférieur et moyen-supérieur .....	13
Illustration 5 : Faciès du Coniacien.....	13
Illustration 6 : Faciès du Santonien inférieur et moyen.....	14
Illustration 7 : Localisation des prélèvements pour l'AEP dans l'aquifère du Turonien-Coniacien .....	19
Illustration 8 : Répartition spatiale et volumétrique des prélèvements dans l'aquifère du Turonien-Coniacien.....	20
Illustration 9 : Localisation des profils sismiques.....	23
Illustration 10 : Localisation des points de mesures/observations des débits des rivières et des sources.....	27
Illustration 11 : Localisation des points d'informations qualitatives des eaux.....	31
Illustration 12 : Localisation des stations météorologiques .....	32
Illustration 13 : Découpage en unité hydrogéologique homogène .....	34
Illustration 14 : Localisation des sondages et points fictifs utilisés pour le calcul.....	37
Illustration 15 : Exemple de coupe hydrogéologique réalisé avec GDM .....	39
Illustration 16 : Détermination des limites du modèle .....	40
Illustration 17 : Exemple de variogramme (toit du coniacien).....	43
Illustration 18 : Cartographie des zones de recharge pour chaque unité.....	45

# 1. Introduction

Le Turonien-Coniacien constitue une ressource essentielle pour le Sud de la région Poitou-Charentes. Il présente une bonne qualité de ses eaux dans sa partie profonde et une productivité importante. Cet aquifère est principalement exploité pour l'alimentation en eau potable (A.E.P.) et l'irrigation.

Dans le cadre du programme d'études et d'actions pour la gestion des eaux souterraines du contrat de plan Etat-Région 2000-2006, le BRGM a été missionné pour améliorer la connaissance de l'aquifère du Turonien-Coniacien. Cette mission repose sur deux opérations sous maîtrise d'ouvrage du Conseil Régional Poitou-Charentes. Il s'agit :

- de la mise en place d'un suivi de la crête piézométrique au Sud d'Angoulême de manière à voir l'impact des prélèvements sur l'aquifère et sur le débit des cours d'eau ;
- de la réalisation d'un outils de gestion de l'aquifère du Turonien-Coniacien en Sud Charentes.

Ce rapport rend compte de la phase 2 de cette dernière opération. La première phase a consisté à réaliser une synthèse des données disponibles sur l'aquifère. La mission confiée en phase 2 était de poursuivre la collecte des données nécessaires à la modélisation et la construction d'un modèle de l'aquifère et de ses épontes, depuis le Jurassique supérieur jusqu'à la surface. Cette phase est financée par le Conseil Régional, le Département de la Charente, l'Agence de l'Eau Adour-Garonne et le BRGM.



## 2. Cadre général de l'étude

### 2.1. CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE

Cet aquifère s'étend dans les parties sud des départements de la Charente et de la Charente-Maritime (Illustration 1). Il est présent au sud d'une diagonale passant par Rochefort et Angoulême, ce qui représente une superficie totale d'environ 6 000 km<sup>2</sup>.

### 2.2. CONTEXTE GÉOLOGIQUE ET STRUCTURAL

La zone d'étude a fait l'objet de descriptions géologiques précises dans différents rapports et études universitaires (Baudry et *al.*, 2002 ; Karnay, 2000 ; Karnay et *al.*, 1998 ; Marchais et *al.*, 2002 ; Platel, 1987 ; Rambaud, 1979). La carte géologique régionale a été précisée de manière à mettre en cohérence les différentes formations géologiques sur l'ensemble du domaine (Illustration 2 et Illustration 3).

Les terrains sédimentaires observés à l'affleurement sont d'âge Crétacé supérieur. En direction du Sud, ils disparaissent sous une couverture tertiaire.

Les affleurements d'âge Turonien dans les Charentes se présentent en bandes relativement étroites orientées nord-ouest / sud-est. Ils représentent, en Charente, une surface de 180 km<sup>2</sup> et de 425 km<sup>2</sup> en Charente-Maritime. Les bandes sud et centrale, situées en Charente-Maritime, correspondent aux flancs de l'anticlinal de Jonzac. Le Turonien est largement développé dans le Sud de la Saintonge, au cœur de l'anticlinal de Jonzac à la faveur de la zone périclinale de Jonzac et St-Genis et du repli synclinal de Saint-Quantin-de-Rançannes. En Charente-Maritime, la bande nord souligne cartographiquement le flanc nord du synclinal de Saintes.

Les terrains d'âge Coniacien affleurent sur une superficie de 245 km<sup>2</sup> en Charente-Maritime et de 200 km<sup>2</sup> en Charente. Ces terrains viennent à l'affleurement sur le flanc nord-est du synclinal de Saintes et entourent les terrains turoniens sur les flancs nord et sud de l'anticlinal de Jonzac. Les affleurements du Coniacien limitent ceux du Turonien et se prolongent dans le département de la Dordogne.

Les dépôts du Crétacé supérieur du Sud-Charentes correspondent à des sédiments essentiellement carbonatés qui se sont déposés en milieu marin, en marge d'un domaine continental (au Nord). Les variations paléogéographiques peuvent être importantes, entraînant des milieux de dépôt variés.

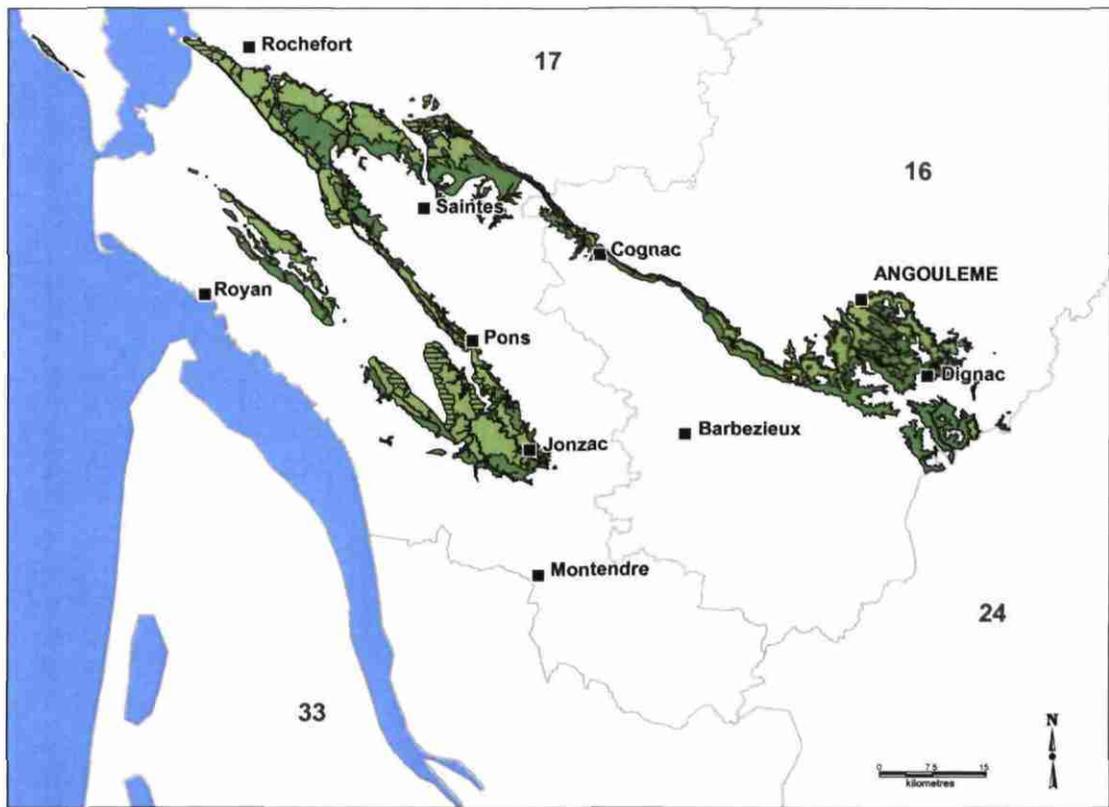


Illustration 1 : Localisation des affleurements de Turonien-Coniacien en Charentes (cf.légende de la géologie en illustration 2)

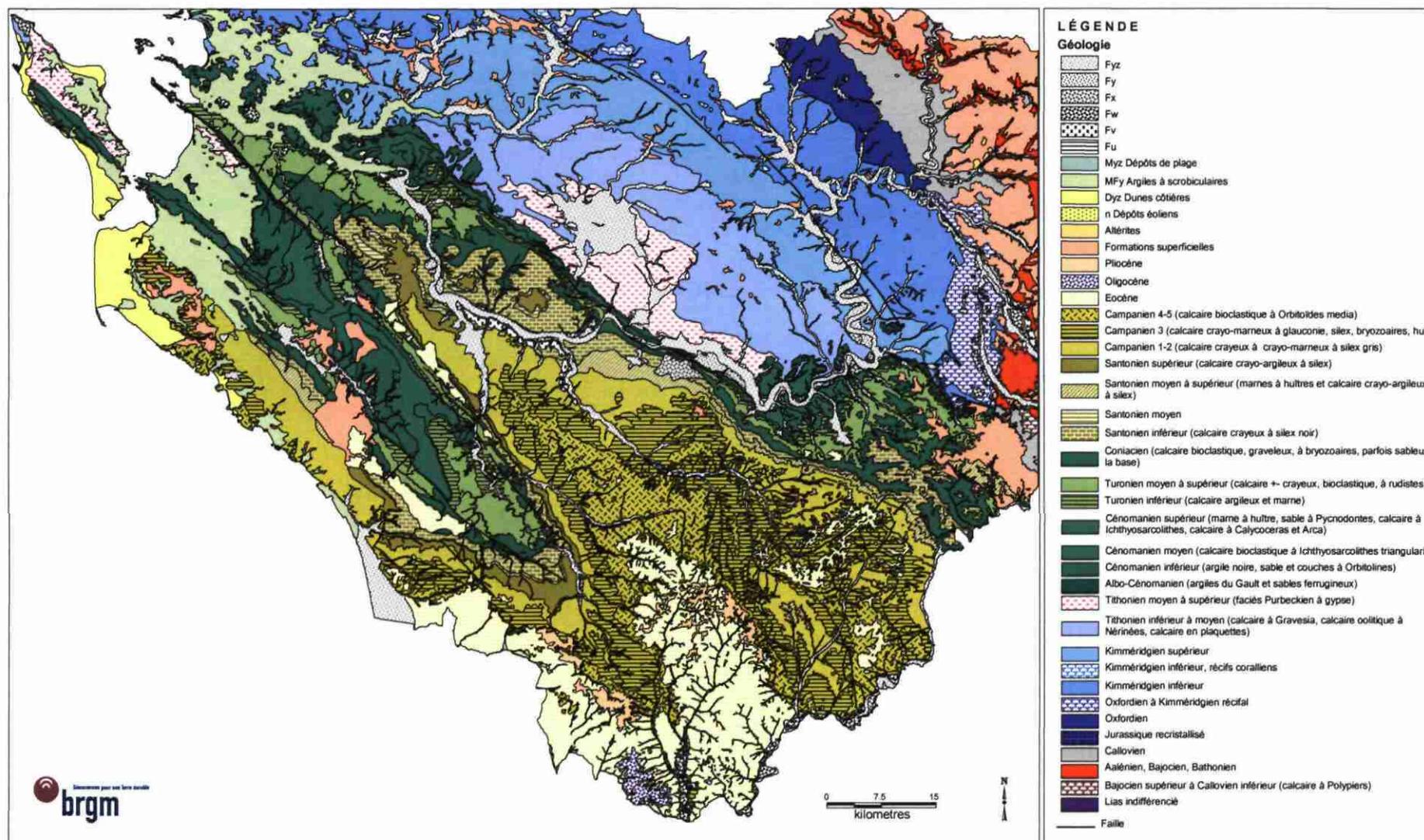


Illustration 2 : Géologie de la région étudiée

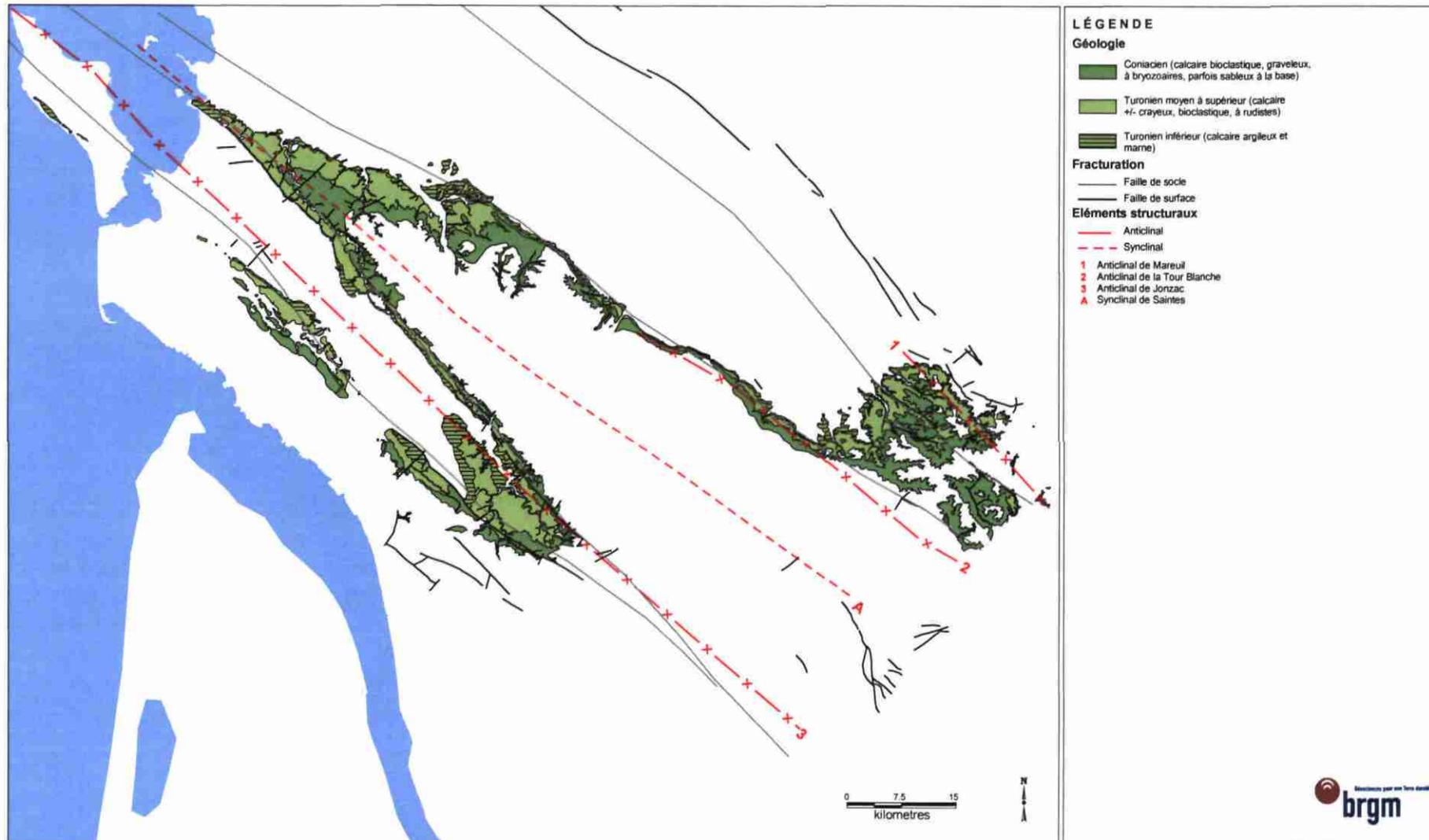


Illustration 3 : Éléments structuraux de la région étudiée

La géologie du Crétacé supérieur de ce domaine Sud charentais a été examinée dans la phase 1 de cette opération (Baudry *et al.*, 2002). Les grands traits de la géologie ne sont donc repris ici que très sommairement.

Le Crétacé supérieur débute par le Cénomaniens supérieur avec à la base un niveau de marnes et d'argiles à huîtres ou argiles "tégulines". Ce niveau est surmonté par des sables fins à très fins puis par des calcaires détritiques, et des calcaires fins assez durs.

Le Turonien (Illustration 4) est constitué à la base par des niveaux marneux à huîtres, recouverts d'alternances de calcaires argileux et de calcaires plus ou moins crayeux. Il s'enrichit progressivement en carbonates et en débris variés pour passer finalement à un calcaire crayeux à rudistes. Au sommet du Turonien, une surface rubéfiée et durcie, qui traduit une phase d'émersion, est parfois observée.



*Illustration 4 : Faciès du Turonien inférieur et moyen-supérieur*

La base du Coniacien est formée dans une grande partie du domaine Sud-Charentes, par des marnes glauconieuses. Le Coniacien inférieur correspond d'une manière générale à des sédiments détritiques plus ou moins consolidés (Illustration 5). Le Coniacien moyen et supérieur correspondent à des calcaires plus massifs, blancs, graveleux.



*Illustration 5 : Faciès du Coniacien*

La série du Turonien-Coniacien montre une puissance pouvant aller de cent vingt à cent soixante mètres, depuis le Turonien inférieur terminal jusqu'au Coniacien supérieur.

Les calcaires crayo-marneux fins du Santonien inférieur (Illustration 6) recouvrent la série du Turonien-Coniacien. Au-dessus l'ensemble du Santonien-Campanien est une série de plus de deux cents mètres d'épaisseur où alternent des calcaires argileux, crayeux et des marnes crayeuses.



*Illustration 6 : Faciès du Santonien inférieur et moyen*

Des failles profondes orientées NW-SE ont affecté les dépôts sédimentaires du Secondaire jusqu'au Tertiaire.

### **2.3. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE**

De la présentation précédente synthétique et simplifiée de la géologie découle un schéma hydrogéologique également simplifié sur un aussi vaste domaine.

Ces aspects hydrogéologiques sont aussi détaillés dans le rapport de la phase 1 [1]. L'ensemble du domaine n'étant en effet pas homogène avec des passages latéraux de faciès à prendre en compte.

D'une manière générale (et de bas en haut, les imperméables ou semi-perméables sont figurés en italique et les aquifères en caractère normal) la succession est :

- à la base du Cénomaniens, des niveaux argileux imperméables forment le mur de l'aquifère cénomaniens ;
- l'aquifère du Cénomaniens se développe dans la série plus ou moins épaisse de sable et de calcaires détritiques. C'est un aquifère important pour la Charente-Maritime ;
- le Cénomaniens terminal et la base du Turonien correspondent à des niveaux argileux qui forment un écran imperméable entre les aquifères du Cénomaniens et du Turonien ;
- le Turonien moyen et supérieur à calcaires bioclastiques (cf. "Pierre d'Angoulême") constitue l'aquifère principal du domaine ;
- la surface durcie du sommet du Turonien et les marnes glauconieuses de la base du Coniacien correspondent à un écran imperméable. Toutefois, cet écran n'est pas présent partout ;

- le Coniacien inférieur et moyen constitue également un niveau aquifère particulièrement développé dans certains secteurs. Les niveaux aquifères peuvent même "monter" jusqu'au niveau du Santonien inférieur ; c'est le cas vers le sud-est en Dordogne. Les propriétés aquifères de ces assises ont en revanche tendance à disparaître dans certaines zones, principalement vers le sud où les faciès deviennent plus marneux ;
- *le Santonien et le Campanien constituent une puissante éponte marneuse. En surface cette éponte, fissurée et altérée, peuvent se développer des petites nappes peu productives. De plus, la fracturation peut favoriser des transferts d'eau depuis la surface vers la nappe profonde du Turonien–Coniacien à travers la série marneuse ;*
- le Campanien supérieur présente des faciès calcaires détritiques perméables et karstifiés favorisant le développement d'aquifères localisés ;
- *les formations détritiques tertiaires, qui viennent recouvrir les reliefs surtout dans la partie sud du domaine considéré, représentent des terrains peu transmissifs mais en revanche capacitifs pouvant constituer des réserves pour les aquifères sous-jacents. Ils sont toutefois peu perméables comme en témoigne la densité du réseau hydrographique.*



## **3. Collecte des données**

Un état du recensement et de la collecte des données est donné dans les paragraphes suivants. Ces données ont d'ores et déjà fait l'objet d'un traitement. Cette base de données représente l'ensemble des données, paramètres, nécessaire pour la modélisation.

### **3.1. LES PRÉLÈVEMENTS DANS LES NAPPES**

L'Agence de l'Eau Adour-Garonne a fourni l'ensemble des données des prélèvements pour la période 1996 - 2001. Ces volumes annuels sont autant que possible complétés par des données plus précises récupérées auprès des syndicats des eaux (volumes mensuels).

La plupart des communes de la Charente Maritime sont gérées par un seul syndicat d'eau pour l'Alimentation en Eau Potable. Une convention entre ce syndicat et le Conseil Régional a été signée pour la transmission des données. La demande des données a été effectuée. En Charente, il existe plusieurs syndicats d'Alimentation en Eau Potable ; les contacts ont été pris pour la fourniture de données au pas mensuel. La carte de l'illustration 7 montre la répartition des prélèvements AEP sur la région étudiée. Pour l'aquifère du Turonien-Coniacien une évaluation des volumes prélevés pour l'eau potable sur l'année 2000 fait état de 17.5 millions de mètres cube (Illustration 8).

L'Agence de l'Eau Adour-Garonne a également communiqué les données pour les prélèvements industriels. Ces prélèvements restent relativement marginaux.

Les fichiers DDAF relatifs aux forages agricoles des deux départements ont été fournis. Un travail de cohérence entre la BSS et ces fichiers est en cours. La localisation des prélèvements est assez bien connue, en revanche la récupération des volumes prélevés et leur affectation à un aquifère est plus difficile. Les forages agricoles captent souvent plusieurs niveaux aquifères, les volumes prélevés devront être répartis en conséquence.

### **3.2. LES DONNÉES PIÉZOMÉTRIQUES**

Une convention a été signée entre le Conseil Régional et le BRGM pour récupérer directement sur Internet les chroniques du réseau régional. La liste des piézomètres utiles pour la modélisation est donnée en Annexe 1.

En Charente, des irrigants, fédérés au sein d'une association, relèvent régulièrement le niveau de l'eau dans leur ouvrage. Leurs relevés nous sont transmis par la Chambre d'Agriculture. Ces mesures sont intégrées à la BSS et accessibles sur Internet via le SIGES. Ces données remontent pour certains points jusque dans les années 1990.



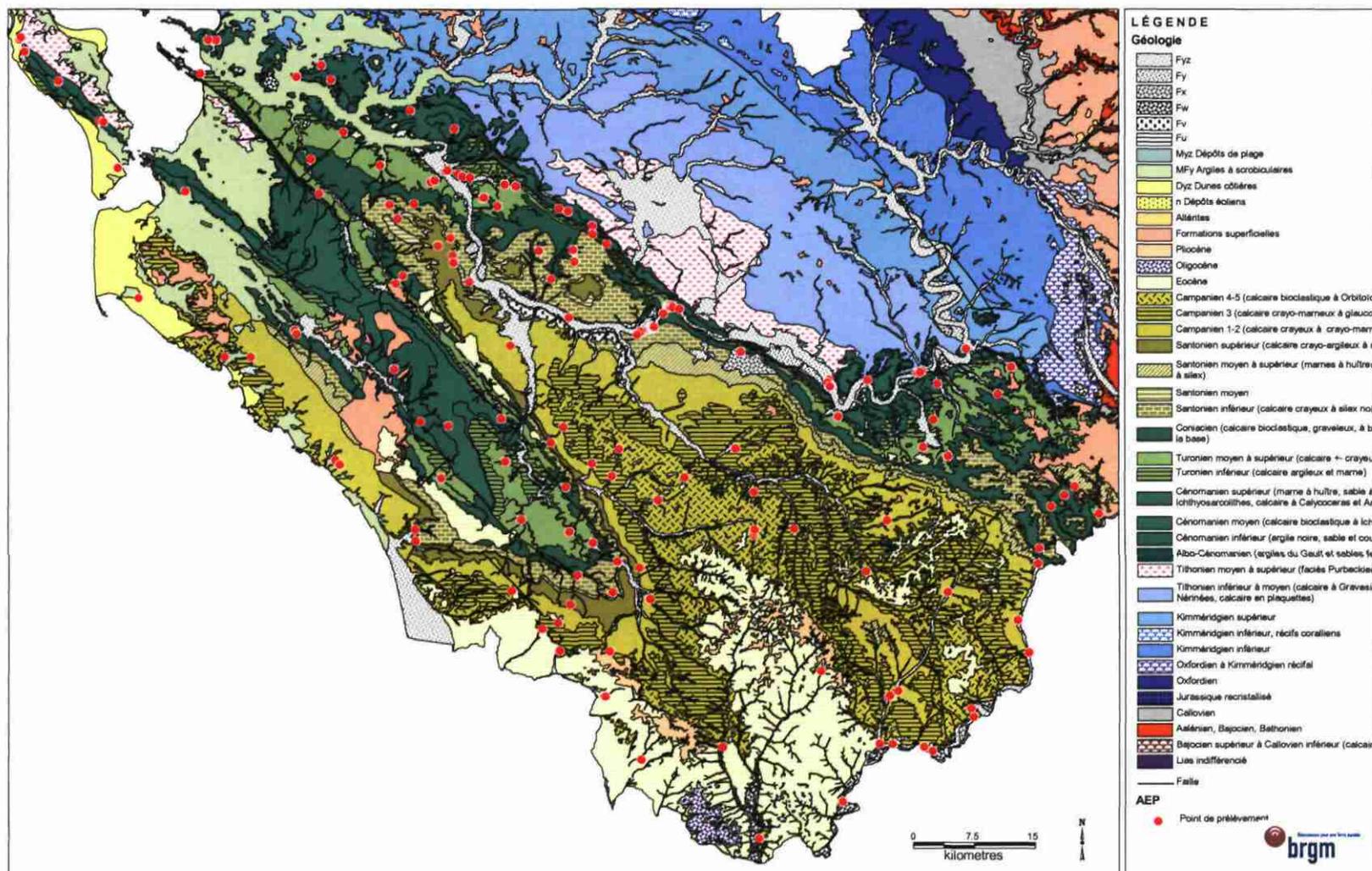


Illustration 7 : Localisation des prélèvements pour l'AEP dans l'aquifère du Turonien-Coniacien

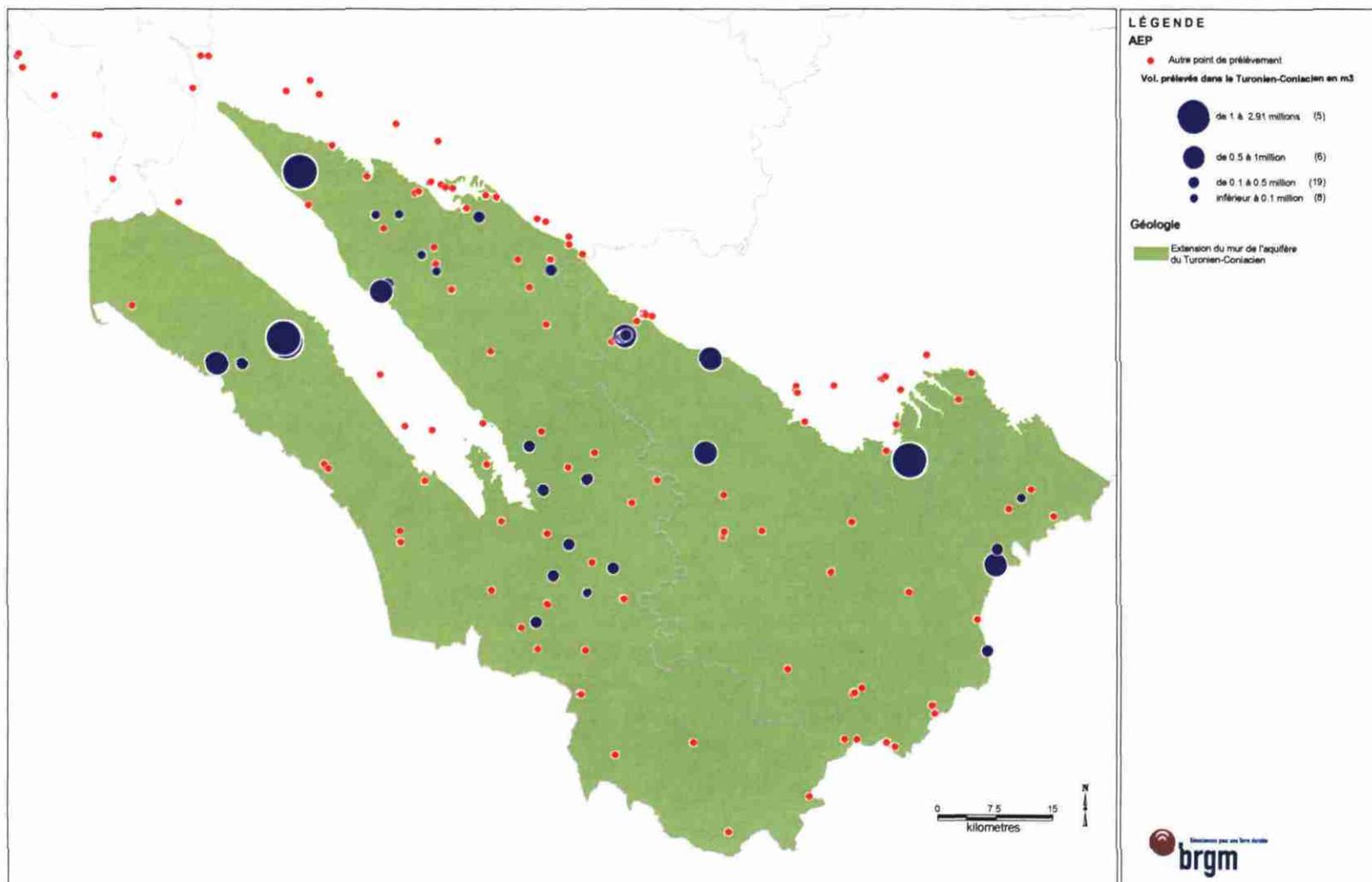


Illustration 8 : Répartition spatiale et volumétrique des prélèvements dans l'aquifère du Turonien-Coniacien.

Le Conseil Général de la Charente a équipé d'un enregistreur en continu le forage du Pont de l'Epau (07336X0543). Cet ouvrage destiné à l'AEP est conçu de manière à ne capter que l'aquifère du Turonien. Nous disposons des données du 13 novembre 2001 au 14 juin 2004. Ces relevés, après accord du Conseil Général de Charente, ont été intégrés dans la BSS et sont désormais accessibles via le SIGES.

La chronique n'est pas suffisamment longue pour servir de référence, d'autant que l'année 2002 a été une année particulière avec une recharge hivernale faible et des prélèvements estivaux très modérés. Toutefois, il semblerait que le forage soit influencé par les prélèvements agricoles comme en témoigne les rapides variations enregistrées au début du mois de juillet 2003. Sur la période considérée le battement de la nappe entre les hautes eaux et les basses eaux est de plus de dix mètres.

Dans le cadre du projet *Actions d'accompagnement pour l'aquifère du Turonien-Coniacien en Charente – phase 1* (Thinon-Larminach et al., 2004) l'Observatoire Régional de l'Environnement a mis en place trois capteurs pour un suivi en continu du niveau piézométrique. Des relevés mensuels sur des points complémentaires ont permis d'apprécier l'évolution du niveau piézométrique dans la région au Sud d'Angoulême.

Les campagnes ont permis de montrer l'existence de nappes superficielles dans le Coniacien et le Santonien individualisées de l'aquifère du Turonien dans la région située au Sud d'Angoulême.

Les chroniques piézométriques et les campagnes piézométriques (Marchais et al., 2002) permettront de caler le modèle sur plusieurs cycles annuels.

### **3.3. LES PARAMÈTRES HYDRODYNAMIQUES**

Les données de pompages d'essai (T et S) ont été saisies en base et sont disponibles sur le site du SIGES.

Ces données sont intéressantes comme base d'informations pour la modélisation. Néanmoins, il faut garder à l'esprit qu'il s'agit de mesures ponctuelles localisées, pas obligatoirement représentatives de la perméabilité moyenne tridimensionnelle de l'aquifère à l'échelle d'une maille du modèle.

Quelques traçages (Mouragues, 2000 ;Vouvé, 1975) ont été réalisés sur le domaine étudié, ils sont anciens et peu nombreux.

### **3.4. LES DONNÉES GÉOPHYSIQUES**

Des profils sismiques disponibles (Illustration 9) ont été acquis et ont fait l'objet d'un traitement puis d'une interprétation (Serrano, 2004). L'interprétation des profils sismiques CLA 3 et CLA 6 confirme les coupes géologiques préalablement établies.



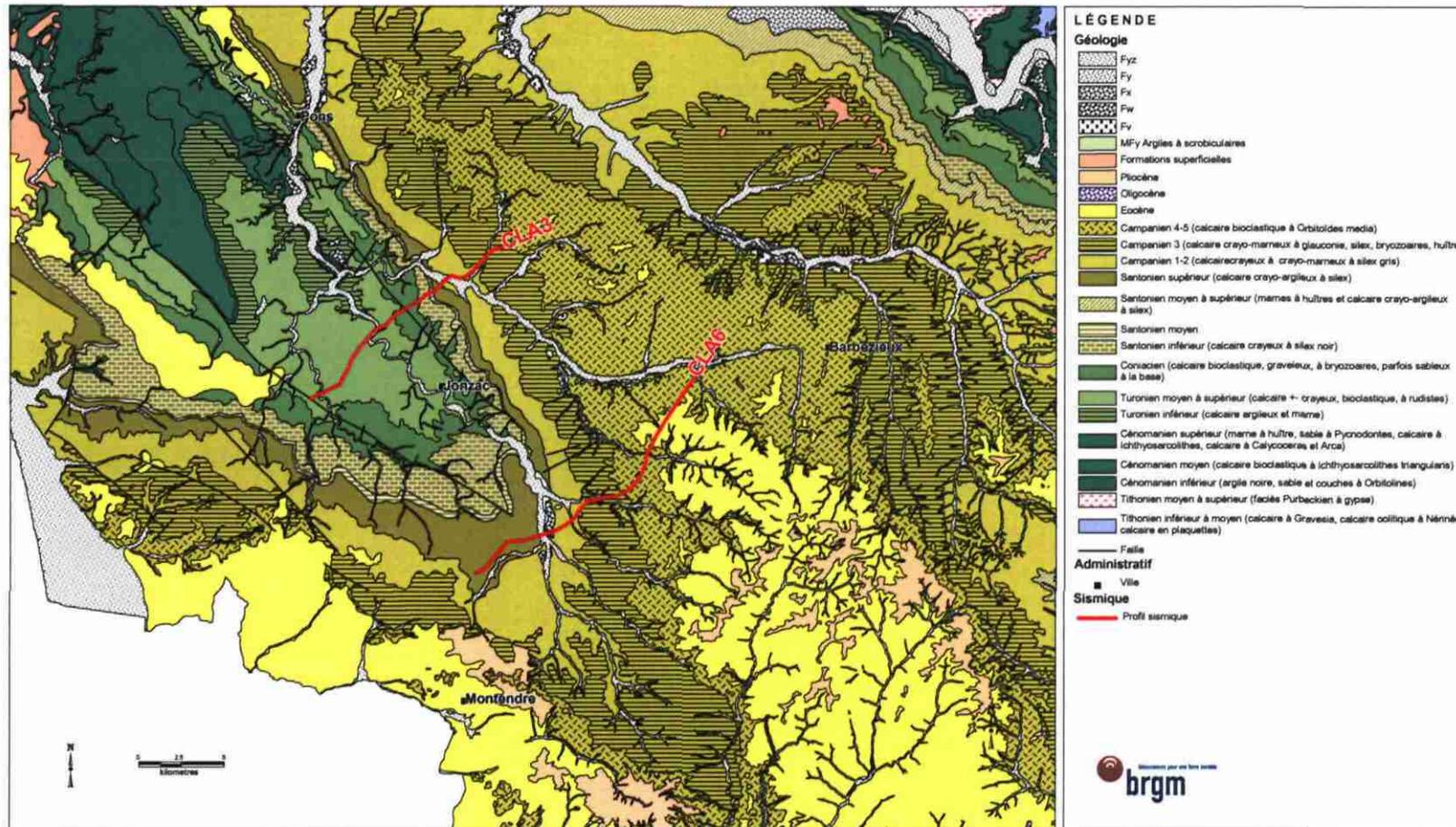


Illustration 9 : Localisation des profils sismiques



Ces profils sismiques ont été calés sur les données du forage pétrolier Clam 1 et du forage géothermique de Jonzac. Les réflecteurs sismiques ont donc pu être déterminés avec une relative précision.

Bien que les profils sismiques s'intéressent préférentiellement aux couches profondes, l'allure générale de la structure géologique du Crétacé supérieur est conforme avec les coupes géologiques :

- l'anticlinal de Jonzac est limité au Nord-Est par un faisceau de failles de type "bouquet de fleur", caractéristique des accidents structuraux à composante cisailante ;
- la limite Sud-Ouest de l'anticlinal est du même type, mais a subi une déformation de la couverture crétacée, probablement lors du paroxysme de la compression pyrénéenne (Lutétien), avec décollement partiel au toit du Jurassique ;
- cette déformation, visible sur le profil CLA 6, expliquerait les surépaisseurs des dépôts d'âge Coniacien et Santonien, reconnues en forage au Sud de Jonzac.

Du point de vue géologique, l'analyse des profils sismiques permet de confirmer une phase cisailante tardive dans l'histoire des grands accidents de socle de direction armoricaine. C'est en effet le cas pour la faille de Chateaufort, pour la structure de l'Auzance, et pour la structure de Jonzac. Des rejeux similaires sont marqués dans les terrains jurassiques des structures d'Angoulême-Aigre, et de la vallée de la Tardoire.

Le réseau des failles et fractures apparaît, en réalité, beaucoup plus dense que celui reporté sur les cartes géologiques. Ceci s'explique par l'amortissement vers le haut de certaines failles et par la présence de formations superficielles et de profils d'altération qui perturbent les conditions d'observation sur le terrain.

### **3.5. LES DONNÉES HYDROLOGIQUES ET DÉBIT DE SOURCES**

L'ensemble des points de mesure est localisé sur l'illustration 10.

La Diren dispose de stations hydrométriques sur les principales rivières coulant sur la région considérée. Les données de débit ont été récupérées sur Internet dans la Banque hydro. Ces données sont complétées par des descriptions des rivières (largeur, hauteurs d'eau) nécessaire à leur intégration dans le modèle.

Dans le cadre du Réseau Départemental d'Observation des Etiages (RDOE) le Conseil Supérieur de la Pêche surveille l'état des écoulements des cours d'eau en Poitou-Charentes depuis 1990. Les relevés donnent une appréciation de l'état des écoulements suivant une échelle à trois niveaux :

- écoulement visible [code 1] ;
- eau stagnante, sens de l'écoulement non appréciable [code 2] ;
- absence d'eau visible, assec [code 3] ;
- le code 0 indique l'absence de relevé.



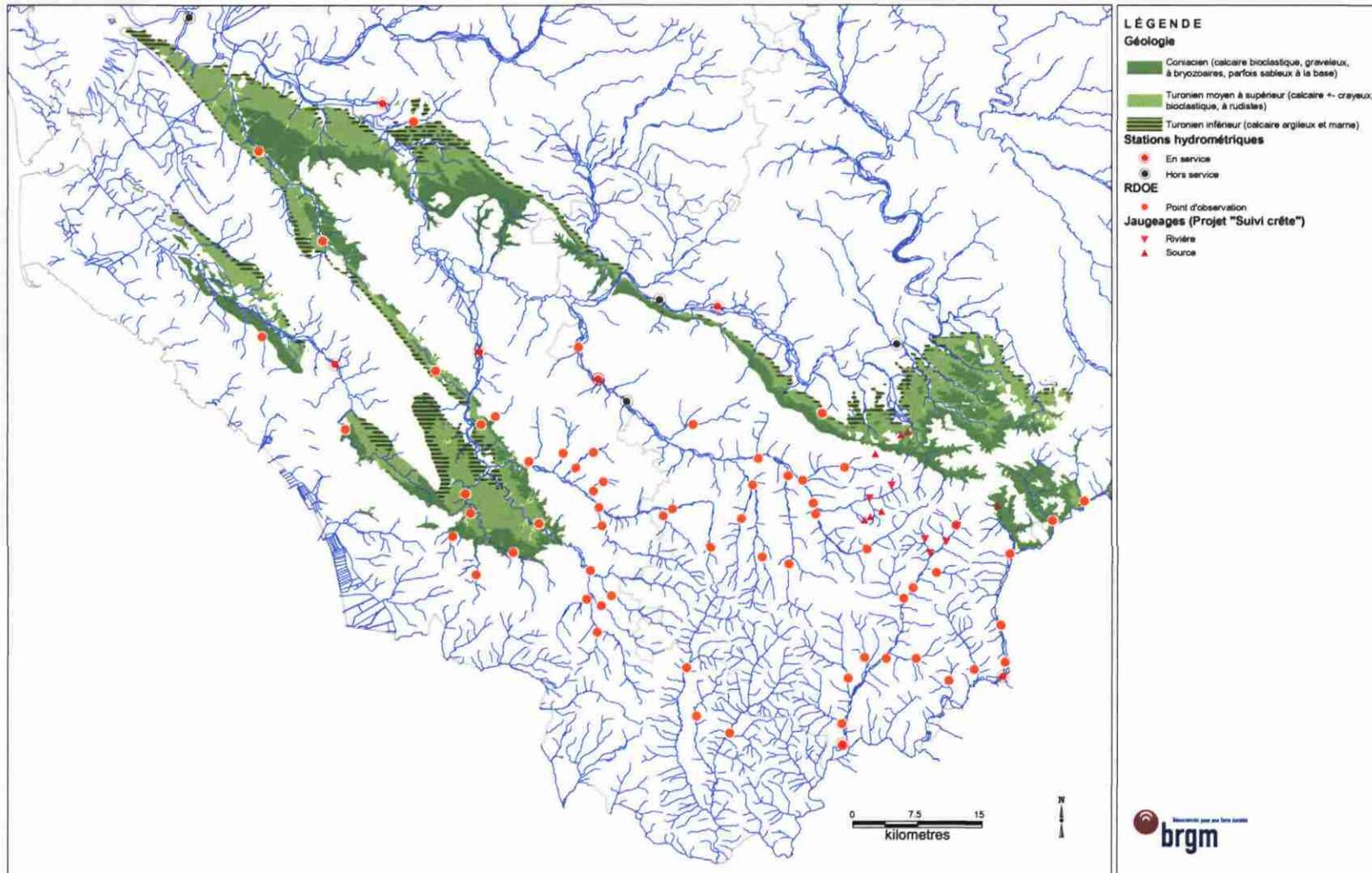


Illustration 10 : Localisation des points de mesures/observations des débits des rivières et des sources



Sur la région considérée, le RDOE dispose de trente-quatre points en Charente et trente-cinq points en Charente-Maritime. Des analyses statistiques permettent d'évaluer la pérennité des cours d'eau et la fréquence de retour des assecs.

Le projet *Actions d'accompagnement pour l'aquifère du Turonien-Coniacien en Charente – phase 1* (Thinon-Larminach et al., 2004) a permis d'inventorier les sources dans la région au Sud d'Angoulême. Celles-ci ont fait l'objet de la création d'un dossier dans la BSS. Des jaugeages de rivières et de sources ont été parallèlement réalisées.

### **3.6. LES DONNÉES SUR LA QUALITÉ DES EAUX**

La localisation des points apportant une information sur la qualité des eaux est représentée sur l'illustration 11.

Trente-quatre points du Réseau Régional de suivi de la qualité des eaux souterraines sont localisés sur le domaine considéré. Ces points font l'objet d'un suivi physico-chimique des eaux et de produits phytosanitaires.

Le projet *Actions d'accompagnement pour l'aquifère du Turonien-Coniacien en Charente – phase 1* (Thinon-Larminach et al., 2004) a permis de réaliser des analyses physico-chimiques in situ et en laboratoire. Les prélèvements ont permis de caractériser les eaux de sources et de forages.

### **3.7. LES DONNÉES CLIMATIQUES**

Un abonnement a été contracté auprès de Météo France de manière à récupérer sur Internet les données climatologiques. A priori les stations suivantes (Illustration 12) serviront de base pour l'introduction des données climatiques (au pas décadaire) : Cognac, La Couronne, Rioux-Martin, Salles de Barbezieux, Royan, Saint-Agnant, Saint-Germain de Lusignan, Saint-Martial de Viveyrol.

Des données de pluviométrie et d'évapotranspiration potentielle au pas de temps décadaire, sur plusieurs dizaine d'années, ont déjà été collectées pour plusieurs stations réparties dans la région. Ces données vont permettre d'effectuer des bilans et d'estimer la recharge de l'aquifère. Dans le cadre d'une modélisation hydrogéologique, ces données constituent une fonction d'entrée dans le modèle.



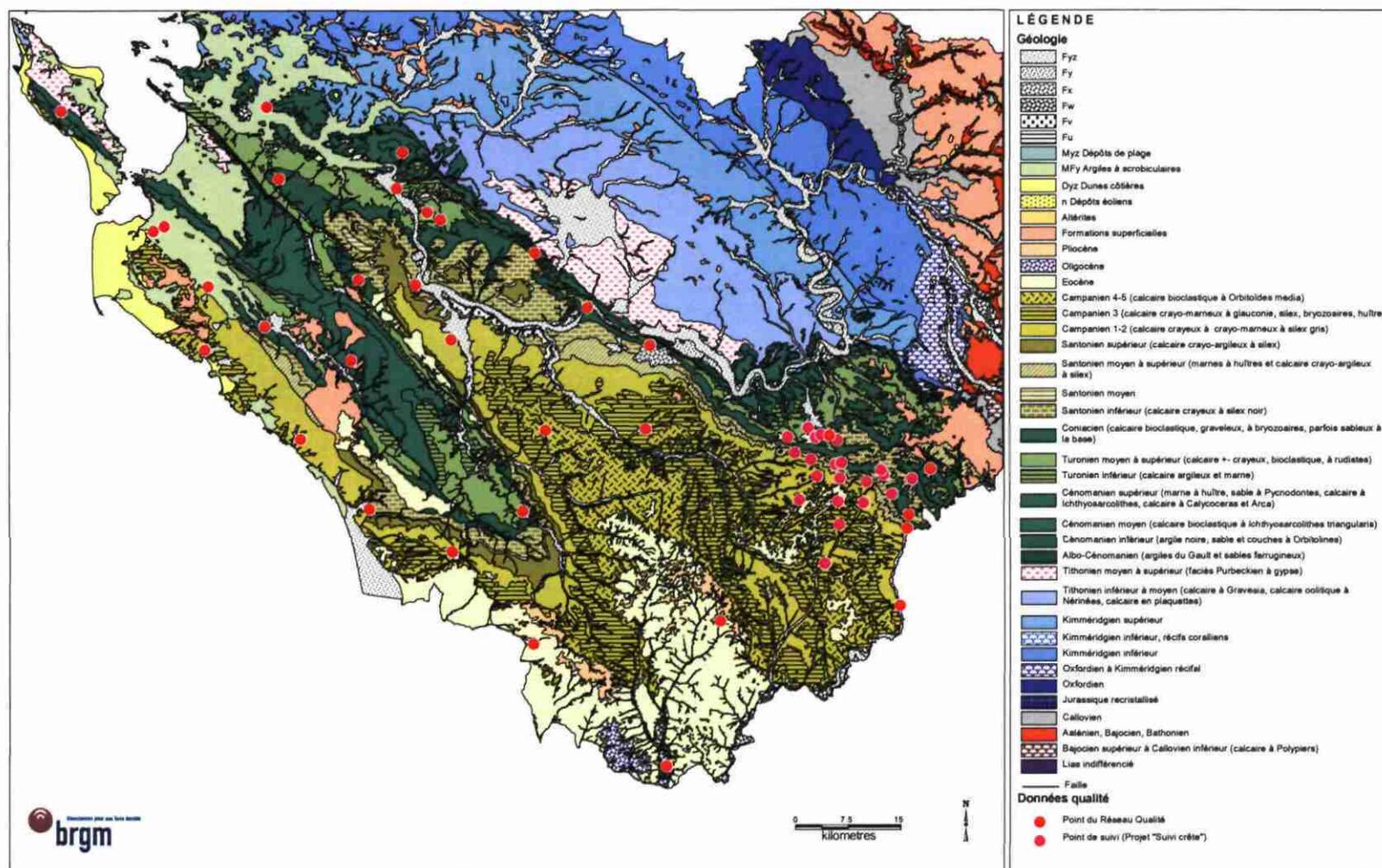


Illustration 11 : Localisation des points d'informations qualitatives des eaux

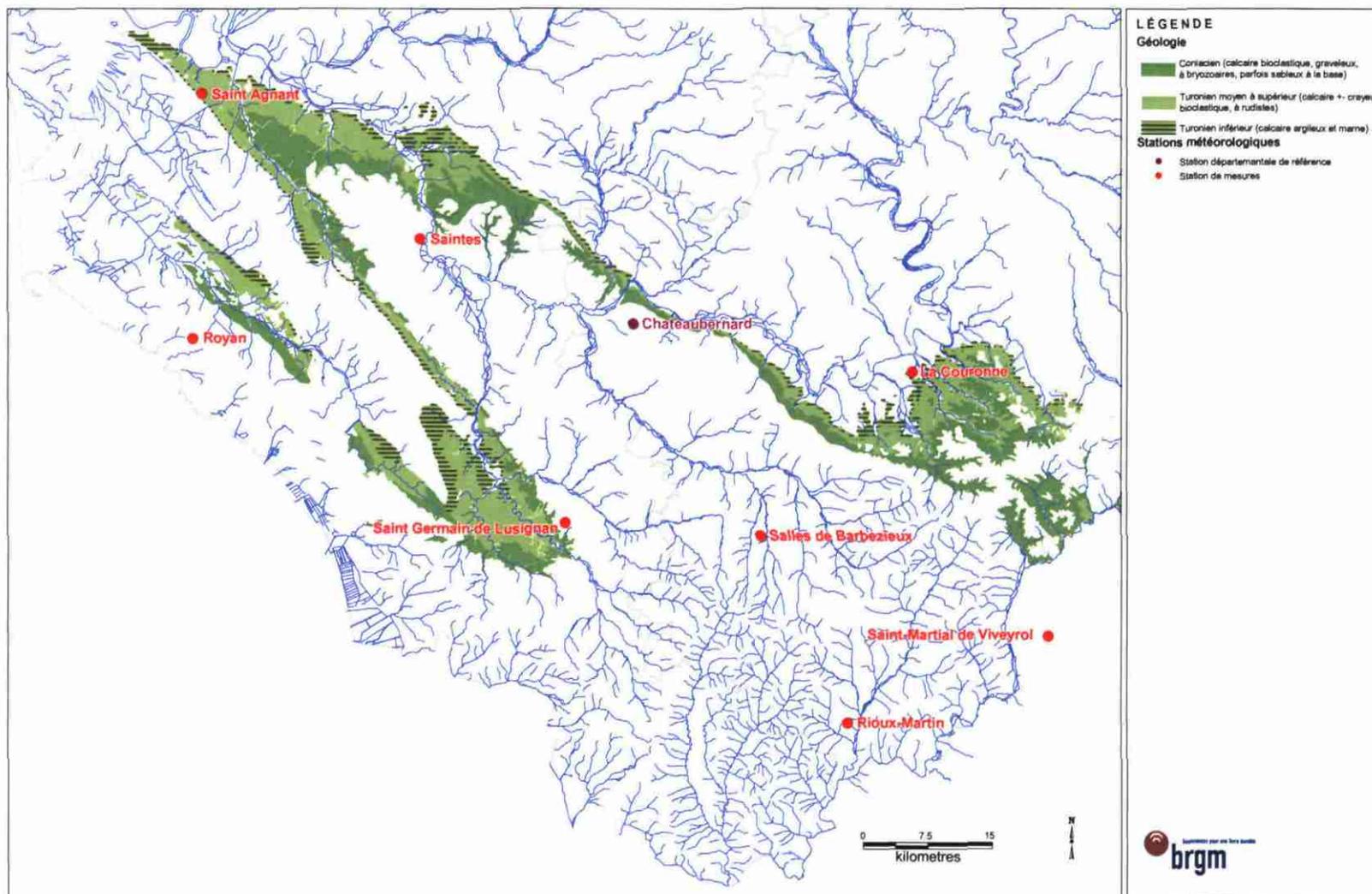


Illustration 12 : Localisation des stations météorologiques

## 4. Construction d'un modèle hydrodynamique

### 4.1. LA MODÉLISATION HYDRODYNAMIQUE

Le milieu souterrain est bien plus complexe que le milieu superficiel. En surface, les cours d'eau présentent un débit et des dimensions mesurables. En profondeur, les eaux souterraines ont au sein de milieux poreux et perméables des circulations complexes, invisibles.

Les paramètres interférant dans ces processus permettant d'aboutir à la constitution d'un aquifère sont nombreux : les capacités réservoirs du milieu et sa perméabilité, approchées par des pompages d'essais, l'alimentation de l'aquifère liée aux facteurs météorologiques, les échanges avec les rivières, les échanges avec d'autres aquifères au travers des épontes... Toutefois, malgré cette complexité, les eaux souterraines répondent à des lois physiques dont la première d'entre elles est le principe de continuité.

La modélisation, en travaillant sur un milieu discrétisé en mailles, constitue un outil qui permet d'apporter des éléments de réponse aux questions posées par les gestionnaires des ressources souterraines : quelles sont les réserves disponibles ? Quel est le niveau de prélèvement à ne pas dépasser ? Comment est alimenté l'aquifère ? etc. La modélisation hydrodynamique, en intégrant un grand nombre de paramètres permet d'une part de comprendre les mécanismes souterrains et d'autre part de simuler des scénarii d'exploitation.

En dehors de l'hydrodynamique, l'outil peut aussi permettre des applications variées : profondeur et potentialité de l'aquifère, vulnérabilité et transfert des pollutions, contamination en profondeur et occupation du sol...

Néanmoins, la modélisation est une opération complexe qui nécessite au préalable une réflexion approfondie pour déterminer la dimension des mailles, le nombre d'objets (couches) à représenter, les limites... *In fine* le modèle ne doit pas être trop complexe pour rester "gérable", ni trop simpliste pour bien représenter le milieu et les phénomènes à reconstituer.

### 4.2. GÉOMÉTRIE DU MODÈLE

#### 4.2.1. Choix de la taille de la maille

Du fait de la nécessité de reproduire des vallées très encaissées et de la faible densité de données caractérisant certains secteurs, un maillage au pas de un kilomètre a été

retenu (Annexe 2). Ce maillage carré permet en effet de reproduire les vallées, les zones de failles, les zones de crêtes...

Le maillage, au pas du kilomètre, est suffisamment précis pour reproduire la morphologie des différentes couches (synclinal-anticlinal) et suffisamment lâche pour ne pas pénaliser la gestion du modèle et les temps de calcul. De plus il correspond assez bien à la précision des données disponibles.

#### 4.2.2. Les différentes couches du modèle.

Avant de construire un modèle hydrodynamique de l'aquifère du Turonien-Coniacien, il convient d'étudier conjointement la géologie et les propriétés hydrodynamiques des formations sur l'ensemble du domaine. Les étages géologiques présents vont du Cénomaniens au Quaternaire. Un modèle multi-couches est donc construit.

La phase 1 (Baudry et *al.*, 2002) a montré qu'il existait des variations importantes de la lithologie des formations. De fait, les couches du modèle ne peuvent correspondre *sensu stricto* à des étages géologiques. Afin de respecter une compartimentation compatible avec la construction du modèle hydrodynamique, la succession lithostratigraphique a été redéfinie en unités en fonction de leurs propriétés hydrodynamiques. Cinq unités aquifères et trois unités imperméables ont été identifiées a priori pour la construction du modèle multicouche. L'illustration 13 représente l'empilement des couches aquifères (en blanc) et non-aquifères (en grisé), l'âge stratigraphique figure à titre indicatif.

Unité	Etage stratigraphique indicatif	Lithologie simplifiée
1	QUATERNAIRE ET TERTIAIRE	Alluvions et Tertiaire
2	CAMPANIEN 4-5	Calcaire bioclastique
3	CAMPANIEN 1-2-3 ET SANTONIEN	Calcaire marneux
4	CONIACIEN	Calcaire
5	TURONIEN	Calcaire
6	TURONIEN-INF CENOMANIEN-SUP	Marne
7	CENOMANIEN INF à MOYEN	Calcaire
8	CENOMANIEN-BASAL à JURASSIQUE	Argile

Illustration 13 : Découpage en unité hydrogéologique homogène

Pour certaines unités le découpage basé sur l'hydrogéologie et non la géologie a conduit à déterminer des limites qui débordent sur les couches stratigraphiques encaissantes ou inversement à être plus restrictives. Par exemple, localement une partie du Coniacien supérieur peut se trouver intégrer dans l'unité imperméable sus-jacente (Unité 3) du fait de ses mauvaises propriétés aquifères. Initialement, une unité imperméable avait été introduite entre le Coniacien et le Turonien. En effet, un niveau marneux y existe parfois. Toutefois, devant la faible épaisseur du niveau qui n'est par

ailleurs pas présent partout, cette unité sera remplacée par une éponte<sup>1</sup> plus ou moins imperméable.

Le terme Unité sera préférentiellement utilisé. A priori ces unités constitueront les "couches" de calcul du modèle hydrodynamique (le logiciel de modélisation utilisé, Marthe utilisant le terme "couche").

A partir de ce découpage, les logs géologiques disponibles dans la BSS ont été interprétées avec l'aide du géologue régional, de manière à déterminer le toit et la base de chaque unité. Ces logs hydrogéologiques ont été saisies avec un formalisme particulier propre à la BSS. Ils constituent un référentiel hydrogéologique.

Au total, 1 200 ouvrages ont été initialement sélectionnés mais seulement 407 coupes porteuses d'une information fiables ont été retenues et saisies en base. Finalement seulement 342 sondages ont réellement été utilisés pour la modélisation.

Compte tenu de la répartition hétérogène de ces informations, des forages fictifs ont été créés à partir de coupes géologiques ou de profils sismiques. Cette information a permis de compléter les zones où peu de données étaient disponibles.

Les sondages et les points de contraintes utilisés pour la construction de ce modèle sont localisés dans l'illustration 14. L'illustration 15 montre un exemple de la représentation des logs du référentiel hydrogéologique réalisé avec le logiciel GDM. La totalité des logs fait l'objet de volumes séparés.

Concrètement la base de données introduite dans le logiciel utilisé pour la création de différents couches (c'est à dire GDM développé par le BRGM) est constituée de :

- un fichier, issu du Modèle Numérique de Terrain de l'IGN (MNT au pas de 50 m), a servi pour créer le fichier topographie,
- un fichier regroupant l'information disponible dans la BSS pour chaque ouvrage,
- un fichier de points fictifs dans lequel sont regroupés les points servant à contraindre l'interpolation, notamment dans les zones où peu d'information est disponible (points sur coupe géologique, profils sismiques). Les profils sismiques CLA3 et CLA6 ont été utilisés,
- une source de "données courbes" représentant les failles affectant les formations et les limites d'extension des différentes unités,
- une source de "données courbes" représentant les limites géologiques.

---

<sup>1</sup> Une éponte dans le logiciel de modélisation Marthe peut être définie sans constituer une couche de calcul.



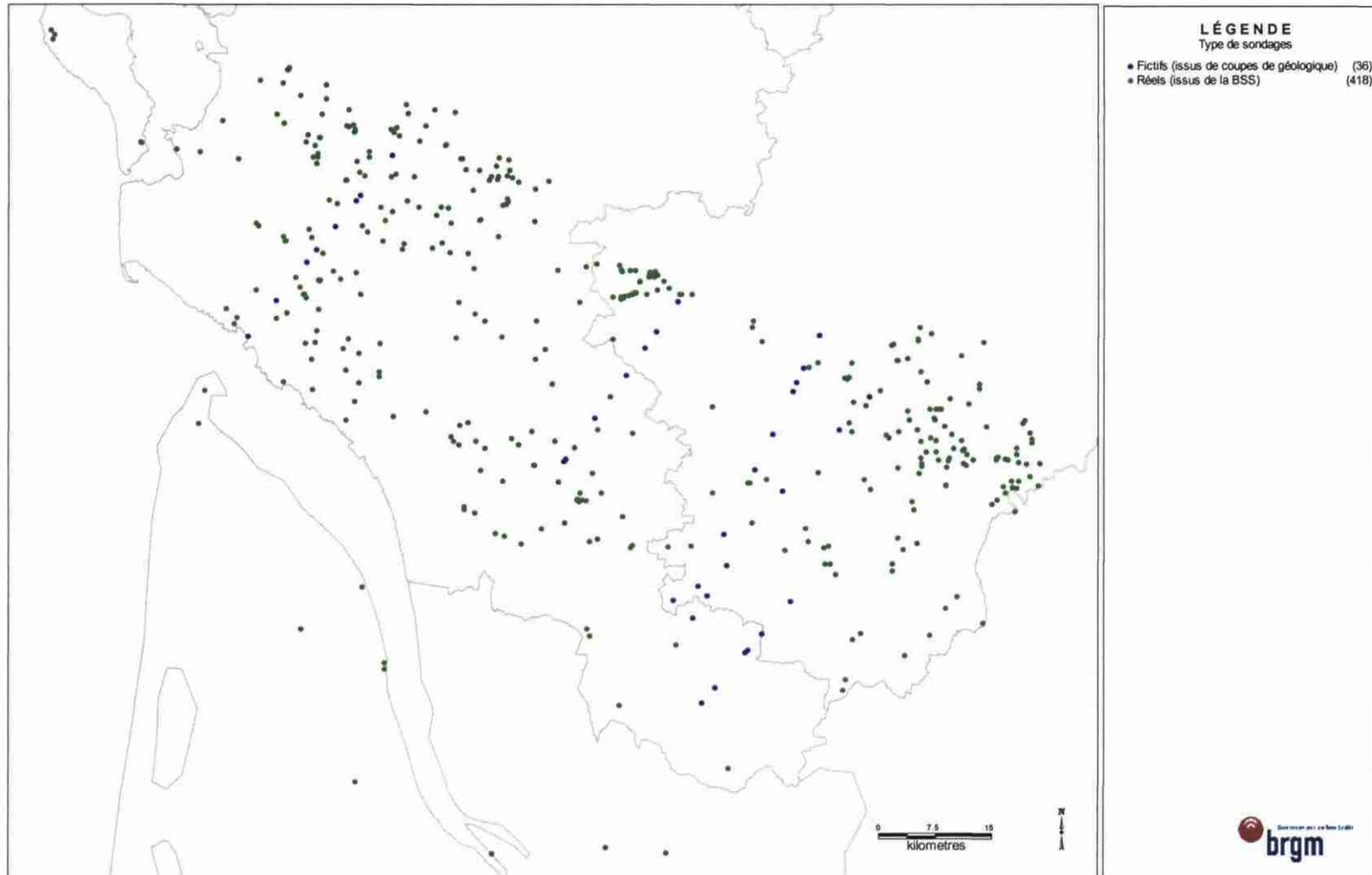


Illustration 14 : Localisation des sondages et points fictifs utilisés pour le calcul



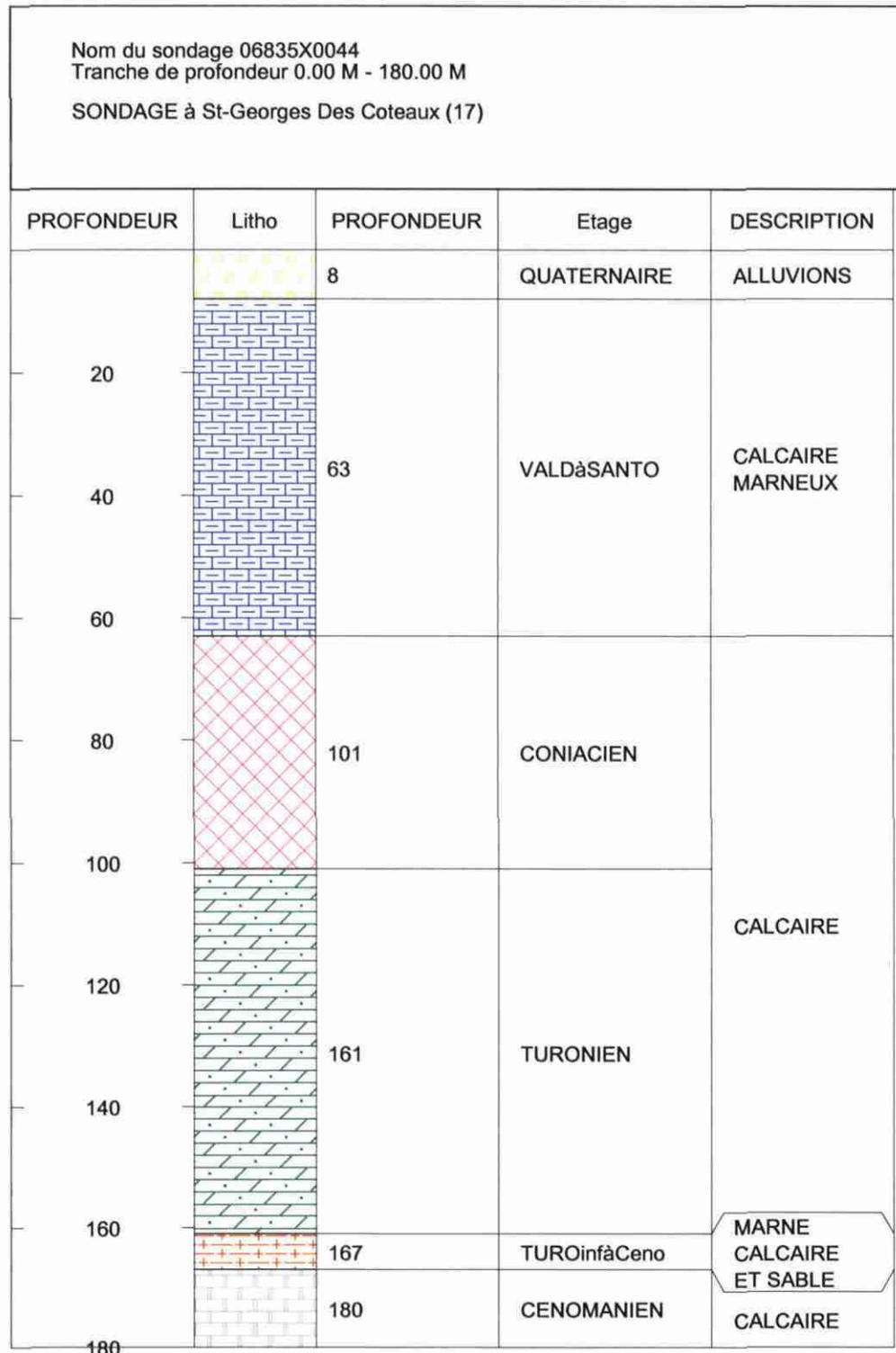


Illustration 15 : Exemple de coupe hydrogéologique réalisé avec GDM

### 4.2.3. Choix des limites du modèle

Les limites du modèle découlent des objectifs de la modélisation, de l'extension des unités précédemment définies et du contexte hydrodynamique.

Au nord, la limite du modèle correspond aux zones d'affleurements du Cénomanién inférieur, à l'ouest au littoral, au sud-ouest à l'estuaire de la Gironde. Au sud, une limite arbitraire est-ouest à flux sortants dirigés vers le cœur du Bassin Aquitain est choisie. Cette limite sera considérée comme "libre" dans le modèle hydrodynamique de manière à ce qu'elle n'ait pas d'impact sur les objectifs de la modélisation. Enfin, au sud-est une limite à flux sortants correspondant aux vallées de la Dronne et de la Lizonne est définie. L'illustration 16 schématise les différents cas de limites du modèle.

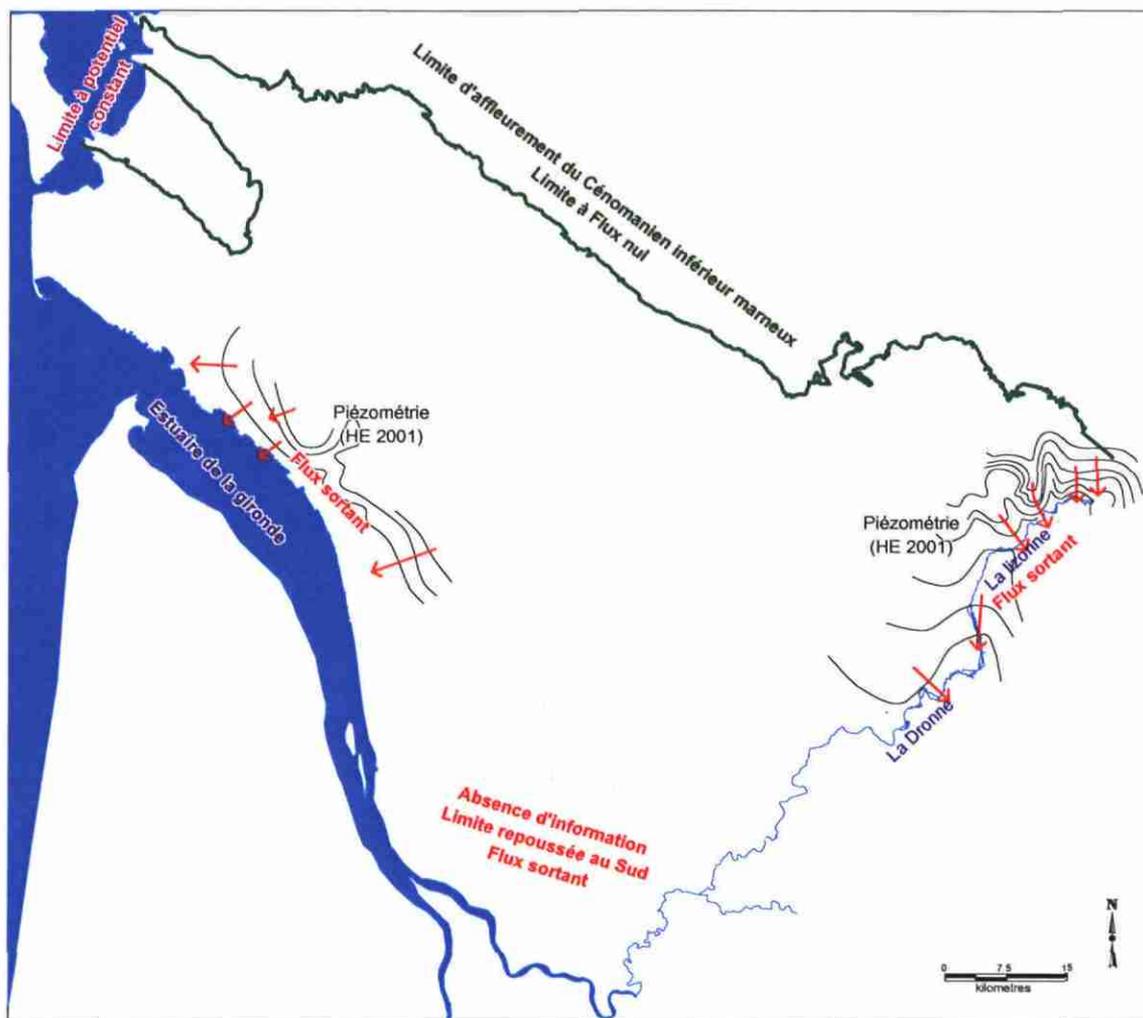


Illustration 16 : Détermination des limites du modèle

Trois types de limite sont représentés : des limites d'affleurements, des limites à potentiel imposé, des limites à flux sortant. Les limites des zones d'affleurement correspondant à un contact unité aquifère/unité imperméable correspondent à des

limites à flux nul (condition de Neuman). Aucune entrée, ni sortie d'eau ne se font latéralement.

Le réseau hydrographique est en interconnexion avec les eaux souterraines. Dans ce cas il s'agit de limites mixtes de potentiel et de flux (conditions de Fourier). Elles nécessitent de décrire précisément le réseau hydrographique : longueur, largeur et profondeur de chaque tronçon, perméabilité des sédiments du fond du lit de la rivière. Ces informations sont disparates en quantité et qualité, elles seront des paramètres de calage du modèle. La cote Atlantique est un cas particulier de limite. En repoussant les limites d'environ dix kilomètres une connaissance précise des conditions sur cette limite n'est plus nécessaire. Cette limite sera définie par une limite à flux constant. Ces flux imposés n'auront pas d'impact sur les mailles de calcul "terrestre" du modèle. L'estuaire de la Gironde sera traité de la même manière.

### **4.3. CRÉATION DU MODÈLE GEOMETRIQUE**

#### **4.3.1. Les logiciels**

Plusieurs outils de géostatistiques ont été testés pour la réalisation des cartes des interfaces hydrogéologiques. Le logiciel GDM et ses composants (Geological Data Management), développé par le BRGM, a été finalement retenu. Ce logiciel a déjà été utilisé dans le cadre de la modélisation du Bassin Aquitain.

Ce logiciel permet la création de grille au format X, Y, cote du toit et/ou du mur et/ou de l'épaisseur d'une formation géologique par l'interpolation spatiale d'un semi de points.

Les principaux composants adjoints au logiciel sont :

- Vario 2D : ce module permet le calcul, le dessin et l'ajustement du variogramme expérimental dans 2 dimensions de l'espace ;
- Multilayer : ce module fait l'interpolation des données ;
- Miftogdm : ce module permet la conversion des fichiers MapInfo d'extension MIF et MID en source de données GDM. Les objets récupérables par cet utilitaire sont les suivants : points, segments, lignes et polygones ;
- Export GDM : ce module permet d'exporter en fichier texte des sources de données d'un projet GDM, quelles soient externes ou au format GDM.

#### **4.3.2. La topographie**

Une fois les différents types de fichiers créés dans GDM. Il convient de caler le modèle à la surface topographique. Pour se faire, le MNT au pas de 50 m pour la région a été utilisé.

Pour éviter des incohérences entre les valeurs du MNT et le Z sondage. Nous avons chaque fois que le Z (altitude) MNT localisé au voisinage du Z sondage était différent affecté de la valeur Z MNT le Z sondage.

### **4.3.3. Le codage des données**

Dans Multilayer, les données de base sont entrées :

- une base de données forages,
- une "pile" présentant la succession des unités à modéliser.

Il est également possible d'introduire des points d'affleurements et des points de contraintes. Les limites géométriques sont définies par les failles et le MNT.

Une fois tous les paramètres définis, le codage des données s'effectue ; GDM crée alors une source de "données points".

Le codage consiste à calculer la cote du toit (ou mur) "vrai" et les bornes inférieures et supérieures de ces cotes toit (ou mur) pour l'ensemble des formations définies par des valeurs de codes et empilées selon la pile hydrogéologique de référence. Cette opération permet de coder les sondages afin de distinguer ceux qui ont traversé le toit et le mur "vrai" d'une formation de ceux qui n'ont traversé qu'une seule de ces deux surfaces.

Une fois les sondages codés, une interface est interpolée à partir des seuls sondages l'ayant effectivement traversé.

### **4.3.4. Le calcul du variogramme et le choix de la méthode d'interpolation**

Avant de commencer tout calcul géostatistique, il est nécessaire d'étudier les données (nombre, répartition) par le calcul du variogramme ; celui-ci permet de déterminer la variabilité spatiale des données et la "portée" (distance moyenne d'éloignement entre deux points au-delà de laquelle les propriétés de la valeur sont statistiquement indépendantes et ne peuvent être corrélés entre eux). Plus la portée est courte, plus la propriété doit être considérée comme spatialement non corrélable et donc aléatoire. Le variogramme traduit la dégradation des corrélations entre les points en fonction de la distance les séparant. Il précise la portée du phénomène, sa continuité, sa corrélation spatiale et l'existence ou non d'une anisotropie directionnelle. Le variogramme permet de déterminer la meilleure méthode d'interpolation à appliquer aux données.

Les calculs de variogramme sont effectués à partir de la méthode de calcul du variogramme standard. Pour être représentatif, un nombre minimum de couples de données est nécessaire (50). Suivant les unités hydrogéologiques un fichier faille est intégré ou non pour le calcul.

La méthode d'interpolation a été choisie après analyse du variogramme à l'aide du programme Vario2D inclus dans GDM. La méthode du krigeage linéaire sans dérive a été utilisée pour l'interpolation.

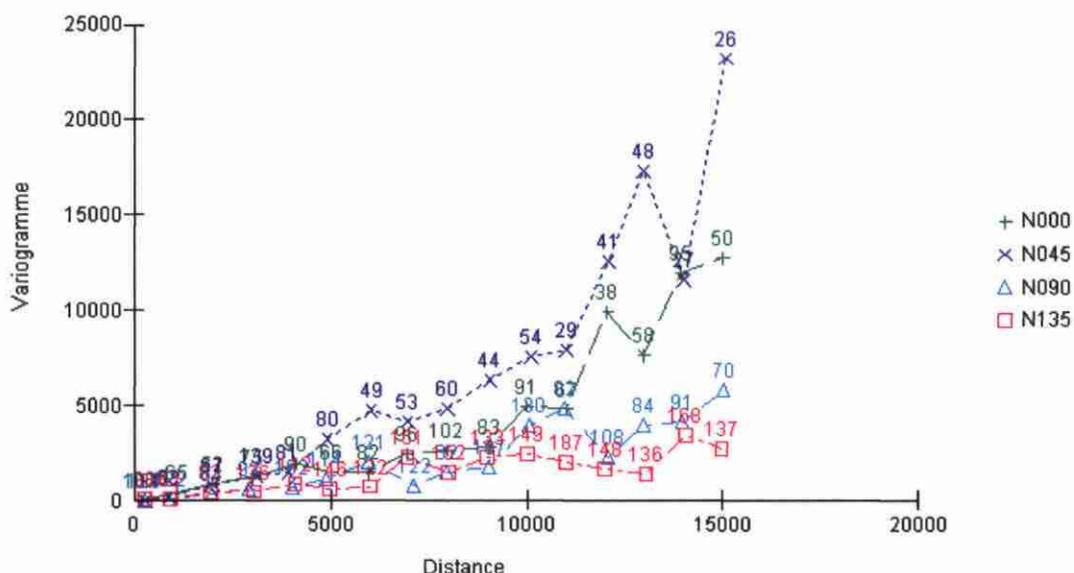


Illustration 17 : Exemple de variogramme (toit du Coniacien)

#### 4.3.5. La création des interfaces

Le choix de ce logiciel a, en plus, été motivé par ses capacités de :

- pouvoir contraindre l'interpolation à partir de données de nature différente : les failles, les affleurements et des points de contrainte ;
- contrôler le recoupement entre les différentes couches ainsi que la présence de failles.

En considérant les différentes sources de données, il est possible de construire la carte du toit (et/ou du mur et/ou de l'épaisseur) de n'importe quelle couche définie dans la pile stratigraphique. Cependant la précision des résultats va dépendre des données caractérisant la formation en question (nombre, qualité...).

Le toit et le mur de chaque unité ont ainsi été construites. Des cartes et des coupes ont permis ensuite de vérifier ce travail. Dans certains cas, des retours sur les données ont été nécessaires.

Pour les cartes en isopaques de l'unité Turonien inférieur + Cénomaniens supérieur, les failles ne semblent pas influencer les variations d'épaisseur. Ceci tendrait à prouver que les failles n'ont pas joué pendant la sédimentation et sont antérieures à celle-ci.

Certaines failles présentent un amortissement dans les dépôts d'âge Turonien ce qui confirmerait des hypothèses déjà présentées dans des coupes géologiques.

La carte du toit du Coniacien représente bien les structures anticlinales de Jonzac, St-Cézaire et de l'Auzance, ainsi que la structure synclinale de Saintes, l'ensemble s'enfonçant en direction du Bassin Aquitain.

## **4.4. CREATION DU MODELE DANS MARTHE**

### **4.4.1. Création des huit couches de calculs**

Le logiciel MARTHE utilisant le terme couche, il sera employé dans les paragraphes consacrés à la modélisation hydrodynamique.

Dans le logiciel MARTHE, un maillage carré (1 000 m × 1 000 m) sur 145 colonnes et 108 lignes a été créé. Les huit couches de calculs (unités) ont été définies.

La délimitation spatiale de chaque couche de calcul est fonction de l'extension géographique de l'unité qu'elle représente. La délimitation verticale de chaque couche est fonction du mur et du toit de l'unité.

La morphologie de chaque interface déterminée avec les outils de géostatistique (GDM et Multilayer) a été introduite dans MARTHE pour obtenir un modèle tridimensionnel.

L'Annexe 2 présente l'ensemble des couches (délimitations spatiales) et des coupes sériees nord-sud et ouest-est dans le modèle espacées de 10 km.

### **4.4.2. La définition des mailles d'infiltration**

Les formations affleurantes correspondent à des points d'entrée pour la recharge des nappes d'eaux souterraines. Suivant leurs natures (perméabilité), associées aux types de sols et types de couvertures, les écoulements d'eau vers les systèmes phréatiques ou profonds seront plus ou moins importants et plus ou moins rapides.

Pour chaque couche une cartographie des zones d'infiltration a été réalisée. L'illustration 18 présente synthétiquement la délimitation des couches ayant une recharge.

Les Unités 6 (Turonien inférieur et Cénomaniens supérieur) et 8 (Cénomaniens inférieur et Jurassique supérieur) sont considérés dans le modèle comme imperméables, de fait aucune recharge n'est affectée à ses couches.

L'unité 3 regroupant synthétiquement le Santonien et le Campanien 1 à 3 est globalement un semi-perméable. Cet ensemble ayant été affecté par la fissuration il peut permettre le transit vertical des eaux. La recharge transitant par ces formations est mal connue elle sera un paramètre du calage en régime permanent.

L'unité 1 regroupant le Quaternaire et le Tertiaire est perméable (alluvions) à semi-perméable (dépôts sablo-argileux).

Du fait de la nature géologique et hydrogéologique des différentes unités et de la variabilité géographique des données météorologiques (P et ETP), chaque maille recevra des valeurs appropriées d'infiltration. Ces valeurs seront affinées au cours de la phase de calage.

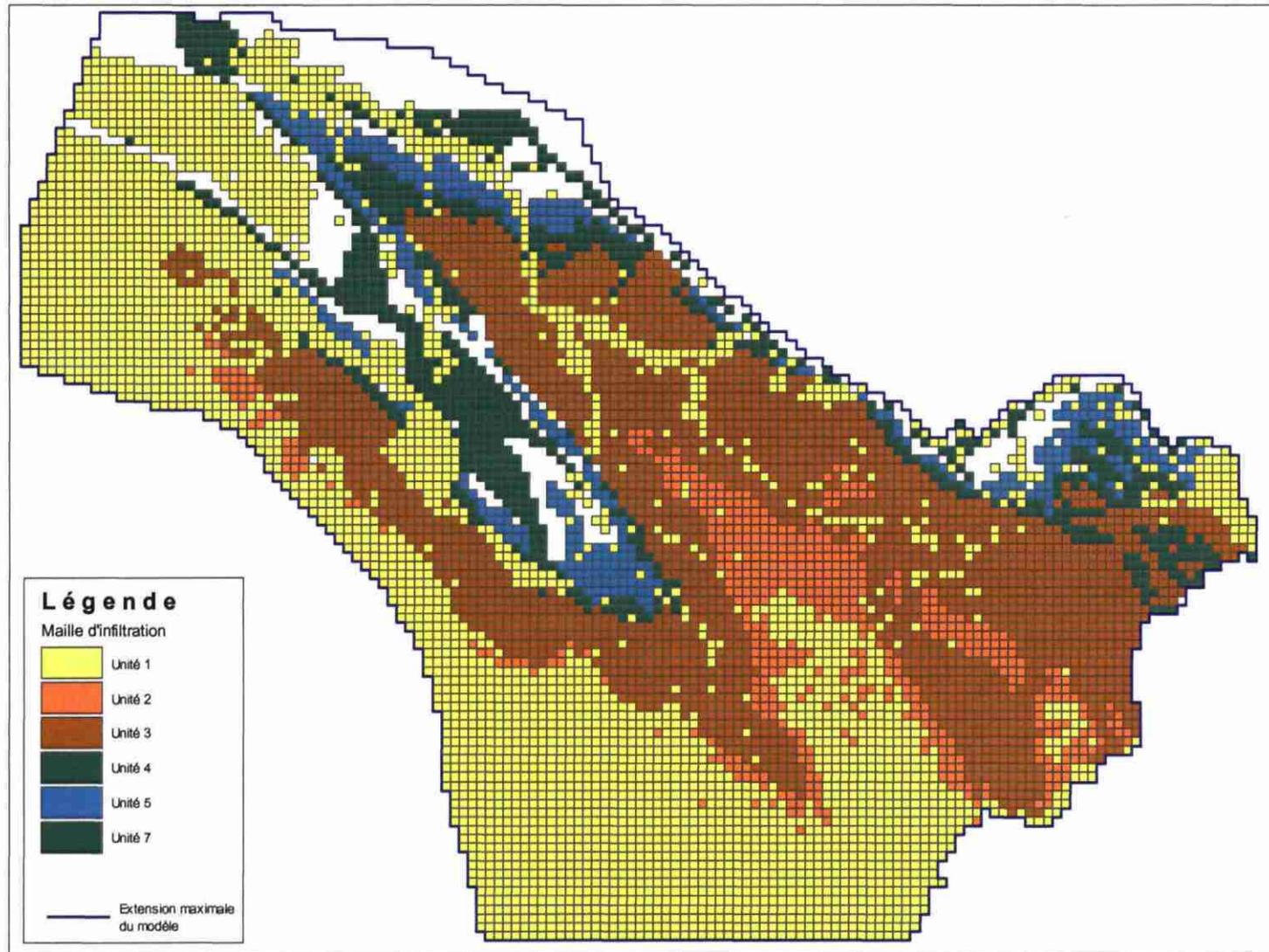


Illustration 18 : Cartographie des zones de recharge pour chaque unité



## 5. Conclusions

Au cours de cette phase 2, un modèle géométrique numérique a été construit à l'aide principalement du logiciel GDM, développé par le BRGM. Il couvre le sud des Charentes et est à maille carrée de 1 km de côté. Il comprend 8 couches de calcul : le Quaternaire-Tertiaire, le Campanien supérieur, le Campanien-Santonien, le Coniacien, le Turonien moyen et supérieur, le Turonien inférieur et de Cénomaniens supérieur, le Cénomaniens moyen et enfin les formations Cénomaniens basal-Jurassique supérieur. Le modèle a été construit à partir de l'exploitation d'environ 400 ouvrages, auxquels sont venus s'ajouter des points fictifs correspondant à des affleurements ou pris sur des coupes géologiques ou des profils sismiques. Un référentiel hydrogéologique a été élaboré en réinterprétant les coupes géologiques.

Le modèle géométrique reproduit assez fidèlement les grandes structures en particulier les successions synclinales de Saintes – anticlinal de Jonzac.

Ce travail s'est aussi appuyé sur une analyse critique des résultats produits par le logiciel et un réajustement manuel. Le logiciel MapInfo est aussi utilisé pour préparer la création et la gestion du maillage sous le logiciel de modélisation MARTHE.

Une base de données regroupant toutes les données nécessaires à la modélisation (recharge, perméabilité, emmagasinement, prélèvement...) a été créée et sera complétée au fur et à mesure.

Le modèle hydrodynamique a été construit avec le logiciel de modélisation MARTHE. Le maillage des huit couches a été défini spatialement et verticalement. Les zones de recharge ont été déterminées et introduites dans le modèle.

Ce travail de modélisation devrait être soumis à l'avis d'un collège d'experts hydrogéologues à partir des documents fournis dans ce rapport. Après d'éventuelles corrections, ce travail devrait se poursuivre par la phase de calage



## Bibliographie

Baudry D., Cornet J., Poitrinal D., Lavie J., Bichot F. (2002) CPER 2000-2006 Phase 1 – Gestion des eaux souterraines en Poitou-Charentes – Outils d'aide à la décision pour la gestion de l'aquifère du Turonien-Coniacien – Volets n° 2 et 3 : Synthèse et recueil d'informations. Juin 2002, BRGM/RP-51591-FR, 130p.

BRGM (2004) Guide l'utilisateur GDM 5.01. BRGM, 303 p.

GéoAquitaine (1998) Syndicat intercommunal d'alimentation en eau potable des collines du Montmorélien – St – Cybard – Captage AEP du Pont de l'Epaud – Document d'incidence (Conformément aux décrets n°93-742 et 93-743 du 29 mars 1993). GéoAquitaine, janvier 1998 VBS/97412/INC, 27p.

GéoAquitaine (1996) Compte-rendu de travaux : forage profond du "Pont de l'Epaud" Commune d'Aignes et Puypéroux. DDAF 16, CG 16, Syndicat Intercommunal d'alimentation en eau potable des collines du Montmorélien. Juillet 1996 GM/96359/HYD, 27p.

Karnay G. (2000) Modèle géologique du Cénomaniens du département de la Charente (F). BRGM/RP-50333-FR, 16p.

Karnay G., Lacouture L. (1998) Préservation de la qualité des eaux dans la partie captive de l'aquifère du Turonien dans le département de la Charente. Rapport BRGM/RP-40067-FR, 85p.

Lacouture L., Matray J.M. (2001) CPER 2000-2006 année 1 – Construction d'outils d'aide à la décision – Aquifère du Turonien, vole n° 1 : Résultats de la campagne de prélèvements d'octobre 2000 en Sud Charente. BRGM/RP-50826-FR, 42p.

Marchais E, avec la collaboration de Pincemin R. (2002) Contrat de Plan Etat Région 2000/2006 – Gestion des eaux souterraines en Poitou-Charentes, Piézométries de l'aquifère du Turonien-Coniacien en Charente et Charente-Maritime, Réalisation de cartes piézométriques – Phase 1. Janvier 2002, BRGM/ RP-51510-FR, 62p.

Martinet S (2003) Suivi de la nappe du Turonien-Coniacien dans le sud du département de la Charente. Rapport de DESS, université Bordeaux I, BRGM, 43p.

Mouragues N. (2000) Caractérisation et vulnérabilité d'un hydrosystème complexe sub-profond associé à la structure anticlinale de Jonzac. Thèse, université de Bordeaux I. 184 p.

Platel J.P. (1987) Le Crétacé supérieur de la plate-forme septentrionale du bassin d'Aquitaine. Stratigraphie et évolution géodynamique. Thèse, université de Bordeaux III, 572p.

Rambaud E. (1979) Hydrogéologie du département de la Charente, Principaux systèmes aquifères : essai d'analyse et cartographie. Thèse, université de Bordeaux III, 242p.

Serrano O. (2004) Interprétation de profils sismiques dans la région Poitou-Charentes. Rapport BRGM/RP-53075-FR – Diffusion réservée. 17p.

Soursac V. (2003) Construction d'un modèle géométrique de l'aquifère du Turonien-Coniacien en Charente et Charente-Maritime. Rapport de DESTAUP, université de Poitiers, BRGM, 52p.

Squarcioni P. (1996) "Croix de l'Epaud" Collines du Montmorélien – Examen Endoscopique, contrôle des flux et des fluides. HydroInvest. HI96070282, 6p.

Thinon-Larminach M., avec la collaboration de Martinet S. et Bichot F. (2004) CPER 2000-2006 Phase 1. Actions d'accompagnement pour l'aquifère du Turonien-Coniacien en Charente : suivi de la crête piézométrique et du débit des sources et des cours d'eau – Rapport BRGM/RP-52723-FR, 56 p., 21 fig., 5 ann.

Vouvé J. (1975) Etude en hydrogéologie et paléogéographie karstique. Thèse, université de Bordeaux I, 2 tomes. 265p + 164p.

## **Annexe 1**

### **Liste des piézomètres sur le domaine modélisé**



NOM	Indice BSS	X en m L2E	Y en m L2E	Z en m NGF	Date de mise en service	Date d'arrêt	Aquifère suivi
AGNANT	06822X0013	343205.29	2103242.71	21.941	23/07/1992		Turonien libre
BAIGNES	07326X0028	398471.41	2045655.86	68.922	16/10/1992		Turonien-Coniacien captif
BIRON	07077X0023	380037.86	2067264.3	41.809	06/04/1993		Turonien-Coniacien captif
BOIS	07312X0034	370613.94	2060565.87	47.119	09/03/1993		Cénomancien
BOUVERIE	06817X0002	322932	2086969	7	11/03/1998	24/11/1999	Dunaire
BRIDON	06823X0034	350101.77	2099112.72	27.5	08/07/1998	27/10/2003	Turonien -Coniacien
BRIS	06813X0040	322946.64	2098349.19	15.938	10/03/1998		Dunaire
CESAIRE	06837X0017	379148.93	2088262.89	32.664	24/07/1997		Cénomancien
DIGNAC	07097X0067	437818.97	2062410.73	153.21	09/04/1993		Turonien-Coniacien
JUILLAGUET	07333X0027	434779.57	2056835.4	158.524	04/06/1993		Turonien-Coniacien
LACLISSE	06828X0024	359353.11	2085020.48	28.977	24/06/1992		Cénomancien
LACLOTTE	07803X0505	403437.83	2016819.81	29.445	01/06/1995		Maastrichtien
LAURENT	07336X0002	425312.85	2042459.41	75.76	18/07/1992		Turonien-Coniacien
MORTAGNE	07304X0007	358914.77	2063140.76	27.803	06/04/1993		Coniacien
OLERON	06576X0014	317263.32	2110123.02	7.72	21/04/1993		Cénomancien inf
POMMIERS	07561X0006	389724.34	2040896.8	53.582	01/06/1995		Coniacien
POUSSARD	06595X0016	363875.53	2104571.18	24.83	24/06/1992		Cénomancien
ROUFFIAC	07332X0530	424536.72	2060499.52	143.866	24/03/1993		Turonien-Coniacien captif
SALIGNAC	07074X0014	383724.17	2078133.64	9.466	24/06/1992		Coniacien-Turonien
SOMERAS	07554X0502	381896	2035657	40	24/06/1993	14/03/2000	Turonien-Coniacien captif
TERDOUX	06813X0035	324953.33	2101884.26	3.926	09/07/1998		Cénomancien
TORSAC	07097X0066	433002.25	2065426.66	97.929	01/07/1992		

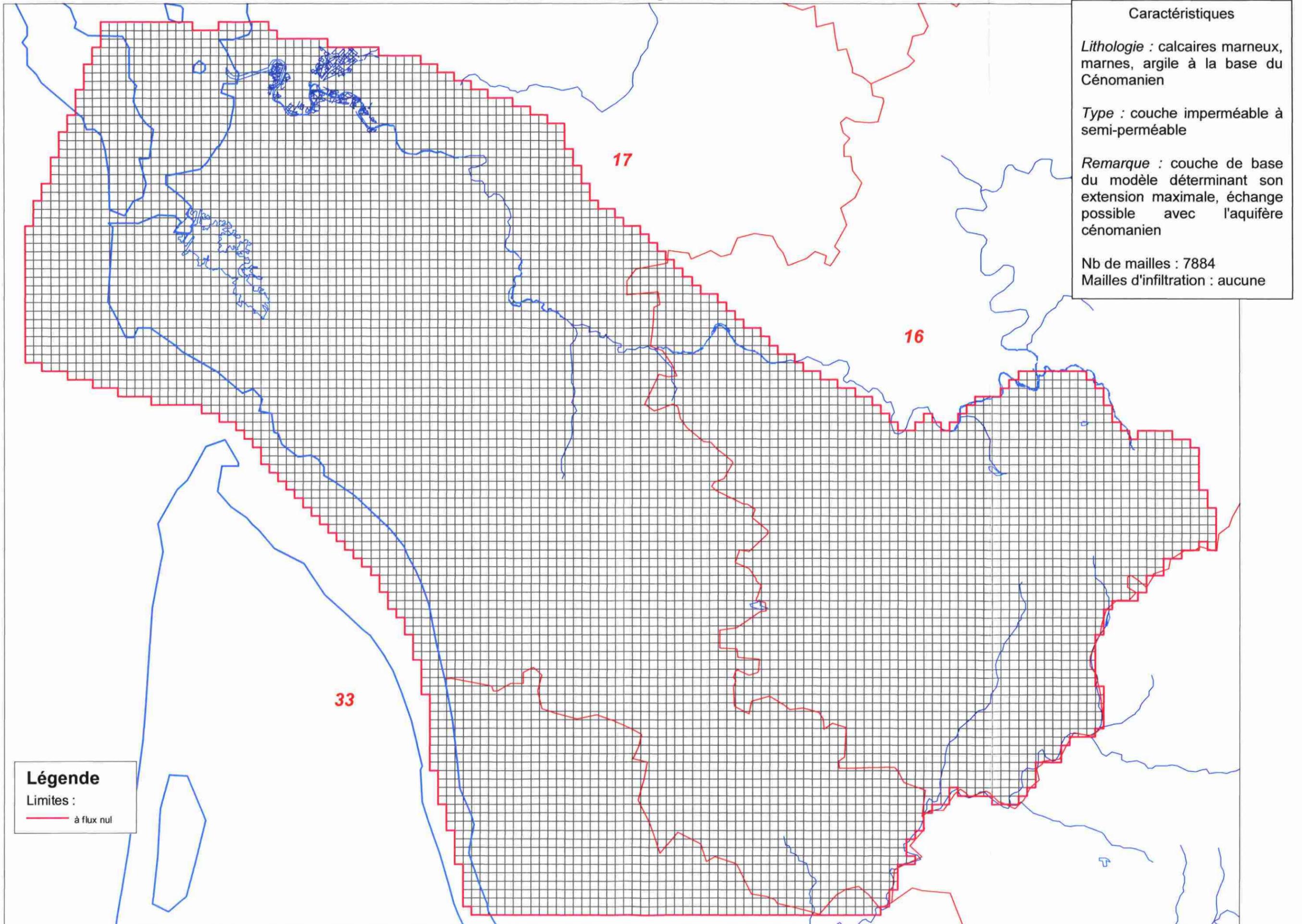


## **Annexe 2**

### **Délimitations spatiales des couches Coupes sériées dans le modèle hydrodynamique**



Extension limites et maillage de l'Unité 8



Caractéristiques

*Lithologie* : calcaires marneux, marnes, argile à la base du Cénomanién

*Type* : couche imperméable à semi-perméable

*Remarque* : couche de base du modèle déterminant son extension maximale, échange possible avec l'aquifère cénomanién

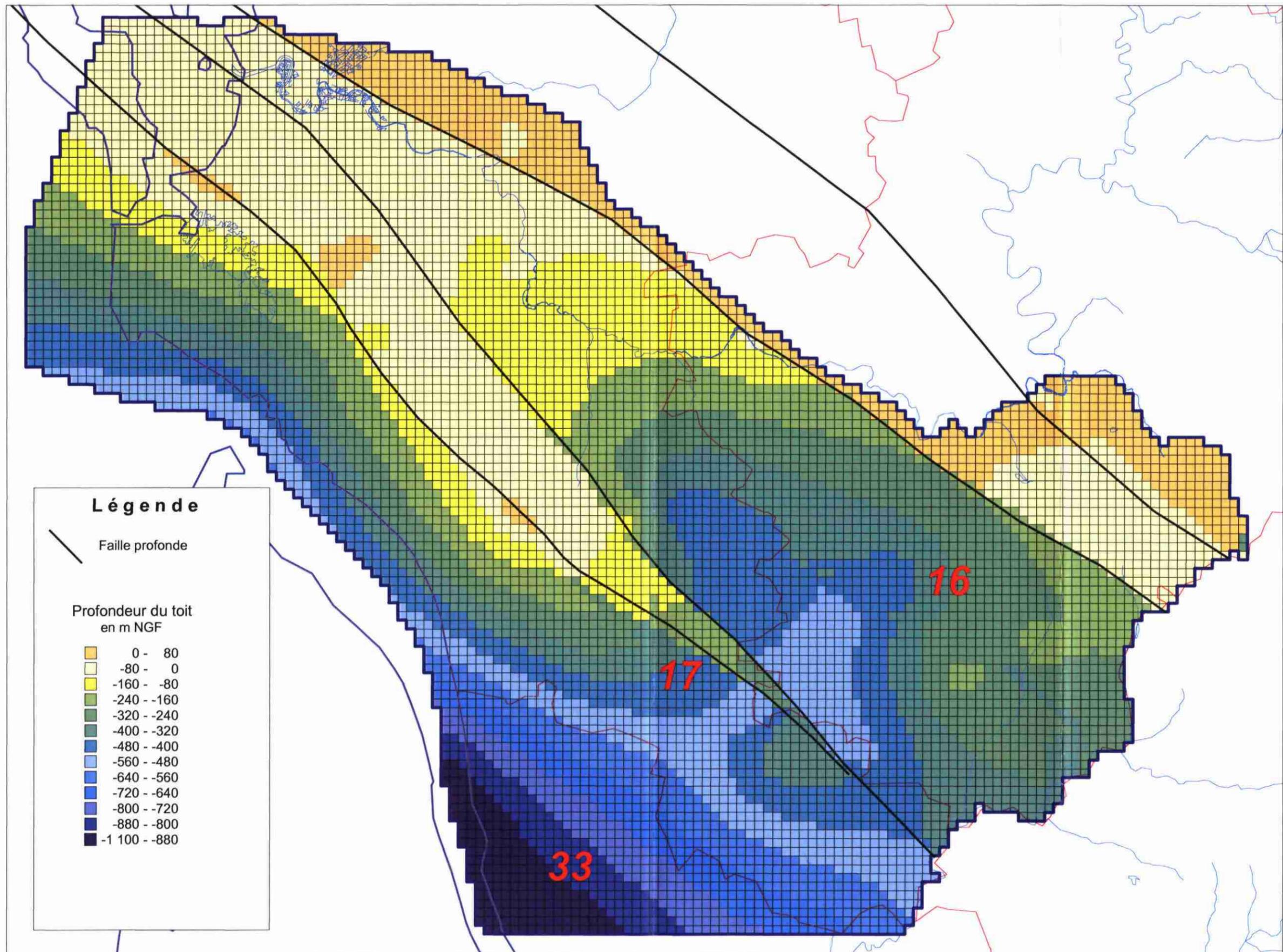
Nb de mailles : 7884  
Mailles d'infiltration : aucune

**Légende**

Limites :

— à flux nul

Profondeur du toit de l'unité 8



Extension et limites de l'Unité 7

Caractéristiques

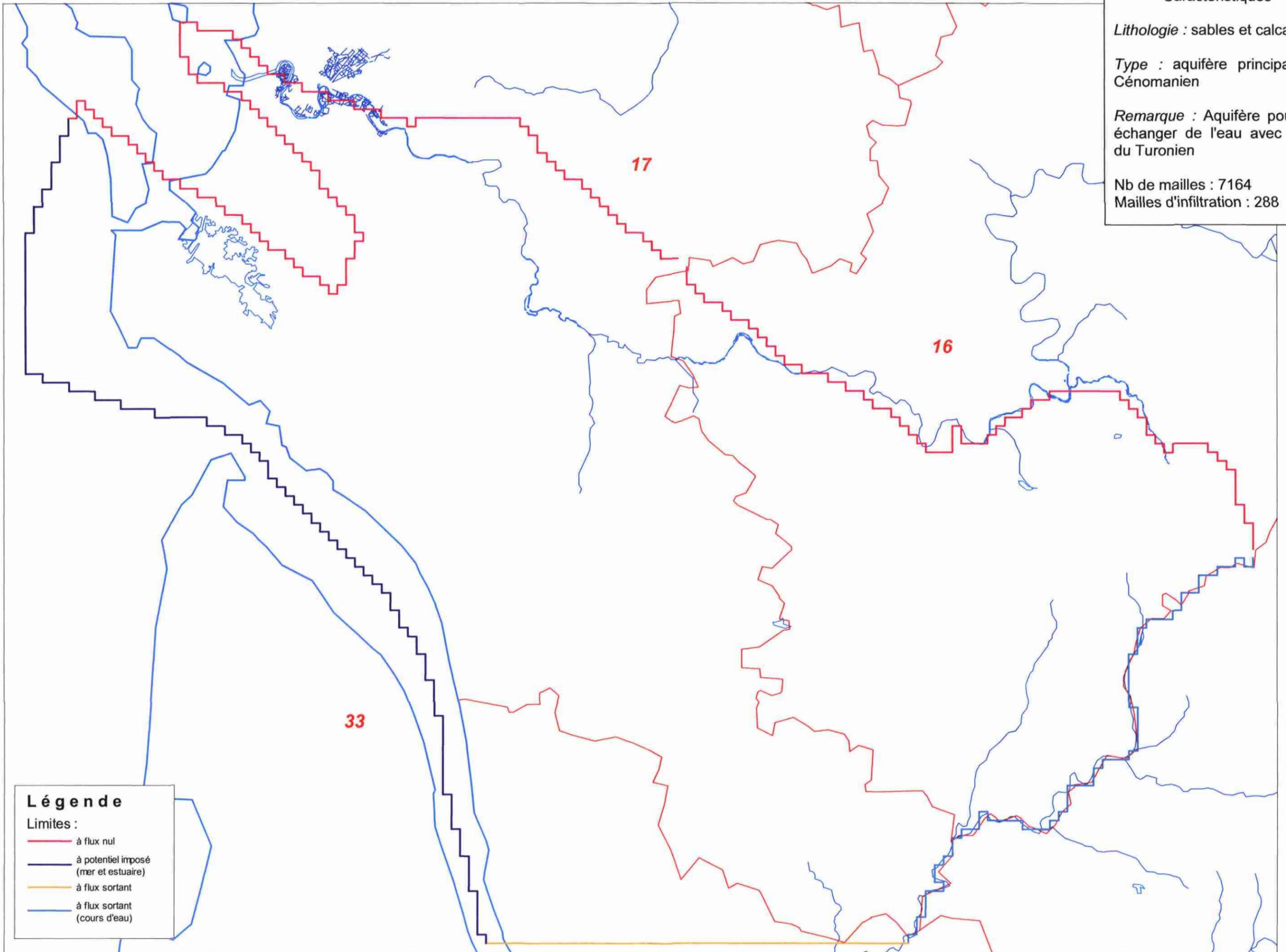
*Lithologie* : sables et calcaires

*Type* : aquifère principal du Cénomanién

*Remarque* : Aquifère pouvant échanger de l'eau avec celui du Turonien

Nb de mailles : 7164

Mailles d'infiltration : 288

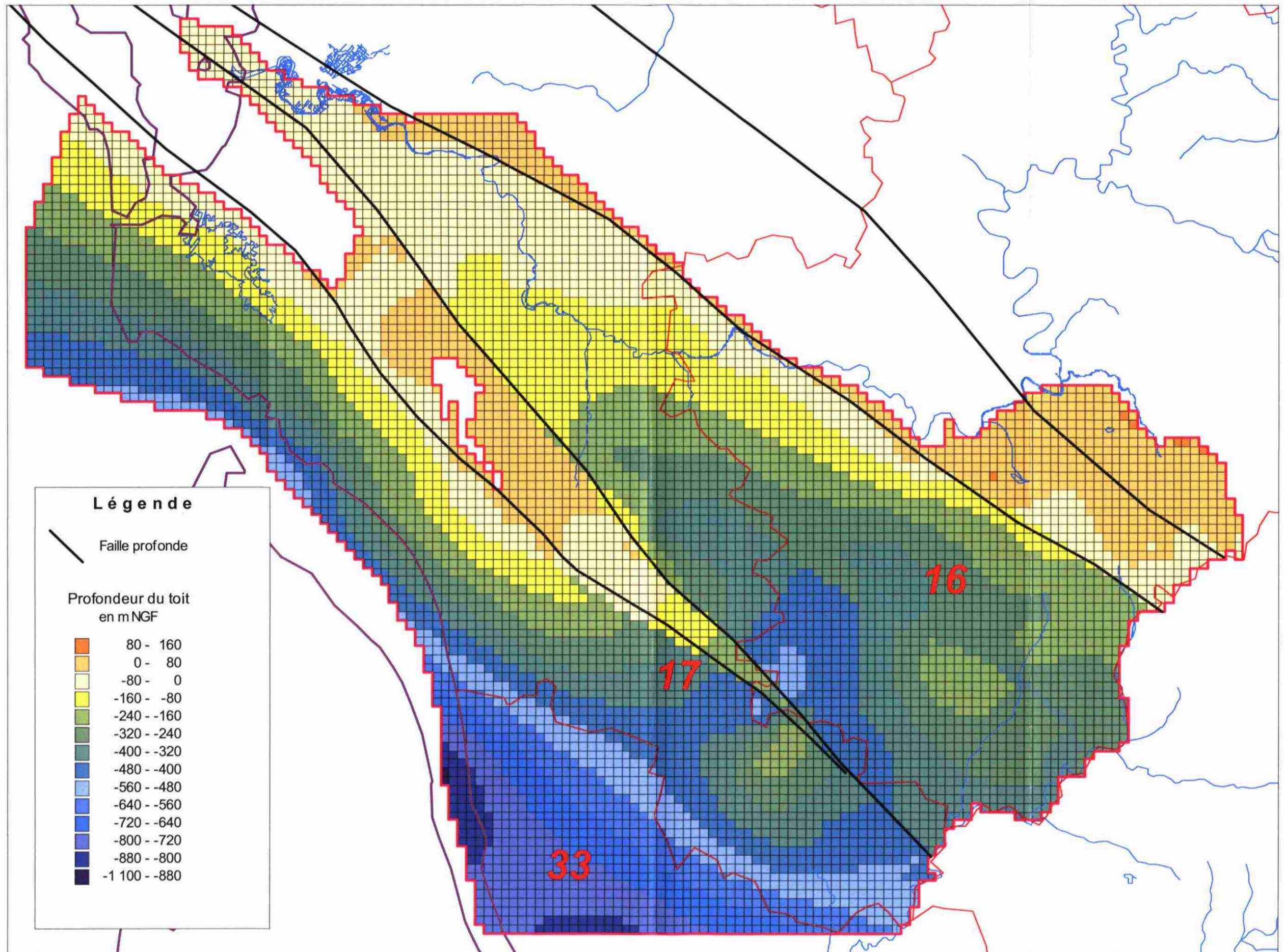


**Légende**

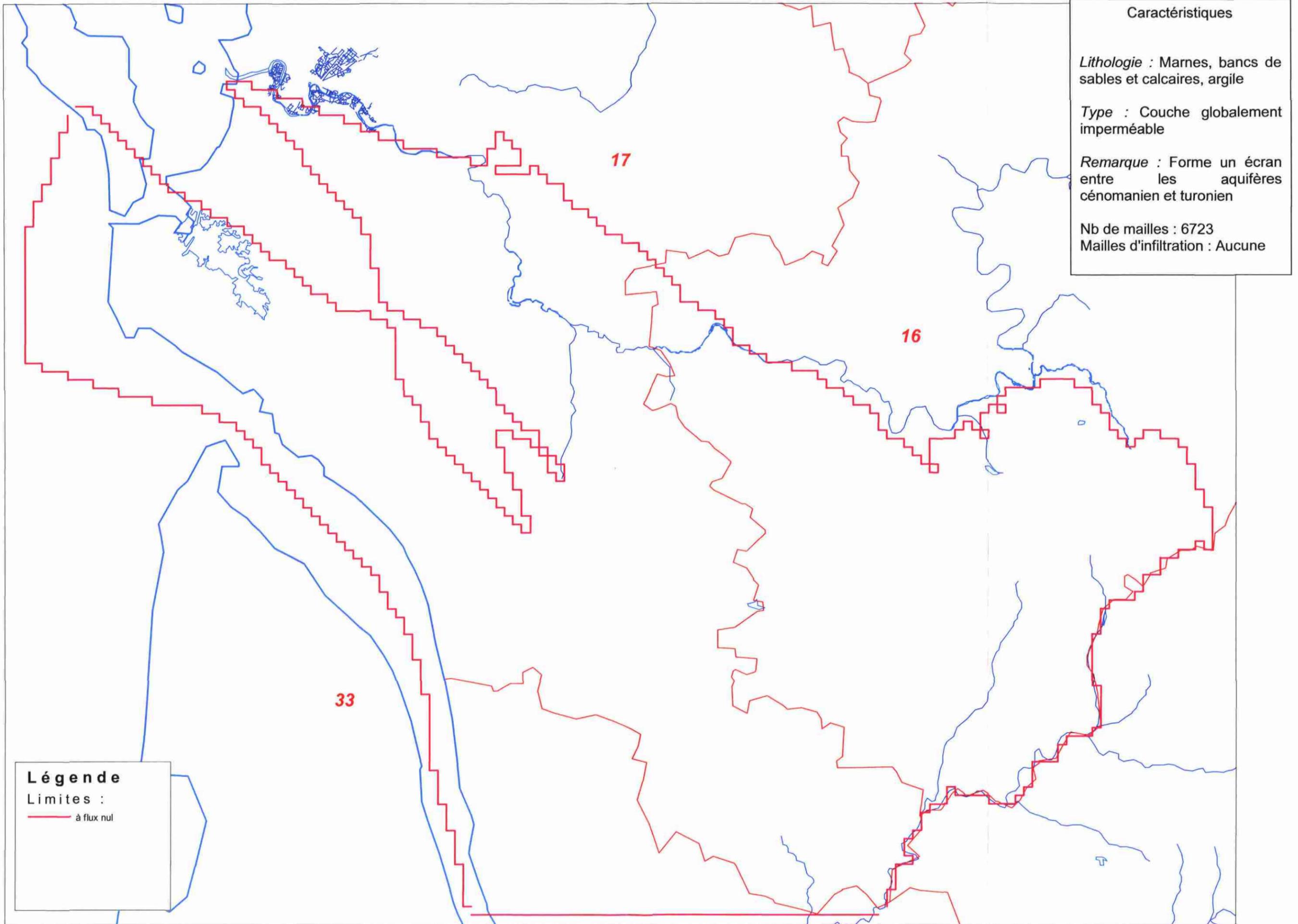
Limites :

- à flux nul
- à potentiel imposé (mer et estuaire)
- à flux sortant
- à flux sortant (cours d'eau)

Profondeur du toit de l'Unité 7



# Extension et limites de l'Unité 6



## Caractéristiques

*Lithologie* : Marnes, bancs de sables et calcaires, argile

*Type* : Couche globalement imperméable

*Remarque* : Forme un écran entre les aquifères cenomanien et turonien

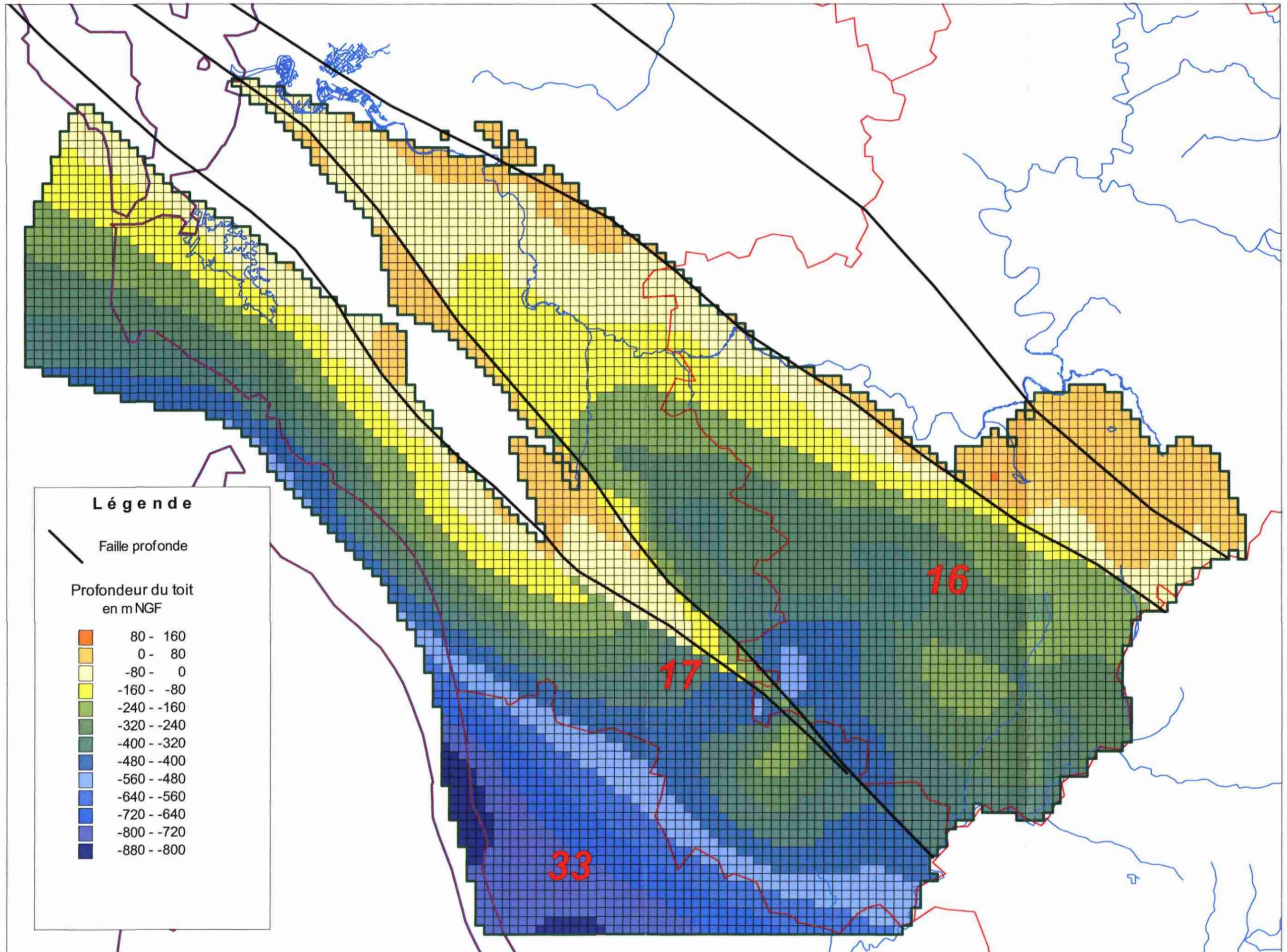
Nb de mailles : 6723  
Mailles d'infiltration : Aucune

## Légende

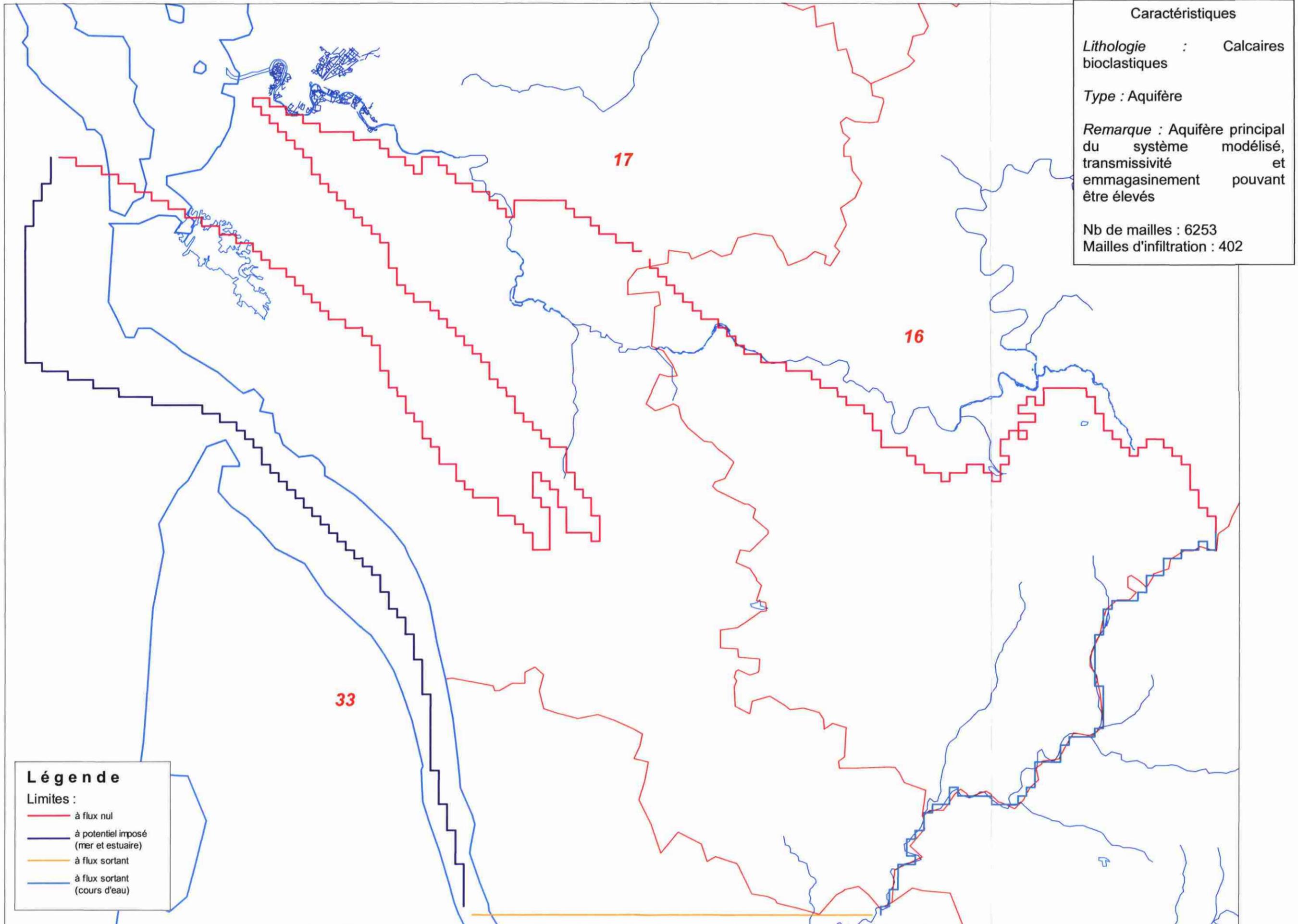
Limites :

— à flux nul

Profondeur du toit de l'Unité 6



# Extension et limites de l'Unité 5



## Caractéristiques

*Lithologie* : Calcaires bioclastiques

*Type* : Aquifère

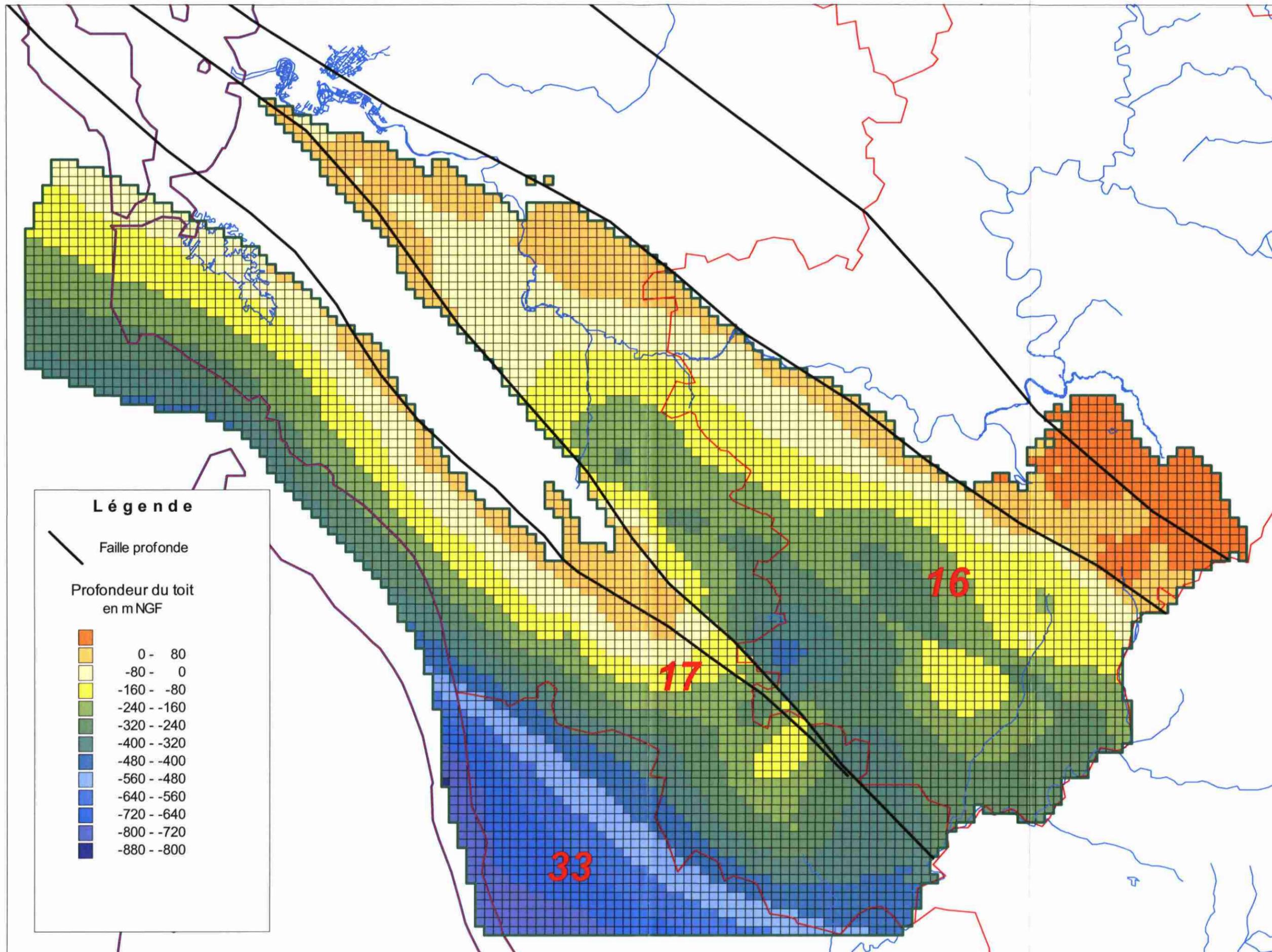
*Remarque* : Aquifère principal du système modélisé, transmissivité et emmagasinement pouvant être élevés

Nb de mailles : 6253  
Mailles d'infiltration : 402

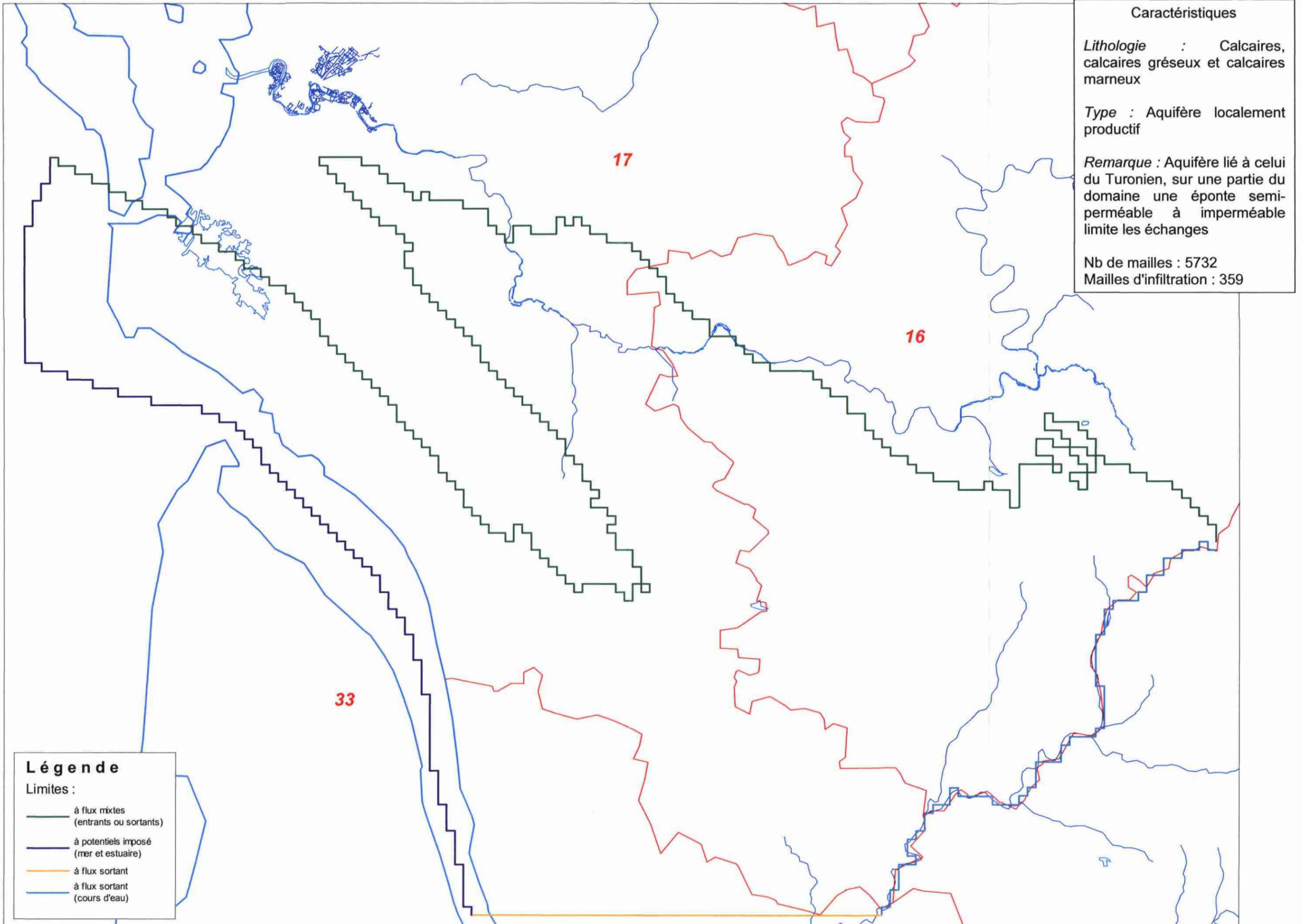
## Légende

- Limites :
- à flux nul
  - à potentiel imposé (mer et estuaire)
  - à flux sortant
  - à flux sortant (cours d'eau)

Profondeur du toit de l'unité 5



# Extension et limites de l'Unité 4



## Caractéristiques

**Lithologie** : Calcaires, calcaires gréseux et calcaires marneux

**Type** : Aquifère localement productif

**Remarque** : Aquifère lié à celui du Turonien, sur une partie du domaine une éponte semi-perméable à imperméable limite les échanges

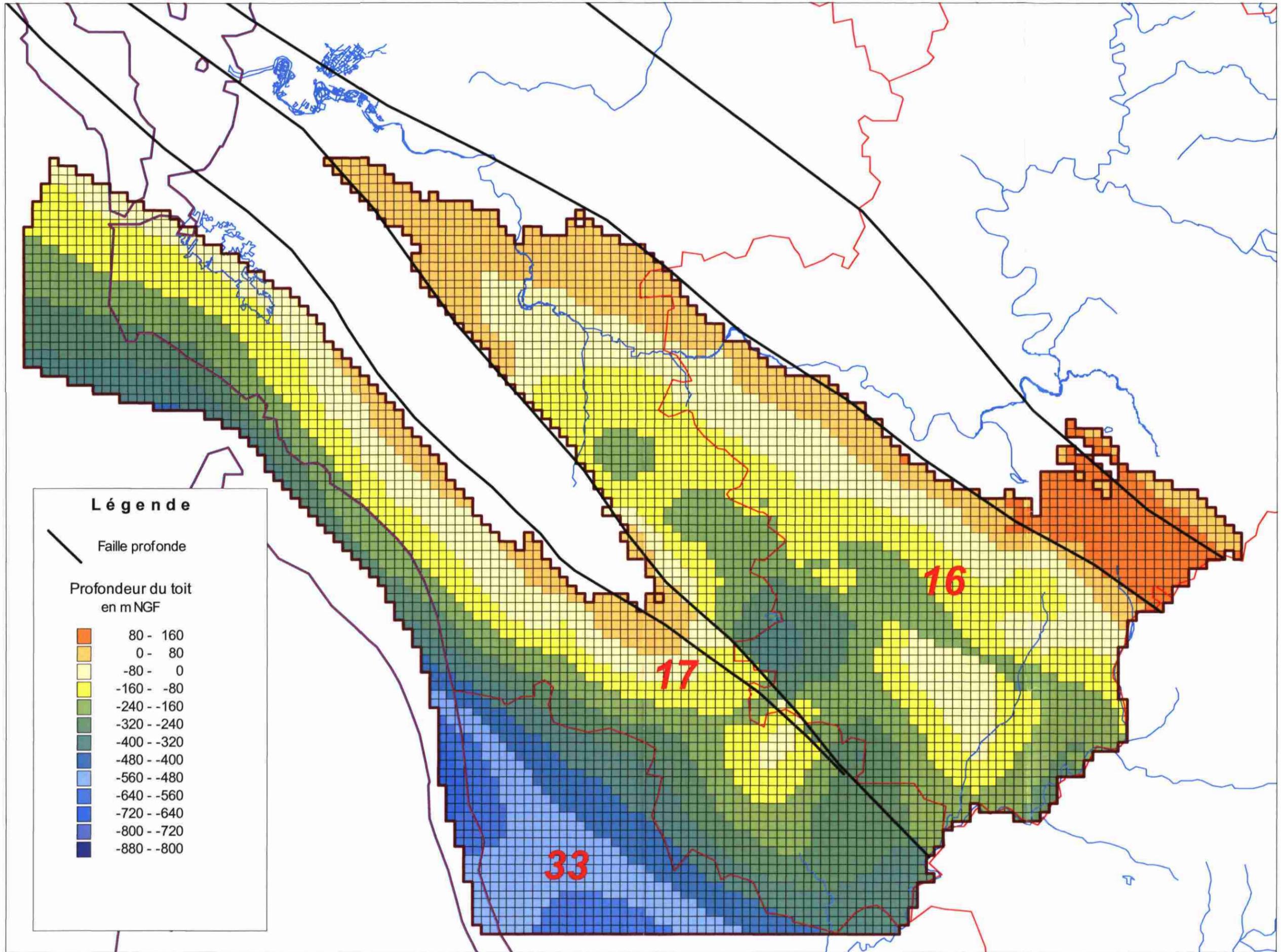
Nb de mailles : 5732  
Mailles d'infiltration : 359

## Légende

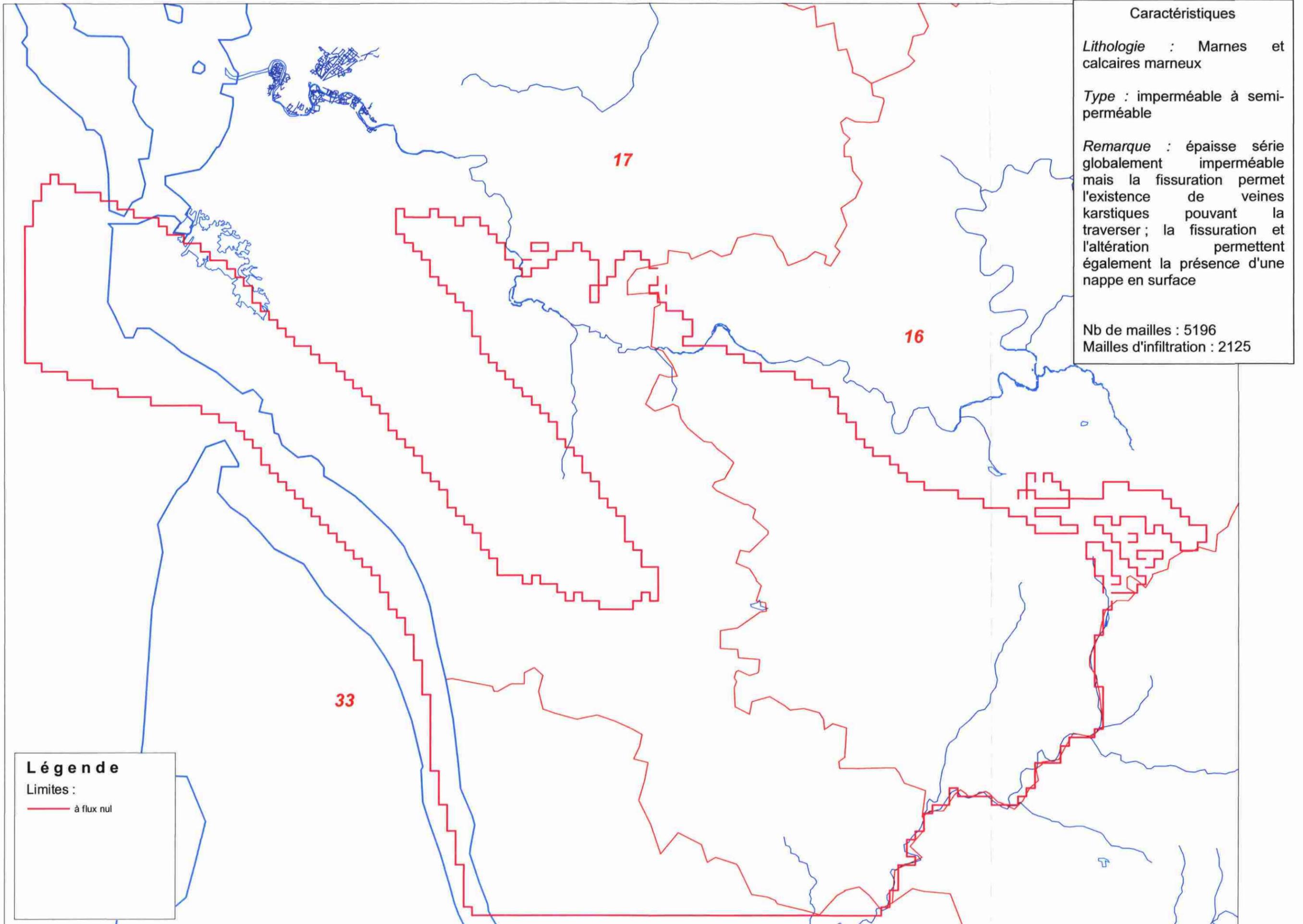
Limites :

- à flux mixtes (entrants ou sortants)
- à potentiels imposé (mer et estuaire)
- à flux sortant
- à flux sortant (cours d'eau)

Profondeur du toit de l'Unité 4



### Extension et limites de l'Unité 3



#### Caractéristiques

*Lithologie* : Marnes et calcaires marneux

*Type* : imperméable à semi-perméable

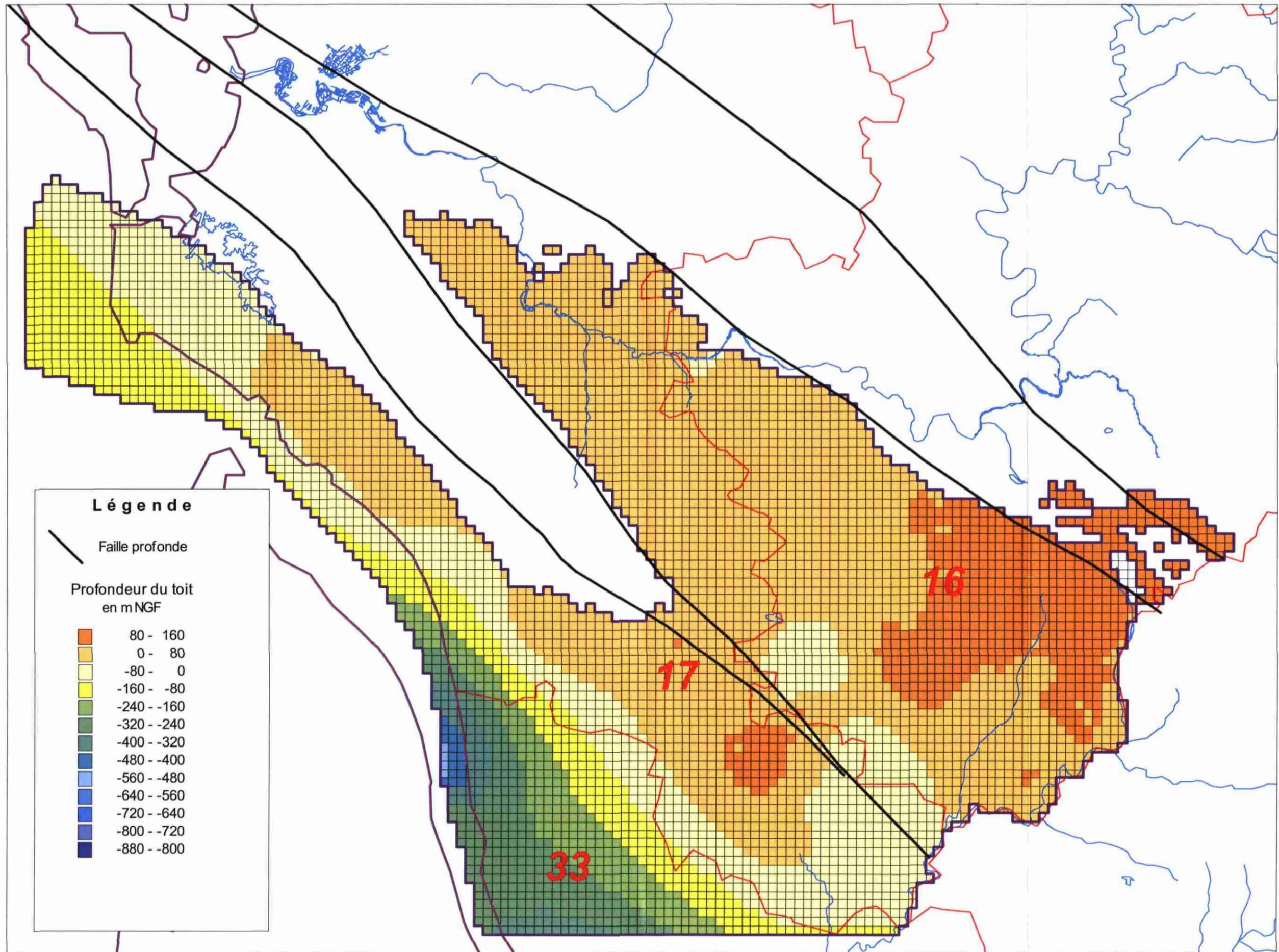
*Remarque* : épaisse série globalement imperméable mais la fissuration permet l'existence de veines karstiques pouvant la traverser ; la fissuration et l'altération permettent également la présence d'une nappe en surface

Nb de mailles : 5196  
Mailles d'infiltration : 2125

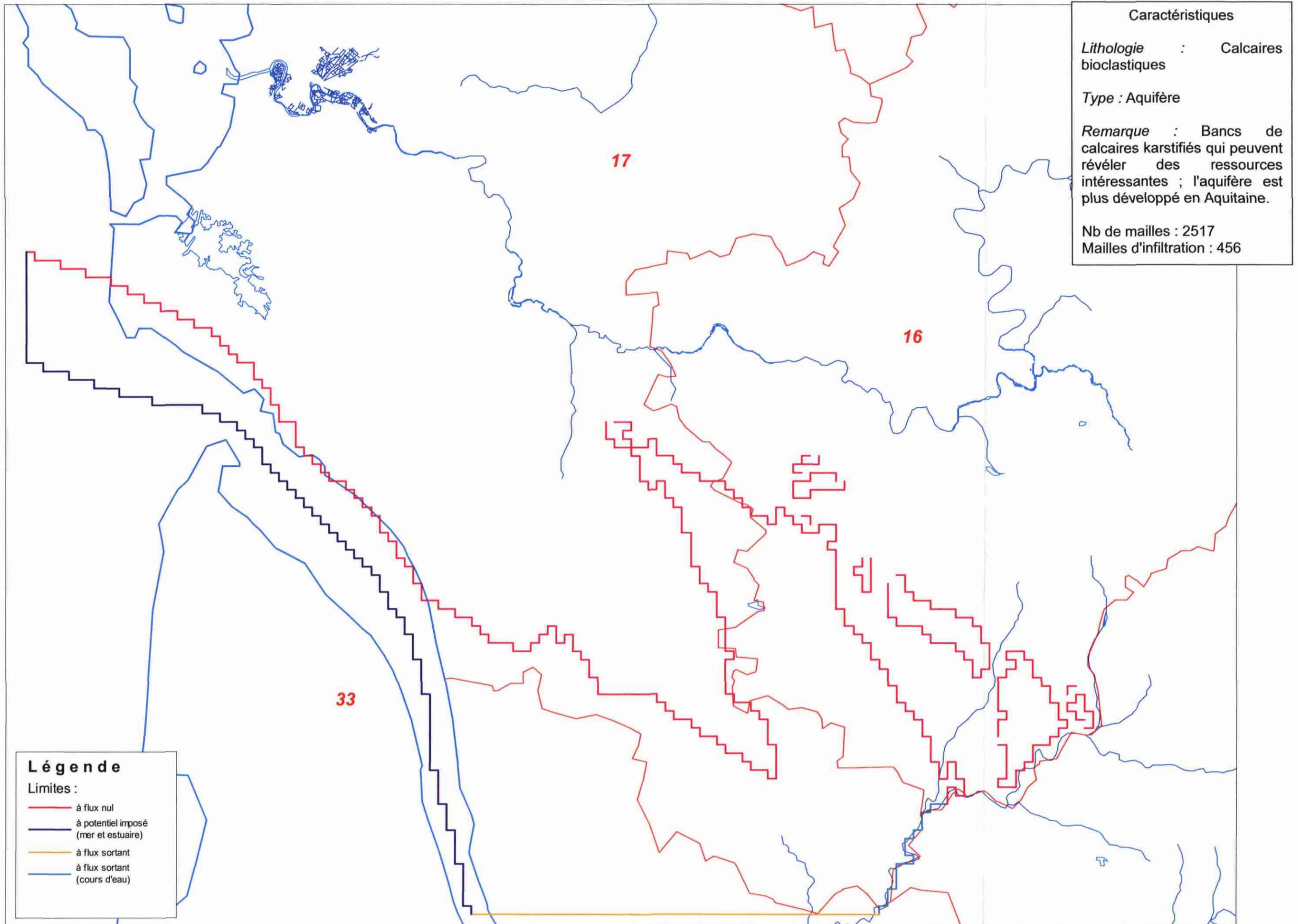
#### Légende

Limites :  
— à flux nul

Profondeur du toit de l'Unité 3



Extension et limites de l'Unité 2



Caractéristiques

*Lithologie* : Calcaires bioclastiques

*Type* : Aquifère

*Remarque* : Bancs de calcaires karstifiés qui peuvent révéler des ressources intéressantes ; l'aquifère est plus développé en Aquitaine.

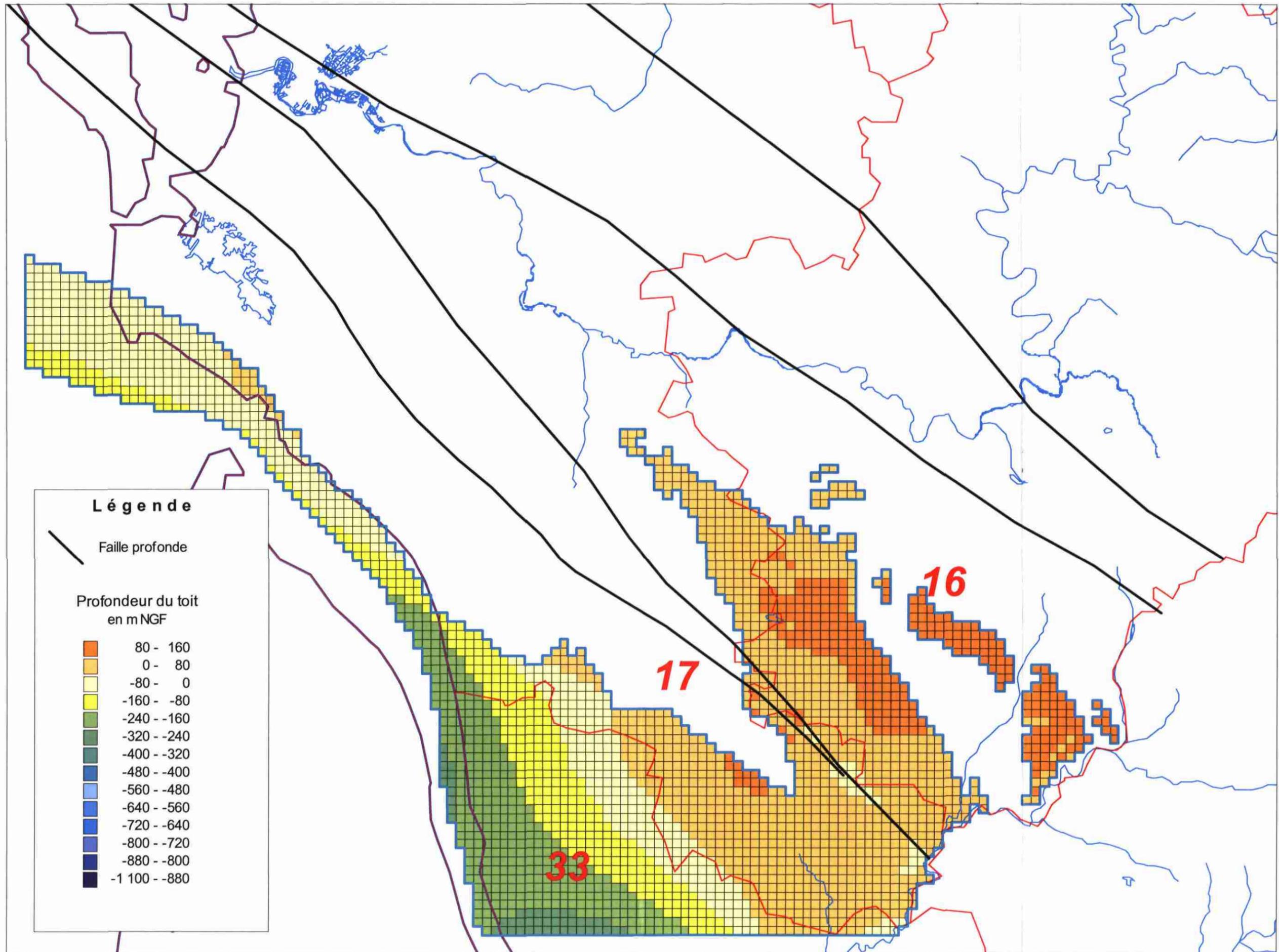
Nb de mailles : 2517  
Mailles d'infiltration : 456

**Légende**

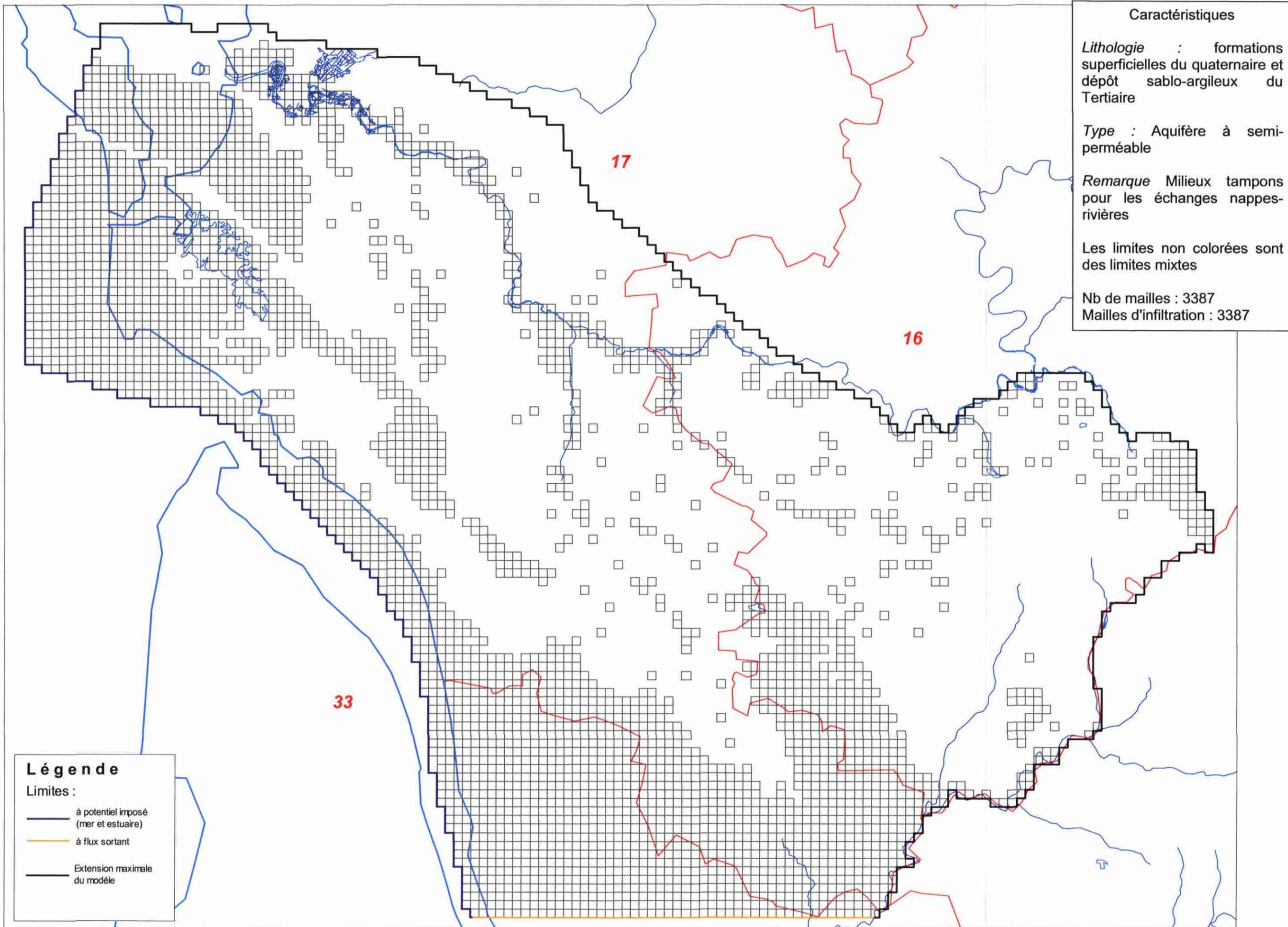
Limites :

- à flux nul
- à potentiel imposé (mer et estuaire)
- à flux sortant
- à flux sortant (cours d'eau)

Profondeur du toit de l'Unité 2



Extension et limites de l'Unité 1



Caractéristiques

*Lithologie* : formations superficielles du quaternaire et dépôt sablo-argileux du Tertiaire

*Type* : Aquifère à semi-perméable

*Remarque* : Milieux tampons pour les échanges nappes-rivières

Les limites non colorées sont des limites mixtes

Nb de mailles : 3387

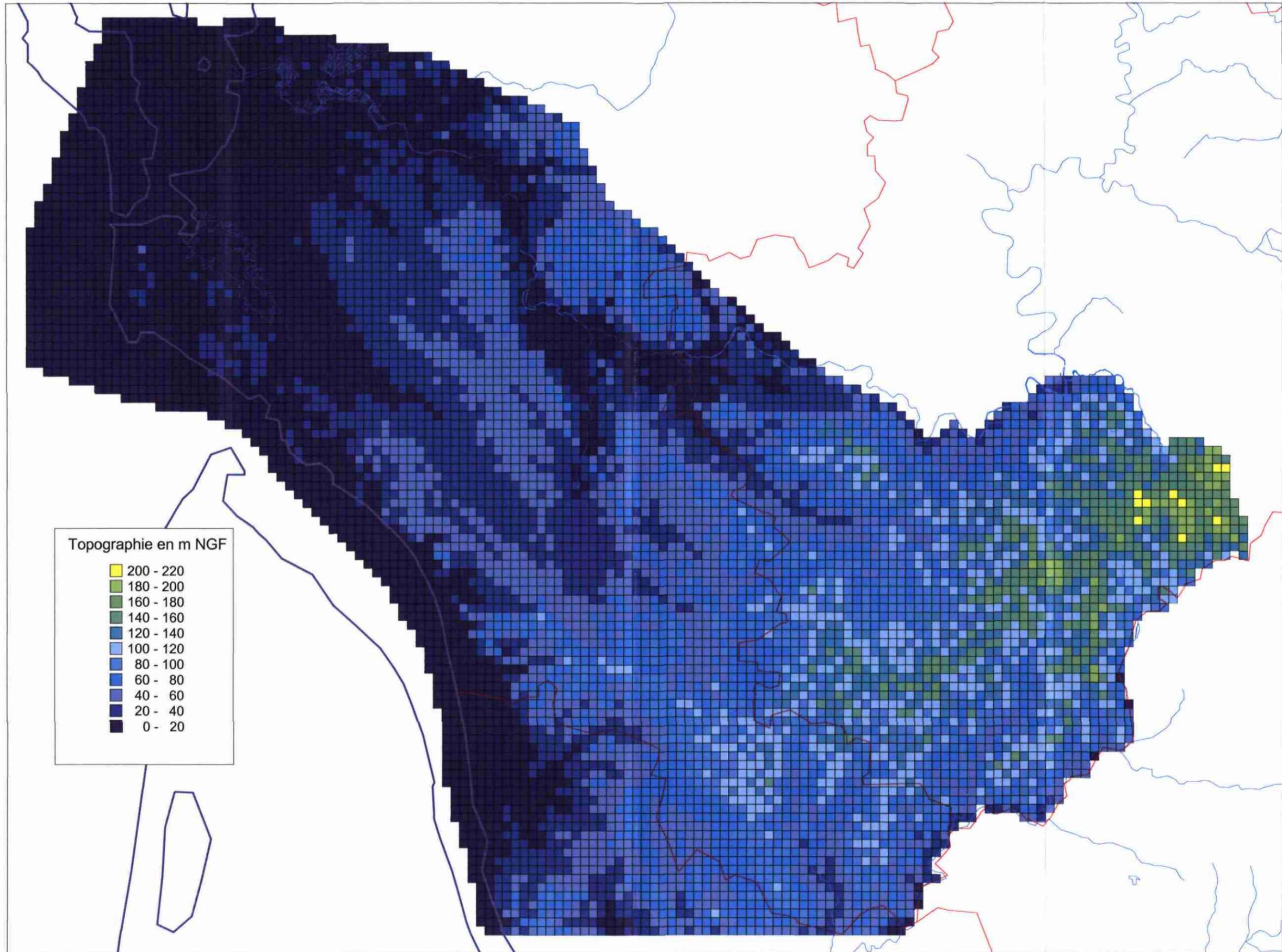
Mailles d'infiltration : 3387

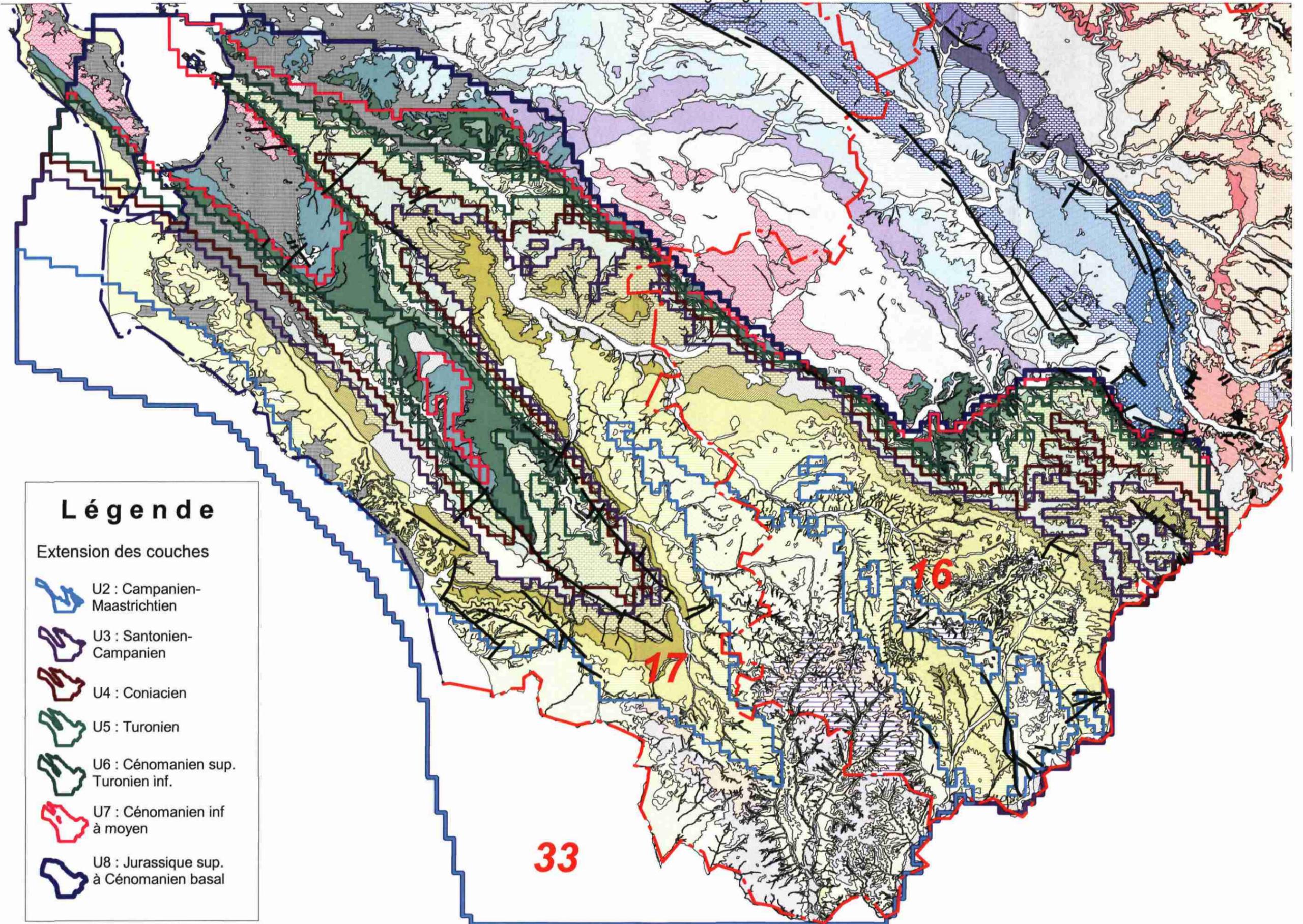
**Légende**

Limites :

- à potentiel imposé (mer et estuaire)
- à flux sortant
- Extension maximale du modèle

Topographie du domaine modélisé





## Légende

Extension des couches

-  U2 : Campanien-Maastrichtien
-  U3 : Santonien-Campanien
-  U4 : Coniacien
-  U5 : Turonien
-  U6 : Cénomaniens sup. Turonien inf.
-  U7 : Cénomaniens inf à moyen
-  U8 : Jurassique sup. à Cénomaniens basal

# Légende de la carte géologique

## Formations sédimentaires

- |   |   |  |
|---|---|--|
| Alluvions récentes  | Bri (Flandrien)                               | Dunes et sables éoliens                                      |
| Terrasses alluviales  |   | Dépôts de plage  |
| <b>Altérites :</b>  |   |  |
| Limon des Plateaux  | Complexe des Bormais                          | Altération du Crétacé sup.                                   |
| Pliocène  | Terre rouge à châtaigniers                    | Altération du socle  |
| Miocène (Faluns d'Amberre)                                    | Altérites siliceuses                          | Cailloutis résiduel yprésien à silex noirs                   |
| Oligocène, argile à meulière                                  | Altérites argilo-limoneuses                   |  |
| Oligocène fluviatile  |   |  |
| Eocène/Oligocène, Marnes, argiles et calcaires lacustres      |   |  |
| Sables, graviers, argiles du Lutétien                         |   | Eocène continental indifférencié                             |
| Argiles kaoliniques (Eocène inf.)                             |   |  |
| Campanien 4-5   |   |  |
| Campanien 3   |   |  |
| Campanien 1-2   |   |  |
| Santonien supérieur   |   | Santonien moy. à sup.  |
| Santonien moyen, marnes à huîtres                             |   | Tithonien inférieur à moyen                                  |
| Santonien inférieur, calcaires crayeux à silex noirs          |   |  |
| Coniacien, calcaires bioclastiques                            |   |  |
| Turonien moy. à sup.  |   | Turonien indifférencié                                       |
| Turonien inférieur  |   |  |
| Cénomaniens sup., sables, grès, calcaires                     |   |  |
| Base du Cénomaniens sup., argiles tégulines                   |   | Cénomaniens moy. à sup. marno-calcaires Marnes à Pycnodontes |
| Cénomaniens moy., Calcaires à Ichthyosarcolites               |   |  |
| Cénomaniens inf. sablo-argileux                               |   | Tithonien moy. à sup., Marnes à gypse (faciès purbeckien)    |
| Tithonien moy. à sup., Calcaires à Corbula                    |   |  |
| Tithonien inf., calcaires à Nérinées et Gravesia              |   |  |
| Kimmeridgien sup. Calcaires à Aspidoceras                     |   |  |
| Kimmeridgien sup., Marnes à Nanogyra                          |   |  |
| Kimmeridgien inf., Marnes et Oolite de Châtelailion           |   |  |
| Kimmeridgien inf., biohermes                                  |   |  |
| Kimmeridgien inf., calcaires bioclastiques                    |   |  |
| Kimmeridgien inf., calcaires argileux à Lamellibranches       |   | Oxfordien terminal à Kimm. basal calcaires argileux          |
| Kimmeridgien inf., Formation d'Esnandes et Calcaires compacts |   | Oxfordien à Kimm. inf. récifal                               |
| Formation de Marans et Calcaires de Fors                      |   | Oxfordien inf. à moy. marnes à spongiaires                   |
| Oxfordien inf. à moy. calcaires argilo-glaucouneux            |   | Callovien oolitique  |
| Callovien   |   | Jurassique moyen recristallisé                               |
| Bathonien   | Bajocien sup. à Callovien inf. indifférenciés |  |
| Bajocien  |   | Aalénien calcaire  |
| Aalénien  |   |  |
| Toarcien  |   |  |
| Pliensbachien   |   |  |
| Sinémurien (Caillebotine)                                     |   | Lias indifférencié   |
| Hettangien  |   |  |

QUAT.

TERTIAIRE

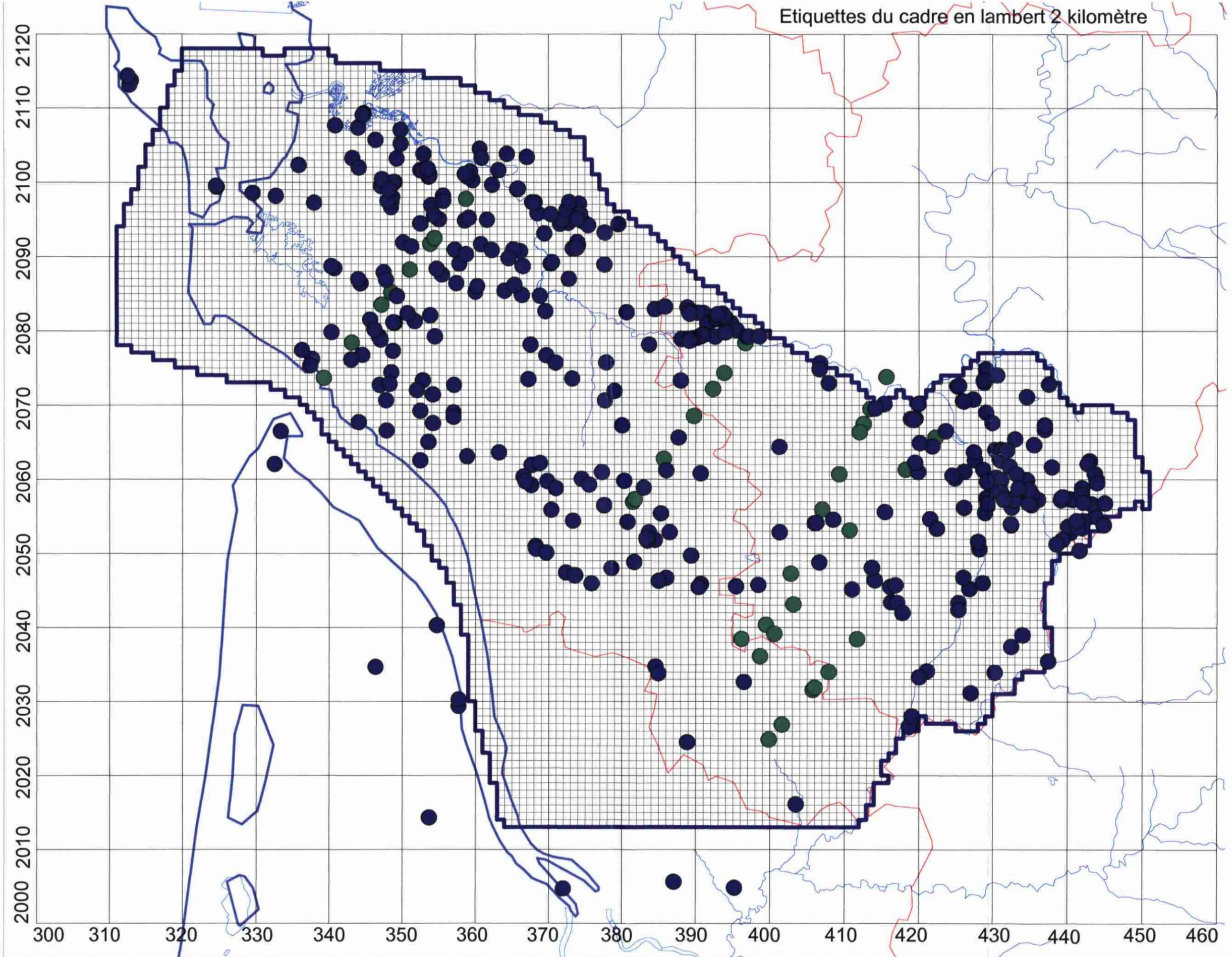
SECONDAIRE  
Crétacé supérieur

SECONDAIRE  
Jurassique moyen et supérieur

SECONDAIRE  
Lias

Carte des points de référence, en bleu : réel, en vert : fictif

Etiquettes du cadre en lambert 2 kilomètre





Géosciences pour une Terre durable

**brgm**

**Centre scientifique et technique**  
3, avenue Claude-Guillemin  
BP 6009  
45060 – Orléans Cedex 2 – France  
Tél. : 02 38 64 34 34

**Service géologique régional Poitou-Charentes**  
La Gibauderie  
11 allée de la Providence  
86000 – Poitiers - France  
Tél. : 05 49 38 15 38