

des graviers et des sables fins jusqu'à 26 m avec quelques lentilles d'argiles vasardes. Il a été équipé avec un tubage de 90 mm de diamètre et crépiné de 12 à 20 m et de 24 à 26 m.

## 4- Géologie

### 4-1 Aperçu géologique

Cet aperçu est établi à partir de la synthèse du cabinet Berre, la carte géologique au 1/50 000 de Lourdes et sa notice, les thèses d'Henriette Alimen (1962) et de Maria Mardones (1982), ainsi que d'autres publications et documents consultés sur le sujet.

Le contexte géologique est représenté par des terrains quaternaires mis en place au cours de glaciations successives. Le substratum de ces sédiments est constitué par des terrains du Crétacé (calcaires, schistes, flyschs...) et localement du Trias (ophites, gypse) affleurant sur les versants dominant Lourdes : Béout, Pic de Ger, Ophite, Sarsan, Lanne-Darré...) ou rencontrés en forage. Dans la ville même pointent les terrains crétacés sous formes de buttes : Château, Rocher, Poudrière. Une faille à fort pendage sud, s'étend de Bagnères à Lourdes et fait chevaucher les terrains du Crétacé inférieur (Pic du Ger) sur les flyschs du Crétacé supérieur. Les injections de Trias, ophite et gypse, accompagneraient cet accident.

Le glacier de la vallée du gave de Pau a atteint à plusieurs reprises la ville de Lourdes. Dans sa phase maximale, datée du Wurm (40 à 50 000 ans environ), le glacier a mis en place un système de plusieurs lobes avec des moraines terminales obturant les têtes des vallées d'Adé, de Lézignan, de Poueyferré. Les dépôts plus anciens sont visibles sur les sommets proches du Béout, du Petit Ger, de Sarsan, indiquant une hauteur de glacier de 200 à 300 m. Les vallées ont été alimentées par des alluvions fluviales en aval de ces moraines frontales, lors de la fonte cyclique du glacier. Aujourd'hui elles constituent les « vallées mortes » parcourues à l'aval de Lézignan par l'Echez, à l'aval d'Adé par la Geune jusqu'à Tarbes et à l'aval de Poueyferré par la vallée de l'Ousse jusqu'à Pau.

Dès le début de la régression du glacier (45 à 33 000 ans environ), les obturations par les moraines frontales ont maintenu les eaux de fonte en formant un lac rempli par des alluvions fines. Le bassin de Lourdes à l'amont des barrières morainiques se remplit ainsi sur une épaisseur pouvant atteindre 40 à 50 m. Entre 33 000 et 29 000 ans environ les alluvions fluvio-glaciaires édifient la terrasse de Lézignan.

A partir de 29 000 ans environ la langue glaciaire recule progressivement par saccades puis se retire définitivement dans la haute vallée montagnarde. C'est à cette époque que le Gave de Pau emprunte son cours actuel en traversant les gorges calcaires entre Lourdes et Saint Pé. Les eaux du lac disparaissent alors en laissant quelques zones limitées de stagnation continuant à se combler partiellement. Une inversion de la topographie apparaît après l'encaissement du gave actuel attirant les ruisseaux de vidange du lac proglaciaire ainsi que les eaux des terrasses avals. Les vallées mortes ne sont plus parcourues que par des ruisseaux à faible débit. Le vallon du Lapacca reste aujourd'hui un des témoins du tracé des exutoires de cette vidange.

Les différents sédiments déposés par ces actions fluvio-glaciaires, rencontrés en affleurement ou par sondage, sont constitués par :

- les alluvions fluviales des vallées à l'aval de Lourdes caractérisées par des sables et graviers transportés par les torrents proglaciaires à l'aval des moraines frontales du front du glacier,

- les moraines anciennes ou récentes présentant le même type d'éléments, mais plus anguleux et plus hétérogènes avec des gros blocs, dont des blocs plurimétriques de calcaires,

- les dépôts de lacs glaciaires plus homogènes avec des alternances de sables fins et d'argiles (varves) correspondant à des dépôts cycliques annuels. Quelques lits de sables et de

graviers, intercalés, témoignent épisodiquement de venues grossières au cours de crues localisées ou de chenaux de vidanges épisodiques.

Lors des phases de retrait par impulsions du glacier vers la montagne des cuvettes résiduelles se sont remplies de vases, d'argiles et de tourbe. L'ancien lac de You au sud de la ville et peut être la dépression à l'ouest d'Anclades (ou doline dans les calcaires proches?) en seraient les témoins. L'incision du Lapacca, sur 20 à 30 m de profondeur, est marquée par des sédiments essentiellement sableux et graveleux issus de la terrasse de Lézignan ou du vallon d'Adé. Après son alluvionnement le vallon de Lapacca a été vraisemblablement colmaté à l'amont du verrou de la Poudrière, par des argiles lacustres, des tourbes et des vases lors de dernières stagnations au cours de phases froides. Ailleurs, toujours dans le bassin lacustre, des chenaux de vidanges marquant la lithologie par des dépôts grossiers sont décrits en sondages sur plusieurs points. Il est vraisemblable que d'autres paléo-chenaux drainent le bassin lourdaise en se faufiletant entre les môles de rochers calcaires ou schisteux.

#### 4-2 Description géologique au droit des forages

Les ouvrages réalisés dans le secteur du Tydos sont des forages ou puits destinés à l'eau potable, à l'irrigation ou à la reconnaissance géotechnique. Ils ont traversé des terrains lacustres et fluvio-glaciaires. Les sondages de Toupnot, de la Gare, du Palais des Congrès, du boulevard du Lapacca, du boulevard Victor Hugo, du marché de Tydos ... ont recoupé les sédiments du remplissage lacustre sur des épaisseurs parfois supérieures à 40 m. Au niveau de l'usine de Toupnot les forages ont mis en évidence un chenal graveleux encadré par des alluvions sablo-argileuses d'origine lacustre. Ces passées grossières sont également traversées par l'ancien forage d'eau de la Gare avec un niveau de gravier entre 14 et 16 m sous des vases ou des argiles et des sables en alternance (varves) alors que le piézomètre à 12 m de distance ne rencontre que des sables et des argiles. Les forages du secteur du Tydos, dans l'axe du vallon du Lapacca, ont traversé les alluvions grossières fluviales après avoir recoupé des tourbes sur plusieurs mètres puis des argiles sur 2 à 5 m d'épaisseur. Vers l'amont à plus de 1 km de distance, dans le quartier du Marcadau, des tourbes et argiles recouvrent directement le substratum du flysch schisteux. Les ruisseaux affluents de l'amont coulent de façon identique sur des sédiments organiques pauvres en alluvions grossières.

Le cours du Lapacca s'est localement établi en limite ouest des alluvions de la terrasse de Lézignan en surcreusant les dépôts lacustres adjacents pendant la phase de vidange du lac et d'érosion intense liée à la forte pente du nouveau cours d'eau affluent du gave. Les dépôts sont grossiers avec sables fins et graviers emballant des lentilles argileuses. Le ruisseau s'écoule aujourd'hui sur des dépôts de marécage, argile, vase et tourbe, attribuables à une obstruction temporaire juste à l'amont du verrou de la Poudrière. Cette lentille imperméable se limiterait vers l'amont à 500 m environ de distance. En effet, les sondages effectués dans ce secteur amont, à quelques mètres de distance du ruisseau, (sondages S3 et S4 pour le mur de soutènement du boulevard Victor Hugo) n'ont pas traversé de niveaux argileux ou tourbeux mais des graviers sur 10 m d'épaisseur environ.

Sur la rive droite de ce vallon, les terrains sont constitués par les sédiments lacustres avec des sables plus ou moins argileux, sous lesquels ni le niveau compact argileux, ni les vases, ne sont présents.

En rive gauche les argiles et dépôts vasards disparaissent latéralement, par contact plus ou moins net, avec les graviers et sables de la terrasse de Lézignan bien reconnus par les sondages de reconnaissance pour la nouvelle route de Bagnères ainsi que ceux réalisés pour la ZAC d'Anclades.

## 5- Hydrologie et réseaux d'assainissement

Les différents cours d'eau parcourant le secteur ont une histoire marquée par les évènements géologiques du Quaternaire.

Les axes des anciennes vallées fluvio-glaciaires, distribuées en éventail de l'ouest vers l'est, étaient remplies par les alluvions transportées par les eaux de fonte du glacier. Depuis Saux et Lézignan ce sont les ruisseaux des Graves, de Saux, de Sarsan ... qui sont aujourd'hui établis sur ces terrasses avec des débits faibles mais des pointes de crue pouvant donner des inondations localisées sur les berges (témoignage recueilli à Sarsan).

Le vallon du Lapacca collectant ces ruisseaux est le principal cours d'eau traversant le bassin quaternaire de Lourdes. Large de 50 à 100 m environ, il présente un enfoncement sur 10 à 15 m de profondeur par rapport aux versants qui l'encadrent. Le cours d'eau a perdu aujourd'hui sa capacité érosive.

La plus grande partie du débit des ruisseaux des Graves du Monge et des Graves de Sarsan, formant le Lapacca (appelé ruisseau des Graves dans EauFrance), est recueillie depuis 1996 dans un collecteur en fonte de Ø 700 mm depuis Sarsan jusqu'au Gave. Ce collecteur reçoit les eaux pluviales issues de la nouvelle route de Bagnères, d'une partie du boulevard du Centenaire et de leur bassin d'orage. Au niveau des forages AEP le tronçon du ruisseau du quartier Tydos encore à ciel ouvert, qui recueille les eaux des zones sourcières et de trop plein des captages, est intercepté par deux ouvrages envoyant l'eau de surface dans le collecteur de Ø 700 mm. Ces avaloirs, séparés de 100 m, ont le fil de l'eau (FE) respectivement à 394,70 et 392,84 m. Le fond du collecteur récepteur est situé à 3,26 et à 3,94 m de profondeur sous l'avenue Victor Hugo. Cette canalisation d'eau pluviale est placée parallèlement au collecteur ne recevant normalement que les les eaux usées (la section de 2050 sur 1350 mm) mais à une cote inférieure.

Au niveau du regard de visite n°10 (cote TA 396,58), à l'aval du SPAC sous l'avenue, le fil de l'eau dans le collecteur d'eaux usées (TN 396,58) est à 394,35 contre 392,64, soit 1,71 m au dessus du FE des eaux pluviales,. Les deux collecteurs ont été creusés dans les alluvions saturées en eau par le ruisseau dont les altitudes à proximité sont comprises entre 396 et 395,5 environ. La base du collecteur des eaux pluviales est à une profondeur de 4 m environ sous la chaussée de l'avenue Victor Hugo.

Un collecteur unitaire, Ø 600 mm, traverse la zone de l'ancien karting et longe les parcelles des forages F1 ter et SPAC. Il collecte les eaux usées et pluviales d'une grande partie d'Anclades.

## 6- Hydrogéologie

### 6-1 Eaux souterraines (fig.12, 13 et 14)

Localement les évènements géologiques du Quaternaire ont permis l'existence de deux nappes en continuité hydrogéologique: une nappe libre et une nappe captive.

La **nappe captive**, dans laquelle est prélevée l'eau des forages du Tydos, est contenue dans la partie de l'aquifère constitué par les sables et graviers résultant de l'incision par le torrent fossile du Lapacca du remplissage lacustre du bassin de Lourdes. Les sédiments grossiers ont une épaisseur de 20 m environ et sont recouverts, sur 8 à 9 m d'épaisseur, par des argiles gris-bleu et des tourbes, correspondant au colmatage postglaciaire du talweg sur la largeur du vallon. Cette couverture imperméable semble se limiter le long du ruisseau jusqu'à 500 m environ du puits SPAC. La nappe de cette paléo-vallée est prisonnière sous les argiles et l'eau est naturellement jaillissante.

Latéralement la **nappe est libre** et s'étale dans les sables fins et argileux, à passées de graviers, occupant le versant ouest, rive droite, du ruisseau de Lapacca sur 30 à 40 m d'épaisseur et jouxtant latéralement les dépôts grossiers et argileux de la paléo-vallée. Les forages de l'usine agro-alimentaire de Toupnot et le puits proche d'irrigation prélèvent l'eau de cette nappe.

Sur la rive est, ce sont les graves sableuses de la terrasse de Lézignan qui constituent le siège de cette nappe avec peut être quelques alluvions lacustres interposées. Cette nappe se déverse en surface de chaque côté du vallon dans le ruisseau et se met en charge, en profondeur, sous les argiles. Des zones marécageuses ou des cressonnières ont occupé ce fond de vallée bordé par des zones sourcières toujours visibles en rive gauche.

En rive droite, même si les écoulements ne sont pas visibles, surtout depuis la construction des collecteurs d'eaux usées et pluviales du Lapacca, les venues souterraines sont mises en évidence par une végétation humide (prêles). Un réseau de drainage existait sur la rive droite et a été détruit depuis la construction de la rue Victor Hugo et du canal enterré. En rive gauche, au niveau des captages, les eaux de drainage sont localement interceptées par un système en arêtes de poisson, toujours en place, et envoyées dans le réseau d'eaux pluviales. Des fossés actuellement recouverts reçoivent ou recevaient les eaux issues du pied du versant ouest du Pic du Ger. Ces fossés confluent dans le ruisseau Lapacca au droit du marché à bestiaux.

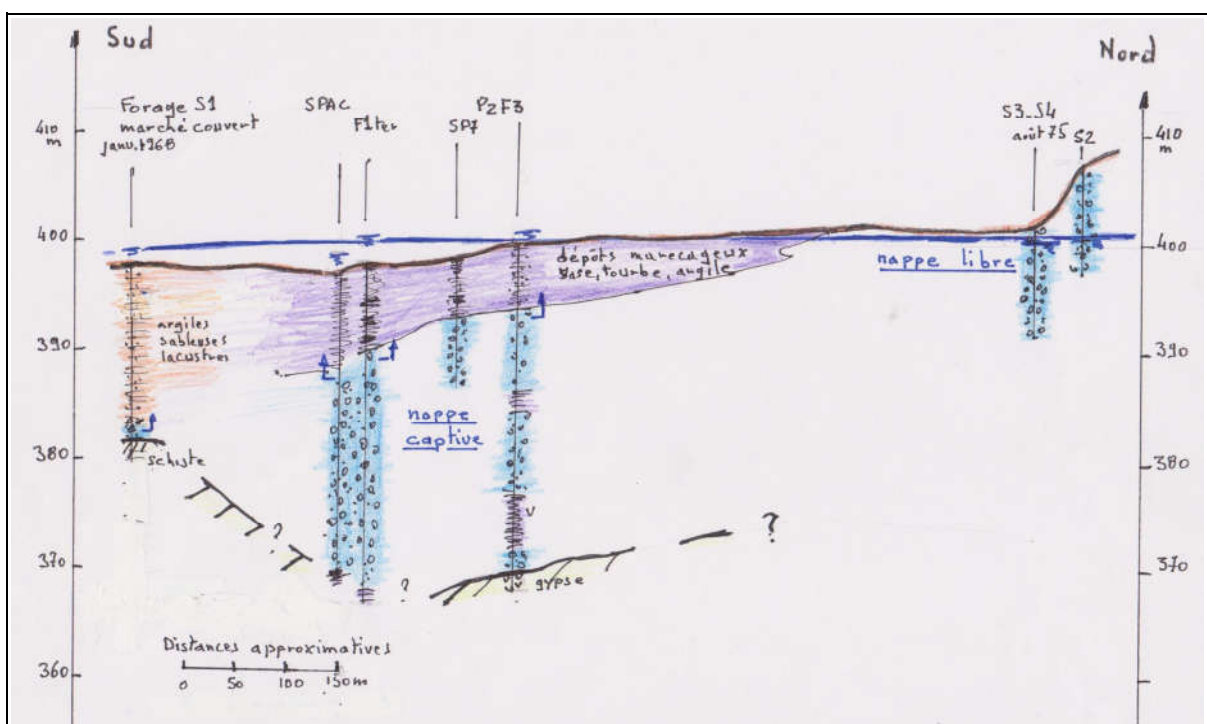


Fig.12 Coupe hydrogéologique schématique nord-sud suivant l'axe du ruisseau Tydos

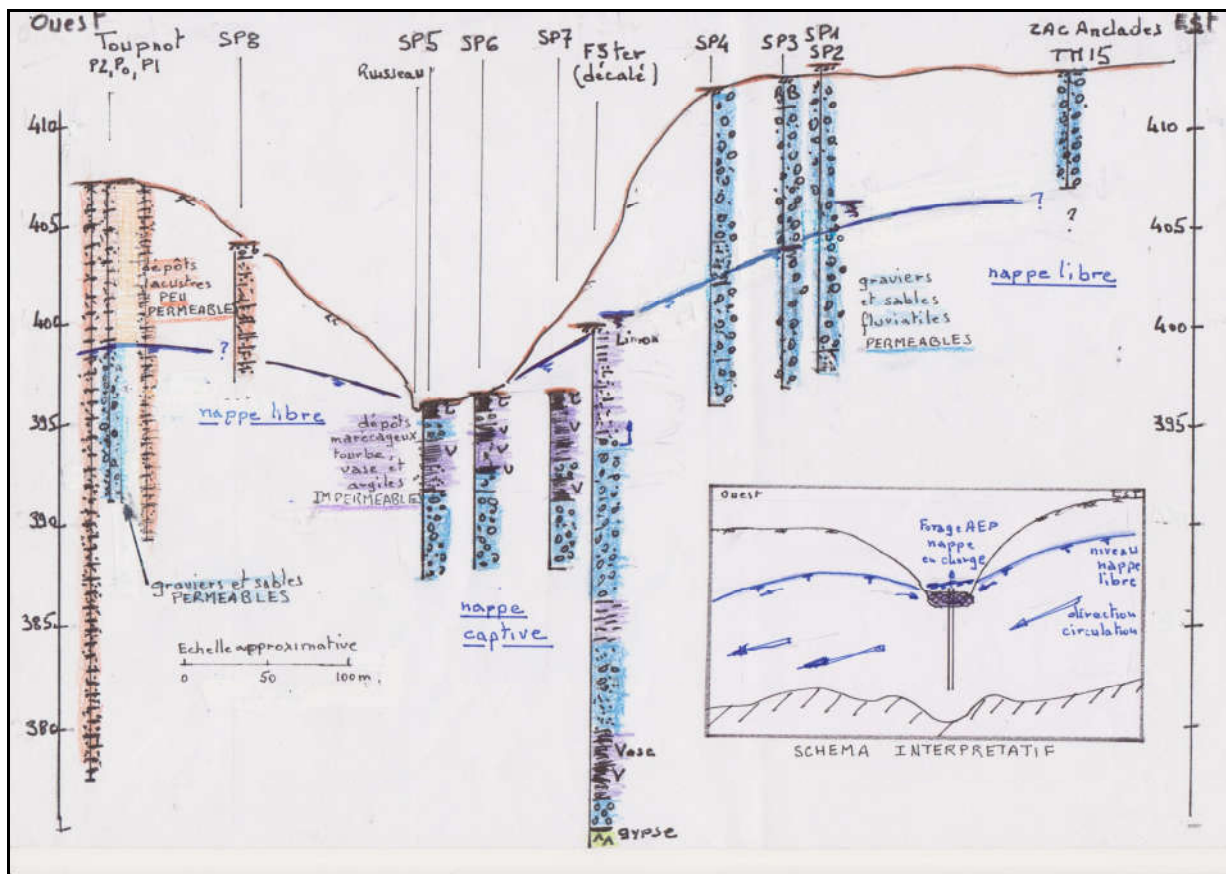


Fig.13 Coupe hydrogéologique schématique est-ouest

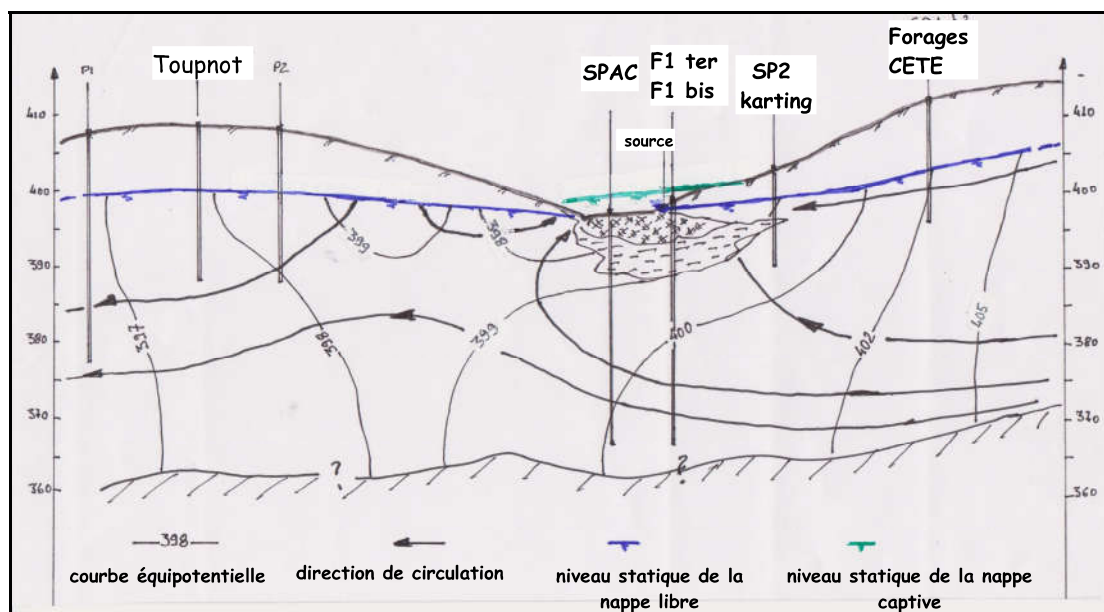


Fig.14 Coupe schématique indiquant les directions de circulation souterraine (sous l'imperméable du vallon du Tydos)

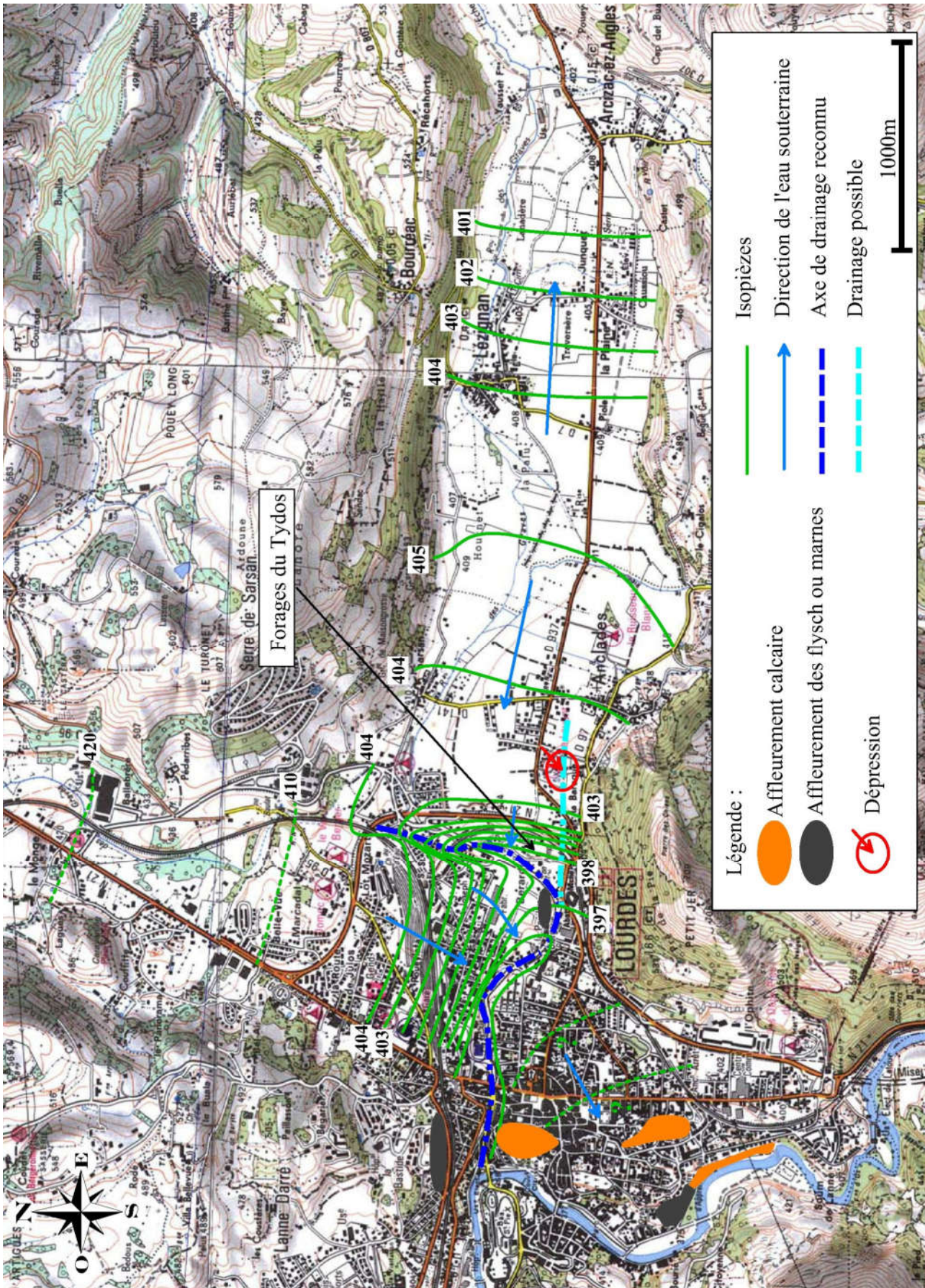


Fig. 15 Esquisse piézométrique en août 2011 (CETRA)

## 6-2 Bassin versant d'alimentation

Le bassin versant d'alimentation de la nappe libre, et indirectement de la nappe captive, est inclus, d'après les éléments calculés par le cabinet Berre, entre l'ouest de Lézignan et le sud d'Adé. L'axe du ruisseau Lapacca constitue une ligne naturelle de partage des eaux souterraines. Les vallées du ruisseau Rieutort, issu de Jarret, du ruisseau Blanc provenant du versant est du Pic de Ger à Anclades et celui de Saux participent, le long de leur trajet, à la recharge de la nappe en plus de la pluie efficace infiltrée directement dans ce bassin. De nombreuses pertes du ruisseau de Saux ont été constatées sur son parcours soit dans des niveaux grossiers très perméables à la sortie de terrains argileux, soit par infiltration plus profonde dans les passées calcaires du flysch.

Cependant la réunion dans un collecteur spécifique de ces cours d'eau, depuis 1996, a réduit en conséquence leur participation à l'alimentation de la nappe. La base du collecteur des eaux pluviales, le plus profond, à 4 m environ sous le terrain naturel, constitue un axe de drainage souterrain et donc de rabattement de la nappe superficielle. Par ailleurs l'imperméabilisation des sols avec le développement des zones urbanisées et des voies de communication, entraîne une diminution de cette recharge.

L'influence des rabattements induits par des pompages prolongés avec des débits élevés peut modifier également cette situation.

Avec une superficie de 13 km<sup>2</sup> environ et une pluie efficace de 500 mm/an (pour une pluviométrie de 1000 à 1100 mm/an), le bilan moyen journalier (18 à 20 000 m<sup>3</sup>) devrait pouvoir satisfaire les débits potentiels des pompages du secteur du Tydos estimés au total à 10 000 m<sup>3</sup>/j (forages AEP et forages industriel et agricole existants) ainsi que les débits d'écoulement moyen des cours d'eau estimés à 50 l/s environ ou 5000 m<sup>3</sup>/jour.

## 6-3 Piézométrie (fig. 15)

La carte piézométrique de la figure 15 représente la forme globale de la nappe libre superficielle et les directions d'écoulement de l'eau souterraine. L'eau s'écoule, ainsi que celles des ruisseaux qui la drainent, vers le sud et vers l'ouest en direction de l'axe du Lapacca formant une ligne courbe de drainage. La nappe libre se déverse dans le gave de Pau.

Les variations annuelles des niveaux sont de l'ordre du mètre entre la crue et l'étiage (piézomètre de la Gare en 1975).

Pour la nappe captive, considérée comme une mise en charge locale de la nappe superficielle, les directions de circulation sont grossièrement parallèles à celles de la nappe libre superficielle. Quelques données ponctuelles permettent cependant d'évaluer la cote altimétrique de cette nappe captive qui se situerait entre +401 m (Pz1 en novembre 2007 et août 2011) et +402 à +403 m (F1bis en 1975), +400,4 à +400,7 m pour les forages F3 bis et PzF3 en août 2011, soit 2 à 3 m au dessus de la nappe libre. Les charges piézométriques sont relativement élevées et sont plutôt influencées par les apports latéraux du versant est que par le ruisseau à 0,5 km plus en amont au point où la nappe devient captive. En effet la cote de la nappe captive au droit des captages F1 bis et F1 ter est à une cote supérieure à celle des sondages plus en amont S3 et S4 en 1975 (+400 m ; cf. fig.12).

Les niveaux de la nappe libre sont situés entre +398,4 (Pz2) et +397,9 m (source) avec le ruisseau du Tydos à +395,4 m. Son écoulement est influencé par le vallon du Lappaca qui assure, par son encaissement, une action de drainage. Sur le flanc est, dans les forages SP1 et SP3 de la route de Bagnères les niveaux statiques sont compris entre +403 et +405 m. Sur l'autre versant les forages Toupnot indiquent des cotes de nappe entre 399,1 et 399,8 m (fig.13).

Un profil longitudinal parallèle à l'axe du ruisseau (fig.12) depuis les sondages S3 et S4 (n° BSS 10528X0073 et 74), au nord, jusqu'aux sondages du marché couvert, en passant par le puits SPAC, montre que la nappe libre devient progressivement captive sous les argiles avec des pressions supérieures à celles du sol naturel. La pente de la nappe est de 1 à 2.10<sup>-3</sup> entre S3 et SPAC. La pente du ruisseau est plus forte avec 9.10<sup>-3</sup> et celle de la topographie est de l'ordre de 5.10<sup>-3</sup>.

Transversalement au vallon, et localement, les gradients diffèrent suivant les versants (fig.13). Depuis l'ouest, rive droite, le gradient entre les forages Toupnot et le fond du vallon est voisin de 7.10<sup>-3</sup> sur 250 m de distance. Il est influencé par l'incision du Lapacca, et la nappe apparaît sous forme de suintements. Depuis l'est la pente de la nappe est de 25.10<sup>-3</sup> sur 300 m de longueur.

Au niveau de la plaine la pente de la nappe est adoucie et est de l'ordre de 1,6 m/km entre les courbes piézométriques +403 et +405 m (2 m sur 1,25 km) de la carte de la figure 15.

**Les inégalités de pente de nappe entre les deux versants et les différences de charge, tendent à confirmer, que la zone principale d'apport d'eau est située à l'est.**

Le premier puits artésien a été exécuté en 1924 dans le quartier du Tydos à 398 m d'altitude. Profond de 9 m il a traversé une couche d'argile sèche de 1,5 m d'épaisseur, avant d'atteindre la nappe captive jaillissant à 1,5 m au dessus du sol avec un débit de 3 l/s. Il pourrait s'agir du puits F3 avant son approfondissement par forage en 1953. En août 1953 le niveau atteignait 1,6 m au dessus du sol pour F3 (+ 401,5 m environ). Lors des travaux des nouveaux forages les niveaux pouvaient atteindre plusieurs mètres au dessus du sol. En décembre 1952 le niveau statique du forage F1 s'établissait à 1,9 m au dessus du sol (+400 m). En 1975 le niveau statique calculé du F1 bis était à 4 m environ au dessus du sol (donnée extrapolée à partir de l'essai de puits) soit + 402 m. En cours de foration il débordait à 1,2 m au dessus du sol en 1975. Même le forage F2 était jaillissant en 1953 d'après les données des tests sur F1. Le forage F1ter avait un niveau statique de 2,2 m/sol en juillet 2010 (+ 400,2 m).

Il semblerait que le puits SPAC et le forage F3 ont été équipés depuis leur réalisation d'un trop plein et qu'aucun niveau statique n'ait pu ensuite être relevé. Le puits SPAC a été équipé en 2010 d'une vanne et d'un capteur de niveau.

Avant les aménagements récents des captages en 2010, les débits de débordement permanent des 4 ouvrages étaient de 65 m<sup>3</sup>/heure en mars 1994 (soit 1560 m<sup>3</sup>/jour ou 570 000 m<sup>3</sup>/an). En novembre 2007 les débits estimés sur deux ouvrages étaient supérieurs à 50 m<sup>3</sup>/heure (pas de mesures effectuées sur forage SPAC ni possibles sur F3). Ces volumes qui étaient rejetés au réseau d'eaux pluviales via le cours d'eau à l'air libre, étaient 6 fois supérieurs au volume prélevé annuellement par ces ouvrages. Depuis les travaux d'obturation des forages en 2010 et 2011, il n'y a plus de rejet permanent vers le collecteur du Lapacca, à l'exception de l'ancien forage F3.

#### 6-4 Productivité des ouvrages

Les **capacités de production ou productivité** de chaque ouvrage ont diminué dans le temps nécessitant des rabattements plus importants. Ainsi le forage SPAC qui avait une productivité de 130 m<sup>3</sup>/h pour un rabattement de 3,75 m en novembre 1987 et de 150 m<sup>3</sup>/h (rabattement de 2,9 m) en mars 1994, produisait 136 m<sup>3</sup>/h en novembre 2007 avec un rabattement quasiment doublé de 7,48 m. En novembre 2010 le rabattement était de 9,19 m pour 146 m<sup>3</sup>/h après 72 h de pompage.

Le forage F1 bis avait une productivité de 200 m<sup>3</sup>/h en mars 1975 (rabattement de 13,16 m), de 200 m<sup>3</sup>/h en mars 1994 (rabattement de 22 m). En novembre 2007 le rabattement était de 17,3 m pour un débit de 141 m<sup>3</sup>/h et de 9,73 m en janvier 2008 pour 97,6 m<sup>3</sup>/h.

Les **débits spécifiques** permettent de comparer ces pertes de productivité. Normalement établis par des essais par paliers de débit, ils sont présentés ici par les mesures effectuées sur des essais de longue durée. Ils passeraient ainsi de 51,7 m<sup>3</sup>/h par mètre de rabattement en 1994 à 18,2 m<sup>3</sup>/h/m



en 2007 et à 15,9 m<sup>3</sup>/m/h en 2010 sur le forage SPAC. Sur F1bis il était de 15,2 m<sup>3</sup>/h/m en 1975, de 9,1 en 1994 et de 8,1 m<sup>3</sup>/h/m en janvier 2008. Ces diminutions de capacité de production, 2 à 3 fois moindre, sont peut être en relation avec un ensablement progressif ou un colmatage lié au vieillissement de ces ouvrages.

Lors de l'essai de puits du forage F1ter, réalisé par palier de 2 heures non enchainés, le niveau artésien au repos était supérieur à 1,78 m au dessus du terrain naturel avec débordement. L'interprétation de la courbe d'essai de puits indique que les pertes de charge liées à l'équipement du forage sont comprises entre 25 et 35 %. Le débit spécifique est compris entre 33 et 38 m<sup>3</sup>/m/h. Le débit critique n'est pas atteint pour le palier de 2 heures à 246 m<sup>3</sup>/heure. En novembre 2010 le forage avait un débit spécifique de 25,9 m<sup>3</sup>/m/h avec un rabattement de 8,12 m après 72 heures de pompage à 210 m<sup>3</sup>/h.

Les forages F3 et F3bis ont été testés par des paliers enchainés d'une heure en janvier 2011. Sur le forage F3 la courbe d'essai indique que les pertes de charge dues à l'ouvrage évoluent suivant les débits de 5 à 17 %. Le débit critique est voisin de 60 m<sup>3</sup>/h. Les débits spécifiques sont compris entre 12,4 et 14,8 m<sup>3</sup>/m/h.

Sur le forage F3bis les pertes de charge vont de 21 à 50 % environ et les débits spécifiques sont compris entre 4,5 et 7,2 m<sup>3</sup>/m/h. Le débit critique est proche de 30 m<sup>3</sup>/h.

Les différences constatées entre ces deux ouvrages sont vraisemblablement liées à leur type de construction puits de 2 m de diamètre pour F3 avec fond producteur et forage crépiné en 600 mm. Même si comme l'indique le Cabinet Berre l'application des équations d'hydraulique souterraine n'est pas basée sur les mêmes conditions d'interprétation, il apparaît que le forage reste peu productif malgré son équipement. La présence de sables fins au sein de l'aquifère et la faible hauteur crépinée peuvent expliquer en partie ce moindre rendement.

#### 6-5 Caractéristiques hydrodynamiques

Les résultats des calculs suite aux divers essais de nappe sur les anciens et les nouveaux ouvrages, les forages Toupnot et ceux de la Gare, sont reportés dans les tableaux figurant en annexe. Ils ont été acquis en novembre 2007 et en novembre 2010 sur SPAC, en novembre 2010 sur F1ter, en janvier 2011 sur F3, en septembre 1991 et en décembre 1996 sur les puits Toupnot, et en août et septembre 1975 sur le forage de la gare. Les suivis ont été effectués sur les piézomètres ou forages proches et interprétés par la méthode de Jacob.

De plus, lors des pompages de novembre 2010 sur F1 ter puis sur SPAC les rabattements mesurés en fonction des distances sur les autres ouvrages permettent d'appliquer la formule de Thiem en nappe captive. On obtient ainsi  $T = 0,5 \text{ à } 0,8.10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$  et  $S = 8 \text{ à } 12 \%$ . Le rayon d'action est de l'ordre de 200 m (rabattements cependant non stabilisés).

Les essais Lefranc effectués dans les sondages géotechniques, secteur de l'ancien karting, en zone saturée dans les argiles sableuses ont montré que la perméabilité varie de  $4.10^{-5}$  à  $2.10^{-6} \text{ m/s}$  et de  $2 \text{ à } 6.10^{-6} \text{ m/s}$  dans la zone non saturée. Dans la ZAC d'Anclades les essais concluent à des valeurs de perméabilité de  $10^{-5} \text{ m/s}$  dans les graves sableuses en zone non saturée.

En conclusion la moyenne des transmissivités calculées est de  $T = 4.10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$  (18 valeurs) dans les **alluvions grossières** et de  $T = 4.10^{-3} \text{ à } 2.10^{-4}$  dans les **alluvions lacustres** de la rive droite. La **perméabilité dans les alluvions grossières est de  $K = 4,6. 10^{-3} \text{ m/s}$**  (12 valeurs s'étalant de  $1 \text{ à } 7,8.10^{-3} \text{ m/s}$ ) et  $K = 2,2. 10^{-4} \text{ m/s}$  ( $4.10^{-4}$  et  $4.10^{-5} \text{ m/s}$ ) pour les alluvions lacustres sablo-argileuses et  $10^{-5}$  dans les graves sableuses non saturées de la terrasse d'Anclades. Les perméabilités des argiles et vases qui maintiennent en charge la nappe captive ne sont pas mesurées mais sont inférieures à  $10^{-8} \text{ m/s}$ .

Les coefficients d'emmagasinement **S de la nappe captive varient de 3.10-4 à 5.10-3**. La **porosité efficace varie de 6 à 10% (8% en moyenne)**.

#### 6-6 Influences latérales et interférences

Au cours des essais sur les forages SPAC et F1 ter la réaction des forages artésiens est rapide sur F1 bis, SPAC ou F1 ter, et Pz1 confirmant le caractère captif de la nappe. Le forage en nappe superficielle Pz2 réagit au bout de 200 secondes environ. Le F2 qui devrait normalement ne capter que la nappe en charge répond au bout de 60 à 150 s. Le F3 se manifeste au bout de 1000 à 1500 secondes environ.

Entre le 4 et le 5 août 2011, le suivi spécifique des puits Toupnot (distant de SPAC de 200 m) et du maraicher proche (250 m) à l'arrêt depuis plusieurs jours a montré qu'ils n'étaient pas influencés par les pompages du Tydos au bout de 24 h au débit de 340 m<sup>3</sup>/h (200 m<sup>3</sup>/h sur F1ter et 140 m<sup>3</sup>/h sur SAPC). Seuls les forages F1 bis, F2, F3, PzF3, F3bis, Pz1 et Pz2 ont réagi (cf. tableau suivant).

	SPAC	F1ter	F1bis	F2	PZ1	PZ2	F3	F3bis	PZF3	Toupnot Est	Toupnot centre	Maraicher
Avant pompage	pb sonde	-2,27	-2,28	0,51	0,93	2,22	0,56	0,46	0,09	8,21	8,64	6,80
Avant arrêt pompage	10,66	6,11	2,00	1,75	3,14	2,50	0,62	0,56	0,24	8,22	8,62	6,77
2 heures après arrêt	pb sonde	-1,69	-2,07	1,17	1,41	2,38	0,62	0,52	0,22	8,22	8,61	8,63*

\* : pompe du maraicher en marche !

Les interférences lors des pompages montrent que SPAC à 146 m<sup>3</sup>/h induit un rabattement de 9,19 m au puits et de 0,85 m sur F1ter et F1 bis. Inversement le forage F1 ter à 210 m<sup>3</sup>/h entraîne un rabattement de 8,12 m et de 1,38 m sur SPAC. Au cours du pompage cumulé de longue durée du 21 au 28 janvier 2011 avec 148 m<sup>3</sup>/h sur SPAC et 207 m<sup>3</sup>/h sur F1 ter les rabattements aux pompages étaient de 11,8 sur SPAC et de 8,6 m sur F1 ter et 4,97 sur F1 bis. Les interférences cumulées de SPAC sur F1 ter sont faibles ( 8,6 m-8,12 m = 0,48 m) alors que F1 ter sur SPAC est de 2,61 m ( 11,8-9,19). Ces différences indiquent que la zone alimentée est principalement située à l'est et que le forage SPAC présente une moins bonne productivité.

Le pompage de 7 jours indique également que pour un débit cumulé sur les deux ouvrages proches (355 m<sup>3</sup>/) un changement de la pente du rabattement apparaît entre 10 000 et 100 000 secondes (1 jour et 4 heures) sur l'ensemble des ouvrages dénotant soit l'apparition d'une zone non alimentée, soit l'augmentation des pertes de charge dans les ouvrages, ou les deux phénomènes conjugués. Le rabattement sur le diagramme semi-logarithmique n'est plus linéaire. Par extrapolation de la courbe de rabattement il dépasserait 12 m pour le puis SPAC avant 12 jours. **Le débit critique est vraisemblablement atteint pour le puits SPAC** dont les débits spécifiques ont été divisés quasiment par 3 depuis 1994. Un décrochement est possible sur des pompages de longue durée à des débits élevés (355 m<sup>3</sup>/h sur plus de 10 jours) avec risques d'apport de sables par accroissement des vitesses de l'eau. Cela ne ferait qu'accélérer le vieillissement des ouvrages et la diminution de leur productivité.

## 7 – Qualité de l'eau

### 7-1 Qualité bactériologique

Sur 44 analyses effectuées sur le mélange de l'eau brute des forages (SPAC ou F1bis) de 1991 à 2011, seul le prélèvement de juillet 1991 a mis en évidence une contamination d'origine fécale avec 3 entérocoques pour 100 ml.

Le puits de l'établissement Toupnot fourni depuis 1980 une eau brute de bonne qualité bactériologique avec seulement 3 mauvais résultats sur 56 prélèvements.

Un traitement de désinfection est effectué avant refoulement sur le réseau public du mélange SPAC-F1ter. La tête du forage F1ter est équipée d'une installation de désinfection aux rayonnements UV.

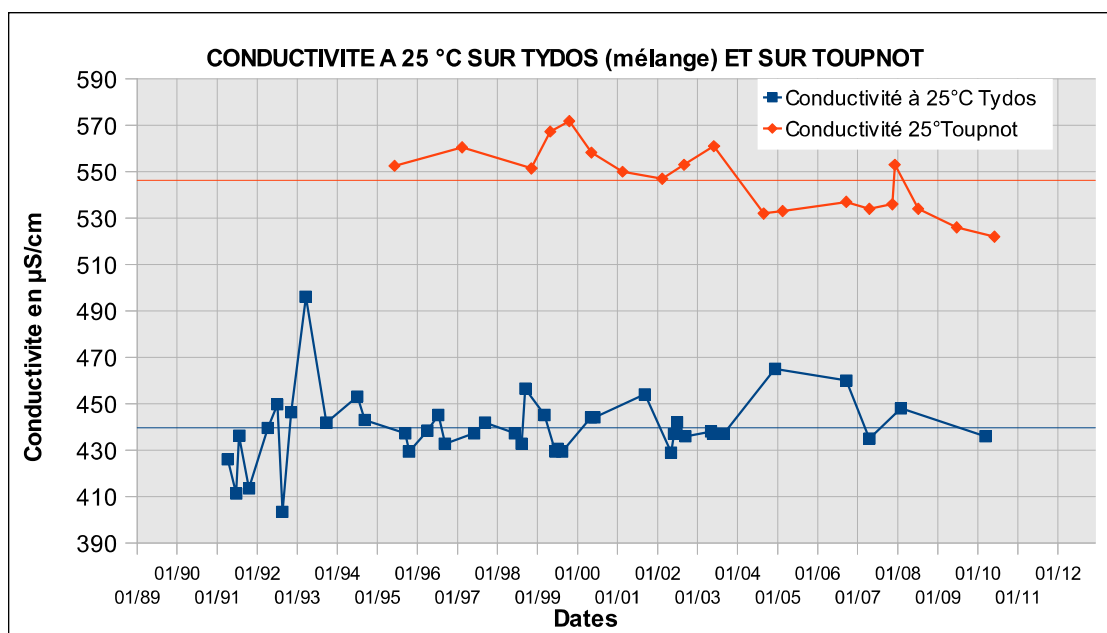
## 7-2 Qualité physicochimique

L'eau a une minéralisation moyenne caractérisée par un faciès bicarbonaté calcique, sulfaté magnésien et chloruré sodique.

Le tableau suivant synthétise les résultats sur les ions majeurs du mélange Tydos et du forage Toupnot. Les faciès chimiques sont comparables mais la minéralisation totale est plus élevée sur Toupnot.

ions	TYDOS			TOUPNOT		
	moyenne	écart type	nombre	moyenne	écart type	nombre
Ca <sup>++</sup>	80,5	3,8	11	92,5	4,3	14
Mg <sup>++</sup>	4,8	1,2	11	6,9	0,4	14
Na <sup>+</sup>	3,3	0,4	11	10,6	2,6	14
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	226	7,7	18	252,6	6,3	14
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	30,9	6,3	17	48,6	5,1	11
Cl <sup>-</sup>	6,2	1,1	11	9,8	1,7	14
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	5	2	43	20,5	2,7	18

Les variations dans le temps de la minéralisation et la comparaison avec celles du forage proche de Toupnot sont figurées dans les diagrammes suivants pour la conductivité et certains ions majeurs.



Elle présente une **conductivité** à 25 °C sur 42 mesures de 1991 à 2011, en moyenne de 439 µS/cm ± 14 et de 546,3 µS/cm ± 15 sur Toupnot avec 19 valeurs.

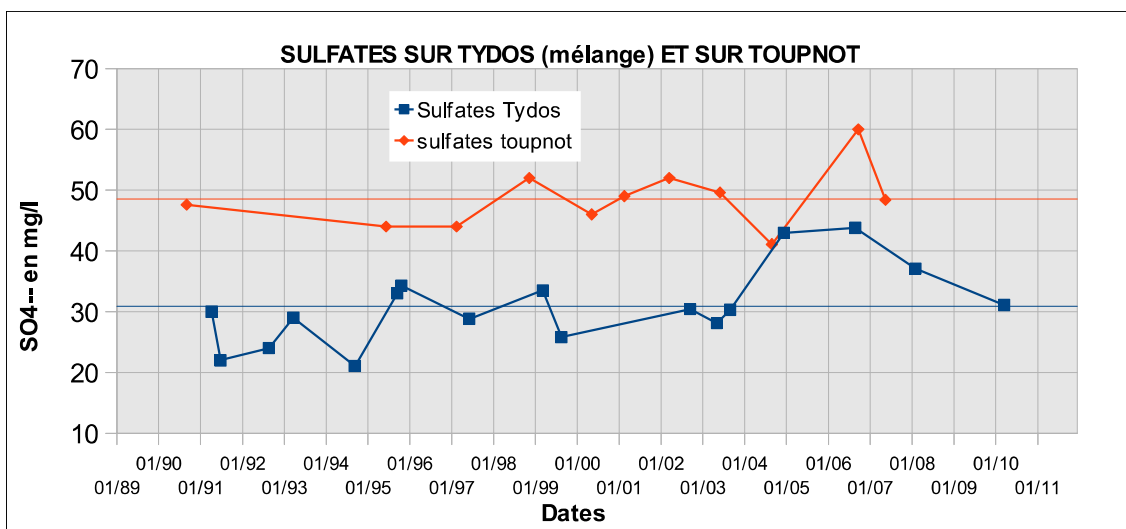
La conductivité enregistrée au cours du pompage de 72 heures, du 6 au 9 novembre 2007 est restée relativement stable sur SPAC allant de 430 à 440  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (435  $\mu\text{S}$  en 2010). Sur le forage F1 ter les valeurs sont plus faibles avec 421  $\mu\text{S}$  et 415 à 437 sur F1 bis. Par contre le forage F3 a des valeurs plus élevées entre 495 et 499  $\mu\text{S}$ .

La nappe superficielle présentait des valeurs de 400 à 430  $\mu\text{S}/\text{cm}$  sur Pz2, 411 à 414 sur la source et ruisseau à 438  $\mu\text{S}$ . Le forage F2 et le puits du maraicher (moto-pompe) proche de F2 ont des conductivités comprises entre 509 et 507  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

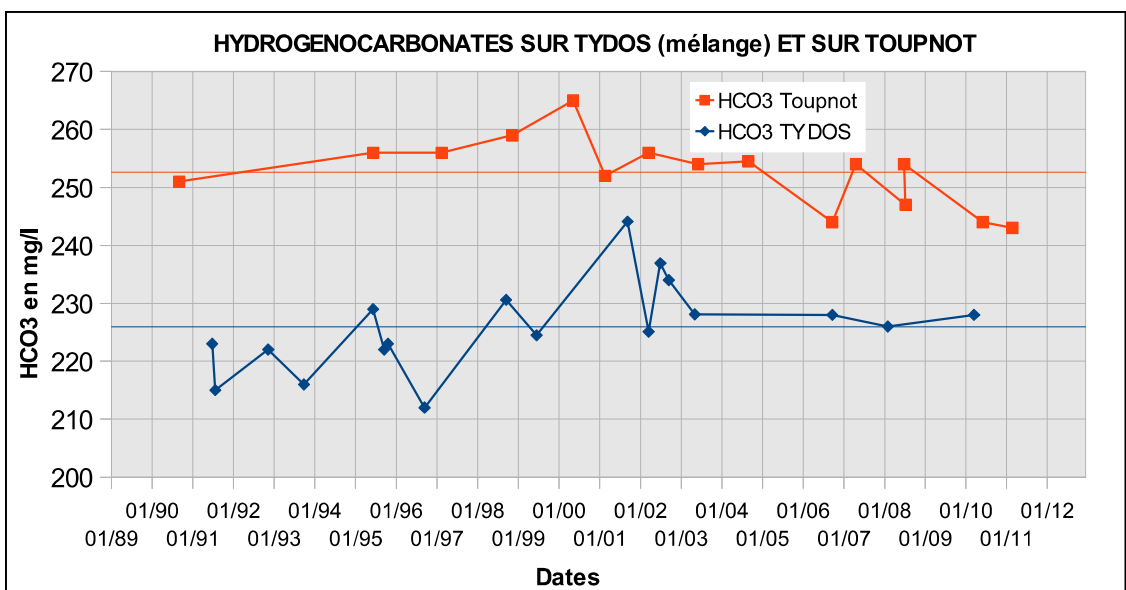
La **température** varie de 12,2 à 13,2  $^{\circ}\text{C}$  sur quelques mesures ponctuelles. Lors du pompage de 2007, la température enregistrée est restée constante sur le forage SPAC (12,2 à 12,3  $^{\circ}\text{C}$ ), sur le forage F1bis (12,1 à 12,4) et sur le forage F3 (12,5  $^{\circ}\text{C}$ ) alors que la nappe superficielle avait une température plus chaude de 13,4  $^{\circ}\text{C}$  en janvier 2008 (Pz2) et la source de 12 à 15  $^{\circ}\text{C}$ .

Le **pH** fluctue entre 7,0 et 7,8.

La teneur en **sulfates** varie irrégulièrement de 21 à 45 mg/l (moyenne 31 mg/l) sur 17 valeurs de 1991 à 2011 avec une légère tendance à l'augmentation. Sur Toupnot la moyenne est de 48,6 mg/l.



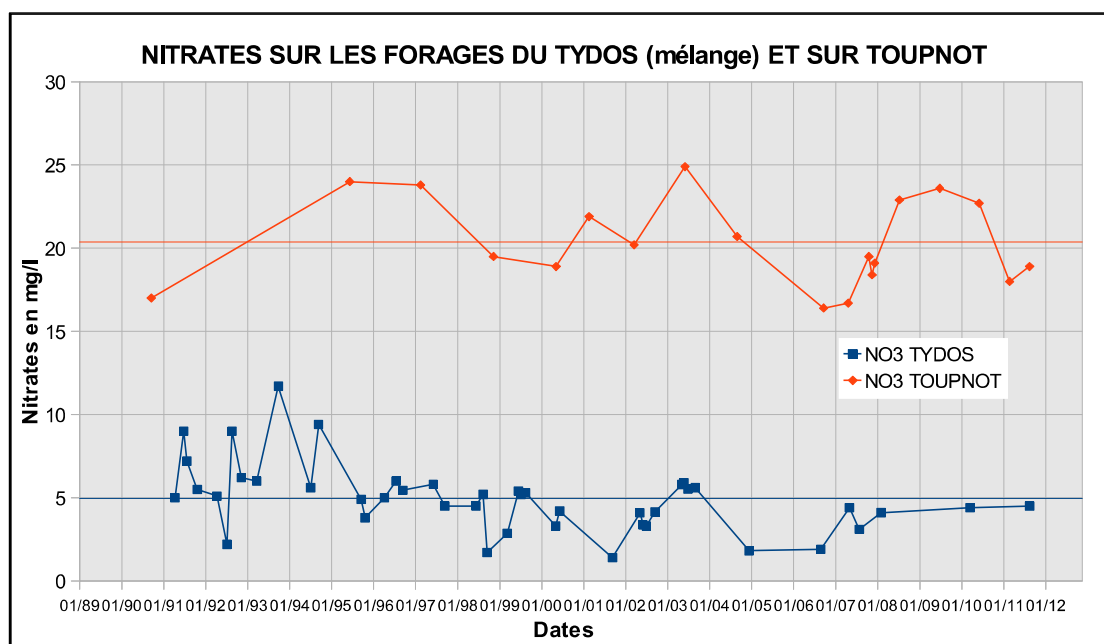
Le **titre alcalimétrique complet (TAC)**, représentant la teneur en hydrogénocarbonates, varie entre 18 et 19,6 $^{\circ}$  français avec une tendance à l'augmentation depuis 1991. Exprimé en hydrogénocarbonates,  $\text{HCO}_3^-$ , le TAC est représenté dans le diagramme suivant.



La dureté ou titre hydrotimétrique (TH), teneur en calcium et magnésium, est comprise, sur 31 valeurs, entre 19 et 23° français, avec une tendance à l'augmentation.

La teneur en potassium est faible sur les différents ouvrages et reste proche de 1 mg/l.

La teneur en **nitrates**, moyenne de 5 mg/l, varie depuis 1991 entre 12 et 2 mg/l environ. Une tendance à la diminution apparaît sur le diagramme. Cette diminution significative est en relation possible avec la suppression des cultures maraîchères à proximité des ouvrages. Sur le forage Toupnot il n'y a pas de tendance et la teneur moyenne est de 20,5 mg/l.



La nappe libre de la terrasse de Lézignan a montré, de 1992 à 1994, des valeurs de 20 à 50 mg/l de nitrates sur l'ancien forage Hournet distant de 1,6 km de Tydos. L'eau du puits du lieu dit Pirole, toujours à Lézignan, en janvier 2008 avait 54,9 mg/l de nitrates (<2 mg/l en août 2011 !). A proximité des captages de Tydos, les valeurs de la nappe libre sont nettement plus faibles : le piézomètre Pz2 présente des valeurs de 10,4 à 12,8 et la source de 7,5 mg/l en mars 2011 et de 7,3 à 7,6 en août 2011.

Dans les forages de l'aquifère captif, les valeurs unitaires variaient entre janvier et mars 2011 de 4,4 (SPAC) à 9,2 mg/l (F1bis). En août 2011 le puits SPAC ne contenait que 1,5 mg/l et F1ter, 7,5 mg/l. Elles restent cependant proches, tout en restant inférieures, de celles de la nappe libre.

Il est à remarquer que le puits F3 avaient des valeurs comprises entre 13,2 et 16,5 mg/l dénotant vraisemblablement des pénétrations d'eau superficielle issue de la terrasse agricole. Le forage F2 et l'ancienne moto-pompe du maraicher montrent en août 2011 des valeurs également élevées de 15,9 à 17,3 mg/l. Le ruisseau à proximité avait une teneur de 9,3 mg/l à la même date. Les valeurs mesurées, le 31 août 2011, sur les puits de la plaine de Lézignan sont très disparates et sont difficiles à commenter (valeurs s'étalant de moins de 2 à 30 mg/l).

Sur les 7 prélèvements pour analyses complètes de 1992 à 2011, il n'a pas été mis en évidence de contaminations dues à des pesticides, solvants chlorés, hydrocarbures, métaux lourds ou à la présence de radioactivité.

Cependant sur Toupnot la **présence de bromacil, herbicide sélectif**, a été quantifiée à trois reprises entre 2008 et 2010 et avec des teneurs successives de 0,028 µg/l (07/08), 0,102 (07/09), 0,062 (06/10) et <0,01 en mars 2011.

L'accroissement de la minéralisation bicarbonatée et sulfatée peut être en rapport avec la **diminution de l'alimentation naturelle de la nappe** suite aux imperméabilisations des sols (voies de circulation, remblaiement des zones humides...) et surtout canalisation des cours d'eau favorisant la concentration de certains ions. Les modifications chimiques pourraient provenir également des matériaux divers utilisés pour le comblement de la tranchée de la voie ferrée (remblais issus de la démolition du collège de Saint Pé de Bigorre), des anciennes cressonnières ou des plateformes servant de radier aux constructions récentes sur les vases.

Il est à noter par ailleurs que **le caractère captif ne se manifeste pas entièrement dans la physico-chimie de la nappe**. En effet les teneurs en sulfates ou en nitrates sont relativement élevées et ne montrent pas de phénomène important de réduction biochimique. L'absence de fer, de manganèse et d'ammoniaque à des quantités notables le confirme, bien que la teneur en nitrates sur SPAC soit la plus faible qui pourrait indiquer un début de dénitrification. Les teneurs mesurés en oxygène dissous, 5 à 13 mg/l ou 40 à 80 % de la saturation, indiquent sur plusieurs prélèvements que la nappe est relativement aérée.

En conclusion de ce chapitre il ressort que l'eau de la nappe captive ne semble pas dépendre de l'eau de la nappe libre superficielle de la rive droite : les classes de composition chimique sont similaires mais la nappe captive est moins minéralisée. Par contre en rive gauche, le piézomètre Pz2, qui capte la nappe superficielle, présente une composition semblable à celle des forages à l'exception d'une teneur en nitrates proche du double mais tout en restant inférieure à celle de Toupnot.

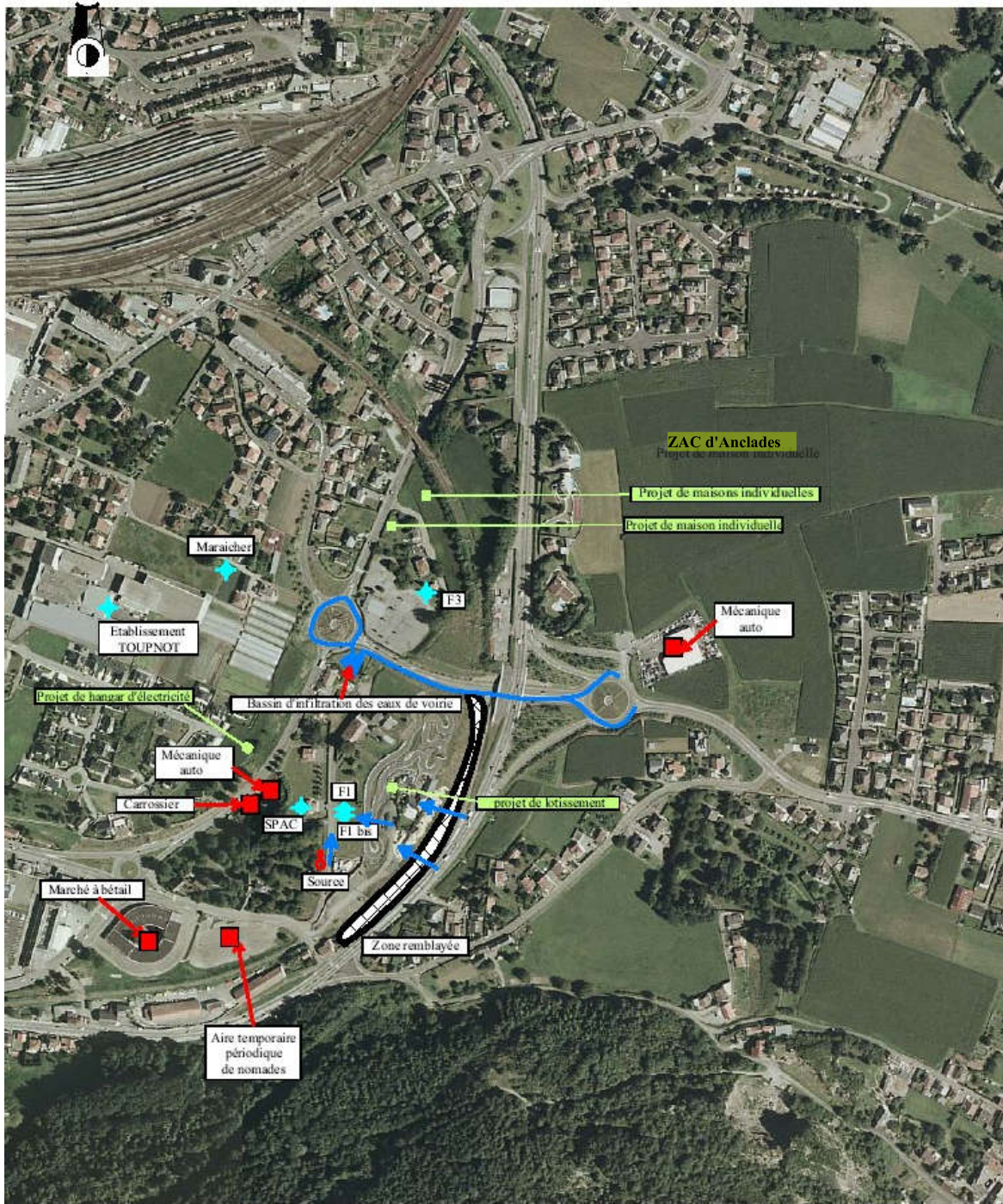
**Ces variations qualitatives semblent confirmer que la mise en charge se manifeste, depuis l'est, sur une distance d'une centaine de mètres seulement.**

Le **suivi qualitatif** sur plus de 20 ans n'a pas révélé de contaminations particulières bactériologiques ou chimiques, **confirmant la capacité protectrice des terrains naturels**. L'eau de la nappe profonde apparaît protégée des risques locaux de pollution grâce à la permanence de sa couverture imperméable.

## **8- Environnement et vulnérabilité**

### 8-1 Environnement (fig. 16, 17 et 18 et photos en annexe)

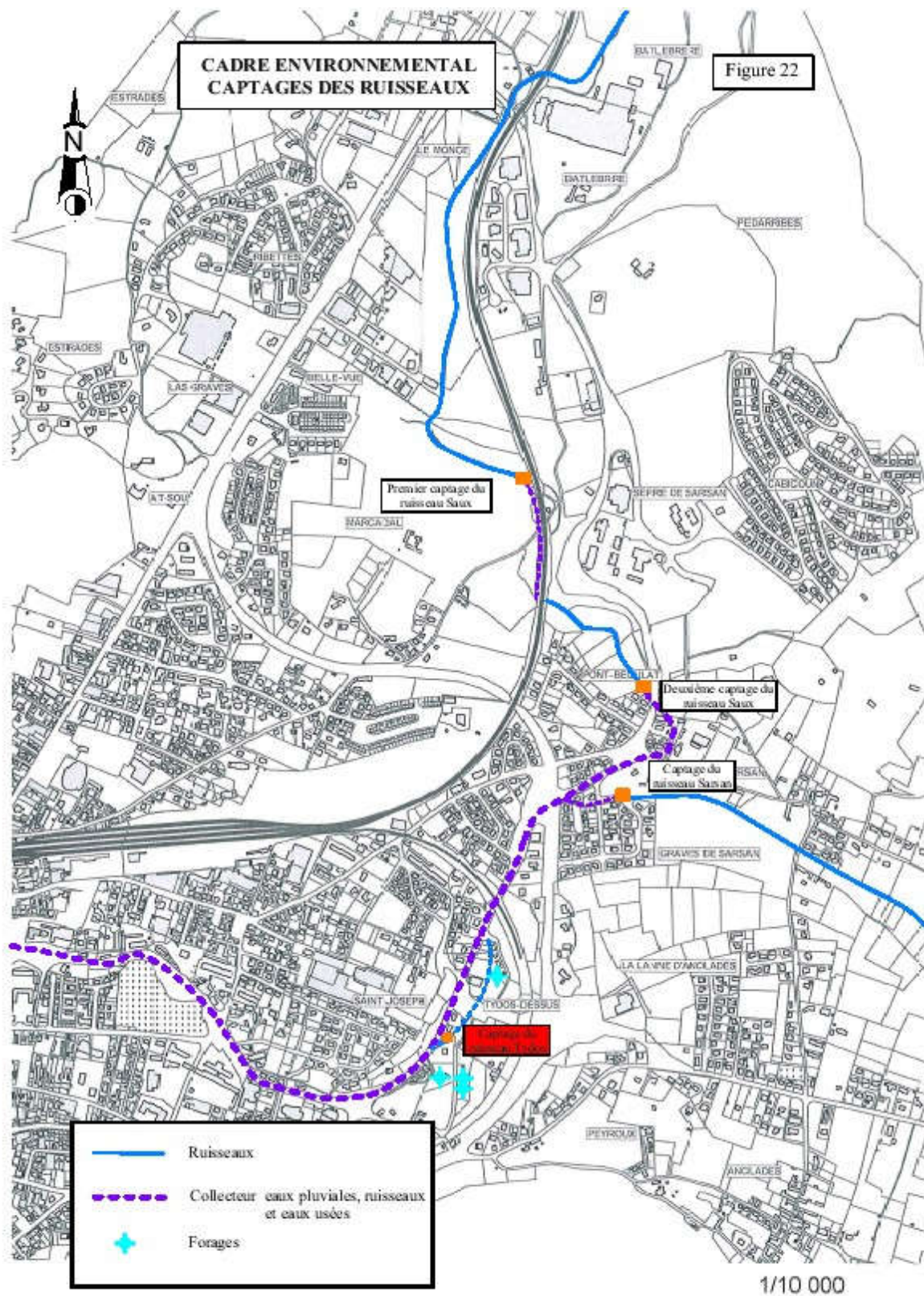
Les ouvrages de captage sont situés en zone péri-urbaine de Lourdes sur laquelle les aménagements ont nettement modifié le milieu naturel. C'est le cas de la tranchée remblayée de la voie ferrée, du drainage et du comblement des cressonnières, la construction en décaissement de l'embranchement routier vers Bagnères (D937), des constructions sur remblais rapportés, le drainage des sources et la canalisation des eaux de surface, les réseaux d'eaux usées et pluviales construits sous nappe, le bassin de rétention des eaux de voirie, les puits transformés en puisards.



— Réseau pluvial voirie      ■ Activité de pollution potentielle  
■ Bassin de collecte de voirie

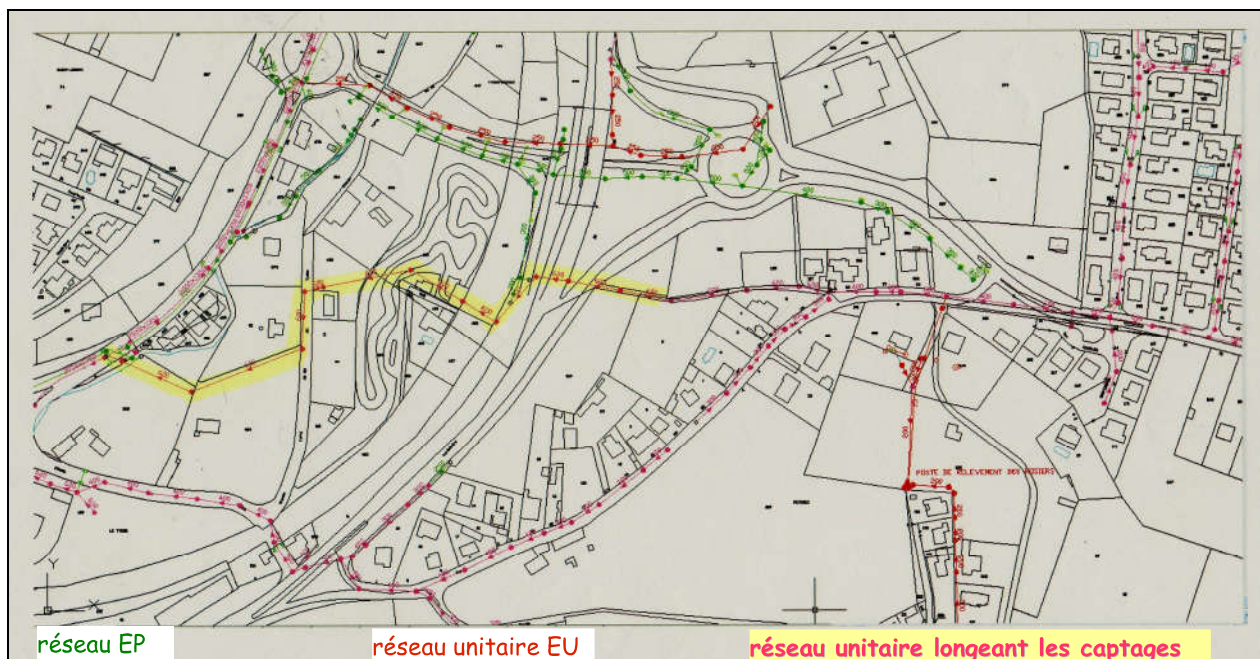
Echelle : 1/5000

**Fig 16. Environnement proche de la zone des captages (Cabinet BERRE)**



**Fig.17 Réseau hydrographique et collecteur d'eaux usées (Cabinet BERRE)**





**Fig.18 Plan des réseaux d'assainissement à proximité des captages**

Les activités les plus proches, en plus d'un habitat relativement diffus, comprennent d'après le recensement du cabinet Berre et les informations de la Ville de Lourdes :

- un atelier de mécanique automobile et une carrosserie,
- un garage automobile,
- la conserverie de viandes Toupnot,
- un maraîchage,
- des voies de circulation,
- un ancien circuit de karting, lui-même postérieur à des serres agricoles, et sur lequel sont prévues des constructions, soit pour des logements soit pour un garage de cars,
- un projet de ZAC (ZAC de la Plaine d'Anclades) sur 16 ha, au nord du garage Renault avec 335 logements dont 150 en collectifs.

Au delà, dans la plaine vers l'est, le bourg d'Anclades, des lotissements, un camping sont entourées de parcelles cultivées en maïs ou en prairie.

## 8-2 Vulnérabilité

La nappe captive de l'aquifère profond des graviers et sables propres, avec des passages argileux, est relativement protégée des risques de contamination. En effet, au dessus, en plus d'une couche argileuse compacte, des alluvions superficielles, sables argileux, vases et tourbe, peuvent assurer une filtration relative ou une fixation des contaminants.

Inversement, en rive gauche, la nappe libre, contenue dans les alluvions grossières de la plaine de Lézignan, est peu profonde et plus vulnérable aux pollutions diverses. En rive droite l'aquifère constitué de sables fins et argileux présente une meilleure protection mais concerne peu les captages.

Le caractère jaillissant de l'eau captée garantit une protection immédiate en empêchant les eaux de la zone saturée supérieure, de pénétrer directement dans l'aquifère profond. De plus, le drainage par déversement naturel vers l'axe du vallon du Tydos, des eaux des nappes

superficielles riveraines, diminue les risques avoisinants. Toutefois un rabattement trop important entraînera une inversion des pressions et facilitera la pénétration d'eaux proches.

La diminution de la couche protectrice de sables proches en rive droite, ou des graviers (rive gauche de la plaine d'Anclades) non saturés au dessus de la nappe superficielle, par suppression artificielle (excavations, fondations, tranchées, routes, fossés, puisards ou puits transformés en puisards...) peut faciliter l'entrée rapide, ponctuelle ou diffuse, de polluant vers la nappe libre et par suite, vers la nappe captive alimentant les captages.

## **9- Dimensionnement de la protection des captages (fig. 19)**

Le dimensionnement des zones à protéger est effectué à partir du calcul de la vitesse moyenne de circulation de l'eau souterraine dans la zone d'appel des captages. Les directions de ces circulations sont établies en se basant sur la forme des courbes de la carte piézométrique de la figure 15.

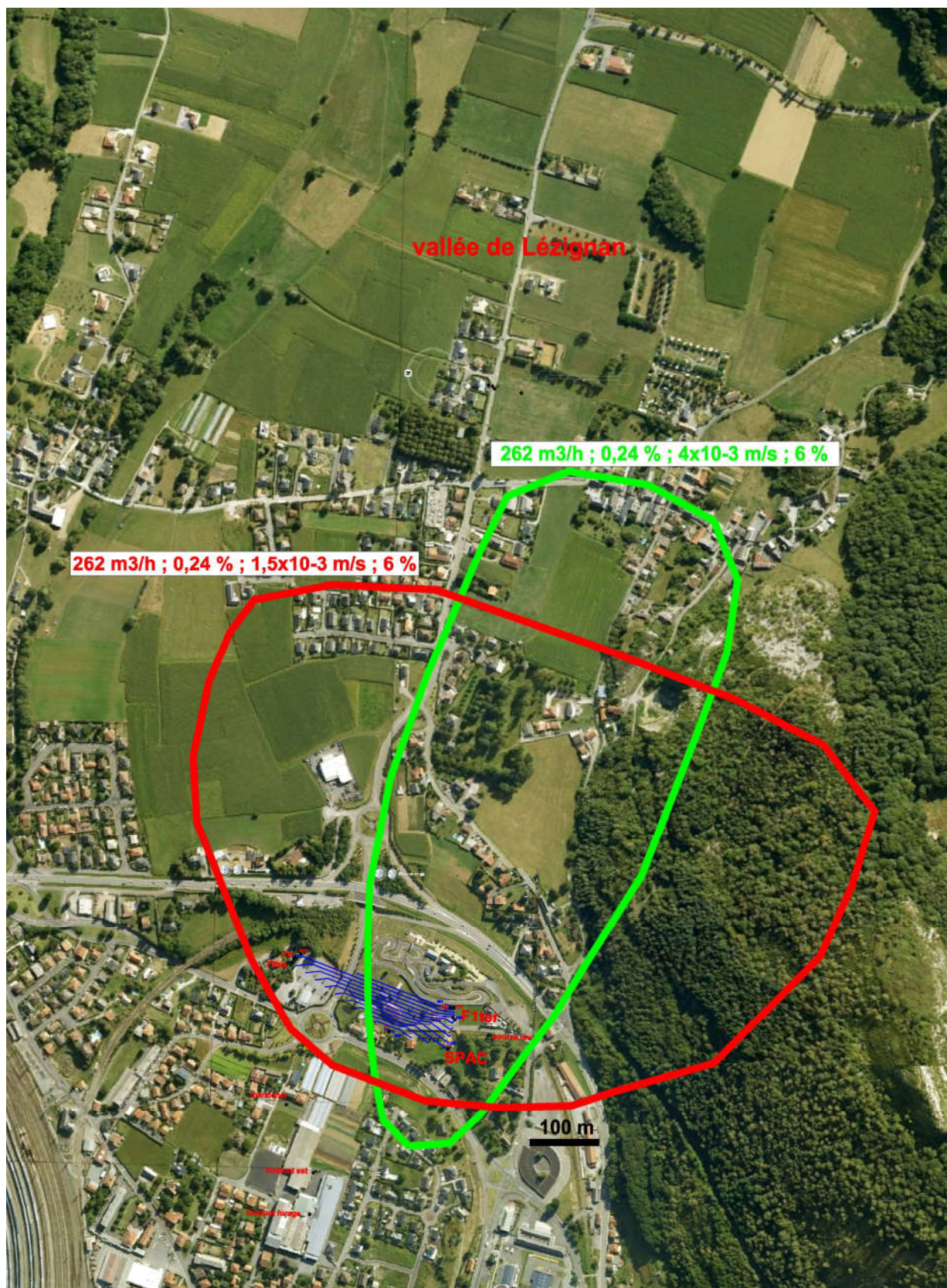
Le périmètre rapproché est calculé (méthode de Wyssling) pour un temps moyen de circulation de 50 jours et un débit moyen de 262 m<sup>3</sup>/j sur 50 jours, soit 350 m<sup>3</sup>/h pendant 10 jours et 300 m<sup>3</sup>/h sur 40 jours sur une durée journalière de 20 heures. Le bureau d'études CETRA propose de prendre deux valeurs de perméabilité  $4.10^{-3}$  et  $1,5.10^{-3}$  m/s, une pente de nappe de 2,4 m/km, et une porosité efficace de 6 %. Depuis la terrasse de Lézignan, l'isochrone 50 jours (longueur correspondant à la distance parcourue par la goutte d'eau en 50 jours) est de 900 m environ de longueur sur 400 m de large dans la première hypothèse de perméabilité et de 630 m de longueur et 930 m de large environ dans la deuxième hypothèse (fig. 19). Dans ces deux cas, la berge ouest en rive droite est peu concernée (150 m au maximum à l'ouest de SPAC).

A partir des données des caractéristiques hydrodynamiques résumées dans ce rapport une proposition de synthèse est développée de façon à combiner les différentes solutions consécutives à un milieu hétérogène imparfaitement connu et dont la direction principale de circulation peut varier de plusieurs degrés suivant les saisons (méthode de Wyssling).

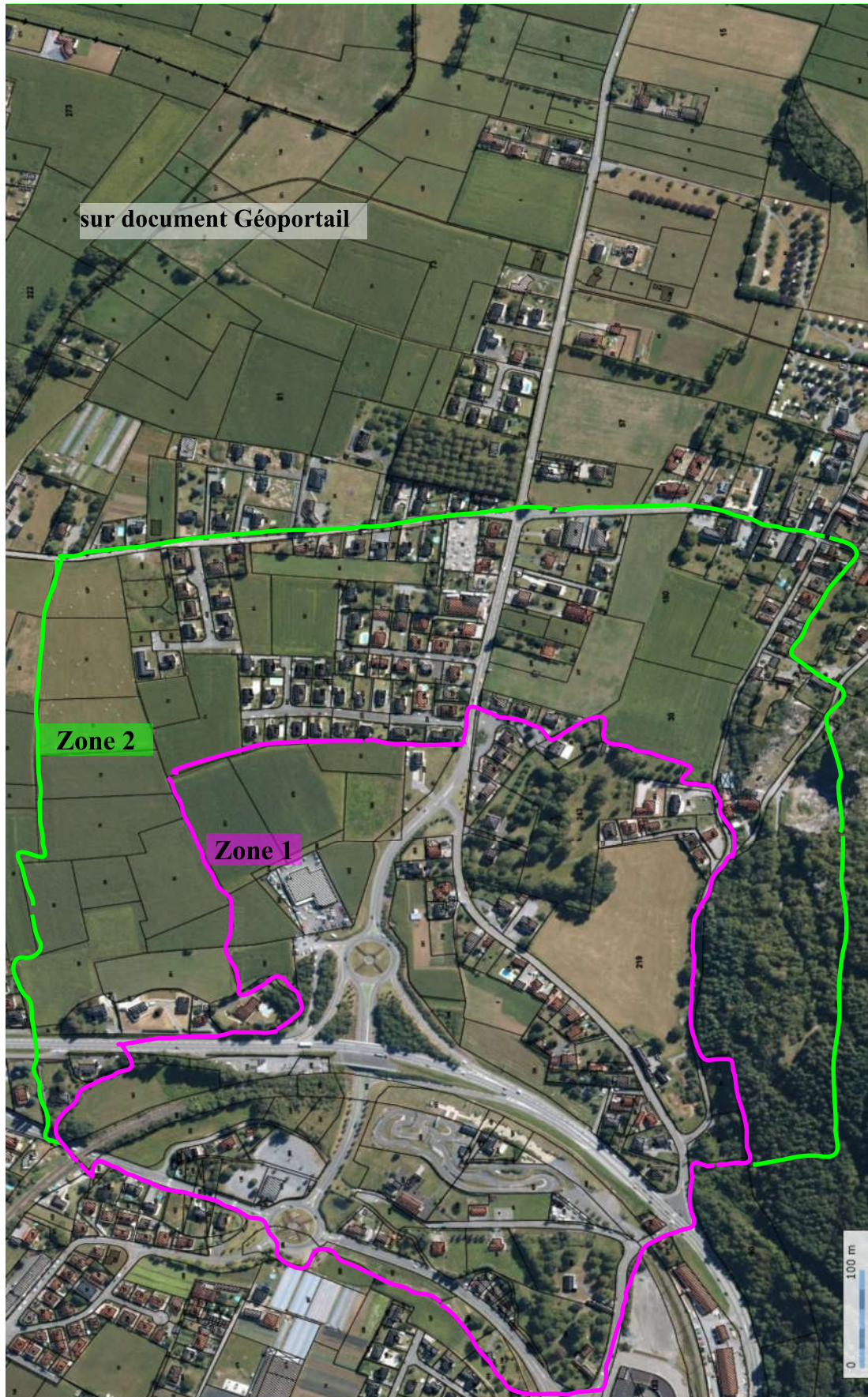
Avec une perméabilité de  $4,6.10^{-3}$  m/s, une porosité efficace de 8%, une pente de nappe de 1,6 m/km, la vitesse de circulation de l'eau souterraine est de 8 m/jour ou 400 m en 50 jours. Pour un pompage moyen de 262 m<sup>3</sup>/h on obtient une longueur de la zone à protéger de 520 m (650 m avec une porosité de 6%), une largeur du front d'alimentation de 500 m et de 250 m au niveau des pompes. L'axe du vallon du Tydos est également concerné sur 500 m environ. La partie ouest (aval) de la zone captée correspond à un cercle de 80 m environ de rayon.

Compte tenu de la différence des directions de circulation de l'eau souterraine sur les deux versants du Lapacca, des compositions chimiques distinctes, du drainage superficiel par les collecteurs enterrés et en supposant que les rabattements n'appellent pas ou peu les eaux souterraines des sables lacustres (perméabilité de  $10^{-5}$  à  $10^{-6}$  m/s), il est considéré dans cette estimation que la nappe de la rive droite ne participe pas ou peu à l'alimentation des pompes. La capacité de protection, ou la vulnérabilité, des terrains de couverture est également prise en compte dans la délimitation.

La carte de la figure 20 intègre les propositions de dimensionnement calculées en se guidant sur les limites parcellaires et les voies de circulation dans la mesure du possible.



**Fig. 19 Proposition de zonage des zones de protection des forages du Tydos (CETRA)**



**Fig. 20 Périmètres de protection rapprochée sur deux zones**