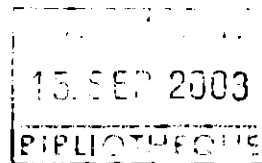


Document public



Détermination du bassin d'alimentation des captages du SIPTEC aux calcaires de Touraine

BRGM/RP-52501-FR
Août 2003

Étude réalisée dans le cadre d'une opération
conjointe BRGM-SIPTEC PDR03EAU13

A. GUTIERREZ, C. RABIER

S.I.P.T.E.C.
**Syndicat Intercommunal
de production d'eau de
Truyes, Esvres et Cormery,
Indre-et-Loire**



Mots clés : hydrogéologie, piézométrie, bassin versant hydrogéologique, géostatistiques

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

A. GUTIERREZ, C. RABIER (2003) – Détermination du bassin d'alimentation des captages du SIPTEC aux calcaires de Touraine. Rapport BRGM RP-52501-FR. 38 p., 11 fig., 1 tabl., 2 annexes.

© BRGM, 2003, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Pour garantir une alimentation en eau potable en accord avec la réglementation sur les concentrations en phytosanitaires et en nitrates, le SIPTEC (Syndicat Intercommunal de Production d'eau de Truyes, Esvres et Cormery, Indre-et-Loire) est amené à mélanger les eaux de la nappe des calcaires lacustres, prélevées par 3 forages, avec de l'eau de la nappe du Cénomaniens. Dans le souci de protéger cette ressource plus profonde et de minimiser son exploitation, un plan d'action sur les apports en pesticides qui atteignent la nappe des calcaires lacustres est envisagé.

Pour connaître et comprendre l'origine et les processus de pollution des eaux captées par les ouvrages AEP du SIPTEC, le BRGM a proposé de définir par une série de campagnes piézométriques le bassin versant hydrogéologique qui alimente les captages d'eau potable du calcaire lacustre.

Ce rapport décrit l'élaboration du contour de ce bassin en utilisant une méthode automatique sur la base de quatre cartes piézométriques comprenant chacune plus de 100 mesures de niveau réalisées en hautes et basses eaux 2002. Il représente une superficie de 18 km². Cette surface correspond en réalité à l'enveloppe des bassins de dimension plus réduite correspondants aux états de hautes eaux et de basses eaux. La forme et la surface des bassins élémentaires obtenus sur chaque carte est en effet variable selon les saisons.

Le bassin versant hydrogéologique apparaît franchement décalé par rapport au bassin versant topographique de taille plus modeste (4,9 km²). La principale cause de cet écart réside dans la structure des couches géologiques et l'hétérogénéité des perméabilités de l'aquifère. Le caractère karstique de l'aquifère est souligné.

SOMMAIRE

1. LE SITE D'ÉTUDE	7
1.1. CONTEXTE GEOLOGIQUE	9
1.1.1. Géologie régionale.....	9
1.1.2. Géologie locale – Stratigraphie.....	9
1.2. CONTEXTE HYDROLOGIQUE	14
1.3. CONTEXTE CLIMATOLOGIQUE.....	15
1.4. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE	15
1.4.1. L'aquifère du Cénomanién.....	16
1.4.2. L'aquifère du Séno-Turonien	17
1.4.3. L'aquifère des calcaires lacustres de Touraine	17
2. DÉTERMINATION DU BASSIN VERSANT HYDROGÉOLOGIQUE	19
2.1. BASSIN VERSANT TOPOGRAPHIQUE ET BASSIN VERSANT HYDROGEO-LOGIQUE.....	19
2.2. ETABLISSEMENT DES CARTES PIEZOMETRIQUES ET PREMIER CONTOUR DU BASSIN VERSANT HYDROGEOLOGIQUE.....	23
2.3. FLUCTUATIONS PIEZOMETRIQUES	28
3. AFFINEMENT DU CONTOUR DU BASSIN VERSANT HYDROGÉOLOGIQUE.....	29
4. CONCLUSION.....	35

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Cartes de localisation du site	8
Figure 2 : Carte géologique du secteur d'étude	11
Figure 3 : coupe géologique d'Athée à Courçay	14
Figure 4 : Localisation des réservoirs superficiels.....	16
Figure 5 : Différence entre le bassin superficiel et le bassin hydrogéologique	19
Figure 6 : Bassin versant topographique.....	21
Figure 7 : Localisation des points de mesure.....	25
Figure 8 : Campagne piézométrique d'avril 2002 – Tracé manuel.....	27
Figure 9 : Variogrammes ajustés aux données observées	30
Figure 10 : Cartes piézométriques et bassins associés	31
Figure 11 : Bassin versant hydrogéologique des forages du SIPTEC	33

ANNEXES

Annexe 1 : Campagnes de mesures piézométriques

Annexe 2 : Points utilisés pour l'élaboration automatique des cartes piézométriques

Le syndicat Intercommunal de Production d'Eau Potable de Truyes, Esvres et Cormery (SIPTEC) alimente en eau ces trois communes (environ 8 000 hab.) du département de l'Indre-et-Loire. Depuis 1994 la qualité de l'eau prélevée par le SIPTEC dans la nappe des calcaires lacustres s'est progressivement dégradée, en particulier sur le plan des pesticides (GREPPES, 1999), conduisant le SIPTEC à rechercher une ressource complémentaire dans l'aquifère du Cénomaniens. Foré en 1997, l'ouvrage au Cénomaniens permet, par mélange avec les eaux des calcaires lacustres dans des proportions 50/50, le retour aux normes de potabilité. Cependant, l'aquifère du Cénomaniens est intensément exploité et ne permettra vraisemblablement pas une exploitation à un régime supérieur en cas de besoin.

En 2002, avec l'aide de la D.D.A.F., le SIPTEC a engagé une opération de reconquête de la qualité de l'eau contenue dans les calcaires lacustres. L'amélioration et la préservation de cette ressource passe par une meilleure connaissance de son fonctionnement, et en particulier il est nécessaire de préciser le bassin d'alimentation des captages. Intéressé par un site potentiel pour l'étude du devenir des pesticides en milieu calcaire en Région Centre, le BRGM a proposé dans le cadre de son programme de recherche TRANSPHYTO de réaliser la délimitation de ce bassin.

1. Le site d'étude

Les communes de Truyes, Esvres et Cormery, alimentées par les captages d'alimentation en eau potable du S.I.P.T.E.C., se situent au centre de la Touraine, sur le plateau de la Champagne tourangelle. Cette surface plane qui s'élève à une cote moyenne de 90 mètres est entaillée par le Cher au Nord et l'Indre au Sud. Le domaine d'étude s'étend sur une partie des communes alentours (Azay-sur-Cher, Athée-sur-Cher et Courçay), soit un secteur de près de 90 km² (Fig. 1).

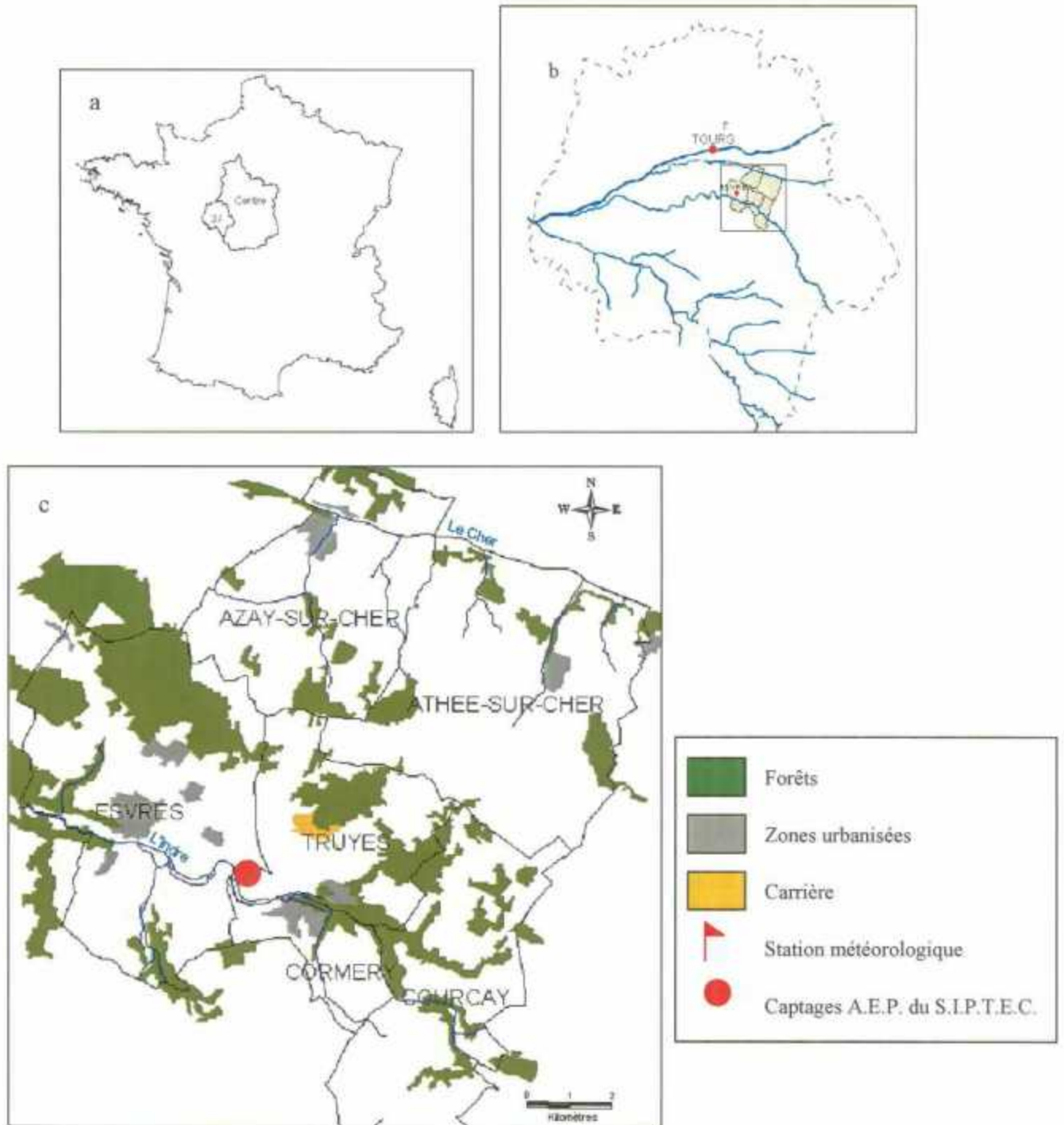


Figure 1 : Cartes de localisation du site
(a : Région Centre ; b : Indre-et-Loire ; c : site d'étude)

1.1. CONTEXTE GEOLOGIQUE

1.1.1. Géologie régionale

La Champagne correspond à l'extension de vastes surfaces tabulaires s'appuyant sur les calcaires lacustres ludiens. Dans une cuvette pré-ludienne composée essentiellement de Sénonien imperméable, un vaste lac a déposé une série importante de matériaux lacustres. A l'émersion, ces assises se sont silicifiées en grande partie sous forme de meulières. Des formations détritiques continentales sont venues recouvrir la surface. L'Indre et ses affluents ont alors incisé profondément l'ensemble des dépôts jusqu'aux substrats imperméables. Ces derniers servent de base aux rivières et aux nappes qui caractérisent ce milieu (Fig. 2).

1.1.2. Géologie locale – Stratigraphie

Le substratum géologique de la région est constitué par les formations marines du Crétacé supérieur, discordantes sur le Jurassique, qui supportent les assises tertiaires d'origine continentales.

1.1.2.1. Les formations secondaires

Les assises crétacées sont affectées de déformations souples d'origine tectonique ayant entraîné la formation d'une cuvette correspondant à la fosse synclinale d'Esvres (Fig. 3).

- *Le Cénomanién*

Epais de 50 à 60 mètres sur les bordures du Bassin d'Esvres, il atteint 110 mètres vers le centre (Cormery) (G. LECOINTRE, 1947). Cette formation se divise en trois sous-unités distinctes. Elle est représentée à la base par des niveaux argileux peu épais auxquels succèdent un complexe principal marneux et sableux « Sables de Vierzon » et au sommet, une assise marneuse souvent riche en huîtres « Marnes à Ostracées » (L. RASPLUS et G. ALCAYDE, 1971a ; L. RASPLUS, 1978).

- *Le Turonien*

Trois niveaux peuvent être distingués dans cette formation essentiellement crayeuse. (G. LECOINTRE, 1947, 1960). La craie à silex composée de nombreux cordons de silex noirs ou gris « Craie à Inocérames », épaisse de 20 mètres, passe à des faciès de plus en plus détritiques constitués par le « Tuffeau blanc » (40 mètres) puis par le « Tuffeau jaune » dans la partie supérieure représentée par 35 à 40 mètres de calcaires bioclastiques sableux de teinte jaunâtre à aspect oolithique ou de grès grossier à ciment calcaire.

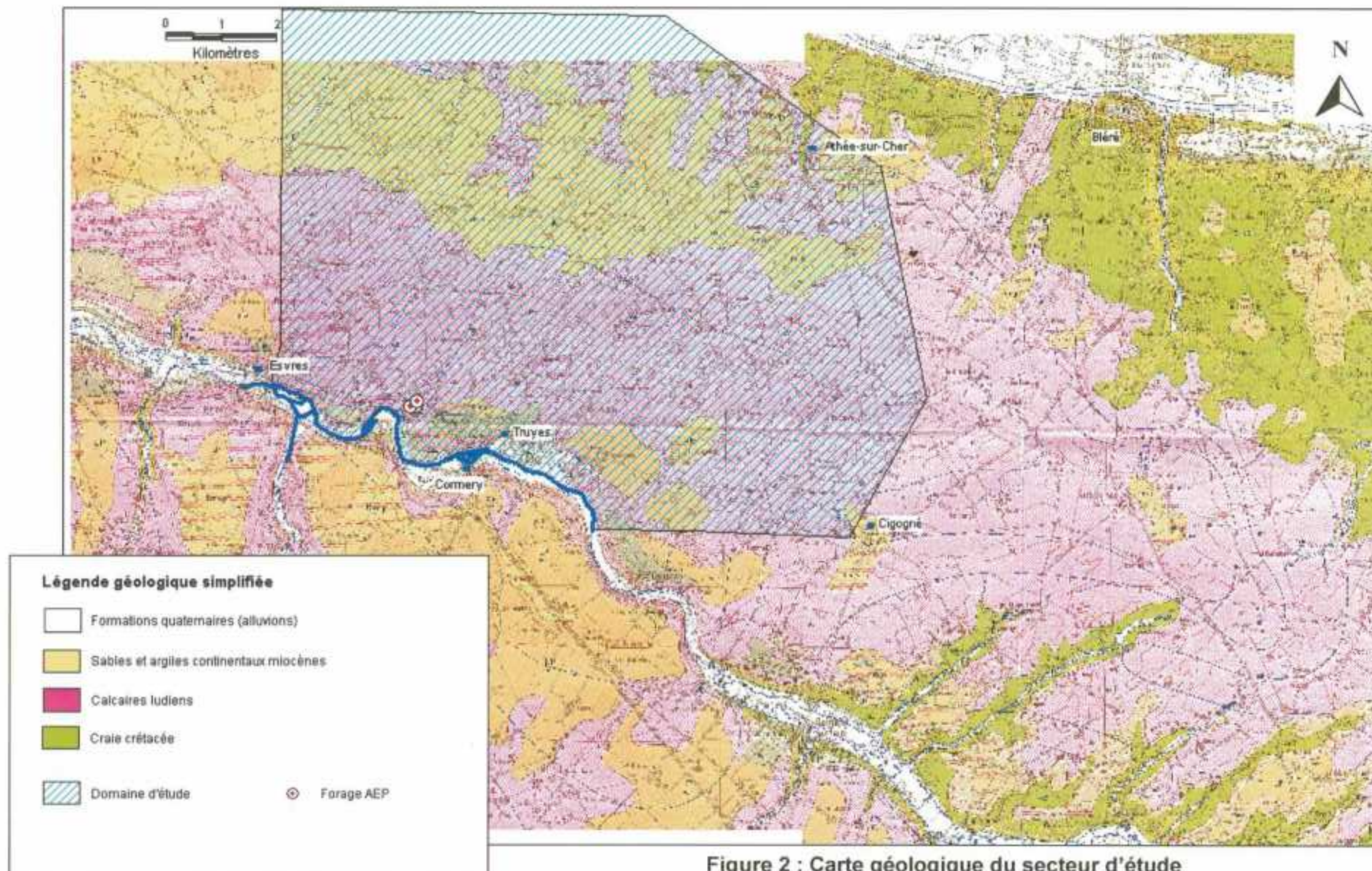


Figure 2 : Carte géologique du secteur d'étude

- *Le Sénonien*

Il est représenté par des faciès carbonatés et argilo-siliceux. A la base, les calcaires sableux noduleux ou glauconieux jaunes constituent la « Craie de Villedieu » (10 à 15 mètres) surmontée par les argiles blanches ou verdâtres riches en silex (20 à 25 mètres) du complexe argilo-siliceux. Ces formations sont le plus souvent superposées mais peuvent également passer latéralement de l'une à l'autre (L. RASPLUS et G. ALCAYDE, 1971a ; L. RASPLUS, 1979). Elles affleurent au Nord-Est (Athée-sur-Cher), essentiellement au bas des versants et des vallées et présentent des caractéristiques détritiques, témoins de l'instabilité régionale de l'époque.

1.1.2.2. Les formations tertiaires

- *Les argiles à conglomérats siliceux de l'Eocène inférieur*

Entre les formations argilo-siliceuses sénoniennes et les assises carbonatées de l'Eocène supérieur s'intercalent des dépôts détritiques continentaux lenticulaires attribués à l'Eocène (Bartonien) (L. RASPLUS, 1978). Ces argiles à conglomérats siliceux dits « perrons », placages d'argiles sableuses à graviers, blanches ou ocre, atteignant parfois 8 m d'épaisseur sont les vestiges des dépôts argileux du Sénonien et des produits d'altération de la « Craie de Villedieu ».

- *Les calcaires lacustres de Touraine du Ludien (Eocène supérieur)*

Les formations sus-jacentes du Ludien (G. ALCAYDE et L. RASPLUS, 1974) qui affleurent sous forme de calcaires lacustres sur la majeure partie du secteur, témoignent de l'existence il y a 40 millions d'années d'un lac de faible profondeur, siège d'une sédimentation carbonatée. Le comblement de la cuvette crétacée par les calcaires lacustres a ainsi procédé à l'aplanissement de la région.

La base de cette formation caractérisée par un faciès marneux, se situeraient à une cote comprise entre 70 et 55 m du Nord vers le Sud, marquant bien la dépression. L'épaisseur maximale de cette formation est d'environ 35 m sur la zone d'étude.

Les divers faciès rencontrés mettent en évidence une formation très hétérogène de calcaires le plus souvent bréchiques ou noduleux, siliceux ou à meulière, cloisonnés par de nombreuses passées de marnes et d'argiles vertes. SAUGRIN (1982), dans son interprétation de l'évolution diagénétique du bassin, attribue à ces différents faciès des origines palustre (calcaires bréchiques graveleux), lacustre (calcaires bréchiques), algaire (calcaires vermiculés) ou d'exondation prolongée (calcaires noduleux). Les silicifications observables dans les différents niveaux proviendraient de la sédimentation juste postérieure aux premiers stades de diagénèse ou à une épigénie tardive des calcaires.

- *Le Miocène*

Une formation pelliculaire de sables et d'argiles continentaux post-helvétiques recouvre au Nord une partie de ces dépôts lacustres ludiens.

Les accidents tectoniques majeurs (failles) localisés à Bléré, Montbazou-Veigné et Saint-Quentin-sur-Indrois sont postérieurs au Ludien, peut-être au Miocène du fait de l'observation en Touraine de gisements faluniens conservés dans les zones faillées. Situées à l'aplomb de failles de même orientation dans le socle primaire, elles pourraient résulter du rejeu de ces dernières.

1.1.2.3. Les formations superficielles quaternaires

Sur les calcaires lacustres des parties hautes se sont déposés les limons des plateaux d'origine éolienne formant des placages discontinus dont l'épaisseur excède rarement 1 m. Des colluvions polygéniques alimentées par les formations affleurant localement tapissent les versants des vallons et de la vallée de l'Indre.

Des alluvions anciennes sablo-graveleuses et argileuses et des alluvions modernes limoneuses recouvrent le lit majeur de l'Indre.

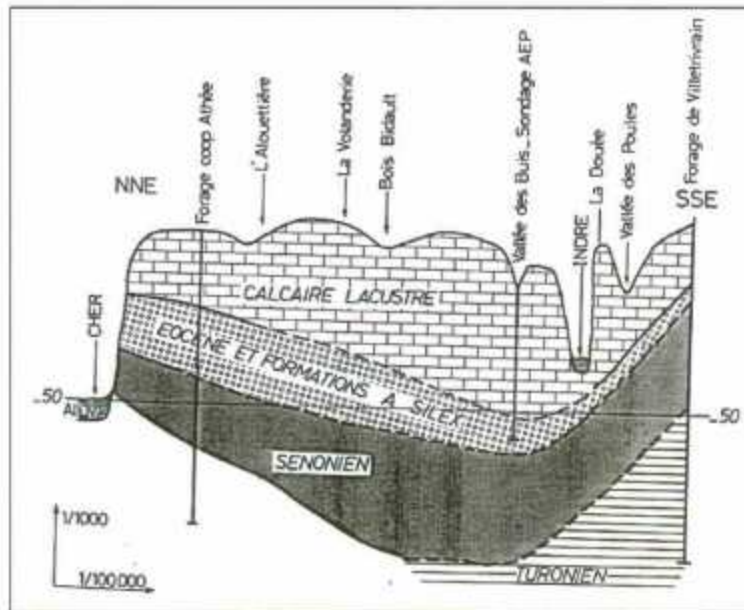


Figure 3 : coupe géologique d'Athée à Courçay (d'après Faguet, B.R.G.M., 1980)

1.2. CONTEXTE HYDROLOGIQUE

Les vallées de l'Indre au Sud et du Cher au Nord entaillent le secteur. L'Indre est une rivière récente sans grande compétence. Son bassin versant de 3 200 km² en amont de la confluence avec la Loire est exclusivement inscrit en bassin sédimentaire ; son fonctionnement hydrologique est ainsi lié à la pluviométrie et à l'alimentation par les nappes souterraines. En effet, une certaine régularité est observée dans son débit d'étiage car l'Indre est alimentée tout au long de son parcours par de nombreuses exurgences de nappes (calcaires lacustres berrichons et de Champagne). Le débit moyen inter-annuel est de 9,5 m³/s à Saint-Branches (sud de Courçay). Le tronçon du Cher qui apparaît sur la carte (fig. 1) est canalisé et son débit moyen est maintenu tout au long de l'année par une succession de sept barrages. Le module annuel est de 45 m³/s ; le débit d'étiage moyen de 17 m³/s.

Sur le plateau de la Champagne, le réseau hydrographique est peu développé dû au caractère filtrant du bassin lacustre. Des ruisseaux temporaires et vallons secs modèlent le paysage.

1.3. CONTEXTE CLIMATOLOGIQUE

La station météorologique implantée à Parçay-Meslay près de Tours (Fig. 1) mesure quotidiennement les précipitations. Le volume moyen annuel précipité (sur la période 1985-2002) est de 800 mm pour une température moyenne de 12° C. Les données relatives aux précipitations et à l'évapotranspiration ont été fournies par Météo France (Tableau 1).

	janv.	fév.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.
P (mm/mois)	74	70	52	76	59	53	69	48	63	77	79	83
ETP (mm/mois)	14	24	58	85	134	150	163	143	89	47	17	11

Tableau 1 : Moyennes mensuelles inter-annuelles (1985 – 2002)

1.4. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

Sur le bassin d'étude trois formations constituent des réservoirs aquifères :

- L'aquifère du Cénomaniens
- L'aquifère du Séno-turonien
- L'aquifère des Calcaires lacustres de Touraine.

Le référentiel des systèmes aquifères de France (Margat, 1976 – 1980 ; Cornet et al., 1999) qui identifie les réservoirs superficiels donne une représentation régionalisée des différents ensembles (Fig. 4).

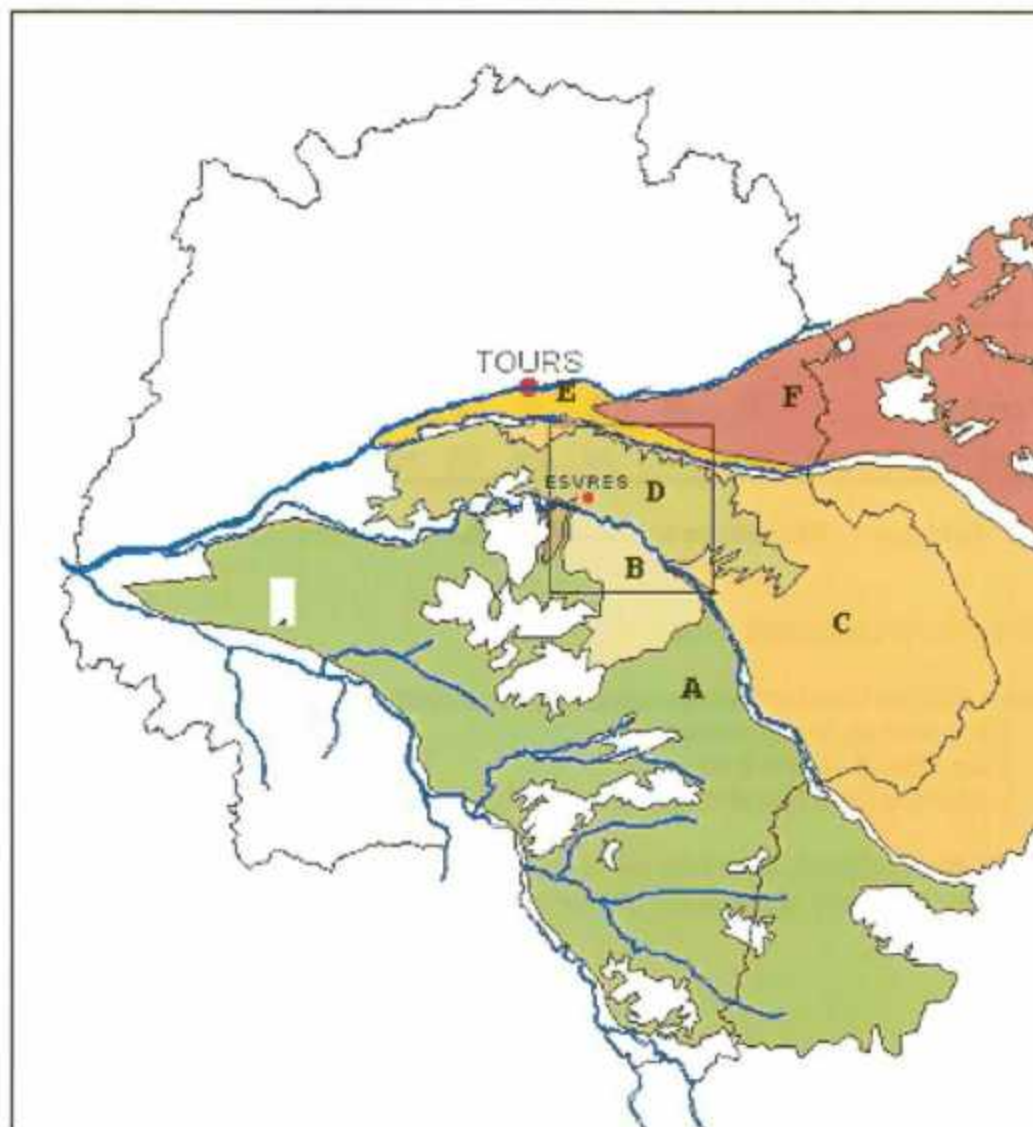


Figure 4 : Localisation des réservoirs superficiels

A : Système aquifère de la craie séno-turonienne située entre la Loire, l'Indre, la Basse-Vienne, la Creuse et la Haute-Loire; **B** : Unité perchée formée par les calcaires de Touraine au sud de l'Indre ; **C** : Sous-système principal entre le Cher et l'Indre - craie séno-turonienne ; **D** : Formation aquifère en grande partie perchée au-dessus du système crayeux - calcaire de Touraine entre l'Indre et le Cher ; **E** : Système alluvial du Cher et de la Loire en relation avec la craie séno-turonienne ; **F** : Système multicouche des Formations de Sologne : sables et argiles.

Sur le secteur d'étude on rencontre l'unité des calcaires lacustres de Touraine au dessus de la craie séno-turonienne, elle-même surmontant l'aquifère profond du Cénomanien. Ces trois formations aquifères, indépendantes, sont décrites ci-après en commençant par la plus ancienne.

1.4.1.L'aquifère du Cénomanien

Cet aquifère profond, multicouche, renferme une nappe maintenue captive sous les marnes à Ostracée et dotée, de ce fait, d'une bonne protection naturelle face aux pollutions de

surface. Les parties moyenne et inférieure, sableuses, du Cénomaniens bien que cloisonnées par des niveaux marneux et/ou argileux, constituent un excellent réservoir.

D'un point de vue qualitatif, cette nappe fournit des eaux moyennement minéralisées, bicarbonatées calciques et pauvres en oxygène. Des traces d'ammoniaque et de fortes teneurs en fer nécessitent cependant un traitement correctif avant distribution. La nappe du Cénomaniens faisant l'objet d'une exploitation intensive dans le département de l'Indre-et-Loire est actuellement protégée et réservée à l'alimentation en eau potable.

1.4.2.L'aquifère du Séno-Turonien

Cette nappe est captive sous les calcaires lacustres ou sous les formations argilo-siliceuses du Sénonien et libre en l'absence de couverture en vallée où elle est drainée par les cours d'eau. Ses exutoires sont en général diffus et participent à l'alimentation du réseau hydrographique superficiel à travers les alluvions et les colluvions.

Les formations hétérogènes du Séno-turonien présentent une double porosité, d'interstices (horizons à dominante sableuse) et de fissures (calcaires et calcarénites). Elles sont généralement peu productives. Les secteurs aquifères les plus productifs sont associés à la fissuration de la roche, soit en général dans les vallées où affleure la formation.

L'eau est bicarbonatée calcique et dure (> 30°F), légèrement chlorurée sodique et riche en fer. Dans sa partie captive, cette nappe est bien protégée des risques de pollution de surface, mais elle devient plus vulnérable lorsque la craie est à l'affleurement.

1.4.3.L'aquifère des calcaires lacustres de Touraine

Les calcaires lacustres, lorsqu'ils sont fissurés, sont le siège de circulations localement importantes à traits karstiques qui constituent des axes de drainage préférentiels au sein du réservoir donnant naissance à des résurgences en bordure de vallée. La vulnérabilité de cette nappe face aux pollutions est particulièrement importante du fait de la quasi absence de formations protectrices en surface.

La piézométrie de cet aquifère sur le domaine d'étude est développée dans le chapitre suivant.

2. Détermination du bassin versant hydrogéologique

2.1. BASSIN VERSANT TOPOGRAPHIQUE ET BASSIN VERSANT HYDROGEOLOGIQUE

Le bassin versant topographique peut être décrit comme le territoire sur lequel tous les écoulements des eaux superficielles convergent vers un même point (Banton & Bangoy, 1997). Ce territoire est limité physiquement par une ligne de crête appelée ligne de partage des eaux. A l'intérieur de ce domaine toutes les pentes locales dirigent les écoulements vers le point le plus bas (l'exutoire).

A l'instar du bassin versant topographique, le bassin versant hydrogéologique correspond au domaine souterrain dans lequel les écoulements convergent vers un point bas appelé l'exutoire (la source, les captages). C'est donc à la surface de la nappe souterraine (surface piézométrique) que l'on se réfère pour calculer les pentes et le contour des bassins hydrogéologiques. Les courbes de niveaux de la surface piézométrique sont appelées les isopièzes.

De part la position très proche des captages et de la source d'Avon (environ 200 m), le bassin d'alimentation des captages est inclus dans celui de la source. Plutôt que de chercher à déterminer par un calcul théorique quelle est la surface de la nappe qui contribue à l'alimentation des captages, nous représentons un bassin plus large qui inclut celui des captages, indépendamment de leur débit, et qui est basé sur des observations. Nous nous sommes donc attachés dans cette étude à définir le bassin versant souterrain, ou bassin versant hydrogéologique qui alimente la source et les captages.

Le bassin versant ainsi défini peut ne pas être confondu avec le bassin versant en surface. En effet, la forme de la surface piézométrique ne dépend pas seulement de la localisation des zones d'infiltration, mais également de la distribution des perméabilités et de la forme des couches imperméables qui constituent la base de la nappe.

Dans le domaine d'étude, les vallées du bassin de l'Indre sont dirigées suivant un axe Nord-Est - Sud-Ouest (Fig. 6). Le bassin versant topographique, d'une surface de 4,9 km² suit l'une d'elle. En revanche, la structure géologique est une cuvette et les forages du Siptec sont situés sur le flanc ouest de cette cuvette, donc sur des couches à pendage Ouest-Est ou Nord-Ouest-Sud-Est. Il est donc prévisible que le bassin versant de surface ne sera pas confondu avec le bassin versant souterrain puisque la structure géologique favorisera localement des écoulements souterrains en direction opposée aux écoulements de surface, comme l'illustre le petit schéma de la figure 5.

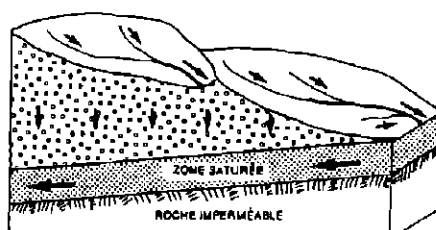


Figure 5 : Différence entre le bassin superficiel et le bassin hydrogéologique

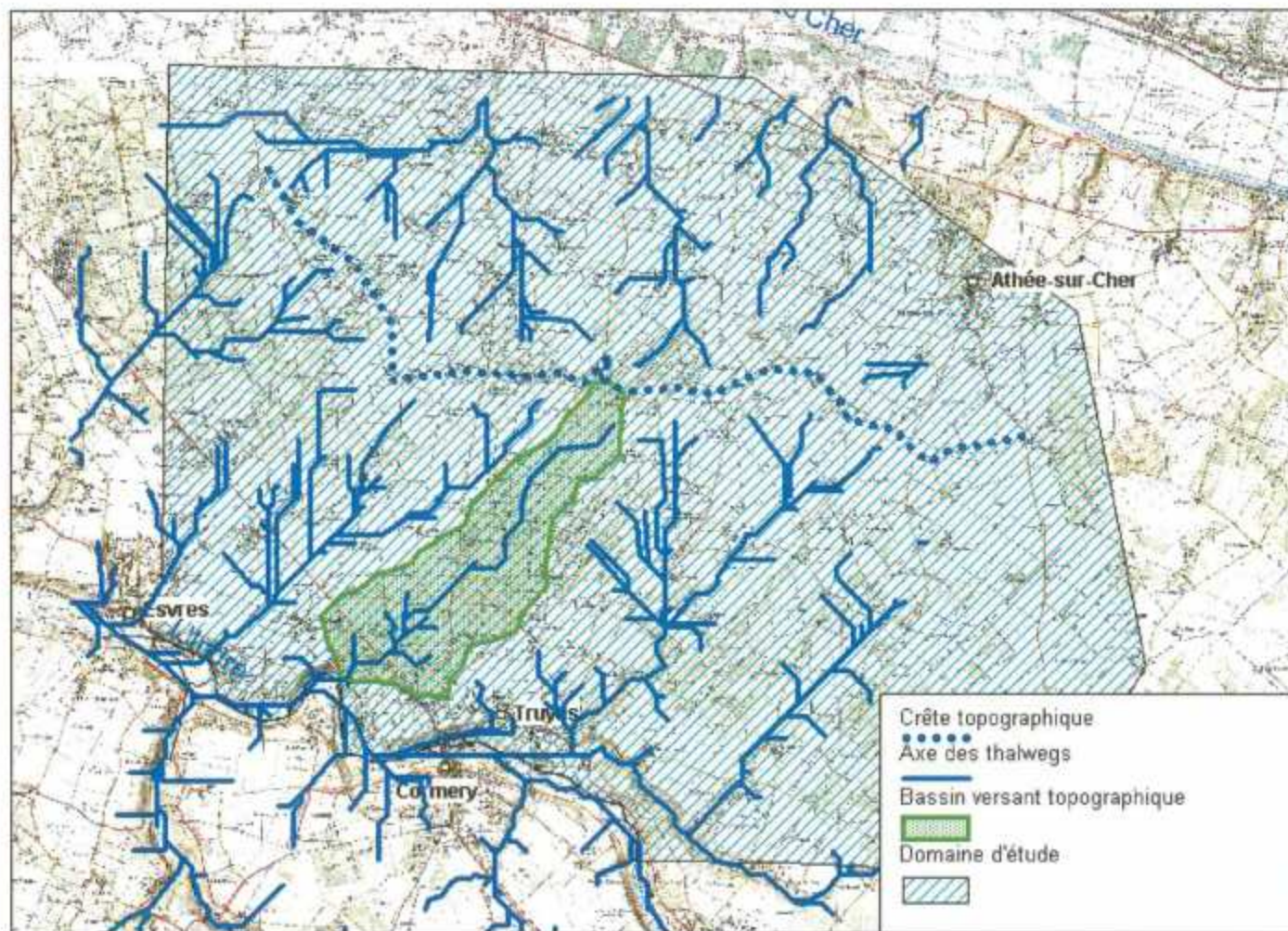


Figure 6 : Bassin versant topographique

2.2 ETABLISSEMENT DES CARTES PIEZOMETRIQUES ET PREMIER CONTOUR DU BASSIN VERSANT HYDROGEOLOGIQUE

La surface piézométrique à partir de laquelle est tracé le contour du bassin est représentée sous forme de carte. La carte piézométrique est la représentation cartographique de l'altitude de la nappe à un instant donné. Son élaboration nécessite un travail préalable d'inventaire et de sélection des points d'eau, plusieurs campagnes de terrain, une phase de dépouillement et de traitement des données acquises avant d'aborder l'interpolation qui conduit à son tracé.

Pour cette étude, 83 points ont été identifiés en Banque de Données du Sous-Sol (BSS). Sur le terrain, 50 autres points ont été rencontrés. Au total, près de 400 mesures de niveau ont été réalisées, en quatre campagnes : Février, Mars, Avril et Septembre 2002. Chaque campagne représente environ une semaine de travail de terrain, centrée autour du 15 du mois, sauf en septembre (travail réalisé entre le 19 et le 22 septembre). La localisation des points de mesure est indiquée par la figure 7. La superficie du domaine d'étude est de 88 km².

Toutes les mesures brutes sont reportées dans les tableaux en annexe 1. Les données brutes de chaque campagne sont positionnées sur une carte provisoire et interpolées manuellement par l'hydrogéologue. Durant cette phase chaque valeur est soumise à un examen critique en fonction du contexte et de sa position géographique. Cet examen a conduit à écarter trois points (les numéros 9, 18 et 54) jugés aberrants car très en dessous ou en dessus de la surface piézométrique présumée. Les incohérences relevées peuvent conduire également à une remise en question de la cote du sol lue sur la carte IGN et nécessiter un nivellement, comme ce fut le cas pour les 3 forages AEP.

L'interpolation manuelle fournit un document provisoire qui donne une première idée du fonctionnement hydrogéologique et de la position du bassin versant hydrogéologique qui alimente les captages. L'exemple de la carte d'Avril 2002 est présenté en figure 8.

La distribution des isopièzes met en évidence un sens général d'écoulement Nord-Est - Sud-Ouest correspondant à un drainage des eaux par l'Indre. Les directions de drainage les plus marquées apparaissent selon un axe principal Nord-Sud au Nord des captages AEP du SIPTEC et en limite Est du domaine d'étude au Nord-Ouest de Truyes (sources de Truyes). Ces axes correspondent à des zones où la perméabilité des calcaires lacustres est forte, probablement en liaison avec des phénomènes de karstification.

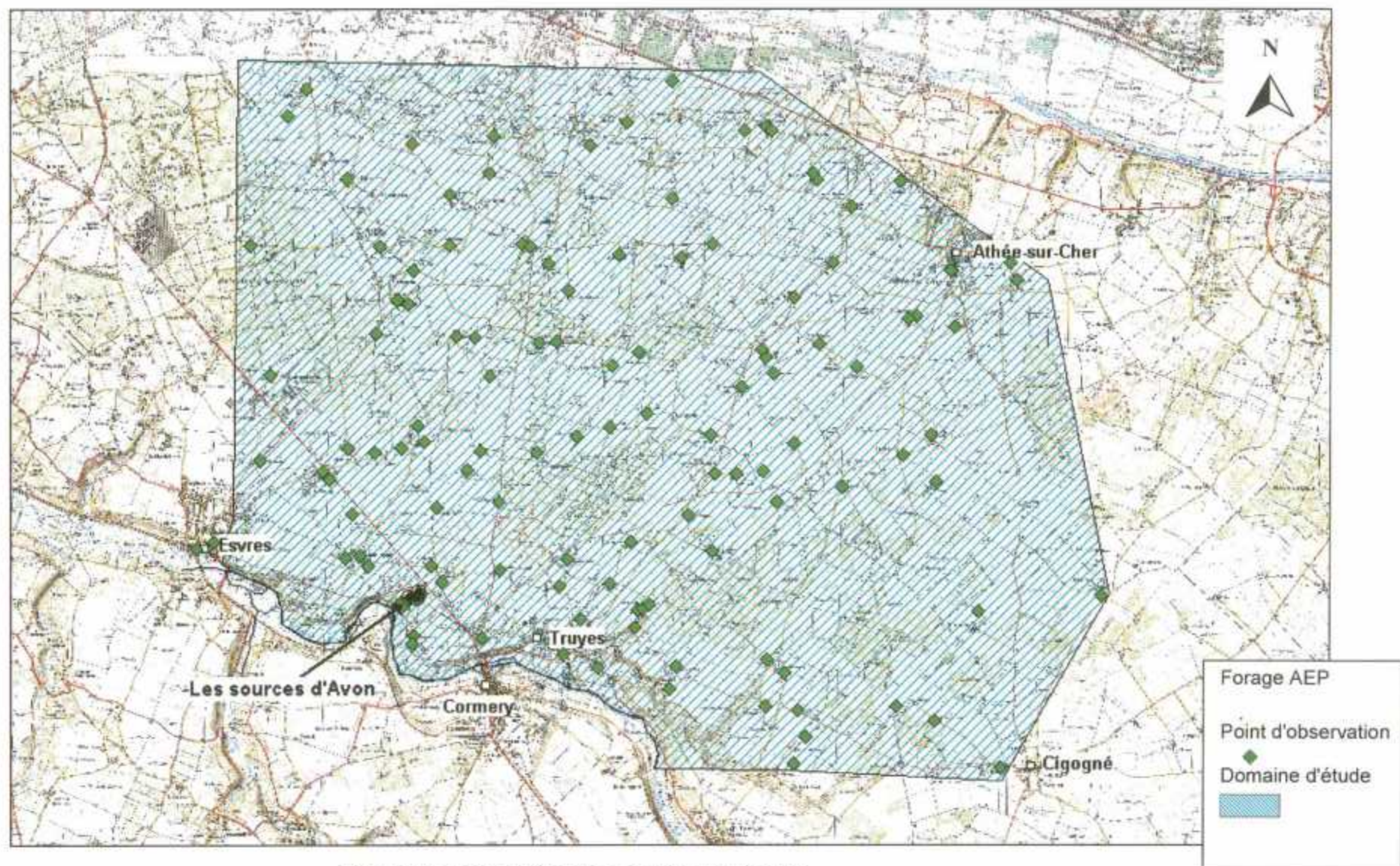


Figure 7 : Localisation des points de mesure

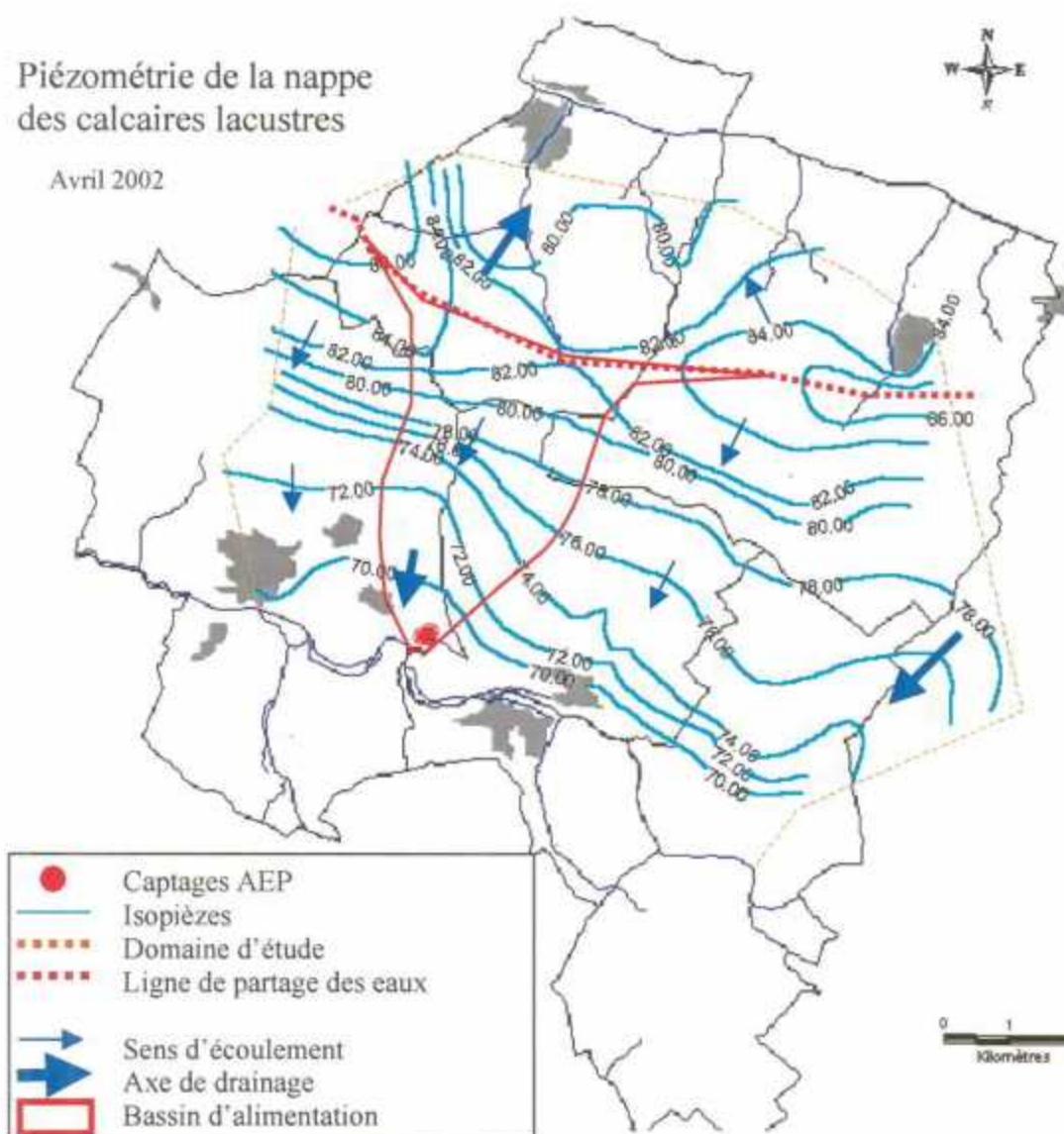


Figure 8 : Campagne piézométrique d'avril 2002 – Tracé manuel
Limites provisoires du bassin versant hydrogéologique des captages du SIPTEC

La crête piézométrique délimite les écoulements souterrains drainés vers le Cher, au Nord, de ceux drainés par l'Indre vers le Sud. La ligne de partage des eaux est globalement parallèle aux deux cours d'eau, mais elle n'est pas située à mi-chemin. La distance de la ligne de partage des eaux souterraines aux cours d'eau est de 5,2 km pour l'Indre et de 3,5 km pour le Cher. Le drainage vers l'Indre est donc plus important que celui vers le Cher en dépit de l'altitude plus basse du Cher par rapport à l'Indre (49 m contre 57 m). Cette dissymétrie s'explique par le pendage des couches (Nord-Sud à cet endroit – bordure Nord de la fosse synclinale).

Par rapport à la ligne de partage des eaux de surface, la ligne de partage des eaux souterraines est décalée vers le Nord d'environ 1 km. Pour schématiser, on pourrait dire que dans cette frange, les ruissellements s'écoulent vers le Cher, tandis que les infiltrations se

dirigent vers l'Indre. Notons que les formations miocènes qui forment la ligne de crête topographique se retrouvent en grande partie dans le bassin de l'Indre.

La forme du bassin versant hydrogéologique dessinée manuellement apparaît nettement différente du bassin topographique, pour les raisons évoquées précédemment. Notons que les deux bassins sont entièrement inclus dans le domaine d'étude. Le bassin versant hydrogéologique est allongé selon une direction NNE-SSW et les écoulements y sont N-S à NE-SW.

La détermination à main levée du bassin est cependant délicate et relativement imprécise, d'autant qu'il faut tenir compte de plusieurs états piézométriques afin d'intégrer les variations saisonnières de la forme du bassin au gré des fluctuations de la nappe. Nous avons donc choisi de préciser cette détermination dans le troisième chapitre en utilisant des méthodes de tracé informatiques. Ce premier tracé est de ce fait qualifié de provisoire.

NB : La carte piézométrique d'avril 2002 a servi de base à une modélisation hydrodynamique dans le cadre d'un mémoire de DEA (RABIER, 2002). L'exercice a montré que les perméabilités n'étaient pas homogènes, mais que l'ensemble des informations recueillies s'avéraient cohérentes puisqu'un bon ajustement entre les données simulées et la piézométrie observée était obtenu. Cette conclusion offre des perspectives intéressantes car à partir d'un modèle bien ajusté, il devient possible de simuler les transferts de polluants divers ou de tester des scénarios de gestion de nappe.

2.3. FLUCTUATIONS PIEZOMETRIQUES

L'analyse des campagnes piézométriques de l'année 2002 met en évidence une période de hautes eaux centrée sur Mars-Avril : Il y a globalement une augmentation du niveau de la nappe entre les mois de février et mars (+ 1,4 m) suivie d'un étal entre Mars et Avril.

La surface de la nappe en hautes eaux se trouve à une profondeur moyenne de 10,3 mètres par rapport au sol, avec des profondeurs maximales sur les points hauts du plateau atteignant 19,9 mètres et, *a contrario*, des zones de sources à proximité desquelles la nappe est peu profonde et la vulnérabilité aux pollutions très importante.

Fin septembre, l'état piézométrique est un état de basses eaux. L'amplitude moyenne de la chute des niveaux piézométriques est de 1,70 m (entre 1 m sur les niveaux de faible altitude à 3,80 m sur certains puits). La profondeur moyenne de la nappe est de 13,2 m et la profondeur maximale atteint 21 m sous le plateau.

Les fluctuations piézométriques interannuelles sont vraisemblablement plus importantes. Le dossier d'étude pour l'établissement des périmètres de protection (Géotherma, 1995) indique que des fluctuations de 3,80 à 4,40 m auraient été observées par le cabinet Pierson. Il n'a pas été possible de retrouver les données sur lesquelles sont basées ces affirmations, ni leur localisation.

Le réseau piézométrique de la région Centre ne dispose pas de piézomètre dans la nappe des calcaires de Touraine. Dans la nappe libre de la craie sous-jacente, les fluctuations saisonnières peuvent atteindre 5 m comme à Athée-sur-Cher (n° BSS : 04883X0081) et 7 m en variations interannuelles.

Les variations saisonnières et interannuelles du niveau de l'eau sont de précieux indicateurs du type de nappe et de ses caractéristiques et il est recommandé d'installer en plusieurs endroits du bassin des points de suivi du niveau de la nappe dans le temps.

3. Affinement du contour du bassin versant hydrogéologique

Les techniques modernes d'interpolation et de traitement des données permettent de lever un certain nombre d'incertitudes sur les tracés manuels des contours de bassin. En effet, un contour correspond à une ligne de partage des eaux qui, dans bien des cas, est difficile à tracer du fait de l'aspect lisse et presque plat de la surface de la nappe. On conçoit aisément le tracé d'un bassin topographique en montagne où les crêtes sont marquées et les thalwegs indiquent les directions d'écoulement. En revanche, en plaine ce tracé est plus délicat. Il en est de même pour les surfaces piézométriques qui présentent des pentes faibles et des crêtes floues.

Afin de s'affranchir de cette difficulté, nous avons procédé par étapes : La première étape, l'élaboration manuelle des cartes piézométriques vient d'être décrite. La deuxième correspond à la transformation numérique de ces cartes. Etant donné le grand nombre de points d'observation recueilli, nous avons choisi d'interpoler ces points plutôt que de numériser les courbes tracées manuellement. Nous nous sommes simplement assurés que la méthode d'interpolation transcrivait correctement les cartes manuelles réalisées avec leur part d'interprétation hydrogéologique. En particulier, le cours de l'Indre a été digitalisé et des valeurs de niveau extrapolées à partir de la station hydrométrique de Cormery avec un gradient du cours d'eau de $0,75 \cdot 10^{-3}$ constituent le niveau de base de la nappe des calcaires sur sa bordure Sud.

L'utilisation d'un outil d'interpolation ne permet évidemment pas de s'affranchir des éventuelles erreurs sur les mesures ou sur les altitudes de référence, mais il permet de dessiner plusieurs cartes de manière homogène et reproductible, en utilisant exactement les mêmes paramètres d'interpolation. Il permet ainsi de s'affranchir des variations liées à des tracés subjectifs ou imprécis. Il permet, en outre, d'obtenir un et un seul tracé de contour de bassin versant alors qu'un dessin manuel ne sera jamais reproduit de manière rigoureusement identique avec le même jeu de données.

La méthode d'interpolation retenue dans le cadre de cette étude est la méthode du krigeage. Elle est largement répandue dans les sciences de la terre et en particulier en hydrogéologie depuis la thèse de Delhomme (1976).

Cette méthode géostatistique requiert une détermination préalable de paramètres par le biais d'une construction graphique appelée variogramme. Sans entrer dans les détails, les données correspondant aux états piézométriques de Février, Mars, Avril, et Septembre 2002 ont été ajustées à des variogrammes linéaires, sans effet de pépité et sans anisotropie (Fig. 9). Ces variogrammes montrent que la variable est continue. La pente de la droite d'ajustement est plus élevée en hautes eaux qu'en basses eaux, ce qui est logique car la variance des données est plus élevée en période de recharge que lorsque la nappe est stabilisée, en situation d'étiage.

Détermination du bassin d'alimentation des captages du SIPTEC aux calcaires de Touraine

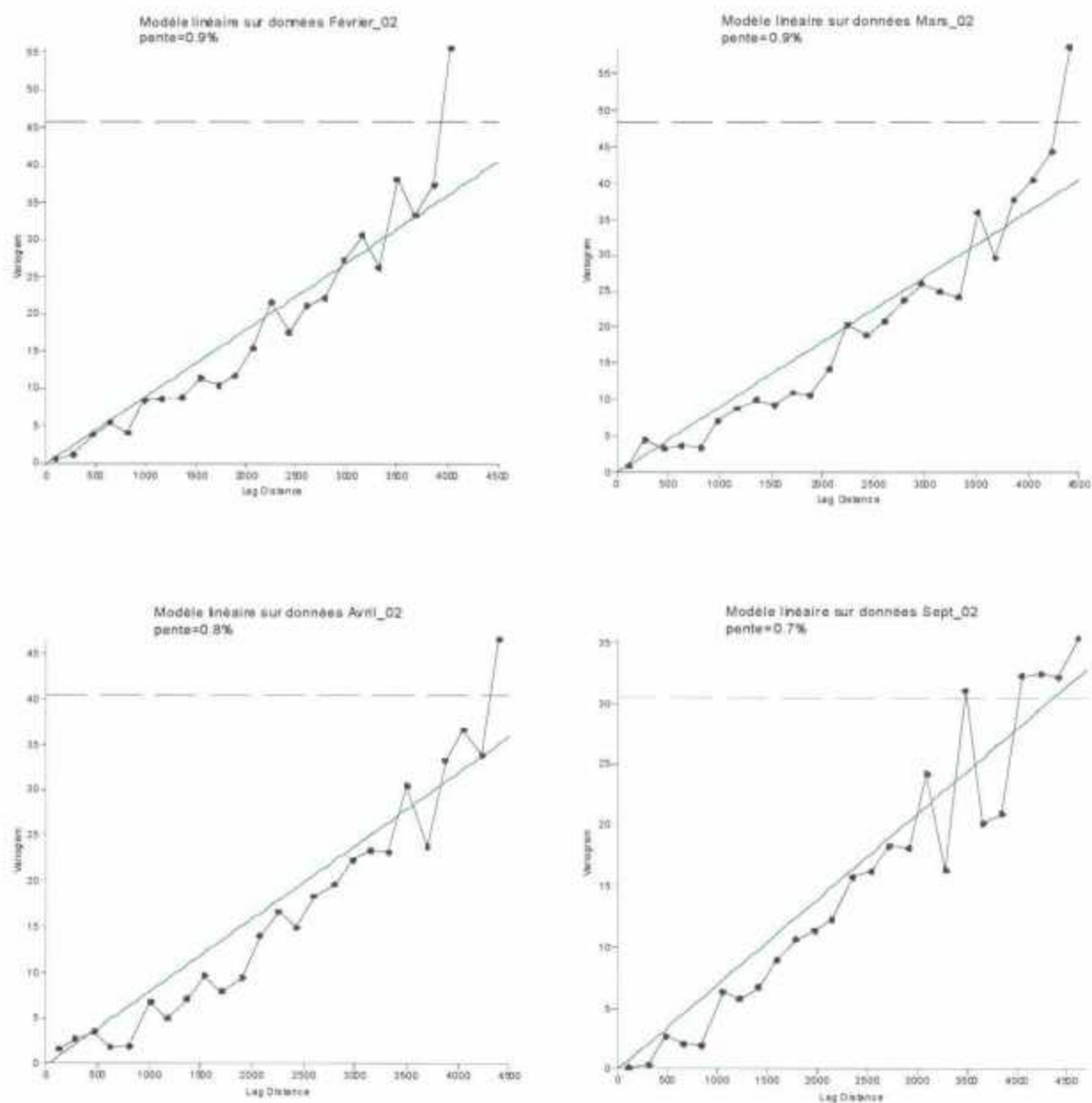


Figure 9 : Variogrammes ajustés aux données observées

A l'aide de ces paramètres d'interpolation les cartes piézométriques ont été dessinées automatiquement. Sur chacune d'elles est superposée le bassin versant hydrogéologique qui lui correspond (Fig. 10).

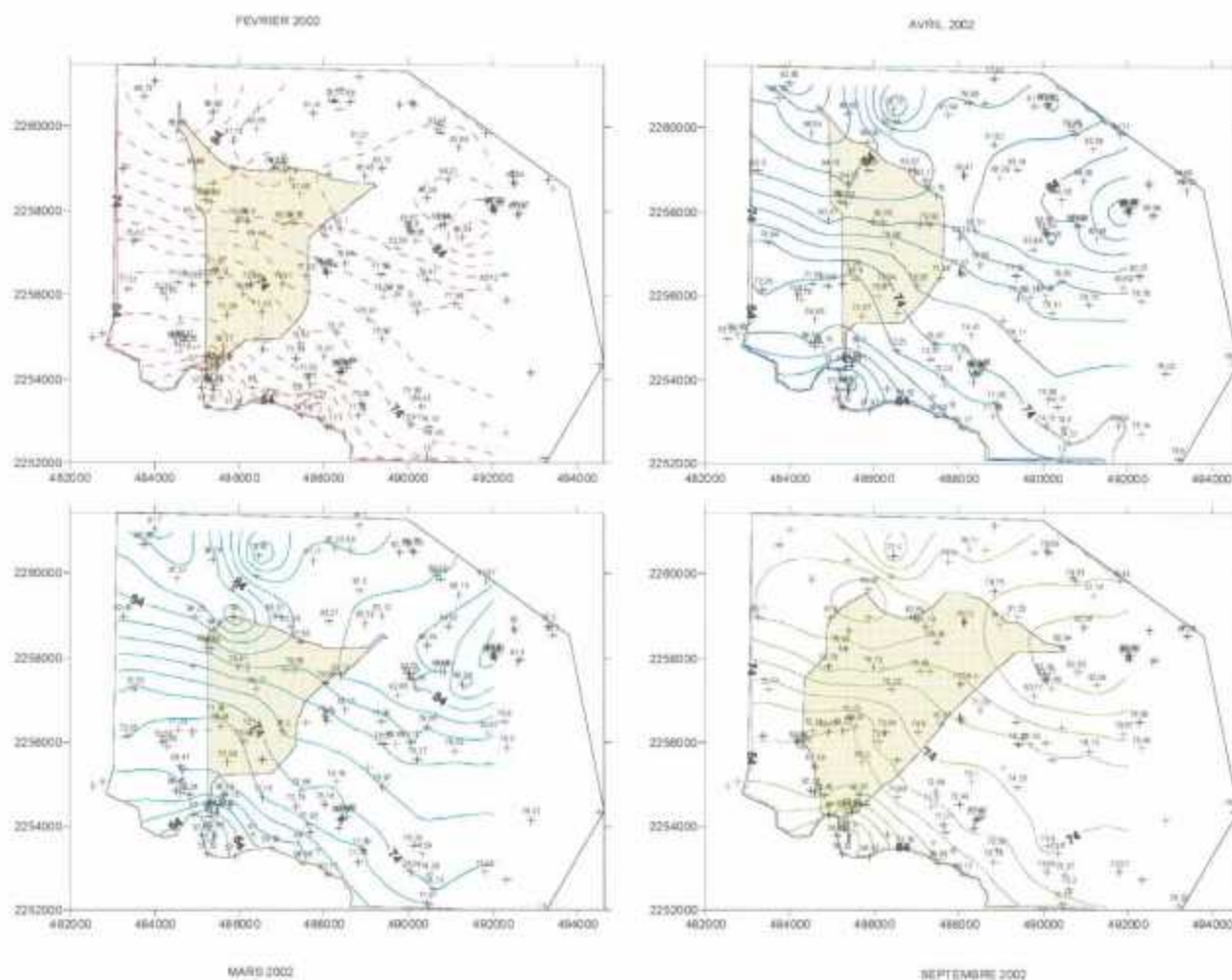
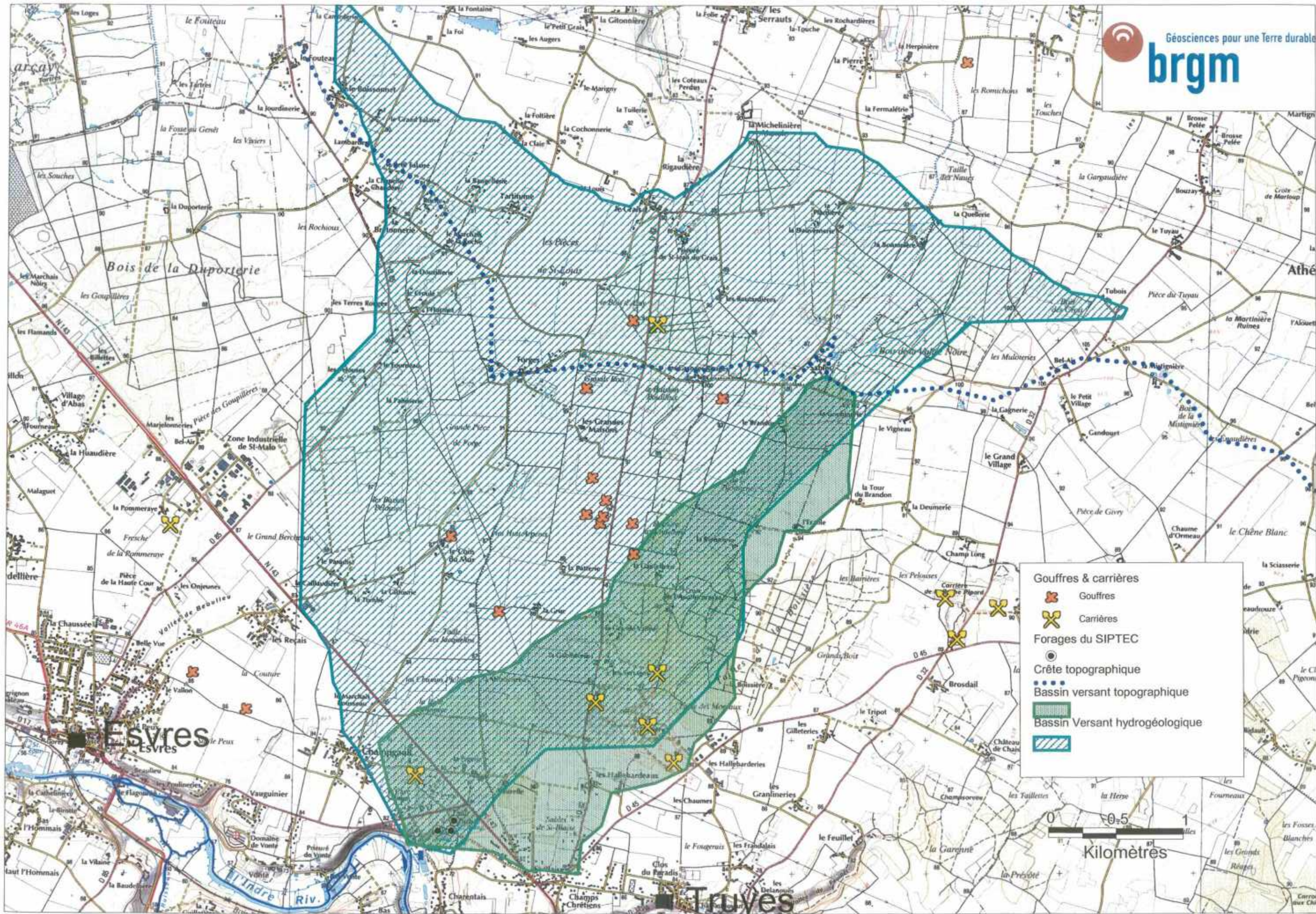


Figure 10 : Cartes piézométriques et bassins associés

L'enveloppe des différents bassins donne le bassin versant hydrogéologique retenu dans cette étude. Il est dessiné sur la figure 11. Le bassin versant topographique lui est superposé. Le bassin souterrain couvre une superficie de 18 km² (contre 4,9 km² pour le bassin superficiel). L'enveloppe représente une surface plus grande que la réalité puisque, à un instant donné, le bassin d'alimentation des captages couvre seulement une partie de la surface dessinée. Notons également que le bassin est confondu avec celui des sources d'Avon, exutoire naturel de la nappe, et qu'il est de ce fait indépendant des débits pompés.

Nous avons ajouté à cette figure la position de gouffres et de carrières observés sur le terrain ou indiqués sur la carte topographique. Il est en effet indispensable de rappeler le caractère karstique de l'aquifère, dont les écoulements au sein de chenaux peuvent parfois être relativement distincts des écoulements généraux. Ainsi, Géotherma (1995) cite un traçage qui aurait eu lieu dans la carrière de Roche-Pipard, sise à 4 km au NE des sources



Gouffres & carrières

- Gouffres
- Carrières

Forages du SIPTEC

- Crête topographique
- Bassin versant topographique
- Bassin Versant hydrogéologique
- Bassin versant hydrogéologique

Figure 1: Bassin versant hydrogéologique des forages du SIPTEC (1/25 000)

4. Conclusion

A partir de quatre campagnes piézométriques correspondant à des états de la nappe différents (hautes eaux et basses eaux), le bassin hydrogéologique qui alimente les captages aux calcaires de Touraine du SIPTEC (Syndicat Intercommunal de Production d'eau de Truyes, Esvres et Cormery, Indre-et-Loire) a été déterminé par une méthode permettant de minimiser les biais et les subjectivités d'une approche manuelle, sans pour autant éliminer le bénéfice analytique de cette approche.

Il a été choisi de dessiner le bassin hydrogéologique correspondant aux écoulements naturels, contrôlés par un exutoire (les sources d'Avon) situé à 200 m des captages du SIPTEC. C'est donc une surface dessinée à partir d'observations de terrain et non un calcul théorique qui est présentée. C'est également une surface plus grande que celle concernée par les seuls captages, ce qui assure un coefficient de sécurité à la zone ainsi proposée.

Le bassin ainsi défini est une enveloppe qui englobe les bassins de basses eaux et de hautes eaux. La surface réelle du bassin d'alimentation des captages est donc une sous-surface qui balaye cette plage au gré des saisons et des intensités de pompages. Du fait de la structure des couches géologiques et de la distribution non homogène des perméabilités, le bassin versant hydrogéologique n'est pas confondu avec le bassin versant topographique. Ce caractère explique également la grande variabilité saisonnière de la forme du bassin hydrogéologique.

Il convient de remarquer que la détermination du bassin d'alimentation des captages n'est qu'une étape dans la délimitation de périmètres de protection. En effet, la surface à considérer pour la protection des captages devra également inclure le bassin topographique qui, par ruissellement, peut amener au droit du bassin hydrogéologique des eaux de qualité non désirée. Enfin, les phénomènes karstiques qui peuvent se surimposer au bassin doivent être précisés.

Bibliographie et documents consultés

- ALCAYDE G., GIGOUT M., 1976. Val de Loire. Masson, 190 p.
- ALCAYDE G., 1995. Définition des périmètres de protection des captages d'eau potable d'Esvres, 13 p.
- ALCAYDE G., 1996. Exploitation des forages au calcaire lacustre du lieu-dit « La Taille de Justice » à Esvres – Notice d'incidence, 8 p.
- BARAN N. 1996. Transit de l'isoproturon et de l'atrazine dans un système hydrologique karstique de la Craie (Gatinais, France). Université d'Orléans, 329 p.
- BANTON O., BANGOY L.M., 1997. Hydrogéologie. Multiscience environnementale des eaux souterraines. Ed. Presses de l'Université du Québec. 460 p.
- BOUTIN J.-D., THOMAS A. 1987. Carte des sols de Bléré. 1/50 000.
- BRGM, 1983. Bassin versant de l'Echandon (37), eaux souterraines et eaux superficielles. Rapport 83 SGN 713 CEN, pp.145.
- BRGM, 1980. Etude hydrogéologique des calcaires lacustres dans la fosse d'Esvres entre le Cher et l'Indre. Rapport 80 SGN 673 CEN, pp. 23.
- BRGM, 1982. Carte géologique de la France à 1/50 000. Bléré. 1923.
- CORNET J., LANDREAU A., PETIT V. 1999. La nomenclature des systèmes aquifères français – Contenu, état d'avancement et publication du référentiel. Rapport BRGM R40354. 80 p.
- DELHOMME J.P., 1972. Application à la théorie des variables régionalisées dans les sciences de l'eau. Thèse de Docteur Ingénieur, Univ. Pierre et Marie Curie, Paris.
- GEOETHERMA, 1995. Dossier d'étude pour l'établissement des périmètres de protection des forages du SIPTEC. 40p.
- GREPPES, 1999. Pré-diagnostic de pollution des eaux par les produits phytosanitaires sur le bassin d'alimentation du captage AEP d'Esvres sur Indre (Indre-et-Loire). 22p.
- I.G.N. Carte IGN. Série Bleue 1/25 000. Veigné. 1923 Ouest.
- I.G.N. Carte IGN. Série Bleue 1/25 000. Bléré. Chenonceaux. 1923 Est.
- LECOINTRE G. 1947. La Touraine. Hermann, Paris, 250 p.
- LECOINTRE G. 1933. La topographie souterraine de la région tourangelle d'après les forages. Carte géologique, bulletin n° 185. p. 306-360.
- LECOINTRE G., MATHIEU G., 1959. Tectonique du sud-ouest du Bassin de Paris. BRGM, publication n° 22. 128 p.

- MOUVET C., ELSASS P., DICTOR M.C., BARAN N., 1999. Devenir des phytosanitaires au-delà de la zone racinaire. BRGM R40928. 96 p.
- PARANTHOINE L., 1996. Etude préalable à la définition des périmètres de protection des captages d'alimentation en eau potable de la ville de Bléré, Rapport ANTEA A07867, 34 p.
- RABIER C., 2002. Mémoire de DEA. Université de Poitiers.
- RASPLUS L., MENILLET F. 2000. Upper Bartonian (Eocene) lacustrine limestone of the Touraine Basin, France. Lack basins through time and space, AAPG Studies in Geology 46, p. 343-348.
- RASPLUS L. 1974. Rapport géologique, Protection des puits AEP de la commune de Cormery. 6 p.
- RASPLUS L. 1974. Rapport géologique, Protection des Sources d'Avon à Esvres. 5 p.
- RASPLUS L. 1976. Rapport géologique, Protection des puits AEP à Esvres. 6 p.
- SAUGRIN T. 1982. Les calcaires lacustres tertiaires de Touraine : sédimentation et diagenèse. Université d'Orléans, 244 p.

ANNEXES

ANNEXE 1 : CAMPAGNES DE MESURES PIEZOMETRIQUES

**ANNEXE 2 : POINTS UTILISES POUR L'ELABORATION AUTOMATIQUE DES
CARTES PIEZOMETRIQUES**

N°	Localisation		Nature	Nappe captée	N° BSS	Lambert			NGF	p/décl	Campagne Février			Campagne Mars			Campagne Avril			Campagne Septembre					
	Lieu-dit	Commune				X	Y	Z			eau/réf	réf/sol	cote	eau/sol	eau/réf	réf/sol	cote	eau/sol	eau/réf	réf/sol	cote	eau/sol	eau/réf	réf/sol	cote
1	Champgault	Esvres (104)	Pcom	calcaires	484500	2254870	84,5	18	14,83	0	69,67	14,83	14,65	0	69,85	14,65	14,44	0	70,06	14,44	15,73	0	67,27	15,73	
2	Champgault	Esvres (104)	Pcom	calcaires	484800	2254760	85		16,8	0,65	68,85	16,15	16,61	0,65	69,04	15,96	16,5	0,65	69,15	15,85	17,2	0,65	67,45	16,55	
3	Champgault	Esvres (104)	Ppart	calcaires	484700	2254890	85		16,56	0,73	69,17	15,83													
4	Champgault	Esvres (104)	Ppart	calcaires	488-2X-0004	484600	2254800	84		16,2	0,34	68,14	15,86												
5	La Figerie	Comery (083)	Pcom	calcaires	488-2X-0064	485600	2254760	84	18	15,15	0,42	69,27	14,73	15,13	0,42	69,29	14,71	15,12	0,42	69,3	14,7	16,75	0,42	67,67	16,33
6	Belle Source	Comery (083)	S	calcaires	488-2X-0093	486300	2253900	67		0	67	0													
7	Source bourg	Truyes	S	calcaires	488-2X-0085	487400	2253600	68		0	66	0													
8	La Cartonnerie	Truyes	Ppart	calcaires	487860	2253420	65		2,55	0,76	63,21	1,79													
9	Les Delanoues	Truyes	Ppart	perchée ?	487670	2253860	80		4,35	0,45	76,1	3,9													
10	Le Feuillet	Truyes	Ppart	calcaires	486380	2254170	84,5	13	11,67	0,43	73,26	11,24	11,2	0,43	73,73	10,77	10,95	0,43	73,98	10,52	12,04	0,43	73,39	11,61	
11	Les Granlineries	Truyes	Pcom	calcaires	488-2X-0076	488020	2254530	87		14,44	0,35	72,91	14,09	14,17	0,35	73,18	13,82	14,02	0,35	73,33	13,67	14,86	0,35	72,49	14,51
12	Les Gillettes	Truyes	Pcom	calcaires	488-2X-0082	486290	2255070	87	15,4	13,59	0,3	73,71	13,29	13,14	0,3	74,16	12,84	12,69	0,3	74,41	12,59	14,2	0,3	73,1	13,9
13	Brosdail	Truyes	Ppart	calcaires	489050	2255420	87		14,5	11,09	0	75,91	11,09												
14	Le Chaix	Truyes	Ppart	calcaires	488-2X-0080	489380	2254950	84,5	13,3	9,58	0,55	75,47	9,03	9,08	0,55	75,97	8,53	8,94	0,55	76,11	8,39	10,8	0,55	74,25	10,25
15	Les Sources d'Avon	Comery (083)	S	calcaires	488-2X-0094	485280	2254220	61		0	61	0													
F2	AEP	Truyes	FAEP	calcaires	485350	2254325	68		4,01	-0,01	63,96	4,02	3,87	-0,01	64,12	3,88	3,8	-0,01	64,19	3,81	4,88	-0,01	63,11	4,89	
16	Les Chaumes	Truyes	Pcom	calcaires	488-2X-0083	487340	2254490	89		16,42	0	72,58	16,42	16,24	0	72,76	16,24	16,13	0	72,67	16,13	17,5	0	71,5	17,5
17	Les Delanoues	Truyes	Pcom	calcaires	487630	2254050	80	9	8,44	0,26	71,82	8,18	8,34	0,26	71,92	8,08	8,23	0,26	72,03	7,97	9,25	0,26	71,01	8,99	
18	La Grue	Truyes	P	calcaires	488-2X-0059	486110	2256020	86	19	11,86	0,5	74,64	11,36	11,46	0,5	75,04	10,96	11,2	0,5	75,3	10,7	13,6	0,5	72,9	13,1
19	La Gauthellerie	Truyes	P	calcaires	488-2X-0058	487040	2256260	89	> 17	13,09	0,26	75,91	13,09	12,8	0,26	76,2	12,6	12,74	0,26	76,26	12,74	14,4	0,26	74,6	14,4
20	Les Grandes Maisons	Truyes	Pcom	calcaires	488-2X-0056	486410	2257200	95,5	27	19,44	0,38	76,44	19,06	19,18	0,45	76,77	18,73	18,99	0,45	76,96	18,54	20,7	0,45	75,25	20,25
21	Les Granges Rouges	Truyes	Pcom	calcaires	488-2X-0022	487075	2257700	98		18,24	0,3	80,06	17,94												
22	Le Croule	Esvres (104)	Pcom	calcaires	488-2X-0023	485200	2258260	89,5		9,26	0,35	80,59	8,91	9	0,35	80,85	8,65	8,75	0,35	81,1	8,4	10,91	0,35	78,94	10,56
23	Le Croule	Esvres (104)	Pcom	calcaires	485330	2258220	90		10,5	0,85	80,55	9,65	10,29	0,85	80,56	9,44	10	0,85	80,85	9,15					
24	La Tombe	Esvres (104)	Pcom	calcaires	488-2X-0047	484900	2256250	86,5	18,6	15,97	0,4	70,93	15,57												
25	La Gittourie	Esvres (104)	Pcom	calcaires	485250	2256300	87		16,43	0,5	71,07	15,93													
26	Le Coin du Mur	Esvres (104)	Pcom	calcaires	488-2X-0053	485450	2256500	86		14,78	0,65	71,87	14,13	14,67	0,65	71,98	14,02	14,37	0,65	72,28	13,72	15,9	0,65	70,75	15,25
27	Le Coin du Mur	Esvres (104)	Pcom	calcaires	488-2X-0052	485550	2256400	86		15,98	0,7	71,12	14,88	15,36	0,7	71,34	14,66	15,1	0,7	71,6	14,4	16,73	0,7	69,97	16,03
28	Les Reçais	Esvres (104)	Pcom	calcaires	488-1X-0020	484300	2255900	85		15,1	0,45	70,35	14,65	14,96	0,45	70,49	14,51	14,67	0,45	70,78	14,22	15,63	0,45	69,82	15,19
29	Les Reçais	Esvres (104)	Pcom	calcaires	488-1X-0018	484200	2256000	84		13,91	0,26	70,35	13,65	13,68	0,26	70,58	13,42	13,34	0,26	70,92	13,08	14,38	0,26	69,88	14,12
30	Les Onieunes	Esvres (104)	Ppart	calcaires	TX	483370	2256150	85		13,97	0,48	71,51	13,49	13,43	0,48	72,05	12,95	13,22	0,48	72,26	12,74	plus			
31	Geay	Courçay	Pcom	calcaires	488-2X-0089	490450	2252150	88	18	16,84	0,84	72	16	16,69	0,5	71,81	16,19	16,5	0,5	72	16	17,73	0,5	70,77	17,23
32	Grand Geay	Courçay	Pcom	calcaires	488-2X-0088	490600	2252500	93	22	19,48	0,53	74,05	18,95	19,4	0,53	74,13	18,87	19,32	0,53	74,21	18,79	20,33	0,53	73,2	19,8
33	Chauvigny	Courçay	Pcom	calcaires	488-2X-0091	490500	2252850	91		17,27	0,45	74,18	16,82	17,16	0,45	74,29	16,71	16,95	0,45	74,5	16,5	18,08	0,45	73,37	17,63
34	La Barrière	Courçay	Pcom	calcaires	490330	2253340	89	16,5	15	0,42	74,42	14,58	14,83	0,42	74,59	14,41	14,65	0,42	74,77	14,23	15,92	0,42	73,5	15,5	
35	La Volandrie	Courçay	Pcom	calcaires	488-2X-0086	491090	2258800	91	19,8	13,42	0,4	77,98	13,02	12,87	0,4	78,53	12,47	12,65	0,4	78,75	12,25	15,25	0,4	76,15	14,85
36	La Sciasserie	Athée/Cher (008)	Pcom	calcaires	488-2X-0045	491900	2256220	93		13,6	0,72	80,12	12,88	13,26	0,72	80,47	12,53	13,03	0,72	80,69	12,31	15,05	0,72	78,67	14,33
37	La Mistignère	Athée/Cher (008)	Pcom	calcaires	488-2X-0013	490775	2257675	99	23,3	15,72	0,66	83,94	15,06	15,71	0,66	83,95	15,05	16,02	0,66	83,64	15,36	17,03	0,66	82,63	16,37
38	Les Enaudières	Athée/Cher (008)	Pcom	calcaires	488-3X-0028	491275	2257375	96	17,5	7,04	0,48	89,44	6,56	7,9	0,48	88,58	7,42	11	0,48	85,46	10,52	13,64	0,48	82,64	13,16
39	Les Pelouses	Esvres (104)	Ppart	calcaires	486-2X-0043	484910	2257820	90,5		10,53	0,14	80,11	10,39												
40	La Bretonnerie	Azay/Cher (015)	Pcom	calcaires	488-2X-006	484970	2258970	90		6,89	0,35	83,66	6,34	6,1	0,35	84,25	5,75	6,17	0,35	84,18	5,62	8,75	0,35	81,6	8,4
F3	AEP	Truyes	FAEP	calcaires	485475	2254400	72		6,11	-1,34	64,15	7,85	6,13	-1,34	64,53	7,47	6,03	-1,34	64,63	7,37	7,27	-1,34	63,39	6,61	
F1	AEP	Truyes	FAEP	calcaires	485460	2254325	74		9,13	0,01	64,88	9,12	8,93	0,01	65,08	8,92	8,92	0,01	65,09	8,91	10,05	0,01	63,96	10,04	
41	Le Feuillet	Truyes	Ppart	calcaires	488-2X-0079	488400	2254150	84		11,55	0,45	72,9	11,1												
42	Le Grand Village	Athée/Cher (008)	Pcom	calcaires	488-2X-0015	489760	2257125	96,5	21,2	14,3	0,36	82,56	13,94	14	0,36	82,86	13,64	13,89	0,36	82,98	13,52	16,09	0,36	80,77	15,73
43	Bel Air	Truyes	Pcom	calcaires	488-2X-0070	490020	2257620	99		15,93	0,5	83,57	15,43	15,95	0,5	83,55	15,45	15,85	0,5	83,65	15,35	17,36	0,5	82,14	16,86
44	Le Petit Village	Truyes	Pcom	calcaires	488-2X-0071	490080	2257500	95,5	17	11,7	0	83,8	11,7	11,59	0	83,91	11,59	11,56	0	83,94	11,56	13,23	0	82,27	13,23
45	Grandouet	Truyes	P	calcaires	488-2X-0072	490180	2257300	94		10,72	0,37	83,65	10,35	10,21	0,37	84,16	9,84	10,19	0,37	84,18	9,82	12,89	0,37	81,48	12,52

X	Y	Février 02	Mars 02	Avril 02	Sept 02	N°
484500	2254870	69,67	69,85	70,06	68,77	1
484800	2254760	68,85	69,04	69,15	68,45	2
484700	2254890	69,17				3
485640	2254760	69,27	69,29	69,3	67,67	5
486300	2253800	67	67			6
487400	2253600	68	68			7
487860	2253420	63,21				8
488380	2254170	73,76	74,23	74,48	73,39	10
488020	2254530	72,91	73,18	73,33	72,49	11
488290	2255070	73,71	74,16	74,41	73,1	12
489050	2255420	75,91				13
489380	2254950	75,47	75,97	76,11	74,25	14
485280	2254220	61	61			15
485350	2254325	63,98	64,12	64,19	63,11	F2
487340	2254490	72,58	72,76	72,87	71,5	16
487630	2254050	71,82	71,92	72,03	71,01	17
486110	2256020				72,9	18
487040	2256260	75,91	76,2	76,26	74,6	19
486410	2257260	76,44	76,77	76,96	75,25	20
487075	2257700	80,06			76,92	21
485200	2258260	80,59	80,85	81,1	78,94	22
485330	2258220	80,35	80,56	80,85		23
484900	2256250	70,93		71,45	69,91	24
485250	2256300	71,07			70,02	25
485450	2256600	71,87	71,98	72,28	70,75	26
485550	2256400	71,12	71,34	71,6	69,97	27
484300	2255900	70,35	70,49	70,78	69,82	28
484200	2256000	70,35	70,58	70,92	69,88	29
483370	2256150	71,51	72,05	72,26		30
490450	2252150	72	71,81	72	70,77	31
490600	2252500	74,05	74,13	74,21	73,2	32
490500	2252850	74,18	74,29	74,5	73,37	33
490330	2253340	74,42	74,59	74,77	73,5	34
491090	2255800	77,98	78,53	78,75	76,15	35
491900	2256220	80,12	80,47	80,69	78,67	36
490775	2257675	83,94	83,95	83,64	82,63	37
491275	2257375	89,44	88,58	85,48	82,84	38
484910	2257820	80,11		80,57	78,78	39
484970	2258970	83,66	84,25	84,18	81,6	40
485475	2254400	64,15	64,53	64,63	63,39	F3
485450	2254325	64,88	65,08	65,09	63,96	F1
489760	2257125	82,56	82,86	82,98	80,77	42
490020	2257620	83,57	83,55	83,65	82,14	43
490080	2257500	83,8	83,91	83,94	82,27	44
490180	2257300	83,65	84,16	84,18	81,48	45
490450	2256370	79,41	79,88	79,95		46
488050	2257400	79,8	79,99	79,28	77,59	47
486850	2259000	83,13	83,31	83,67		48
484530	2259870	86,82	87,37	86,54		49
483740	2260690	86,73	86,88	86,25		50
485380	2260320	86,63	86,78	86,45		51
487750	2260300	81,41	81,71	81,94	79,8	52
488250	2260600	79,55	80,23	79,98	76,71	53
488975	2258825	83,45	83,53	83,29	81,11	55
489375	2259000	83,12	83,12	83,14	81,52	56

X	Y	Février 02	Mars 02	Avril 02	Sept 02	N°
485710	2255530	70,28	70,38	70,67	69,2	57
486290	2256270	72,99	73,14	73,54	72,54	58
486210	2257775	79,8		80,55		59
485970	2257780	79,65	79,81		78,73	60
486950	2258970	82,09			80,89	61
485880	2259660	81,75		85,08	84,08	62
486410	2259940	80,65		80,94		63
487460	2258380	81,45	81,63	81,76	79,95	64
488400	2257575	82,1	82,12	82,31		65
487450	2254850	73,67	73,88	73,97	72,88	66
486550	2254700	71,91	72,15	72,25	70,89	67
486540	2255600	71,93				68
485400	2253840	59,53	59,68	59,67	58,5	69
488450	2254200				73,41	70
488550	2254250	73,39	73,69	73,93		71
488510	2256770	78,64	79,15	79,35	77,03	72
488010	2256590	76,95	77,2	77,37		73
487580	2256460	77,03		77,38	75,57	76
489350	2256490	78,59	78,96	78,67		77
490450	2258300	84,29	84,39	84,58	82,94	78
490950	2258750	84,21	84,55	84,59	82,54	79
492070	2258060	87,32	88,21	85,95	82,12	82
492580	2257920	87,26	87,3	86,64		85
483520	2257270	73,42	73,55	73,64	72,77	86
484550	2256300	71,08	71,25	71,62	70,22	87
485390	2253740	58,63		63		88
491200	2259500	82,84	83,13	83,38	81,14	89
490750	2259850	82	82,17	81,9	79,63	90
490690	2259930	82,17	82,27	81,96		91
492520	2258660	80,24				92
488850	2259600	81,21	81,5	81,62	79,75	94
487210	2258740	81,9	82,09	82,17	80,14	95
487310	2257710	79,56	79,63	79,82		96
488890	2253440	71,56	71,69	71,85	70,66	97
490070	2252900	73,91	74,04	74,15	73,05	98
488810	2253140	71,62	71,78	71,88	70,78	99
490100	2253520	75,56	75,74	75,89	74,6	100
489690	2255980	77,68	78,81	78,33	76,09	101
489400	2255965	77,79	78,05	77,62	75,32	102
490210	2255600	78	78,27	78,31		103
490050	2256000		80,12	79,92		103b
492325	2255875		78,5	78,76	76,64	104
492270	2256490		79,9	80,27	78,59	105
490140	2260510		79,82	79,45	78,69	106
490075	2260560		81,73	80,61		107
489800	2260500		80,75	81,5		107b
486460	2260430		73,92	73,75	72,5	108
491970	2258020		88,56	90,5		109
483250	2258980		82,45	82,3	80,1	110
485780	2254540		67,15			111
484000	2261050		91,7	92,85		112
492900	2254150		76,07	76,02		113
491800	2252900		73,65	73,59	72,07	114
488850	2261150		78,1	77,83		114b
484600	2255440		69,97	70,16	69,27	115

X	Y	Février_02	Mars_02	Avril_02	Sept_02	N°
491850	2259825		82,87	82,71	79,93	116
493410	2258525		88,3	88,52	87,03	117
488130	2258870		80,27	80,47	78,72	118
485410	2258660		84,2	84,13		119
493320	2258750		97,5	88,68		124
485880	2258980		90	82,83		123
494520	2254360			78,62	76,82	125
493200	2252100			78,6	76,22	126
492320	2252710			75,14		127
482530	2254980			63,21		128
482760	2255080			69,96		129
488350	2253950					130
484920	2254300	57,00	57,00	57,00	56,00	104
485110	2253780	57,14	57,14	57,14	56,14	105
485240	2253340	57,24	57,24	57,24	56,24	106
485890	2253270	57,73	57,73	57,73	56,73	107
486740	2253480	58,37	58,37	58,37	57,37	108
487500	2253120	58,94	58,94	58,94	57,94	109
488090	2252850	59,38	59,38	59,38	58,38	110
488532,5	2252539,9	59,71	59,71	59,71	58,71	111
488607,4	2252041	59,77	59,77	59,77	58,77	112
488692,8	2251562	59,83	59,83	59,83	58,83	113
488845,1	2251147	59,94	59,94	59,94	58,94	114
489008,9	2250797,3	60,07	60,07	60,07	59,07	115
484508,9	2253939,2	56,69	56,69	56,69	55,69	116
484237,3	2253738,4	56,49	56,49	56,49	55,49	117
483693	2253980,1	56,08	56,08	56,08	55,08	118
483606,3	2254403,8	56,01	56,01	56,01	55,01	119
482982,4	2254692,2	55,55	55,55	55,55	54,55	120
482322,7	2254735,2	55,05	55,05	55,05	54,05	121
481848,6	2254960,3	54,70	54,70	54,70	53,70	122
482016,8	2254811,4	54,82	54,82	54,82	53,82	123
482156	2254718,2	54,93	54,93	54,93	53,93	124
482498,5	2254701,6	55,18	55,18	55,18	54,18	125
482710,9	2254727,6	55,34	55,34	55,34	54,34	126
482882	2254714,2	55,47	55,47	55,47	54,47	127
483152,9	2254648,8	55,67	55,67	55,67	54,67	128
483272,5	2254586,1	55,76	55,76	55,76	54,76	129
483402,5	2254533,4	55,86	55,86	55,86	54,86	130
483522,4	2254480,8	55,95	55,95	55,95	54,95	131
483617,9	2254237,7	56,02	56,02	56,02	55,02	132
483675,3	2254096	56,07	56,07	56,07	55,07	133
483812,3	2253902,4	56,17	56,17	56,17	55,17	134
483951,6	2253819,3	56,27	56,27	56,27	55,27	135
484091,4	2253756,3	56,38	56,38	56,38	55,38	136
484352,5	2253701	56,57	56,57	56,57	55,57	137
484463,8	2253719	56,66	56,66	56,66	55,66	138
484506,2	2253808,5	56,69	56,69	56,69	55,69	139
484590,9	2253997,9	56,75	56,75	56,75	55,75	140
484684,1	2254106,7	56,82	56,82	56,82	55,82	141
484736,2	2254186	56,86	56,86	56,86	55,86	142
484828,4	2254254,6	56,93	56,93	56,93	55,93	143
485040,2	2254250,4	57,09	57,09	57,09	56,09	144
485104	2253937,8	57,14	57,14	57,14	56,14	145
485106,6	2254058,3	57,14	57,14	57,14	56,14	146

X	Y	Février_02	Mars_02	Avril_02	Sept_02	N°
485117,3	2253625,9	57,15	57,15	57,15	56,15	147
485118,9	2254158,6	57,15	57,15	57,15	56,15	148
485174,3	2253464	57,19	57,19	57,19	56,19	149
485472,1	2253247,3	57,41	57,41	57,41	56,41	150
485693,9	2253242,9	57,58	57,58	57,58	56,58	151
486222	2253413,6	57,98	57,98	57,98	56,98	152
486524,8	2253428	58,20	58,20	58,20	57,20	153
487107,4	2253316,1	58,64	58,64	58,64	57,64	154
487827,5	2253040,9	59,18	59,18	59,18	58,18	155
488315,7	2252770,2	59,55	59,55	59,55	58,55	156
488637	2251779,2	59,79	59,79	59,79	58,79	157
488648,8	2252321,6	59,80	59,80	59,80	58,80	158



Centre scientifique et technique
Service Eau
3, avenue Claude-Guillemin
BP 6009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France – Tél. : 33 (0)2 38 64 34 34