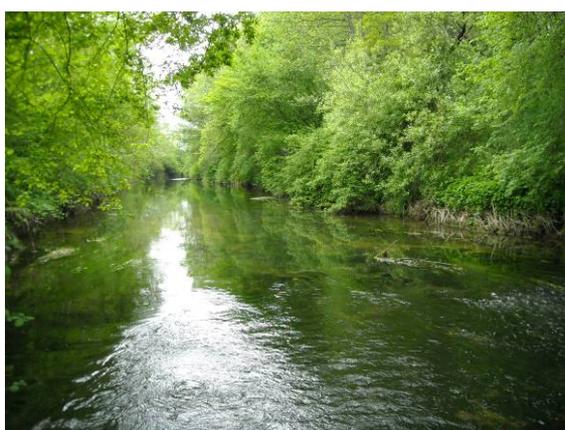


SYNDICAT DU BASSIN DE LA VOUGE

ETUDE DES VOLUMES PRELEVABLES SUR LE BASSIN VERSANT DE LA VOUGE

Phase 3 : Impact des prélèvements et quantification des ressources existantes – Analyse spécifique pour la Nappe de la Bière



*Rapport définitif
Décembre 2011*

Ph3_V_Biere_PG.doc

BRL
Ingénierie



Projet cofinancé par l'Union Européenne.
L'Europe s'engage avec le Fonds européen de développement régional.



ÉTUDE DES VOLUMES PRELEVABLES DE LA NAPPE DE LA BIETRE (PHASE 3)

PREAMBULE.....	1
1. INTRODUCTION	3
1.1 Contexte de la mission	3
1.2 Contenu du rapport	3
1.3 Généralités sur la méthode proposée	3
2. ELEMENTS D'ANALYSE	5
2.1 Contexte géologique	5
2.1.1 Structure géologique à grande échelle	5
2.1.2 Stratigraphie	7
2.1.3 Etudes techniques	9
2.2 Contexte hydrogéologique	10
2.2.1 Etudes diverses	10
2.2.2 Base de Données du Sous-Sol :	25
2.3 Données disponibles	26
2.3.1 Données acquises dans le cadre de l'étude	26
2.3.2 Données de climatologie	30
2.3.3 Données piézométriques	38
3. SYNTHÈSE	39
3.1 Avis sommaire sur l'étendue des connaissances	39
3.1.1 Éléments certains	39
3.1.2 Éléments incertains	39
3.1.3 Recommandations	40
3.2 Implications pour l'étude volume prélevables	42
3.2.1 Interactions eaux souterraines et eaux de surface	42
3.2.2 Proposition de bilan	44
3.2.3 Gestion de la nappe	47
4. REFERENCES DOCUMENTAIRES	49

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Géologie simplifiée du bassin versant de la Vouge (d'après Chambre d'Agriculture, 1994).....	6
Figure 2 : Altimétrie du bassin versant de la Vouge (d'après Cabinet Merlin 2009, source SBVV).....	7
Figure 3 : Extrait de la carte géologique au 1 : 50 000 de Seurre.....	8
Figure 4 : Coupe schématique des formations géologiques (d'après Clair, 1982).	9
Figure 5 : Schéma géologique et structural (d'après Clair, 1982).	11
Figure 6 : Carte piézométrique de la Bièvre en avril 1999 (d'après Gaucher, 2000).....	12
Figure 7 : Evolution des concentrations en pesticides totaux retrouvés dans la Vouge à Aubigny en Plaine (d'après FREDON, 2007).	14
Figure 8 : Evolution des concentrations en pesticides totaux retrouvés dans la Vouge à Esbarres (d'après FREDON, 2007).	15
Figure 9 : Piézométrie de la nappe alluviale du secteur des bassins des anciennes sucreries, en date du 2 octobre 2009.....	18
Figure 10 : Piézométrie de la nappe alluviale du secteur des carrières GMS en date du 27 et 28 mars 2003.....	20
Figure 11 : Profil géologique schématique (d'après ANTEA, 2010).....	22
Figure 12 : Carte piézométrique locale (d'après ANTEA, 2010).	23
Figure 13 : Coupe géologique schématique (TAUW France, 2010).	24
Figure 14 : Principe de la mesure de la cote NGF d'un cours d'eau.....	26
Figure 15 : Moyennes mensuelles de débit en m ³ /s de la Bièvre, enregistrées à la station de Brazey en Plaine (source : Banque Hydro).....	28
Figure 16 : Position des mesures de jaugeage (campagne 2010).....	29
Figure 17 : Estimation de volumes ruisselés en cumulé mensuel sur le bassin versant de la Bièvre (de janvier 1999 à septembre 2003).	31
Figure 18 : Bilan semestriel des débits transitant sur le bassin versant de la Bièvre (en million de m ³).	32
Figure 19 : Effets théoriques d'un plan d'eau dans un matériau homogène	35
Figure 20 : Impact du colmatage des berges	36
Figure 21 : Exemple de photographies aériennes ; gravières de Rouvres en Plaine	37
Figure 22 : Proposition de secteurs pour l'implantation des piézomètres.....	41
Figure 23 : Relations possibles entre cours d'eau et nappe.	42
Figure 24 : Schéma conceptuel de la nappe de la Bièvre.....	47

PREAMBULE

Le syndicat du bassin versant de la Vouge a confié à BRL *Ingénierie* l'étude de détermination des volumes prélevables sur le bassin versant de la Vouge et dans la nappe de Dijon Sud.

Ces études ont plusieurs enjeux :

- ▶ Un enjeu environnemental : La garantie du bon état des cours d'eau du bassin versant en application de la Directive Cadre sur l'Eau.

Pratiquement l'étude doit en effet déterminer, en différents points du bassin, les débits minimums au-dessus desquels il est nécessaire de rester pour garantir le bon état des écosystèmes aquatiques :

- Quels débits minimums sont nécessaires pour garantir le bon état écologique des cours d'eau du bassin de la Vouge ?

La connaissance de ces limites permet d'aborder également le degré de pression des prélèvements actuels. Ce sujet recouvre plusieurs questions :

- La ressource en eau disponible permet-elle de satisfaire les besoins en eau dans le bassin tout en garantissant le respect des débits minimums ?
- Si il y a des déficits, à quoi sont ils liés ? Au fait qu'il y a trop de surfaces irriguées ? Au fait que les techniques et les modes de gestion employés conduisent à consommer trop d'eau et/ou à court-circuiter des tronçons de cours d'eau ?

Au final, il s'agira de dresser les limites de prélèvements acceptables dans les différents hydro systèmes, et pour les différentes périodes de l'année, au regard des contraintes environnementales qui auront été décidées.

- ▶ Un enjeu économique : L'irrigation joue un fort rôle dans l'économie des exploitations agricoles. Les cultures irriguées ont généralement une rentabilité supérieure aux cultures en sec et permettent d'assurer un meilleur revenu aux exploitant. Pour certaines cultures, l'irrigation permet également une assurance de récolte les années les plus sèches.
- ▶ Un enjeu pour l'alimentation en eau potable actuelle et future : avec l'identification de ressources stratégiques au niveau de la nappe de Dijon Sud.

Les deux études sont chacune divisée comme suit :

- ▶ Phase 1 : Caractérisation des sous bassins et aquifères et recueil de données complémentaires
- ▶ Phase 2 : Bilan des prélèvements existants, analyse de l'évolution
- ▶ Phase 3 : Impact des prélèvements et quantification des ressources existantes
- ▶ Phase 4 : Détermination des débits minimums biologiques et des objectifs de niveau de nappe
- ▶ Phase 5 : Détermination des volumes prélevables et des Débits d'Objectif d'étiage
- ▶ Phase 6 : Proposition de répartition des volumes entre les usages et proposition de périmètre d'organisme unique

Le présent rapport présente la phase 3 de l'étude des volumes prélevables de la nappe de la Bièvre.

Son rédacteur principal est l'expert hydrogéologue Pascal Féart de la société HYDROFIS.

1. INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE DE LA MISSION

Avec la nappe de Dijon Sud, la nappe de la Bièvre forme la seule unité hydrogéologique de taille importante sur le bassin versant de la Vouge. A ce titre, c'est une nappe qui a fait l'objet de nombreuses études et investigations.

L'objectif du présent rapport est de faire un état des lieux des connaissances acquises sur la nappe puis de proposer une analyse critique de ces connaissances dans le cadre d'une étude visant à définir les volumes prélevables.

1.2 CONTENU DU RAPPORT

Le présent rapport correspond à un rapport technique intermédiaire.

Dans un premier temps, les éléments qui vont expliquer la structure de l'unité aquifère et son comportement hydrogéologique à grande échelle, sont présentés :

- ▶ Principales caractéristiques sédimentaires de la formation aquifère.
- ▶ Définition des limites et du volume de l'unité aquifère.
- ▶ Nature des encaissants et possibilité d'échanges de fluides entre les unités aquifères.
- ▶ Première analyse des interactions potentielles entre les eaux superficielles et les eaux souterraines.
- ▶ Surface du bassin d'alimentation.
- ▶ Surface piézométrique de l'unité aquifère : pente sens et vitesse d'écoulement locales et à petite échelle.

Pour finir, nous proposons une approche de type bilan sur cette nappe.

1.3 GENERALITES SUR LA METHODE PROPOSEE

HYDROFIS est un bureau d'étude spécialisé en hydrogéologie, et plus particulièrement sur les milieux fissurés. La mission a donc été réalisée en respectant les règles de l'Art de la profession.

Nous avons développé à cet effet les moyens suivants, selon les règles de l'Art :

- ▶ Collecte auprès des administrations compétentes, analyse et synthèse des données documentaires et informations d'ordre hydrogéologique (Mairies, DIREN, DRIRE,...).
- ▶ Exploitation des données de la BDSS du BRGM pour recueillir un maximum de points de mesure des paramètres hydrodynamiques.
- ▶ Missions de reconnaissance sommaire sur le terrain pour appréhender correctement les limites des systèmes hydrauliques (état de surface des aquifères, degré de colmatage des berges du réseau hydrographique,...).

2. ELEMENTS D'ANALYSE

2.1 CONTEXTE GEOLOGIQUE

2.1.1 Structure géologique à grande échelle

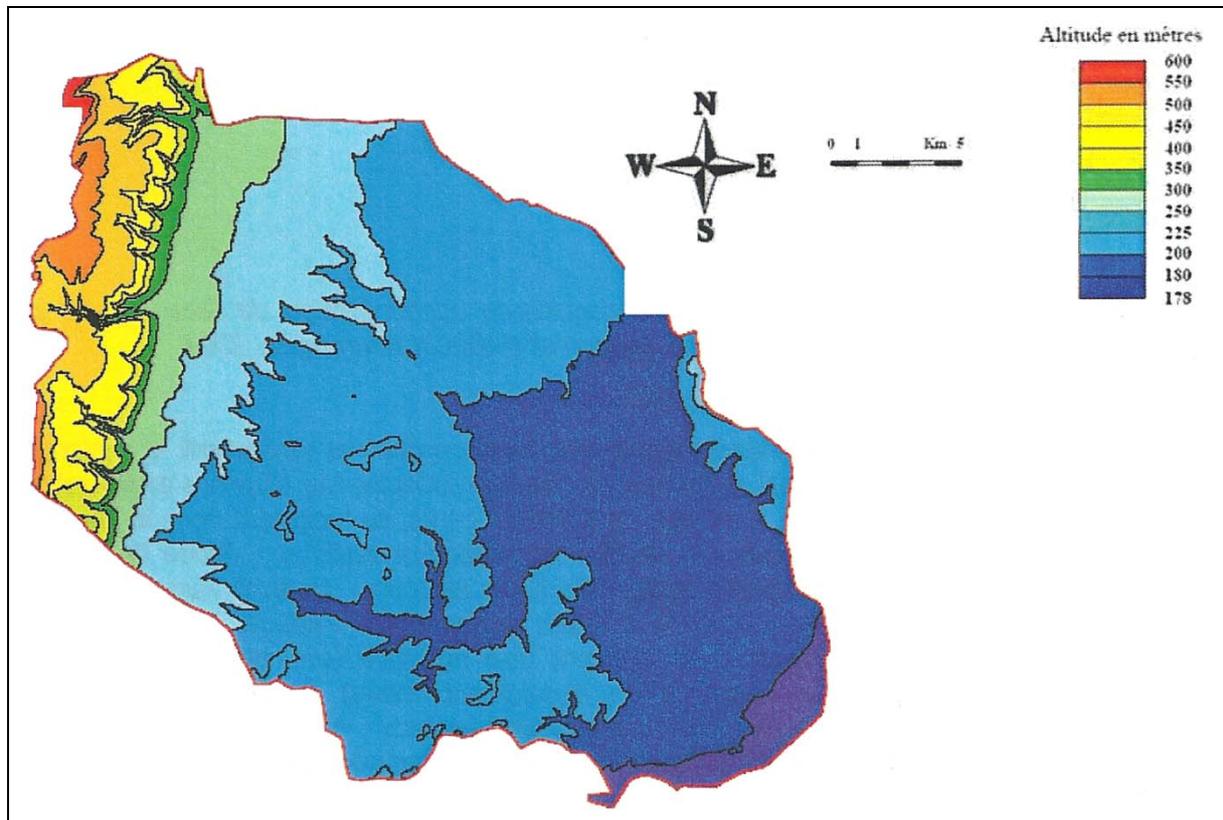
Rat et al. (1989) proposent une synthèse pertinente sur l'histoire tectonique du secteur d'étude.

- ▶ Genèse du soubassement hercynien. Principalement anté carbonifère, cette phase est reliée à la structuration du socle lors de l'orogénèse hercynienne. Notons qu'il semblerait que l'aire positive de Bourgogne est attestée depuis le Permien, ce qui montre que les structures héritées de cette phase vont guider les déformations postérieures.
- ▶ Phase de sédimentation mésozoïque. On observe un cycle de dépôts de type mer épicontinentale depuis le Trias moyen jusqu'au Jurassique final. L'épaisseur des dépôts est de l'ordre de 1000 mètres. La régression purbeckienne fini jurassique est suivie d'une période d'émersion. La mer revient au Valanginien pour une durée très courte de 8 Ma au maximum. La mer ne reviendra qu'à l'Albien-Cénomanién pour des dépôts de sables verts, surmontés d'argiles et de dépôts crayeux.
- ▶ Phase d'érosion de l'Eocène inférieur. Cette phase a vu l'ablation et le démantèlement de tout ou partie de la sédimentation crétacée. Cette érosion n'est pas la conséquence d'un simple soulèvement mais résulte d'une phase de déformation tectonique, probablement la compression pyrénéo-provençale.
- ▶ Phase de distension Oligocène. Elle voit la mise en place du fossé bressan, qui s'est affaissé et fragmenté suivant un jeu complexe de failles. La direction d'extension varie entre N110 et N130. A cette époque, le fossé était une zone basse et mobile, avec des étendues lacustres et des cours d'eau divagant. Près de Beaune, l'accumulation sédimentaire est estimée à 700 m.
- ▶ Phase de lacune sédimentaire du Miocène et du Pliocène. Elle est interprétée comme une phase de calme tectonique ; les reliefs ont été nivelés et aplanis. Durant cette phase, il est probable que les structures aient été affectées par l'épisode compressif jurassien fin miocène. La direction de compression variait alors entre N115 et N135 et elle a fait rejouer en décrochement nombre de failles. Elle expliquerait le bombement actuel du seuil de Bourgogne. La compression s'est manifestée encore par des structures anticlinales et synclinales discrètes : Dijonnais, plateaux de Vesoul, vallée de l'Ognon.
- ▶ Phase d'affaissement plio-pléistocène du fossé bressan. Les structures sont reprises en distension ; les dépôts sont fluviatiles ou palustres. Les apports sédimentaires se font au droit des cours d'eau et leur épaisseur est très variable. L'affaissement a été inégal : il a atteint 300 m dans le secteur de Beaune.
- ▶ Phase de dépôts quaternaires. Dans le secteur d'étude, elle concerne les dépôts les plus récents, de type fluviatile. Cette séquence sédimentaire est marquée par une migration vers l'Est des principaux cours d'eau comme l'a démontré Petit (1993). C'est aussi le cas de la paléo-Ouche, initialement installée dans le sillon sédimentaire de Dijon Sud, qui va migrer au droit de la plaine de la Bièvre avant de s'installer selon sa configuration actuelle. On a ainsi sous la plaine de la Bièvre, un corps sédimentaire constitué principalement par les apports de l'Ouche.

Dans la plaine de la Bièvre, on retiendra une structure sédimentaire simple à grande échelle avec des dépôts quaternaires en recouvrement d'un substratum soit oligocène soit plio-pléistocène.

La figure ci-dessous illustre cette particularité géomorphologique de la nappe de la Bièvre ; elle est située en position basse dans le bassin versant.

Figure 2 : Altimétrie du bassin versant de la Vouge (d'après Cabinet Merlin 2009, source SBVV).



Notons que la Bièvre prend source dans le Château de Marliens.

2.1.2 Stratigraphie

La stratigraphie des séries est bien décrite à l'échelle du secteur d'étude (Rémond et al. 1972; Clair, 1982; Fleury et al., 1982).

On trouve comme formations formant le substratum des séries aquifères :

- ▶ Oligocène indifférencié. Il s'agit de séries détritiques variant de marnes à des niveaux de calcaires marneux.
- ▶ Villafranchien inférieur indifférencié. Il s'agit généralement d'argiles plus ou moins marneuses à passées ligniteuses de couleur allant du bleu pastel au gris noirâtre, ou argilo-limoneux de teinte ocre. Ces séries reposent sur l'Oligocène qui a été localement profondément érodé (paléo vallées de l'Ouche et la Tille). Localement, sur la plateau occupé par la forêt de Cîteaux (altitude moyenne autour de 225 m NGF), on observe des faciès de type sableux ou sablo argileux sur les marnes de Bresse. Il s'agirait de la phase terminale de sédimentation des marnes du Villafranchien. Ces sables sont globalement puissants de 1 à 4 mètres, recouverts par une couverture limoneuse de 3 à 6 mètres d'épaisseur. On retiendra que les faciès sableux se rencontrent vers 220 m NGF.
- ▶ Villafranchien moyen à supérieur. Ces séries sont composées de graviers ou sables grossiers, de silts et sables carbonatés. Il s'agit de dépôts emboîtés dans les formations du Villafranchien inférieur.

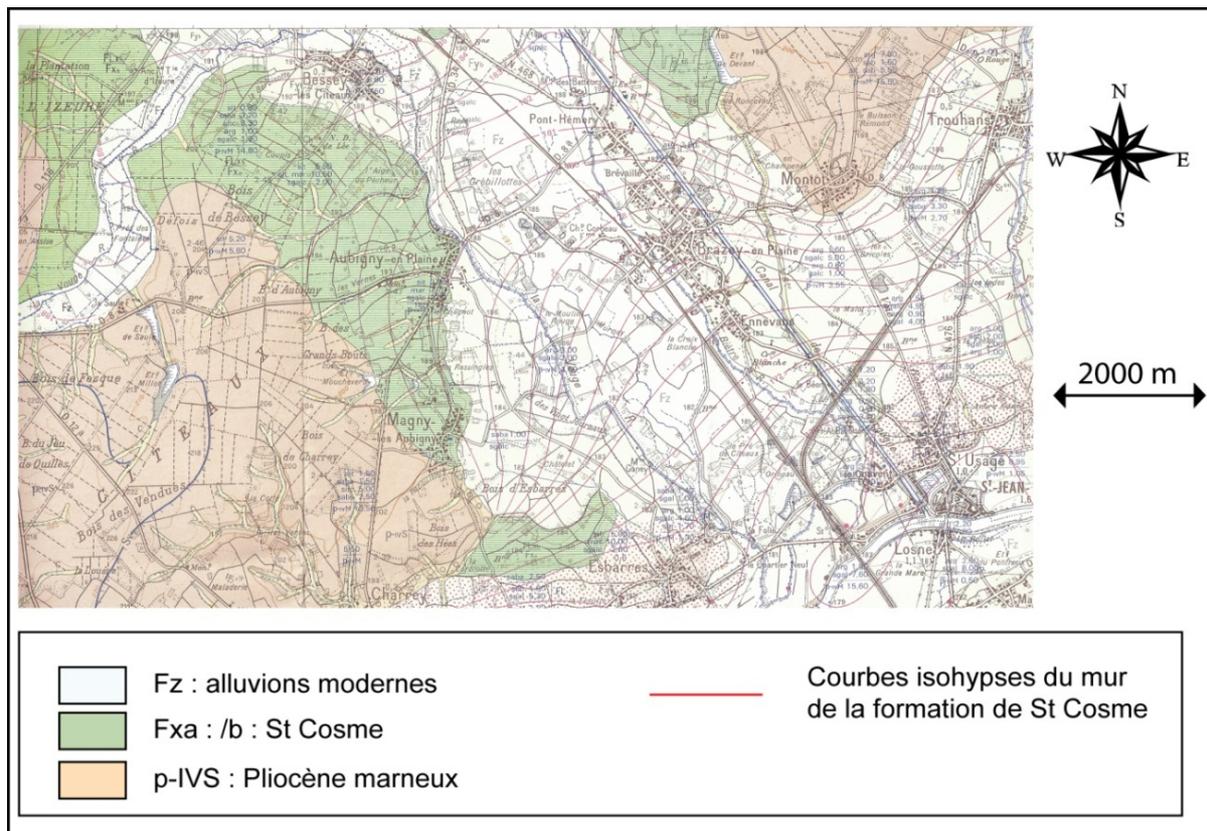
On retiendra donc un substratum à dominante marneuse formé par les séries de l'Oligocène ou du Villafranchien inférieur.

Dans le bassin versant de la Bièvre, les séries aquifères sont les suivantes :

- ▶ Formation de saint-Cosme (Flu). Il s'agit de niveaux détritiques de type graviers, de faible épaisseur (de 2 à 3 mètres), surmontés par des marnes varvées qui correspondent à une phase de sédimentation lacustre (4 à 13 mètres d'épaisseur). Ces marnes se rencontrent systématiquement entre les cotes 192 et 208 m NGF. Les horizons aquifères correspondent aux dépôts fluviaux de base ; leur forte perméabilité est assurée par la nature essentiellement sableuse de la matrice. La carte de Seurre propose une cartographie avec les isohypses du mur de la formation de St Cosme (toit des marnes bleues du Villafranchien inférieur). Elle varie de 186 m NGF au niveau de Marliens à 170 m NGF au niveau de St-Jean-de Losne. Au global, la formation de Saint-Cosme présente une puissance maximale variant de 17 à 28 mètres.
- ▶ Alluvions anciennes (Fy). Elles commencent par deux niveaux de graviers séparés par une couche argileuse (Fya). Ils sont surmontés par des matériaux grossiers épais de 1 à 4 mètres, exclusivement calcaires, surmontés par des horizons plus fins de type sablo-argileux (Fyb).
- ▶ Alluvions récentes (Fz). Dans le bassin versant de la Bièvre, elles sont argilo-limoneuses et non carbonatées.

La carte géologique de Seurre propose une cartographie du mur de la formation aquifère (St Cosme) entre Bessey les Côteaux et la Saône, extrapolée à partir des données de forage. On a donc une description fine de la structure de l'aquifère dans sa partie aval.

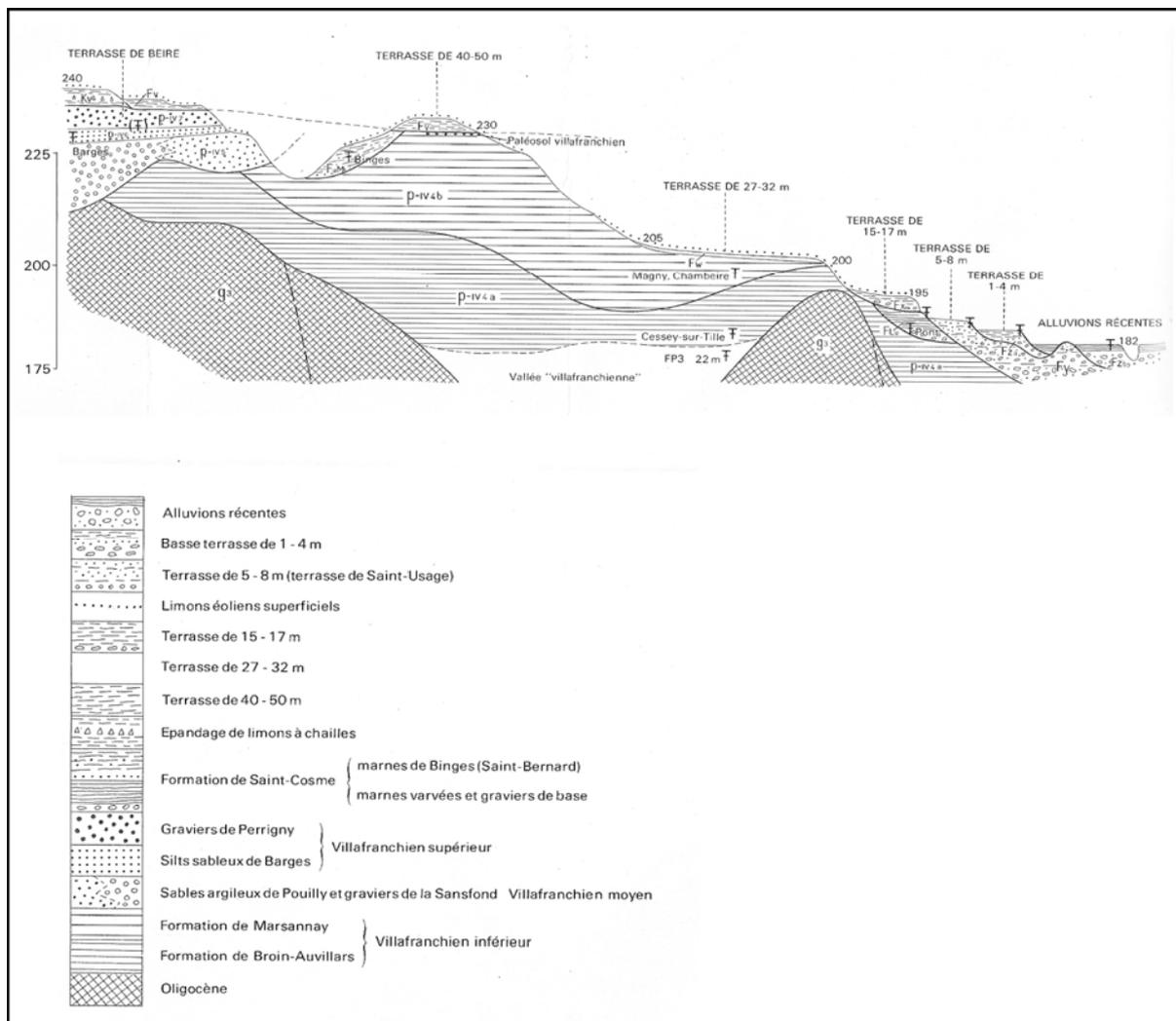
Figure 3 : Extrait de la carte géologique au 1 : 50 000 de Seurre.



Notons la présence de nombreuses terrasses alluviales (40 à 50 m, 27 à 32 m, 15 à 17 m, 5 à 8 m au dessus de la plaine alluviale) qui marquent un exhaussement en saccades de la partie Nord de la Bresse. Leur lithologie est variable et elles peuvent localement se comporter comme des réservoirs perchés de petites dimensions.

La figure ci-dessous permet d'illustrer la géométrie des contacts entre les différentes formations :

Figure 4 : Coupe schématique des formations géologiques (d'après Clair, 1982).



Pour la vallée de la Vouge, Fleury et al. (1982) proposent une description fine des dépôts quaternaires:

- ▶ Gravier de base d'épaisseur variable : de 1,90 m à Villebichot à 0,9 m à l'abbaye de Cîteaux.
- ▶ Puis marnes et silts épaisses de 1 à 2 mètres.

2.1.3 Etudes techniques

A notre connaissance, il n'existe pas d'étude de détail ou de synthèse intéressant les particularités géologiques (structure sédimentaire) de l'aquifère de la Bièvre.

2.2 CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

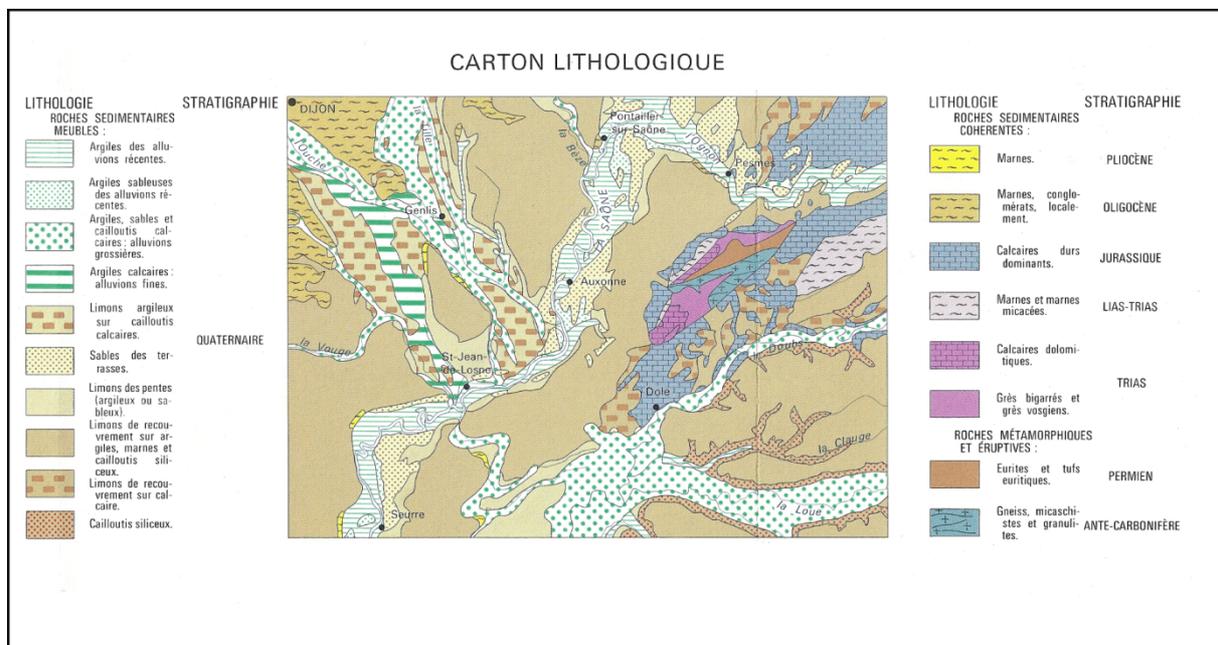
2.2.1 Etudes diverses

2.2.1.1 Carte pédologique de la région de Dijon au 1 : 100 000

Cette carte donne de précieuses informations sur les recouvrements superficiels de l'aquifère graveleux. En schématisant, on distingue trois grands ensembles pédologiques :

- ▶ Des alluvions grossières dans le lit actuel de l'Ouche.
- ▶ Des alluvions fines dans la partie centrale du bassin versant de la Bièvre.
- ▶ Des limons argileux sur les coteaux de bordure qui correspondent aux terrasses alluviales.

Figure 5 : Carton lithologique extrait de la carte pédologique au 1 : 100 000 (d'après Chrétien 1976).



On a donc des recouvrements favorables à l'infiltration des eaux météoriques seulement au droit de la partie centrale du bassin versant de la Bièvre (sur une surface estimée à environ 30 km²).

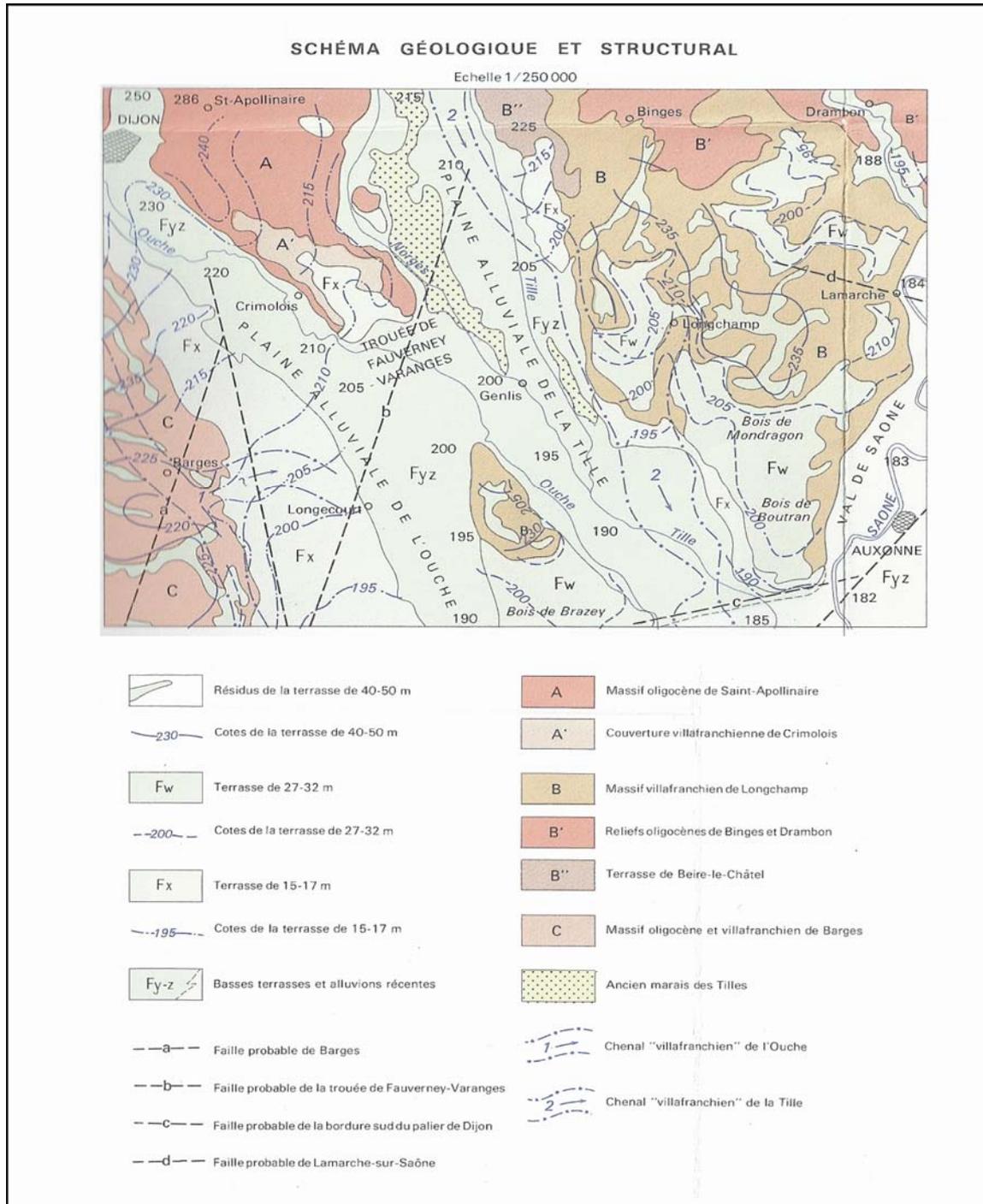
La notice de la carte pédologique donne des détails sur ces horizons dits d'"alluvions fines". Ils y sont décrits comme des sols argileux profonds à pseudogley sur alluvions argilo-calcaires. Ces sols sont assez profonds : de 50 à 120 cm sur 11 profils étudiés (moyenne autour de 80 cm). Il s'agit de sol brun calcaire de caractère alluvial. Ils présentent une teneur moyenne en argile de l'ordre de 50% ce qui se traduit par des porosités élevées (autour de 50%) et par une perméabilité réduite de l'ordre de 10⁻⁵ m/s. On peut donc considérer comme non négligeable la part de ruissellement sur ces horizons réputés favorables à l'infiltration.

De même, la notice de la carte pédologique précise que les sols bruns calciques épais (recouvrement des terrasses alluviales) présentent des épaisseurs allant de 50 à 140 cm. Ils sont argilo-limoneux en surface et franchement argileux en profondeur. Le contact avec les cailloutis sous jacents est franc.

2.2.1.2 Notices de cartes géologiques (Clair, 1982; Fleury et al., 1982)

La nappe de l'Ouche/Bière est bien décrite par Clair (1982).

Figure 5 : Schéma géologique et structural (d'après Clair, 1982).



La base graveleuse des alluvions holocènes contient une nappe alimentée par l'impluvium propre des alluvions et normalement drainée vers les rivières. La suralimentation de la nappe par les rivières y est décrite comme accidentelle : surélévation temporaire des rivières en crues ou rabattement important de la nappe en bordure d'une rivière.

Vers l'Est, elle est limitée par la butte de Tart. Vers l'Ouest, elle butte contre la terrasse de 15 à 17 m dont les graviers, bien que plus épais, sont nettement moins perméables par suite de la présence d'une matrice argilo-sableuses importante. La nappe de base de la terrasse de 15 à 17 m est en relation avec la nappe de la Bièvre.

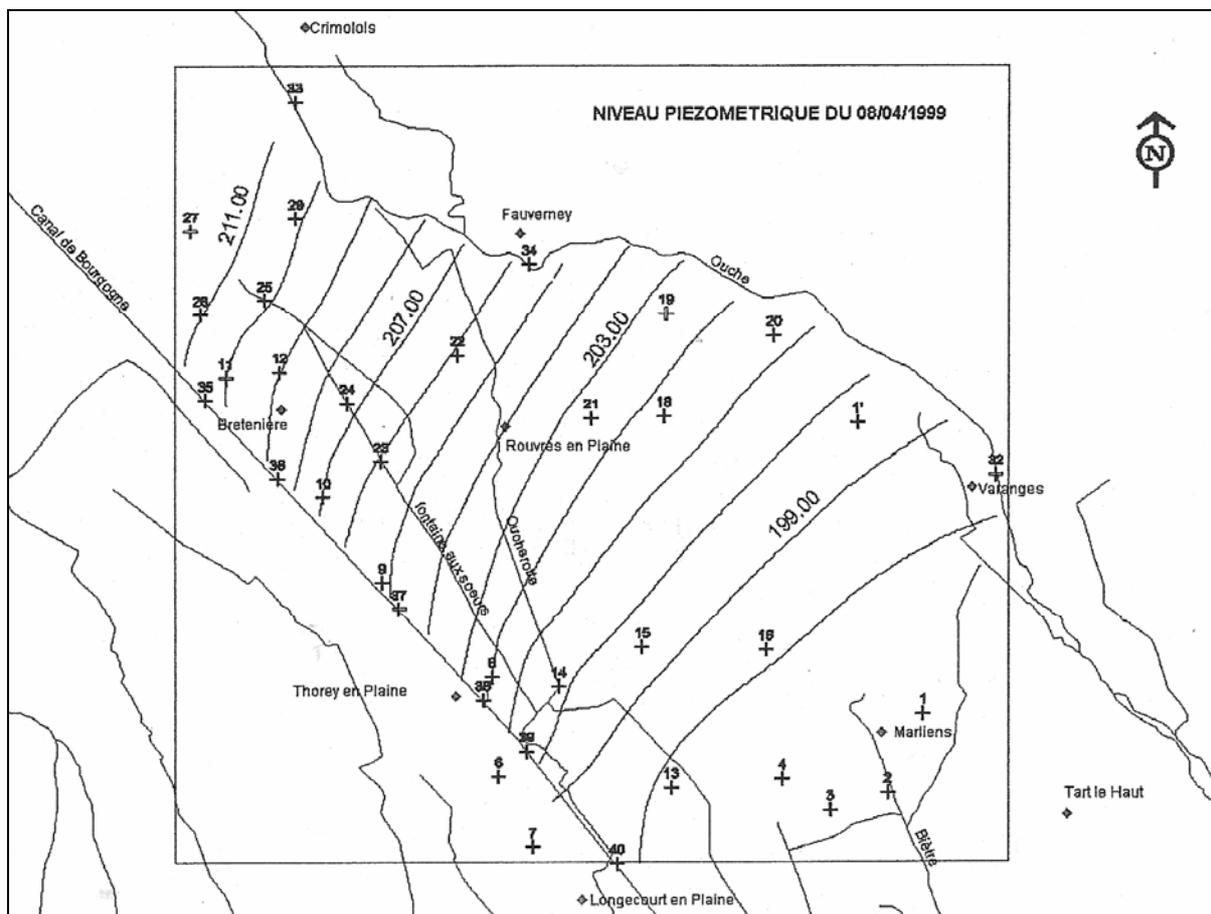
Clair (1982) propose aussi une description de la nappe de la Saône au droit du secteur d'étude. Cette nappe est importante car elle est suralimentée par la Saône dont les eaux sont maintenues à un niveau élevé grâce à des barrages (cote minimal de 179 m NGF entre Saint-Jean-de-Losne et Auxonne). Les alluvions de l'Holocène et du Pléistocène présentent une grande épaisseur : épaisseur minimale de 6 à 7 mètres. La nappe de la Saône est en relation avec celle de la Bièvre et celle de la formation de Saint-Cosme.

2.2.1.3 Amélioration de la gestion de la ressource en eau dans le bassin de la Vouge (Gaucher, 2000)

Ce rapport est dédié à l'étude des masses d'eau dans le bassin versant de la Vouge. On y trouve les informations suivantes relatives à la nappe de la Bièvre :

- Pour la nappe de la Bièvre, un suivi piézométrique a été réalisé entre 1999 et 2000. Les relevés ont permis de proposer trois cartes piézométriques. Elles montrent de manière constante une alimentation de la nappe de la Bièvre par l'Ouche entre la confluence Ouche-Suzon et Varanges. notons aussi que les isopièzes indiquent une forte alimentation de la nappe par le Canal de Bourgogne. Le battement de la nappe entre avril (fin de la période hautes eaux) et fin septembre (fin de la saison de basses eaux) est de l'ordre de 1 mètre.

Figure 6 : Carte piézométrique de la Bièvre en avril 1999 (d'après Gaucher, 2000).



- ▶ Pour l'aquifère de St Cosme, il est fait référence à des chroniques piézométriques sur Aubigny en Plaine. Le Niveau de la nappe est décrit comme supérieur à 190 m NGF alors que le cours de la Vouge est proche de 184 m NGF. Il est évident que la nappe alimente le cours d'eau dans ce secteur
- ▶ Des mesures de débit ont permis d'estimer les échanges entre l'Ouche et sa nappe alluviale. Entre le parc de la Colombière et la confluence Ouche-Suzon, l'Ouche bénéficie d'un apport régulier estimé à environ 350 l/s. Entre cette confluence et Crimolois, si le débit de l'Ouche est inférieur à 6,5 m³/s (fréquence de 230 jours/an), le cours d'eau enregistre des pertes variables (entre 150 et 300 l/s). Entre Crimolois et Varanges, les pertes sont quasi permanentes (autour de 190 l/s en moyenne interannuelle corrigée des ruissellements). On aurait ainsi une alimentation de la nappe de la Bièvre à hauteur de 200 l/s.
- ▶ L'étude des données hydrologiques sur le bassin versant permet d'estimer un coefficient de ruissellement compris entre 35 et 45 %. Il est estimé à 43% à Brazey ; l'écoulement est jugé légèrement excédentaire. A titre de comparaison, il est de seulement 9% sur le bassin versant de la Cent Fonts.
- ▶ Les données sur les débits enregistrées à Brazey montrent un QMNA5 de l'ordre de 160 l/s alors que le débit réservé est de seulement 66 l/s. Sur la décennie étudiée, il n'y a jamais eu de rupture de prélèvements. Pourtant la pression est forte : autour de 3 300 000 m³ (moyenne 1996/1997).

2.2.1.4 Bassin de la Bièvre - Prévention des risques de contamination de l'eau pas les produits phytosanitaires d'origine agricole (Fredon, 2002)

La Fédération Régionale de défense des Organismes Nuisibles a réalisé sous demande du SMBV une étude de caractérisation des eaux dans le bassin versant de la Bièvre et sur les pratiques phytosanitaires.

On y trouve les informations suivantes :

- ▶ Le bassin versant hydrogéologique ne correspond pas au bassin versant topographique. Les auteurs proposent une carte piézométrique. Les points ont été nivelés à l'aide d'un GPS. Les relevés piézométriques ont été réalisés entre le 10 et le 17 juin 2002.
- ▶ Le suivi qualité des eaux superficielles a porté sur trois points sur la Bièvre : un point à Marliens, un point dans le secteur de Brazey en Plaine, un point dans les environs de St Usage. Les analyses étaient mensuelles et portaient sur 310 molécules de type phytosanitaire. Les auteurs constatent une bonne qualité des eaux souterraines au droit de la source de Marliens. Plus en aval, la qualité varie de bonne à très bonne, selon le référentiel SEQ. Les augmentations en pesticides totaux se font principalement en période hivernale. Les auteurs démontrent que le débit est corrélé à 82% avec les pluies efficaces cumulées sur 7 jours (temps de réaction du système hydrologique). Ils observent aussi une très bonne corrélation entre flux des pesticides totaux et les cumuls de pluie efficace sur 7 jours.
- ▶ Le suivi qualité sur les eaux souterraines a porté sur les eaux du puits de la Croix Blanche à Saint-Usage et celles du Puits de la Râcle d'Aiserey. L'analyse porte sur les analyses semestrielles réalisées par la DDASS entre 1999 et 2002. Globalement, les teneurs en pesticides sont inférieures aux normes (dépassement ponctuels par deux fois de la concentration en déséthylatrazine sur le puits de St Usage).
- ▶ Les teneurs en pesticides dans les eaux souterraines sont beaucoup plus faibles que celles observées dans la Bièvre dans sa partie aval. Les teneurs en pesticides dans les eaux souterraines ne présentent pas de variations saisonnières.

2.2.1.5 Diagnostic de la qualité des eaux sur le bassin de la Vouge (FREDON, 2007)

Cette étude propose une synthèse des données de qualité sur les eaux du bassin versant. Elles correspondent pour les eaux de surface aux stations suivantes :

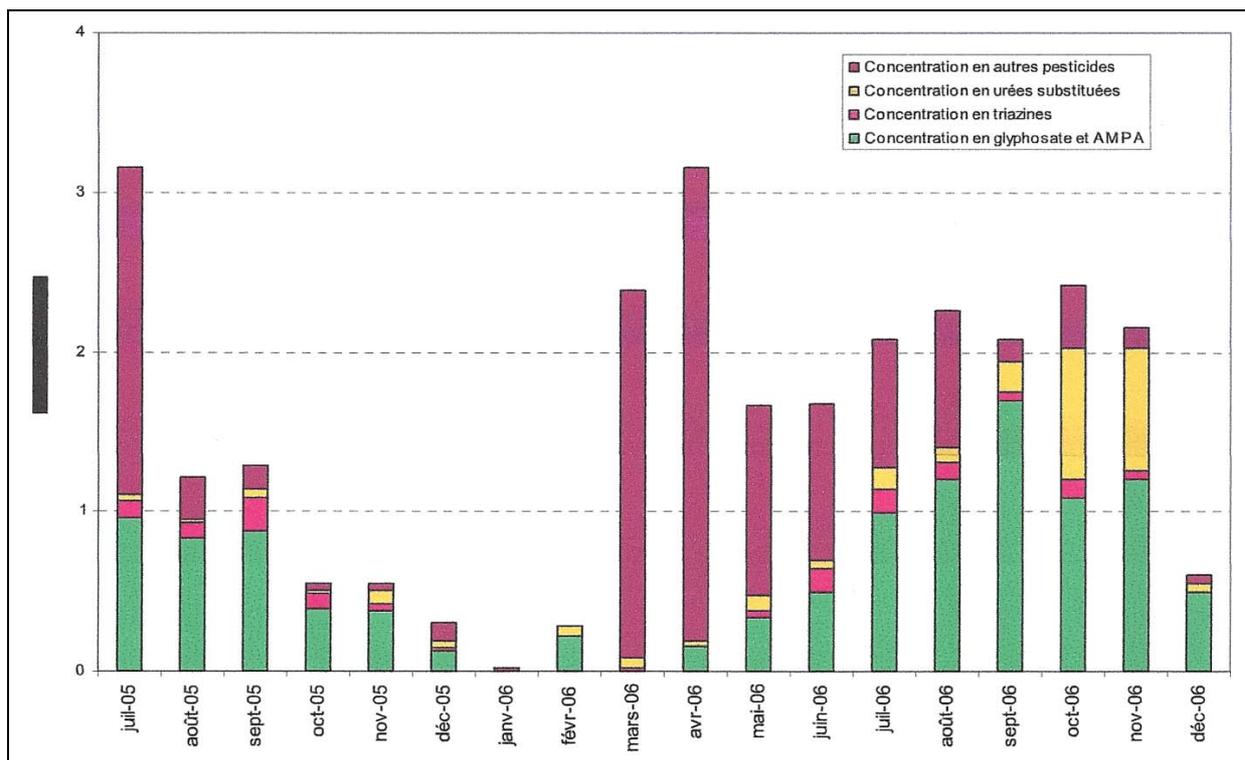
- ▶ Vouge à Aubigny en Plaine.
- ▶ Vouge à Esbarres.

Pour les eaux souterraines :

- ▶ Source de la Bornue.
- ▶ Puits de la racle.
- ▶ Source de la Vouge.

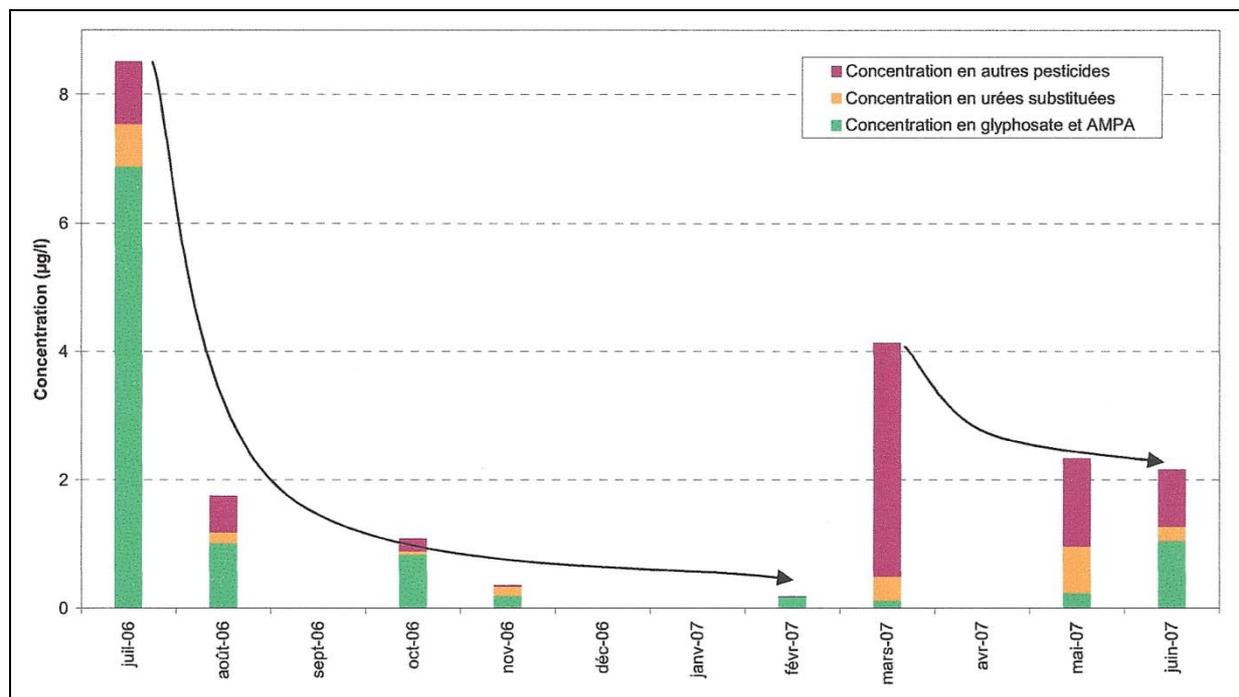
Pour la Vouge, on observe une qualité fortement dégradée : les contaminations en pesticides sont fortes. De 0,2 à 3 µg/l en pesticides totaux sur 18 analyses réalisées entre 2005 et 2006 à Aubigny ; D'après le SEQ-Eau, les contaminations déclassent deux fois la Vouge en eau de qualité médiocre, huit fois en eau de qualité moyenne et sept fois en eau de bonne qualité. Sur les dix huit prélèvements effectués, un seul est classé en eau de très bonne qualité.

Figure 7 : Evolution des concentrations en pesticides totaux retrouvés dans la Vouge à Aubigny en Plaine (d'après FREDON, 2007).



Les concentrations en pesticides à Esbarres présentent la même évolution. On notera toutefois une augmentation significative de teneurs en pesticides totaux.

Figure 8 : Evolution des concentrations en pesticides totaux retrouvés dans la Vouge à Esbarres (d'après FREDON, 2007).



Pour les eaux souterraines, les contaminations sont plus faibles :

- ▶ De 0,5 à 1,33 µg/l en pesticides totaux pour la source de la Bornue (eau de qualité médiocre selon le référentiel SEQ).
- ▶ De 0,05 à 0,56 µg/l en pesticides totaux pour le puits de la Racle (eau de qualité bonne à médiocre selon le référentiel SEQ).
- ▶ De 0,03 à 9,64 µg/l en pesticides totaux pour la source de la Vouge. La valeur de 9,64 µg/l du 4 juin 2002 est exceptionnelle ; les teneurs sont généralement comprises entre 0.03 et 1 µg/l en pesticides totaux. On observe un caractère cyclique de la contamination de la Source de la Vouge par les pesticides. En effet, les concentrations ont tendance à baisser en période hivernale pour atteindre de fortes concentrations entre les mois de juin et de septembre. Cette cyclicité pourrait être expliquée d'une part par le débit de la source - lorsque le débit est le plus faible (été), la dilution est moins grande, donc les concentrations plus importantes - et d'autre part, par la pression phytosanitaire qui est plus importante à ces périodes d'applications de traitements.

On insistera sur la plus forte vulnérabilité des captages en milieu karstique.

2.2.1.6 Diagnostic de la qualité des eaux sur le bassin de la Vouge - Sous bassin de la Cent Fonts (FREDON, 2008)

Cette étude a pour but de caractériser les contaminations en produits phytosanitaires sur ce sous-bassin versant.

On y trouve les informations suivantes relatives à la nappe profonde de Dijon Sud :

- ▶ Première synthèse des données qualité de 2002 à 2007 sur le puits de Longvic. Les teneurs cumulées en pesticides varient entre 0,6 et 0,8 µg/l entre 2002 et 2006. Elles sont comprises entre 1,2 et 1,4 µg/l en 2007. 92% des quantifications sont dues à des molécules aujourd'hui interdites.

- ▶ Première synthèse des données qualité de 2000 à 2007 sur le puits de Perrigny. Les teneurs cumulées en pesticides varient entre 0,4 et 0,6 µg/l entre 2000 et 2005. Elles sont comprises entre 0,8 et 1,8 µg/l en 2006/2007. 91% des quantifications sont dues à des molécules aujourd'hui interdites.
- ▶ Première synthèse des données qualité de 2007 à 2008 sur un piézomètre à Fenay. Les teneurs cumulées en pesticides varient entre 0,4 et 1,2 µg/l. 69% des quantifications sont dues à des molécules aujourd'hui interdites.
- ▶ Première synthèse des données qualité de 2002 à 2007 sur le puits du Paquier du Potu. Les teneurs cumulées en pesticides semblent augmenter invariablement : de 0,1 µg/l en 2002 à 0,4 µg/l en 2007.

On observe donc une forte dégradation de la qualité des eaux de la nappe profonde. Les molécules suivantes sont systématiquement observées : atrazine, atrazine déséthyl, atrazine déisoropyl, diuron, 2.6 dichlorobenzamide.

La qualité des eaux de la nappe superficielle a été étudiée au droit de sept points d'observation (forages et piézomètres). Globalement, les pollutions augmentent d'amont en aval. Dans le détail les observations sont plus complexes : par exemple, dans le secteur de Chenove, on observe une forte variabilité de teneurs en pesticides (3 points sur 4 avec moins de 0,50 µg/l de teneurs cumulées de pesticides). Dans les alentours de Perrigny, l'augmentation des teneurs est évidente : dépassement fréquent de 0,5 µg/l sur le PZ4 et teneurs comprises entre 0,8 et 1,6 µg/l sur le puits du Champ Levé. La source de la Cent Fonts présente la plus forte variabilité des teneurs : de 0,4 à 1,8 µg/l ce qui traduit probablement l'impact des apports d'eaux superficielles lors des périodes pluvieuses.

La qualité du cours d'eau en aval de la source a été suivie sur deux points d'observation, au moyen de 8 analyses. Au niveau de la maison des Etangs, les teneurs en pesticides totaux varient de 0,1 à 0,3 µg/l, ce qui classe ces eaux en catégorie bonne à moyenne selon le référentiel SEQ. La qualité se dégrade au niveau de Saulon la Chapelle avec des teneurs cumulées comprises entre 0,2 et 1 µg/l.

2.2.1.7 Diagnostic de la qualité des eaux sur le bassin de la Vouge - Sous bassin de la Varaude (FREDON, 2008)

Cette étude a pour but de caractériser les contaminations en produits phytosanitaires sur ce sous-bassin versant.

La qualité des eaux de ce sous bassin est très dégradée (contamination extrême par les pesticides).

Dans la partie amont du sous bassin, la Boïse présente des teneurs en pesticides totaux très élevées (de 0,4 à 11 µg/l) ; cela s'explique par des aires d'alimentation de type plaine céréalière ou viticole.

Au droit de Noiron sous Gevrey, la Varaude présente une qualité encore plus dégradée : "on peut dire que la Varaude est chroniquement contaminée par un panel important de matières actives. ... L'ensemble des utilisateurs de produits phytosanitaires est incriminé, mais l'impact de la zone viticole située en amont se fait encore fortement sentir."

La qualité de la Varaude à Tarsul est meilleure. Les teneurs en pesticides totaux varient de 0,6 à 4 µg/l. On observe une diminution de ces teneurs d'un facteur 2 à 4 entre les deux points de suivi. Notons un effet certain de dilution, lié à la confluence avec le Grand Fossé qui draine la plaine depuis Longvic et avec les eaux de la Cent Fonts.

2.2.1.8 Evaluation de la distance d'incidence des captages sur les cours d'eau (CAILLE, 2008)

A la demande de la mission Inter-service sur l'Eau de la Côte d'Or, le bureau d'études CAILLE a réalisé une approche basée sur la modélisation numérique des écoulements pour estimer les distances d'incidences de captages d'eaux souterraines sur les cours d'eau superficielle.

Cette étude intéresse les bassins versants de la Vouge et de l'Ouche aval.

L'approche est basée sur l'exploitation du modèle MODLOW avec les hypothèses suivantes :

- ▶ Nappe libre.
- ▶ Communication directe entre nappe et rivière.
- ▶ Gradient hydraulique de l'ordre de 0,1%.
- ▶ Limites imposées à l'amont et à l'aval, limites imperméables correspondant aux limites fictives des encaissements.
- ▶ Simulation de l'effet cumulé de 4 puits à égale distance les uns des autres. Les distances ont été déduites de l'observation de la densité des points de prélèvements par bassins versants : 315 m pour Ouche aval, 340 m pour Vouge-Bière
- ▶ Hypothèse de non influence pour un rabattement associé inférieur à 1 cm.
- ▶ Débit moyen de 7 m³/h pendant 90 jours.
- ▶ Paramètres hydrodynamiques quasi-similaires pour les deux bassins versants : 4 m d'épaisseur pour la nappe, porosité de 10%, perméabilité de 2 et 4 10⁻³ m/s, respectivement pour le BV Vouge et le BV Ouche.

Selon cette approche théorique, on obtient une distance minimale d'incidence de 280 m pour le bassin versant de la Vouge/Bière et de 660 m pour le bassin versant de l'Ouche aval.

Cela illustre la forte sensibilité de la méthode à la valeur supposée de perméabilité qui est le seul paramètre supposé différent entre les deux bassins versants. A ce sujet, on peut en première approximation juger la valeur retenue de 2.10⁻³ m/s comme faible : plusieurs études locales (Merlin, 2009; Sciences environnement, 2009; ANTEA, 2010) ont permis de mettre en évidence des perméabilités allant de 5 à 15.10⁻³ m/s.

2.2.1.9 Bilan quantitatif de la ressource du bassin versant de l'Ouche (Muchembled L., 2008)

Cette étude très complète sur le bassin versant de l'Ouche apporte les éléments d'information suivants utiles à notre étude :

- ▶ L'augmentation du déficit d'écoulement annuel entre Crimolois et Trouhans montre des pertes moyennes d'environ 110 l/s. Entre Crimolois et Varanges, on observe des pertes moyennes de l'ordre de 240 l/s. Ces pertes se dirigent probablement vers la nappe de la Bière.
- ▶ En comparant le débit spécifique moyen de la Bière (12,7 l/s/km²) avec celui des bassins versant voisins (en moyenne 9 l/s/km²), on peut calculer un excédent pour la Bière de l'ordre de 200 à 250 l/s. cette valeur correspond aux pertes mesurées sur l'Ouche.
- ▶ Entre Varanges et Trouhans, on observe des apports de l'ordre de 240 l/s, provenant probablement de la nappe de la Tille.

L'auteur insiste sur la nécessaire prudence à observer quant aux ordres de grandeur. Elle rappelle que les échanges sont variables dans le temps.

2.2.1.10 Etude d'impact pour la réalisation de travaux hydrauliques à caractère agricole (Cabinet MERLIN, 2009)

Le projet concerne 1 800 hectares de cultures irrigables. En règle générale, une rotation sur 3 ans des parcelles est effectuée. Théoriquement, il y a donc 600 ha irrigués par an (valeur majorée à 667 ha). Le besoin en eau des cultures est estimé à 1 200 m³/ha, ce qui permet d'estimer un besoin annuel de l'ordre de 800 000 m³. Les prélèvements s'échelonnent d'octobre à juillet. Ils seront effectués 20 h par jour avec des prélèvements d'octobre à juillet par l'intermédiaire de deux puits à 40 m³/h chacun ; mais aussi par un prélèvement direct dans la Bièvre de 100 m³/h de novembre à avril. La capacité de stockage des bassins de la sucrerie a été estimée à 685 000 m³.

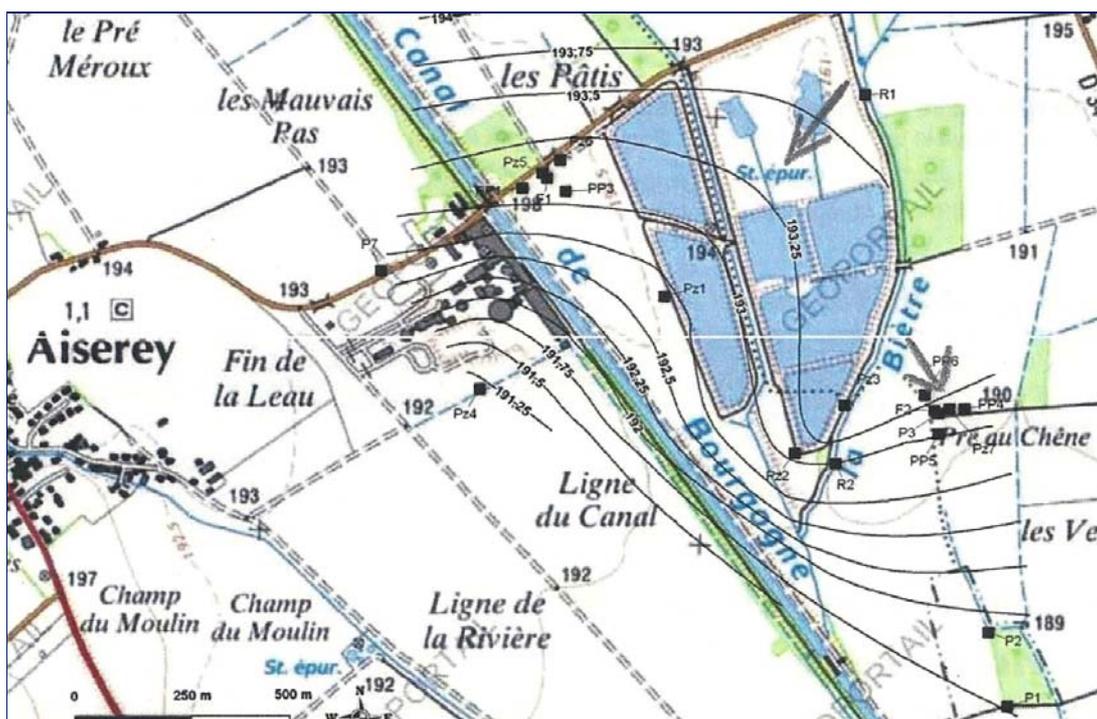
Le principe du dispositif est de réduire d'environ 70% les prélèvements d'eau s'échelonnant entre avril et septembre. La ventilation des prélèvements d'eau sur l'année devrait diminuer la pression sur les milieux (nappe et rivière) durant la période la plus sensible.

Les auteurs proposent une estimation des pertes liés à l'évaporation de l'eau des bassins. En prenant l'année 2006 comme année de référence (E=977 mm et P=717 mm), ils estiment les pertes à environ 57 000 m³ pour 2006. Soit environ 30 m³/ha/an.

L'étude d'impact présente des investigations hydrogéologiques détaillées :

- ▶ Réalisation de deux profils électriques.
- ▶ Réalisation de nombreux forages et piézomètres. La puissance de l'aquifère varie entre 3 et 4 mètres. La transmissivité de l'aquifère est de l'ordre de 2.10^{-2} m²/s, soit une perméabilité de l'ordre de 5.10^{-3} m/s. Le coefficient d'emmagasinement est évalué à 0,8%, ce qui indiquerait un caractère localement semi-captif. Les auteurs indiquent que la Bièvre ne semble pas subir l'influence des tests de pompage sur les forages mais il n'est pas indiqué sur quelle mesure repose cette considération ; ils en déduisent que la Bièvre serait perchée par rapport à la nappe. Pourtant, à des débits cumulés de 38 et 68 m³/h, on observe des rabattements pluri centimétriques sur un piézomètre situé à plus de 1000 m du doublon de pompage. La carte piézométrique proposée semble montrer une alimentation de la nappe par le cours d'eau.

Figure 9 : Piézométrie de la nappe alluviale du secteur des bassins des anciennes sucreries, en date du 2 octobre 2009.



Afin d'évaluer les échanges entre la nappe et l'Ouche, l'aquifère a fait l'objet d'un suivi piézométrique et la rivière de mesures de débit entre 1999 et 2000. Il a ainsi été montré que lorsque le débit de l'Ouche est supérieur à 6,5 m³/h, la nappe est drainée par le cours d'eau entre Longvic et Crimolois puis réalimentée entre Crimolois et Varanges. Si le débit est inférieur à 6,5 m³/h, la nappe est alors drainée sur Longvic, puis en équilibre entre Longvic aval et Crimolois, puis réalimentée entre Crimolois et Varanges. Les auteurs estiment que sur un cycle hydrologique l'Ouche reçoit 0,170 m³/s de la nappe. Les données qui ont servi à définir ce comportement ne sont pas présentées dans l'étude d'impact. Les auteurs proposent seulement une carte piézométrique de la zone projet en date du 2 octobre 2009.

Le potentiel quantitatif de la nappe de la Bièvre est estimé à environ 3,6 millions de m³. Les modalités de cette estimation ne sont pas précisées.

Au niveau de la station hydrométrique de Brazey-En-Plaine, concernant la Bièvre :

- ▶ Débit moyen interannuel : 0,828 m³/s.
- ▶ QMNA2 : 0,290 m³/s.
- ▶ QMNA5 : 0,220 m³/s.
- ▶ Volume passant moyen sur une année : 21 millions de m³.

Les auteurs proposent une cartographie A3 avec tous les puits de pompage existants sur la nappe de la Bièvre. Il est prévu de supprimer 131 puits dans le cadre de ce projet ; la notice d'impact en fournit la liste détaillée. Ces puits correspondraient à des prélèvements actuels d'environ 1 million de m³.

En terme de volume, la mise en place de ce dispositif correspondrait donc à une opération blanche pour les ressources en eau.

2.2.1.11 Etude d'impact pour une extension des gravières GSM (Sciences Environnement, 2009)

Sur les communes de Marliens et de Rouvres-En-Plaine, une étude technique de l'aquifère et de la nappe de la Bièvre a été réalisée. La demande d'extension de la carrière porte sur une superficie totale de 91 hectares.

On y trouve les informations suivantes :

- ▶ La couverture argilo-limoneuse présente une épaisseur de l'ordre de 50 cm. La couche graveleuse a une puissance comprise entre 2,5 et 3,7 m.
- ▶ La nappe serait drainée par la Bièvre.
- ▶ Environ 140 hectares sont actuellement autorisés pour l'extraction de matériaux alluvionnaires.
- ▶ L'activité agricole a conduit à l'aménagement de nombreux fossés de drainage raccordés aux différents ruisseaux et rivières du secteur d'étude.
- ▶ Les différentes études réalisées sur les carrières du secteur d'étude ont permis d'estimer des perméabilités variant de 2 à 5.10⁻³ m/s.
- ▶ Le battement de la nappe entre hautes et basses eaux est compris entre 1 à 2 m (mesures réalisés sur différentes exploitations dans le secteur).

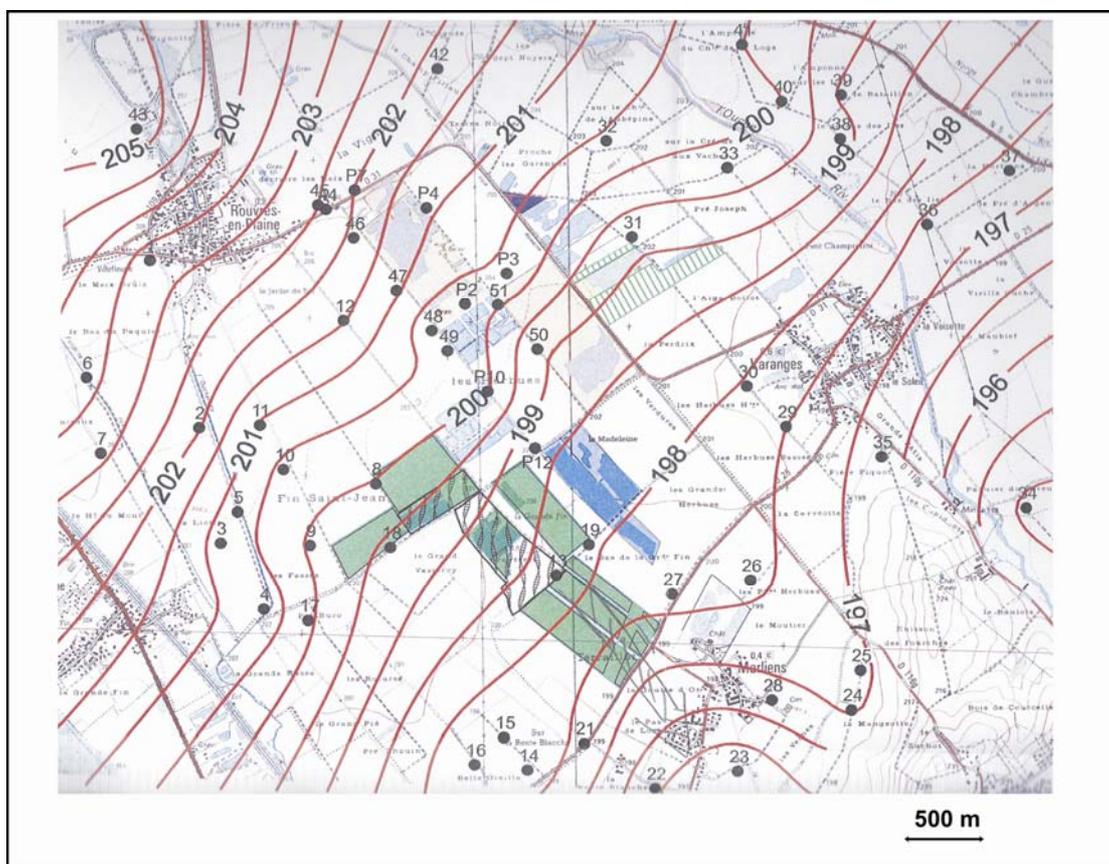
Les auteurs proposent deux cartes piézométriques du secteur d'étude : la première en date des 27 et 28 mars 2003, la seconde en date du 10 janvier 2008. Celle de 2003 est mieux renseignée (50 points d'observation) mais on n'observe pas de différences significatives entre les deux cartes. On observe sur ces cartes que l'Ouche alimenterait la nappe en amont de Varanges et qu'à contrario c'est la nappe qui alimente l'Ouche en aval de Varanges.

Afin de définir les impacts potentiels sur la nappe, une modélisation à l'aide du progiciel MODFLOW a été réalisée. Elle a permis de définir les aménagements à apporter durant la phase de remblaiement des carrières de manière à ne pas impacter la source de la Bièvre dans le Château de Marliens.

Le dossier initial a été inspecté par les services administratifs compétents. Une interrogation a été mise en avant sur une potentielle diminution des débits de la source de la Bièvre, malgré les aménagements proposés initialement. Une contre expertise a donc été diligentée par le pétitionnaire (ANTEA, 2009) ; on y trouve les informations suivantes :

- ▶ Réalisation d'un pompage d'essai de 21 heures. La transmissivité est estimée à 4.10^{-2} m²/s ; on en déduit une perméabilité de l'ordre de $1,5 10^{-2}$ m/s. Le coefficient d'emmagasinement est estimé à 24%.
- ▶ Avis sur le caractère patrimonial de la nappe. D'un point de vue qualitatif, la faible épaisseur mouillée de l'aquifère limite sa productivité. D'un point de vue qualitatif, les graviers de plaine sont sub-affleurants. La moindre dépression (mare, fossé, tranchées,...) suffit à détruire la maigre couverture de protection. De ce fait, la vulnérabilité des eaux de cette nappe vis à vis des pollutions accidentelles ou chroniques est très élevée. De ce fait, la qualité actuelle de ces eaux est mauvaise : teneurs en nitrates souvent hors normes, avec concentrations élevées de produits phytosanitaires.
- ▶ Impact quantitatif sur la ressource en eau par l'effet de l'évaporation au droit du plan d'eau. La valeur moyenne donnée par Météo France au droit de la station météorologique de Dijon Longvic est de 983 mm/an (moyenne de 2000 à 2006). avec une ETR estimée à 500 mm/an, on peut calculer un volume évaporé supplémentaire par rapport à l'existant de l'ordre de 480 mm/an, soit environ 128 000 m³/an pour une superficie de 27 ha. Ce volume soustrait à la nappe se traduira nécessairement par une réduction de la contribution de la nappe à l'alimentation des cours d'eau (déficit théorique fictif de 4 l/s).

Figure 10 : Piézométrie de la nappe alluviale du secteur des carrières GMS en date du 27 et 28 mars 2003.



Suite à ces compléments d'information, la modélisation en régime permanent a été reprise. Elle conclue sur l'absence a priori d'impacts significatifs sur la piézométrie de la nappe et sur le débit de la source de la Bièvre à Marliens.

Pour finir, un mémoire de réponse aux services administratifs compétents présente des données nouvelles. On y trouve notamment une synthèse complète des données sur le bassin versant de la Bièvre :

- ▶ Superficie : environ 80 km².
- ▶ Pente moyenne du lit : 0,12% (de 199 à la source à 178 m NGF à la confluence avec la Saône).
- ▶ Au niveau de la station hydrométrique de Brazey-En-Plaine :
- ▶ Débit moyen interannuel : 0,659 m³/s.
- ▶ QMNA2 : 0.260 m³/s.
- ▶ QMNA5 : 0,165 m³/s.
- ▶ Volume passant moyen sur une année : 21 millions de m³.

Proposition d'éléments pour un bilan :

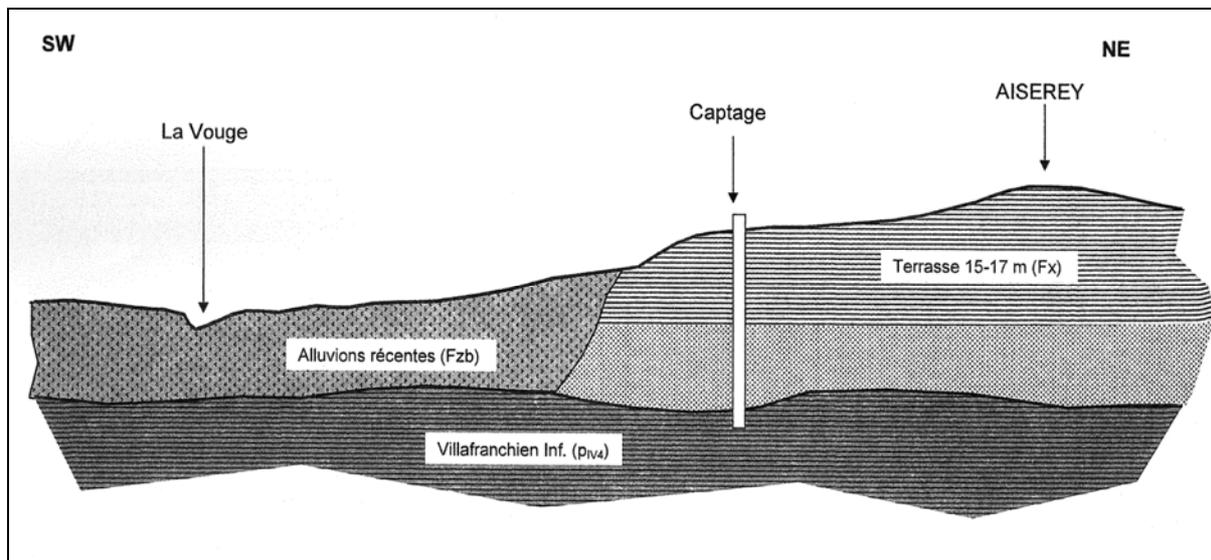
- ▶ 2 millions de m³ pour l'agriculture.
- ▶ 940 000 m³ pour l'industrie, dont 325 000 m³ directement en rivière (avant fermeture des sucreries).
- ▶ Deux syndicats des eaux distribuent en moyenne 630 000 m³.
- ▶ Le débit maximal prélevé en période estival est estimé à 150 l/s.
- ▶ Pas d'apport conséquent par les STEP.
- ▶ Débit de fuite du Canal de Bourgogne estimé à 0,040 m³/s sur le sous-bassin de la Bièvre.
- ▶ Il n'est pas possible de faire un recensement efficace des puits des particuliers.
- ▶ La nappe est alimentée par l'infiltration des eaux météoriques et les apports de l'Ouche. Absence de chroniques piézométriques et incertitudes sur sa limite Nord. Les auteurs ne proposent pas d'estimation des flux entrants dans la nappe.
- ▶ Les auteurs proposent des débits d'étiage naturels reconstitués (+ prélèvements - apports) :
 - QMNA2 : 0.370 m³/s.
 - QMNA5 : 0,270 m³/s.

2.2.1.12 Délimitation du bassin d'alimentation du puits de la Racle (ANTEA, 2010)

Cette étude réglementaire vise à définir un bassin d'alimentation pour ce puits destiné à l'alimentation en eau potable sur la commune d'Aiserey.

La coupe ci-dessous permet de visualiser le contexte hydrogéologique du captage.

Figure 11 : Profil géologique schématisé (d'après ANTEA, 2010).



On trouve dans ce rapport les informations suivantes :

- ▶ Les analyses de contrôle sanitaire révèlent des teneurs excessives en nitrates, supérieures à 50 mg/l. On observe aussi fréquemment des dépassements de teneurs en pesticide (> à 0,1 µg/l).
- ▶ Le puits de la Racle capte les alluvions anciennes du Pléistocène (terrasse de 15_17 m). Il s'agit de 3 à 4 m de graviers surmontés par des argiles et limons pouvant atteindre 3 m d'épaisseur. Selon les auteurs, les sondages inventoriés en BSS dans le secteur d'Aiserey, Longecourt et Thorey indiquent généralement une couverture argilo limoneuse d'une épaisseur de 2 à 4 m surmontant 0,7 à 2,5 m de graviers plus ou moins argileux. Les argiles du Villafranchien, plus ou moins limoneuses, sableuses voire graveleuses, sont rencontrées à une profondeur variant de 2 à 6 mètres. La coupe ci-dessous permet de visualiser la géométrie des contacts :

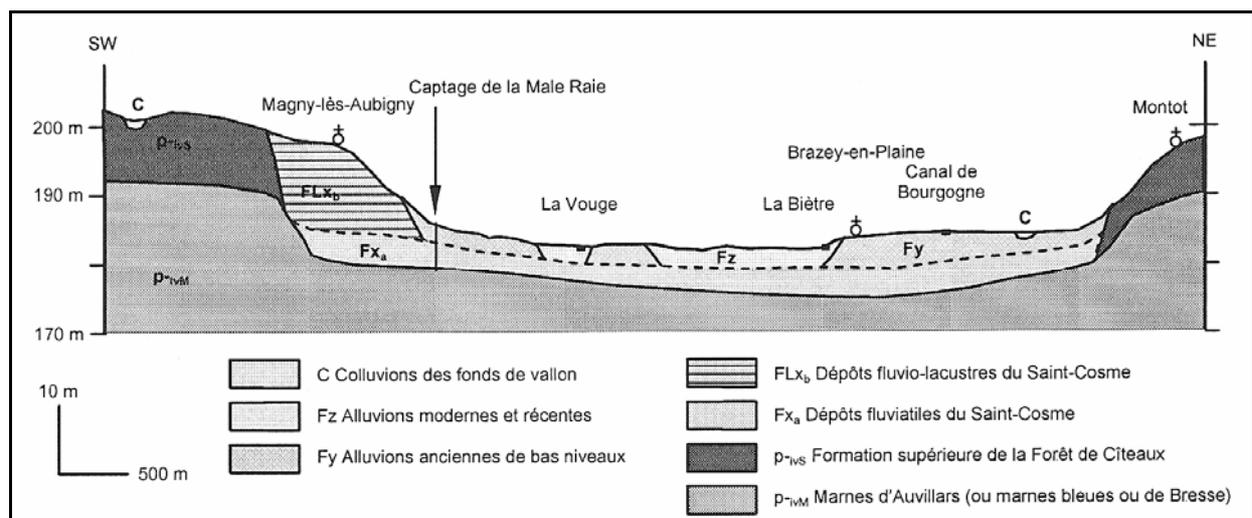
- ▶ Les auteurs proposent une description détaillée de la qualité des eaux captées.
- ▶ Une carte piézométrique locale a été réalisée à partir de 13 points d'observation de la nappe. On observe un écoulement Nord-Sud avec un gradient moyen de 0,2%.
- ▶ Une campagne de prélèvements en nappe des teneurs en nitrates a aussi été réalisée. on ne note pas de différence entre amont et aval du puits, ce qui tendrait à confirmer l'hypothèse d'une origine agricole des nitrates.
- ▶ Les auteurs proposent une délimitation du bassin d'alimentation en fonction de plusieurs hypothèses de structure et des débits d'exploitation. Notons qu'ils proposent une infiltration efficace annuelle de l'ordre de 150 mm.
- ▶ En terme de vulnérabilité, les auteurs reprennent la cartographie des sols proposé par l'INRA (1976). Ils distinguent ainsi trois catégories de sols : sols peu épais riches en graviers (vulnérabilité forte), sols argilo-limoneux sur substrats de graviers (vulnérabilité moyenne), sols argileux profonds sur alluvions argilo-calcaires (vulnérabilité faible)..

2.2.1.13 Délimitation du bassin d'alimentation du captage de Magny les Aubigny (TAUW FRANCE, 2010)

Cette étude réglementaire vise à définir un bassin d'alimentation pour ce puits destiné à l'alimentation en eau potable. On y trouve les informations suivantes :

- ▶ Le captage correspond à un puits de 7 mètres de profondeur et de 3 mètres de diamètre. Il recoupe des galets et graviers lavés entre 2,25 et 6,5 mètres de profondeur (puissance de l'aquifère de l'ordre de 4 mètres).
- ▶ Le captage est situé sur les alluvions anciennes déposées en rive droite de la Vouge (terrasse dite des 5 m). Pour les auteurs, les séquences graveleuses des alluvions anciennes sont en continuité avec les séquences fluviatiles de la formation de St Cosme (cf. coupe ci-dessous) : ils rappellent la notice de la carte géologique de Seurre "la base de tous les graviers du domaine alluvial de la feuille de Seurre n'est autre que du St Cosme fluviatile conservé intact sur une épaisseur variable". Le captage prélève ainsi les eaux d'une seule et unique nappe ; les auteurs notent cependant la forte variabilité des recouvrements qui induit une variété des comportements hydrogéologiques : de nappe libre à nappe semi-captive.

Figure 13 : Coupe géologique schématique (TAUW France, 2010).



- ▶ Les auteurs notent l'absence d'étude spécifique pour l'aquifère de la formation de St Cosme.

- ▶ L'interprétation des essais hydrauliques par paliers de débit selon la méthode de Theis indique une transmissivité comprise de 10 et $2 \cdot 10^{-3}$ m²/s et donc une perméabilité de l'ordre de 4 à $20 \cdot 10^{-4}$ m/s. Les auteurs jugent ces valeurs trop imprécises et recommandent la réalisation d'un essai de pompage selon les règles de l'Art.
- ▶ Par l'analyse des données météorologiques de la station de Dijon-Longvic, les auteurs estiment la recharge annuelle par infiltration des eaux de pluie à environ 125 mm/an
- ▶ Les auteurs constatent le manque d'informations utiles quant à la piézométrie de la nappe ; ils recommandent donc la réalisation d'une carte piézométrique après mise en place de 4 piézomètres complémentaires.

2.2.1.14 Délimitation du bassin d'alimentation du captage de la Croix Blanche à Saint Usage (IdéesEAUX & HYDRIAD, 2010)

Cette étude réglementaire vise à définir un bassin d'alimentation pour ce puits destiné à l'alimentation en eau potable.

On y trouve les informations suivantes :

- ▶ Le captage est situé sur les alluvions anciennes déposées de la terrasse de St Usage (terrasse dite des 5 m).
- ▶ Le captage correspond à un puits de 13,90 mètres de profondeur et de 0,8 mètres de diamètre. Il recoupe de la terre végétale de 0 à 1,40, des argiles silteuses de 1,40 à 3,30 m, des graviers enrobés dans des sables argileux de 3,30 à 6,20 m, puis des galets et graviers lavés entre 6,2 et 11,2 mètres de profondeur (puissance de l'aquifère de l'ordre de 5 mètres).
- ▶ Le niveau statique est à 1,50 m/TN. La nappe a donc un comportement captif dans cette zone. Les auteurs notent l'absence d'étude spécifique pour l'aquifère dans le secteur de St Usage.
- ▶ Les auteurs observent des valeurs en nitrates équivalentes dans les puits agricoles du secteur et dans la Bièvre. Ils en déduisent une relation entre nappe et cours d'eau.
- ▶ Des tests de pompage ont été réalisés dans le cadre de cette étude. Ils permettent d'estimer une perméabilité de 5 à $8 \cdot 10^{-2}$ m/s et un coefficient d'emmagasinement de 7%.
- ▶ Un relevé piézométrique sur une vingtaine de points autour du captage a permis de proposer une carte piézométrique de la nappe. Elle est conforme aux connaissances acquises : écoulements globalement Nord-Sud, formations du Pliocène interprétées comme imperméables, gradient constant en première approximation.

2.2.2 Base de Données du Sous-Sol :

La consultation de la BSS gérée par le BRGM apporte peu de nouvelles informations :

- ▶ Sur les aspects hydrogéologiques, seuls les forages AEP sont renseignés en terme d'essais hydrauliques et donc de propriétés hydrodynamiques.
- ▶ Concernant la structure du réservoir, le nombre de forages renseignés est inférieur à ceux répertoriés sur la carte géologique au 1 : 50 000 de Seurre.

Citons pour mémoire un forage profond (80 m) situé sur la commune de Longecourt-en-Plaine. Il est identifié par le code BSS suivant : 05006X0027/F4. Il renseigne sur la nature du substratum rocheux sous les horizons graveleux :

- ▶ 0-4 m : quaternaire à dominante graveleuse.
- ▶ 4-72 m : plio quaternaire avec alternance marnes et argiles (jusqu'à 130 m NGF).
- ▶ 72-80 m : calcaires marneux (plio-quaternaire).

2.3 DONNEES DISPONIBLES

2.3.1 Données acquises dans le cadre de l'étude

2.3.1.1 Cote rivière et piézométrie

La topographie caractérisée par de reliefs très doux et la forte végétalisation des terrains induisent l'absence d'affleurements remarquables susceptibles de nous renseigner sur la nature du sous-sol. Les observations ont donc principalement portés sur les caractéristiques géomorphologiques des lits des cours d'eau.

Dans le secteur d'étude, les cours d'eau observés (Bièvre et Vouge) sont relativement encaissés par rapport au niveau du terrain naturel en plaine : de 1 à 2, voire 3 mètres.

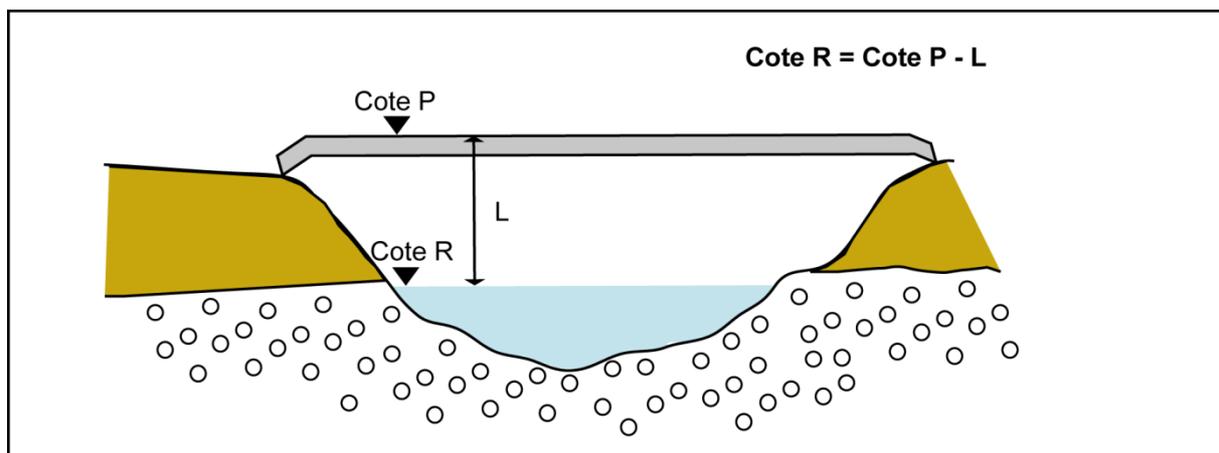
Il en résulte que les berges des cours d'eau sont majoritairement constituées des formations les plus superficielles, à dominante limoneuse. D'après nos observations, les lits des cours d'eau sont majoritairement situés dans des formations sableuses à graveleuses. Cette observation doit être nuancée : il a été observé de nombreuses sections aménagées sous forme de petits barrages ; elles conduisent à un envasement relatif du fond suite à la diminution de la vitesse moyenne d'écoulement.

Notons que les gravières observées montrent des berges "propres" avec des affleurements visibles de sables et graviers.

On peut donc considérer en première approximation que les cours d'eau comme les gravières sont globalement en continuité hydraulique avec les horizons aquifères de la nappe de la Bièvre.

Afin de déterminer les relations nappe-rivière, il nous a paru utile de mesurer la cote haute de la rivière sur les ponts déjà cotés selon le repère NGF (mesures réalisées à l'aide d'un mètre plombé). Le schéma ci-dessous illustre la méthode ; les mesures ont été réalisées le 6 juillet 2010.

Figure 14 : Principe de la mesure de la cote NGF d'un cours d'eau



Le tableau ci-dessus présente les cotes NGF obtenues en différents secteurs de la nappe. Pour illustration, nous avons reporté les valeurs de piézométrie déduites de la carte de référence (FREDON, 2002) :

	Ponts	Cote Pont (NGF)	Cote Rivière (NGF)	Cote Piézométrie (NGF)
Vouge	Bessey-les-Cîteaux "amont"	190.3	188	Environ 187
	Bessey-les-Cîteaux "amont"	189.5	186.60	Entre 185 et 186
	Aubigny en Plaine	188.3	184	Entre 183 et 184
	Esbarres	181.1	177.40	< 179
Bièvre	Marliens	198	196.8	Environ 195
	Echigey	193	191.8	Entre 190 et 191
	Pont Hemery	189.1	185.10	Environ 184
	Brazey en Plaine	184	181	Entre 181 et 182
	St Usage	182	178.80	< 179

Précisons :

- ▶ Ce type d'approche est peu précis : les valeurs sont données avec une erreur relative qui peut être estimée à environ 10 cm.
- ▶ C'est une photographie, un instantané du niveau des cours d'eau. Comme toute carte piézométrique.

Pour appréhender le degré de comparaison possible entre les cotes rivières et les niveaux piézométriques, mesurés à des dates différentes, nous nous sommes basés sur les mesures de débit mesurés sur deux stations : Brazey en Plaine pour la Bièvre, Aubigny en Plaine pour la Vouge. Elles montrent des situations hydrologiques comparables en première approximation pour juin 2002 et juillet 2010 :

	Bièvre (Qm en m³/s)	Vouge (Qm en m³/s)
Juin 2002	0,35	0,53
Juillet 2010	0,42	0,58

On peut donc considérer que ces mesures sont représentatives du comportement du système hydraulique à l'étiage. Elles montrent que dans la partie aval de la nappe, cours d'eau et nappe sont bien connectés mais que dans la partie amont, on observe un décrochage de la nappe par rapport aux cours d'eau superficiels en période estivale.

2.3.1.2 Mesures de jaugeages :

En concertation avec le SBV, une campagne de mesures de débit sur le système hydrologique a été réalisée au mois d'octobre 2010. L'objectif était de réaliser un instantané des débits pour localiser les zones de perte/alimentation et fournir une première estimation des débits en jeu.

Les mesures de débit ont été réalisées par le personnel technique du SBV :

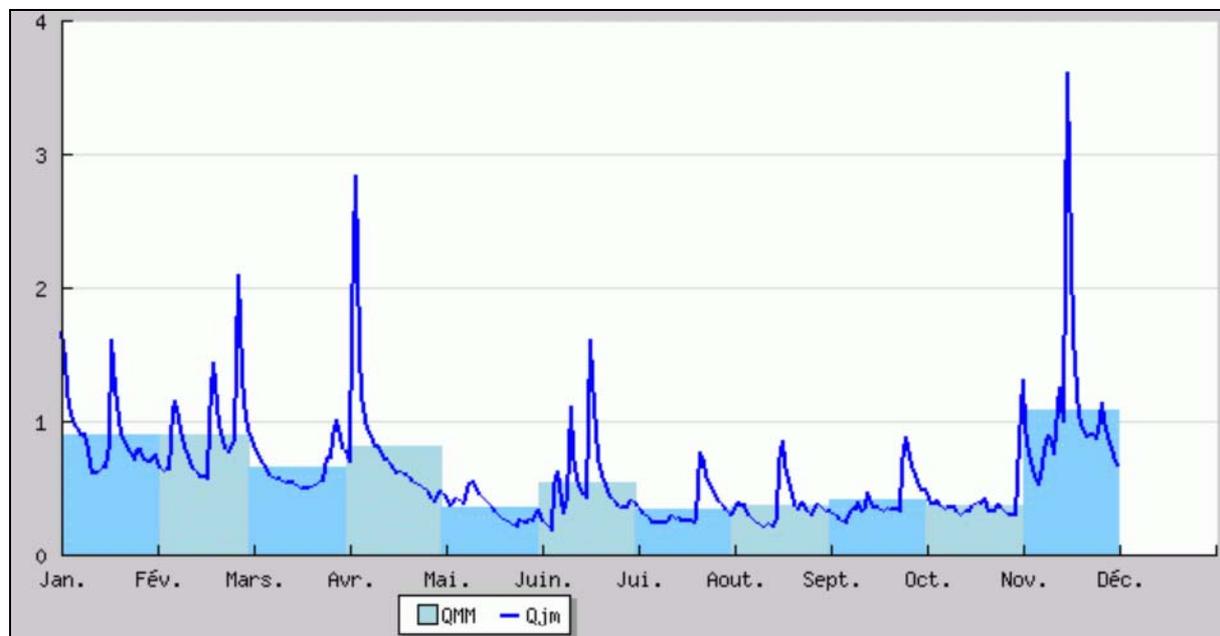
- ▶ 4 mesures sur la Bièvre.
- ▶ 2 mesures sur l'Oucherotte.
- ▶ 2 mesures sur la Soitourotte.
- ▶ 1 mesure sur la Vouge.

Les mesures ont été réalisées entre les 19 et 21 octobre. Une petite pluie (5 mm à la station de Dijon Longvic) a affecté le bassin versant de la Vouge le 20 octobre. Une analyse fine des chronologies de débit enregistrées sur les stations de Brazey et d'Aubigny montre que les mesures du 21 octobre ont bien été réalisées après le passage de la légère crue qui a accompagné l'événement pluvieux.

Rappelons que la période de mesure correspond à une saison caractérisée par l'absence de prélèvements agricoles. Les seuls prélèvements susceptibles d'impacter le débit de la Bièvre sont ceux de la Malterie de Brazey en Plaine, estimés à un débit fictif de l'ordre de 10 l/s.

Les mesures enregistrées sur la station de Brazey en Plaine montrent que la période des mesures correspond à un étiage prolongé de la Bièvre. Le débit moyen enregistré est de l'ordre de 375 l/s. Notons sa constance depuis le mois de mai autour de 350 l/s.

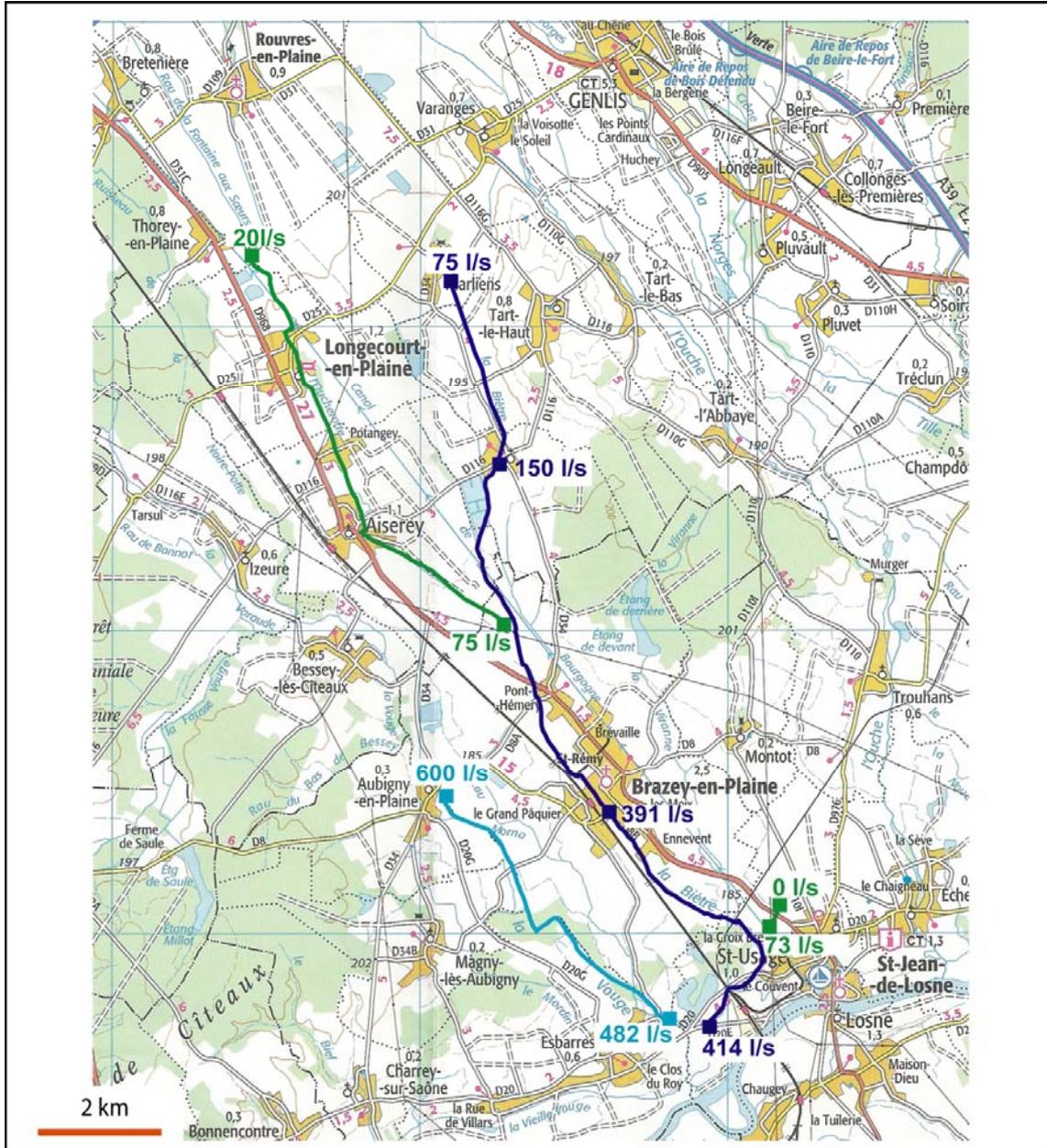
Figure 15 : Moyennes mensuelles de débit en m³/s de la Bièvre, enregistrées à la station de Brazey en Plaine (source : Banque Hydro)



Notons que les moyennes mensuelles montrent la récurrence d'étiage entre 350 et 500 l/s pour les mois d'août et septembre (excepté pour l'année 2008 qui fut très pluvieuse).

La figure ci-dessous précise les localisations des mesures :

Figure 16 : Position des mesures de jaugeage (campagne 2010).



Les résultats sont les suivants pour la Bièvre :

- ▶ Bièvre à Marliens : 75 l/s.
- ▶ Bièvre en sortie d'Echigey : 150 l/s.
- ▶ Oucherotte à Thorey en Plaine : 20 l/s.
- ▶ Oucherotte à la confluence avec la Bièvre : 75 l/s.
- ▶ Bièvre à Brazey-en-Plaine : 391 l/s.
- ▶ Mesures sur la Soiturotte montre un apport direct de l'ordre de 73 l/s lié à des pertes du canal de Bourgogne.
- ▶ Bièvre avant sa confluence avec la Vouge : 414 l/s.

Globalement, on a donc une alimentation de la Bièvre entre sa source et la confluence avec la vouge, comprise entre 350 et 400 l/s.

Concernant la Vouge :

- ▶ Vouge à Aubigny-en plaine : 600 l/s.
- ▶ Vouge à hauteur de la D20 : 482 l/s.

Comme pour la Bièvre, la Vouge connaît alors un étiage prononcé depuis plusieurs mois autour de 600 l/s. Le seul prélèvement important identifié dans le secteur d'étude concerne le captage AEP de Magny les Aubigny (6 l/s en débit fictif). Cette perte apparente de l'ordre de 100 l/s ne peut donc pas être a priori expliquée par des prélèvements.

Les données de géologie montrent que la Vouge est localisée dans cette section dans les alluvions modernes et récentes. Il est donc probable que cette perte corresponde à une alimentation de la nappe par la Vouge. C'est un résultat surprenant en première approximation ; rappelons en effet que, inversement, la Bièvre dans sa partie aval est alimentée par l'appareil alluvial.

Ceci étant, cette hypothèse est confortée par les rares données du profil en long du cours d'eau (cf. ci-avant). On voit qu'à une même latitude, le fil d'eau de la Vouge est à environ 184 m NGF (mesure à Aubigny-en-Plaine) et que celui de la Bièvre est à environ 181 m NGF (mesure à Brazey-en-Plaine). On aurait donc la Vouge en position "haute" par rapport à la nappe, ce qui expliquerait la perte observée.

C'est une hypothèse importante qui mériterait d'être mieux étudiée : nouvelles mesures de jaugeage, relevés topographiques précis du fil de l'eau,...

2.3.2 Données de climatologie

2.3.2.1 *Exploitation des simulations pluie-débit pour estimer la recharge de la nappe*

Dans le cadre des modélisations pluie-débit pour reconstituer les régimes non influencés des cours d'eau du bassin versant, BRLi a reconstitué des débits dits non influencés pour certaines années de référence. Ce travail a notamment été réalisé pour le point de suivi du débit de la Bièvre à Brazey en Plaine. Ce point de mesure contrôle un bassin versant de 59 km².

Il nous a donc été fourni les débits reconstitués, dits naturels, pour les années 1999, 2000, 2001 et 2002 (moyennes mensuelles).

Nous disposons d'autre part des mesures de pluviométrie et d'ETP enregistrées sur la station de Dijon-Longvic sur la même période par METEO FRANCE. A partir de ces valeurs, on peut estimer la pluie efficace à un pas de temps mensuel. Cette valeur peut être déduite de la moyenne des différences positives entre les valeurs mensuelles de pluviométrie et les valeurs mensuelles d'évapotranspiration. C'est une approximation (pas de prise en compte de la réserve utile du sol). Idéalement, il faudrait estimer cette pluie efficace par une différence entre pluviométrie et ETR. Après des recherches auprès de METEO-FRANCE et de l'INRA, il est apparu que l'ETR n'est pas estimé ou mesuré dans le secteur d'étude.

Rappelons que la contribution des eaux souterraines au débit de la Bièvre est estimé entre 300 et 400 l/s à l'amont du point de mesure.

On peut ainsi en première approximation estimer la part ruissellée dans le débit mesuré à la station hydrométrique en posant la relation suivante :

$$Q_{\text{ruissellement}} = Q_{\text{naturel}} - Q_{\text{souterrain}}$$

En appliquant cette relation, il faut augmenter la contribution de la nappe à hauteur de 450 l/s pour expliquer les débits observés à l'étiage.

On peut ainsi proposer le tableau suivant pour les quatre années de référence :

Figure 17 : Estimation de volumes ruisselés en cumulé mensuel sur le bassin versant de la Bièvre (de janvier 1999 à septembre 2003).

Mois	Pluie (mm)	ETP (mm)	Pluie eff. (mm)	Pluie eff. (m3)	Q naturel (m3)	Q souterrain (m3)	Q ruiss. (m3)
janv-99	76.2	12.1	64	3 782 503	2 236 946	1 166 400	1 070 546
févr-99	65.7	18.4	47	2 788 143	2 295 546	1 166 400	1 129 146
mars-99	53.6	49.6	4	233 986	2 094 298	1 166 400	927 898
avr-99	60.9	74.9	0	0	1 497 290	1 166 400	330 890
mai-99	118.2	116.3	2	109 999	2 247 342	1 166 400	1 080 942
juin-99	82.1	132.2	0	0	1 798 641	1 166 400	632 241
juil-99	54.2	159.4	0	0	1 023 406	1 166 400	-142 994
août-99	53.0	126.1	0	0	756 767	1 166 400	-409 633
sept-99	107.4	86.6	21	1 228 300	835 462	1 166 400	-330 938
oct-99	82.5	35.7	47	2 761 323	3 346 555	1 166 400	2 180 155
nov-99	40.4	14.0	26	1 555 568	5 315 176	1 166 400	4 148 776
déc-99	115.9	9.4	107	6 284 813	7 272 571	1 166 400	6 106 171
janv-00	16.3	8.9	7	438 176	4 226 564	1 166 400	3 060 164
févr-00	72.5	21.2	51	3 028 899	3 035 388	1 166 400	1 868 988
mars-00	41.0	55.2	0	0	3 643 499	1 166 400	2 477 099
avr-00	74.7	75.1	0	0	4 289 406	1 166 400	3 123 006
mai-00	53.8	117.5	0	0	3 393 427	1 166 400	2 227 027
juin-00	13.3	157.5	0	0	1 899 928	1 166 400	733 528
juil-00	126.0	135.2	0	0	1 719 920	1 166 400	553 520
août-00	55.5	120.1	0	0	1 361 241	1 166 400	194 841
sept-00	33.0	81.5	0	0	1 168 870	1 166 400	2 470
Mois	Pluie (mm)	ETP (mm)	Pluie eff. (mm)	Pluie eff. (m3)	Q naturel (m3)	Q souterrain (m3)	Q ruiss. (m3)
oct-00	91.3	37.1	54	3 197 876	2 056 816	1 166 400	890 416
nov-00	169.9	16.5	153	9 052 095	4 731 542	1 166 400	3 565 142
déc-00	55.6	11.8	44	2 582 718	3 225 594	1 166 400	2 059 194
janv-01	59.6	11.2	48	2 853 957	2 882 397	1 166 400	1 715 997
févr-01	29.3	26.8	3	148 776	1 916 811	1 166 400	750 411
mars-01	169.5	47.4	122	7 205 507	6 333 461	1 166 400	5 167 061
avr-01	74.0	69.6	4	262 132	3 012 219	1 166 400	1 845 819
mai-01	80.1	129.2	0	0	3 259 455	1 166 400	2 093 055
juin-01	54.5	132	0	0	2 333 522	1 166 400	1 167 122
juil-01	83.4	153.3	0	0	1 807 308	1 166 400	640 908
août-01	47.0	130.5	0	0	1 264 422	1 166 400	98 022
sept-01	51.8	66.1	0	0	1 125 555	1 166 400	-40 845
oct-01	121.2	33.2	88	5 191 848	2 533 123	1 166 400	1 366 723
nov-01	41.1	13.5	28	1 625 801	1 769 967	1 166 400	603 567

Mois	Pluie (mm)	ETP (mm)	Pluie eff. (mm)	Pluie eff. (m3)	Q naturel (m3)	Q souterrain (m3)	Q ruiss. (m3)
déc-01	28.2	10.1	18	1 066 852	1 752 431	1 166 400	586 031
janv-02	31.1	13.6	17	1 031 949	1 746 379	1 166 400	579 979
févr-02	52.2	30.9	21	1 255 876	1 617 836	1 166 400	451 436
mars-02	27.3	58.8	0	0	1 996 285	1 166 400	829 885
avr-02	16.3	100.2	0	0	1 129 593	1 166 400	-36 807
mai-02	84.6	107.1	0	0	1 270 473	1 166 400	104 073
juin-02	67.5	162.7	0	0	1 247 545	1 166 400	81 145
juil-02	52.9	153.6	0	0	1 258 359	1 166 400	91 959
août-02	59.8	117.8	0	0	1 122 058	1 166 400	-44 342
sept-02	45.0	84.2	0	0	1 090 747	1 166 400	-75 653
oct-02	66.3	37.9	28	1 677 498	1 548 503	1 166 400	382 103
nov-02	174.2	13.1	161	9 504 654	5 373 162	1 166 400	4 206 762
déc-02	66.0	7.7	58	3 442 374	4 128 574	1 166 400	2 962 174
janv-03	50.4	10	40	2 381 141	3 982 658	1 166 400	2 816 258
févr-03	20.9	22.7	0	0	3 012 114	1 166 400	1 845 714
mars-03	20.3	68.9	0	0	2 657 724	1 166 400	1 491 324
avr-03	46.1	101.8	0	0	2 579 936	1 166 400	1 413 536
mai-03	39.4	119.2	0	0	2 766 614	1 166 400	1 600 214
juin-03	52.4	183.4	0	0	1 918 944	1 166 400	752 544
juil-03	54.9	170.4	0	0	1 581 164	1 166 400	414 764
août-03	50.7	171.5	0	0	1 836 652	1 166 400	670 252
sept-03	28.3	89.5	0	0	2 537 362	1 166 400	1 370 962

Il nous a semblé utile pour mieux comprendre le fonctionnement de l'hydro système de faire de moyennes semestrielles des périodes de hautes et basses eaux :

Figure 18 : Bilan semestriel des débits transitant sur le bassin versant de la Bièvre (en million de m³).

	Q naturel	Q souterrain	Q ruissellement	P eff.	Pluie
Hautes eaux	27	7	20	15	22
Etiage 2000	14	7	7	0	21
1999/2000 BILAN n°1	41	14	27	15	43
Hautes eaux	21	7	14	18	34
Etiage 2001	13	7	6	7	23
2000/2001 BILAN n°2	34	14	20	25	57
Hautes eaux	11	7	4	10	18
Etiage 2002	7	7	0	0	19
2001/2002 BILAN n°3	19	14	5	10	37
Hautes eaux	21	7	14	17	23
Etiage 2003	13	7	6	0	16
2002/2003 BILAN n°4	34	14	20	17	40

Idéalement, on devrait pouvoir à partir de ces données, estimer la part infiltrée à l'aide de la relation suivante :

$$Q_{\text{infiltré}} = Q_{\text{efficace}} - Q_{\text{ruissellement}}$$

L'application stricte de cette relation donne les valeurs suivantes :

- ▶ 1999/2000 : V infiltré = - 12 millions de m³.
- ▶ 2000/2001 : V infiltré = 5 millions de m³.
- ▶ 2001/2002 : V infiltré = 5 millions de m³.
- ▶ 2002/2003 : V infiltré = - 3 millions de m³.

L'incohérence de ces résultats est "normale" au regard des données semestriels. On note ainsi qu'en 199/2000, s'il est tombé environ 43 Mm³ d'eau sur le bassin versant, on en a mesuré environ 41 Mm³ au droit de la station de Brazey. Ce qui équivaudrait à une évapotranspiration et une infiltration vers les nappes quasi nulles. On retrouve le même phénomène en 2002/2003.

Rappelons que cette approche et ces résultats sont basés sur l'hypothèse d'un bassin versant hydrologique de 59 km².

Ces valeurs montrent l'inapplicabilité de l'approche sur ce bassin versant. Ces résultats peuvent être jugés au mieux comme inusuels ou au pire comme "aberrants". Il montre que la compréhension de l'hydro système n'est pas complète ou que les données de débit acquises sur la station hydrométrique de Brazey sont peu fiables.

2.3.2.2 Etude des relations entre pluie efficace, prélèvements et débit d'étiage

L'observation d'un débit d'étiage constant autour de 350 l/s à Brazey nous a conduit à étudier les séries de données suivantes :

Débit d'étiage mesuré à la station de Brazey en Plaine (les mesures débutent en 1992). Ces valeurs ont été calculées comme la moyenne des moyennes mensuelles des mois d'août et de septembre (les valeurs non représentatives de l'étiage liées à des précipitations estivales exceptionnelles, ont été exclues de l'analyse). Le débit d'étiage varie entre 190 et 450 l/s.

Pluie efficace cumulée les 12 mois antérieurs à l'étiage étudié. Ces valeurs ont été calculées par la somme des différences entre valeurs de pluviométrie mensuelle et valeurs d'évapotranspiration mesurées sur la station météorologique de Dijon Longvic. Pour autoriser l'analyse comparative, la lame d'eau infiltrée a été convertie en l/s. Pour ce faire, il a été nécessaire de poser les hypothèses suivantes basées sur les informations données par la carte pédologique de Dijon (première approche de la couverture) :

- ▶ Environ 55 km² de terrains peu perméable avec un coefficient d'infiltration des pluies efficaces estimées à 20%.
- ▶ Environ 25 km² de terrains plutôt perméable avec un coefficient d'infiltration des pluies efficaces estimées à 60%.

Notons que dans cette approche, la totalité de l'impluvium est pris en compte ; on a une approche globale qui suppose que même les infiltrations en aval de Brazey participent au maintien de la cote piézométrique et donc contrôle aussi indirectement les échanges nappe-rivière en amont de la station hydrométrique. Selon cette approche approximative, les valeurs estimées de réalimentation de la nappe varient entre 130 et 380 l/s.

Les prélèvements convertis en débit fictif (l/s) selon les données fournies en phase 2 de l'étude. Selon les années, leur cumul est compris entre 103 et 54 l/s.

L'ensemble des données est présenté dans le tableau ci-dessous.

	Q Bièvre à Brazey (l/s)			le (12 mois antérieurs)		Prélèvements (l/s)			
	Q août	Q sept.	Moyenne	mm	l/s	AEP	Agricole	Industriels	TOTAL
1 993	340	390	365	226.7	187	24	Nd	39	Nd
1 994	340	400	370	468	386	25	Nd	39	Nd
1 995	220	340	280	266	219	22	Nd	47	Nd
1 996	190	190	190	258	213	23	Nd	40	Nd
1 997	290	360	325	352	290	20	44	39	103
1 998	160	250	205	314	259	16	45	37	97
1 999	250	320	285	238	196	13	26	30	69
2 000	420	450	435	229	189	14	30	29	72
2 001	450	430	440	402	332	16	24	30	70
2 002	380	420	400	161	133	17	32	27	76
2 003	Nr	Nr	Nr	261	215	20	38	22	81
2 004	No data	nd	nd	281	232	22	19	14	54
2 005	nd	nd	nd	257	212	22	33	17	73
2 006	nd	nd	nd	280	231	21	35	20	75
2 007	nd	nd	nd	174	143	20	7	30	58
2 008	Nr	Nr	Nr	173	143	22	10	24	56
2 009	350	350	350	229	189	Nd	Nd	Nd	ND
2 010	370	410	390	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd

L'interprétation des données est basée sur la comparaison entre le débit d'étiage mesuré et un débit d'étiage théorique. Ce dernier est calculé comme le débit d'étiage de l'année précédente, augmenté du différentiel de pluie efficace et diminué du différentiel en terme de prélèvements.

Une telle approche simpliste revient à considérer que les échanges avec les autres nappes d'eau (Ouche à l'amont et Saône à l'aval) sont constants dans le temps. De même pour les apports liés aux pertes du canal de Bourgogne.

Le tableau ci-dessous présente cette comparaison :

	Q Bièvre à Brazey (l/s)		le (l/s)		Pr (l/s)		
	dQ		dle		dP	dle+dPr	
1 996	190		213		100		
1 997	325	35	290	77	103	3	
1 998	205	-120	259	-32	97	-5	
1 999	285	80	196	-63	69	-28	
2 000	435	150	189	-7	72	3	
2 001	440	5	332	142	70	-2	
2 002	400	-40	133	-199	76	6	

Le résultat de cette approche est faible :

- Pour certaines années (1997, 1998, 2001 et 2002), on observe les mêmes tendances entre les mesures et les valeurs données par l'approche. Ainsi, en 1998, le débit d'étiage a chuté de 120 l/s par rapport à 1997 ; or, cette année se caractérise bien par une diminution de l'infiltration efficace d'environ 30 l/s et par une légère diminution des prélèvements. Pour ces années, notons que les amplitudes des variations varient fortement entre les mesures et les valeurs théoriques.

- ▶ Mais pour les autres années, on observe des incohérences fortes (1999 et 2000). Ainsi l'année 1999 est caractérisée par une augmentation du débit d'étiage de 80 l/s par rapport à 1998 ; or, cette année se caractérise par une diminution de l'infiltration efficace d'environ 63 l/s compensée partiellement par une diminution des prélèvements de 28 l/s.

Cette absence de résultats significatifs peut être expliquée de deux façons :

- ▶ Le caractère abusif de l'hypothèse de constance des échanges avec les encaissants. Il est évident que des périodes d'étiage prononcés se traduisent par des niveaux piézométriques bas, ce qui implique et une augmentation des apports en provenance de l'appareil alluvial de l'Ouche et une diminution des pertes vers l'appareil alluvial de la Saône.
- ▶ Le caractère trop simpliste des hypothèses concernant les modalités de recharge de la nappe par l'infiltration des eaux météoriques. Elles doivent être plus complexes avec des phénomènes inertiels importants liés à la structure sédimentaire du réservoir et une variation spatiale de la recharge.

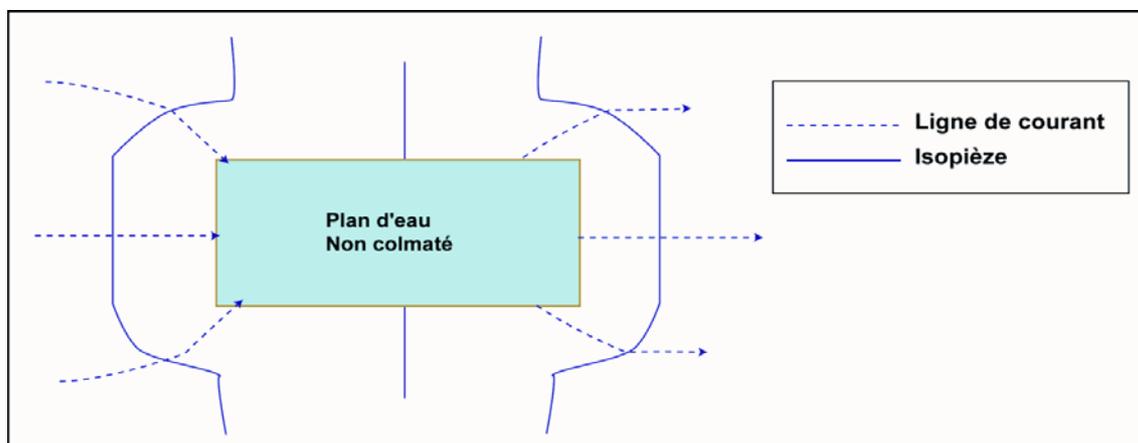
2.3.2.3 Impact des gravières

Rappels théoriques :

Concernant l'impact probable de la carrière, rappelons les éléments suivants :

- ▶ De manière générale, dans un milieu homogène, le régime d'écoulement de la nappe va être modifié au voisinage de la nappe (cf. figure ci-dessous). L'implantation d'une gravière revient à remplacer la matrice poreuse par une zone à porosité de 100% et une transmissivité infinie.
- ▶ Dans sa partie amont, le plan d'eau draine la nappe alors que dans sa partie aval, il l'alimente.

Figure 19 : Effets théoriques d'un plan d'eau dans un matériau homogène.

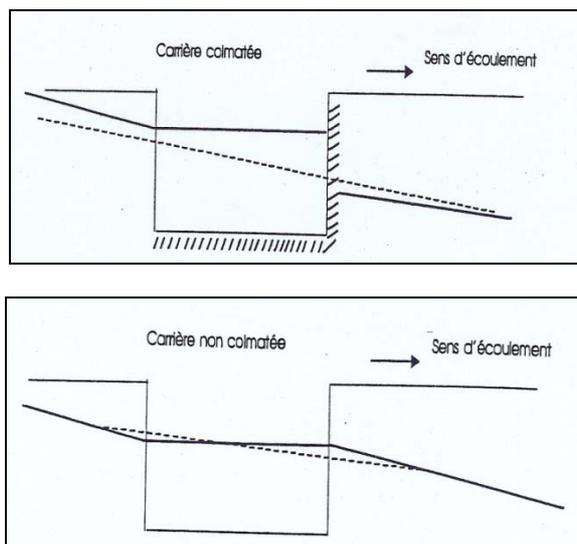


Ces perturbations s'accompagnent localement d'une augmentation du gradient hydraulique.

Le facteur explicatif principal de l'impact d'un plan d'eau sur une nappe est le colmatage des berges

- ▶ Si les parois ne sont pas colmatées, on observera une surélévation du niveau piézométrique à l'aval hydraulique et un rabattement à l'amont.
- ▶ Si les parois sont colmatées, il y aura surélévation à l'amont et rabattement à l'aval.

Figure 20 : Impact du colmatage des berges .



L'extraction des alluvions entraîne donc un phénomène de basculement de la surface du plan d'eau ainsi créé. Celui-ci s'équilibre à l'horizontale alors que les gradients hydrauliques sont modifiés aux abords. Une des conséquences de cette modification est l'accentuation des gradients dans la partie située à l'amont de la gravière.

De plus, rappelons que les gravières ont un impact quantitatif sur la ressource par évaporation; Le volume "perdu" pour la recharge de la nappe peut être estimé de la façon suivante :

$$Q = P - E - I (Sr)$$

Dans une gravière, la pluie infiltrée correspond en totalité à la pluie. L'évaporation peut être estimée par des formules empiriques fonction de la température de l'air et de la surface évaporante, du rayonnement net, de la vitesse du vent, de la pression atmosphérique,

De plus, selon cette approche, il est nécessaire d'estimer les volumes perdus, suite à la suppression de la recharge de la nappe sur les surfaces occupées par les gravières. En effet, initialement des flux d'eau alimentaient la nappe et ils ont été supprimés. Ils sont calculés classiquement par des formules de type :

$$I(Sr) = P - ETP - R$$

Dans cette formule, on suppose négligeable pour les échelles de temps qui nous intéressent, les phénomènes de stockage d'eau dans le sol. De même, le ruissellement peut être considéré comme nul à l'échelle des surfaces intéressées.

Application au secteur d'étude :

Dans le cadre de cette étude nous avons réalisé les démarches suivantes :

(1) Demande auprès de METEO FRANCE pour obtenir les valeurs d'évaporation estimées sur une décennie au droit du secteur d'étude (Station météorologique de Dijon-Longvic).

(2) Estimation de la surface cumulée des gravières/plans d'eau par analyse d'un set de photographies aériennes datant de 2006 à l'échelle 1 : 125 000 (photographies IGN : FD_21_C68#858, FD_21_C68#860, FD_21_C68#862, FD_21_C68#910, FD_21_C68#912, FD_21_C68#914). La surface cumulée est estimée à environ 1,5 km² (soit environ 150 hectares). Précisons que 50% de ces plans d'eau sont situés dans la partie amont de la nappe, au niveau de la commune de Rouvres en Plaine.

Figure 21 : Exemple de photographies aériennes ; gravières de Rouvres en Plaine .



Ce qui permet de proposer les valeurs suivantes pour une surface actuelle de plans d'eau de l'ordre de 150 hectares.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Moy.
P (mm)	740	804	703	515	788	589	725	789	850	762	740
E (mm)	929	919	982	1090	960	998	978	965	900	963	965
P-E (mm)	-188	-114	-280	-574	-171	-408	-252	-175	-50	-200	-225
I(Sr)	279	293	256	220	337	145	235	185	242	228	+240
Impact pour 150 ha (10³.m³)	-701	-611	-804	-1191	-762	-830	-731	-540	-438	-642	-725

Pour rappel, l'unité du millimètre est équivalente à 10 mètres cube d'eau par hectare.

A une perte annuelle moyenne de 725 000 m³ correspond ainsi un débit fictif de l'ordre de 20 l/s.

2.3.3 Données piézométriques

Il n'existe pas de suivi piézométrique continu sur la nappe de la Bièvre.

Rappelons que de nombreuses études locales proposent des instantanés piézométriques sur une partie plus ou moins étendue de la nappe.

Divers :

2.3.3.1 Données de prélèvements par pompage

Ces données font l'objet d'un rapport spécifique, édité par BRLi.

Elles sont détaillées dans la proposition de bilan présentée ci-après.

2.3.3.2 Fuite du canal de Bourgogne

Des échanges ont eu lieu avec la DDT concernant les fuites éventuelles du Canal de Bourgogne susceptibles de venir alimenter par infiltration la nappe de la Bièvre.

Il nous a été fourni oralement l'estimation de 2 millions de m³ par an, entre Bretenières et Aiserey (linéaire de 10 km). En supposant que les pertes soient du même ordre de grandeur entre Aiserey et st Usage, on obtient un débit fictif de l'ordre de 100 l/s pour la totalité du Canal.

Les précisions suivantes nous ont aussi été apportées :

- ▶ Le Bief 69s (long de 1,17 km) situé sur la commune de Longecourt en Plaine consomme de plus en plus d'eau en saison estivale. Selon les personnes consultées, l'interaction avec la nappe phréatique est évidente.
- ▶ Le bief 76S (2,45 km de long) qui se trouve à cheval sur les communes de Brazey en Plaine et saint-Usage, présente depuis 5 ans des fuites importantes au droit d'une avarie sur un aqueduc sous fluvial (de 5 à 10 000 m³/j). Le volume de pertes annuel est conséquent : de 1,8 à 3,6 millions de m³. Une partie de ces pertes va alimenter de manière artificielle la Bièvre dans sa partie la plus aval.

3. SYNTHÈSE

3.1 AVIS SOMMAIRE SUR L'ÉTENDUE DES CONNAISSANCES

3.1.1 Éléments certains

Les connaissances acquises sur cette unité aquifère sont les suivantes :

- (1) Caractère étendu de la nappe qui englobe les séries perméables du St Cosme et celles du Quaternaire. On a donc une masse d'eau de grande dimension.
- (2) Les limites de l'aquifère sont bien définies : séries formant des limites imperméables sur les flancs Est et Ouest du corps sédimentaire, échanges au Nord avec l'Ouche et sa nappe d'accompagnement, alimentation au Sud de la nappe alluviale de la Saône.

On peut donc considérer en première approximation que l'aquifère est bien décrit à grande échelle. Notons cependant une forte complexité de détail à plus petite échelle :

- (1) Dans le détail, la structure sédimentaire est hétérogène (sédimentation lenticulaire, avec des séries emboîtées qui se traduit par de fortes variations de faciès et d'épaisseurs). Cela se traduit par des variations importantes de perméabilité ; il en résulte des processus d'inertie locaux dans les transferts de pression et de matière.
- (2) Dans le détail, le comportement hydrogéologique de cette nappe est complexe. En effet, on observe une variabilité des recouvrements qui induit une variabilité des comportements locaux (de nappe libre à nappe captive) et des modalités de recharge (notamment par infiltration des eaux météoriques).
- (3) Dans le détail, la limite entre nappe de la Bièvre et nappe de l'Ouche est délicate à définir. Nous ne disposons pas d'une carte piézométrique de référence intéressant les deux aquifères. De plus, la piézométrie est susceptible de varier dans l'espace en fonction de la dynamique des hydro systèmes.

Cette complexité de détail implique un fort degré d'imprécision sur plusieurs paramètres utiles au calcul des termes du bilan.

L'étude comparée des données climatologiques avec les débits mesurés à la station de Brazey montre que la compréhension de l'hydro système n'est pas complète ; des phénomènes complexes inertiels pourraient avoir lieu, expliquant ainsi les incohérences observées entre pluviométrie et débit mesuré en sortie de bassin. Cela souligne le caractère très schématique des conclusions proposées dans ce rapport.

3.1.2 Éléments incertains

Les incertitudes majeures, méritant une discussion dans le cadre de cette étude, sont les suivantes :

- (a) Piézométrie de la nappe. Les éléments d'information sur la piézométrie sont spatialement localisés et temporellement limités. Nous ne possédons pas de cartes piézométriques hautes et basses eaux conçues pour mettre en évidence les relations nappe-rivières à l'échelle de l'aquifère. La carte piézométrique proposée par ANTEA (2010) montre une piézométrie supérieure de près de 1 mètre par rapport à la carte piézométrique proposée par FREDON (2002). Notons que cette dernière carte n'est pas cohérente avec les niveaux cotés des cours d'eau superficiels (Vouge et

Bièvre) ; la piézométrie proposée par FREDON (2002) est systématiquement inférieure de 1 à 2 m par rapport aux cours d'eau superficiels. C'est aussi le cas de la source de Marliens qui donne naissance à la Bièvre, ce qui est problématique. Nous ne disposons pas de chroniques piézométriques longues pour comprendre les effets cumulés des variations de régime pluviométrique (hautes et basses eaux) et des variations des prélèvements (accentuation des pompages en période estivale).

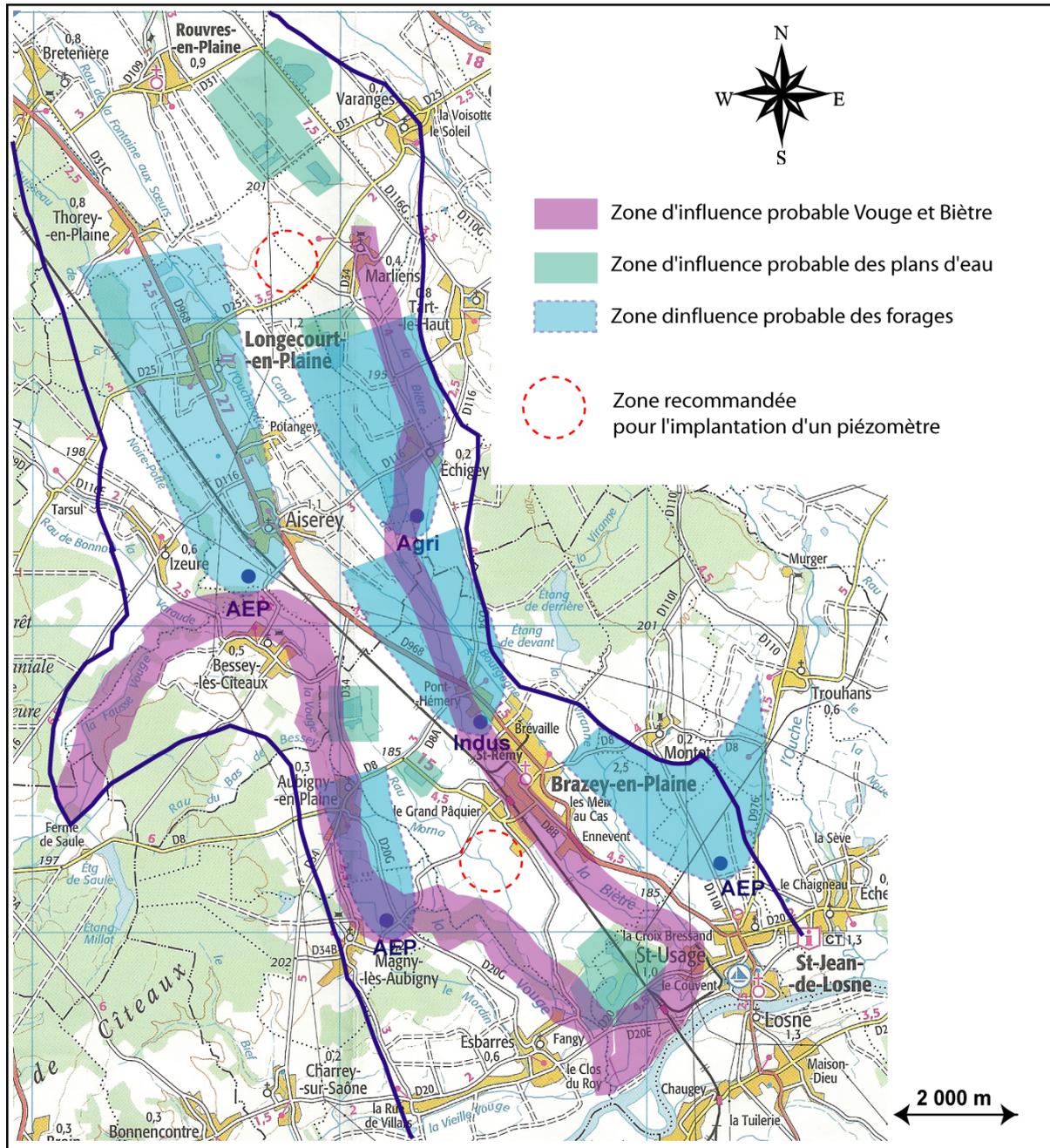
- (b) Estimation de la pluie efficace et donc de l'infiltration efficace (lame d'eau s'infiltrant dans la zone non saturée qui participera in fine à la recharge de la nappe). C'est une donnée essentielle pour la compréhension des phénomènes de recharge de la nappe et l'estimation du bilan mais, malheureusement, son estimation nécessite l'emploi de méthodes approximatives. Ainsi, nous n'avons pas pu dans le cadre de cette étude proposer une méthode robuste d'estimation pour cette grandeur physique. Certaines études consultées proposent des valeurs comprises entre 120 et 150 mm par an pour le cumul des pluies efficaces (ANTEA, 2010; TAWN France, 2010), sans préciser l'approche autorisant cette estimation.
- (c) Les valeurs sur les pertes du canal de Bourgogne sont approximatives. Il s'agit d'une estimation, basée sur une extrapolation de mesures entre deux biefs.
- (d) Les mesures de débit de la Vouge font apparaître une perte d'environ 100 l/s entre Aubigny-en-Plaine et Esbarres en période d'étiage. C'est une observation importante qui mériterait d'être confirmée par des mesures complémentaires.

3.1.3 Recommandations

Au vu des incertitudes mises en évidence, nous recommandons la mise en œuvre ad minima des opérations suivantes :

- ▶ Mise en place d'une étude hydrogéologique détaillée pour mieux comprendre l'hydro système. Elle devrait se focaliser principalement sur la structure du réservoir avec la reprise des données de forage existantes et la réalisation de coupes sériées. Une telle approche permettrait de mieux comprendre les phénomènes de recharge et les phénomènes inertiels, qui forment une partie de la complexité de l'aquifère (complexité liée à la structure sédimentaire des séries).
- ▶ Réalisation de deux cartes piézométriques, basses et hautes eaux. Elles devront être conçues pour mettre en évidence les relations nappe-rivière. Idéalement, il faudrait ainsi sélectionner, voire créer, des points d'observation proches des cours d'eau principaux (Bièvre et Vouge) ; et compléter les relevés piézométriques par des séries de jaugeages synchrones aux mesures piézométriques.
- ▶ Installation d'au moins deux points de suivi piézométrique dans la nappe de la Bièvre (en partie aval comme en partie amont). La carte-ci-dessous montre les secteurs proposés ; ils ont été sélectionnés avec les contraintes suivantes : distance > 300 m des cours d'eau pour pouvoir anticiper les phénomènes inertiels dans la baisse piézométrique, forte distance à l'Ouche et distance > à 200 m des plans d'eau pour éviter l'effet "tampon" des gravières et du cours d'eau sur les variations piézométriques, implantation hors zone d'appel probables des forages importants dans la nappe (AEP, industriels et agricole), localisation dans les alluvions récentes (nappe libre). Insistons sur le caractère supposé et donc approximatif des zones d'influence proposées dans la figure ci-dessous. Elles servent avant tout à localiser les zones les plus éloignées des influences pressenties ; leur valeur intrinsèque est faible.
- ▶ Validation de la perte observée de la Vouge dans sa partie aval par des mesures complémentaires appropriées : nouvelles mesures de jaugeage, relevés topographiques précis du fil de l'eau,...

Figure 22 : Proposition de secteurs pour l'implantation des piézomètres.



3.2 IMPLICATIONS POUR L'ETUDE VOLUME PRELEVABLES

3.2.1 Interactions eaux souterraines et eaux de surface

3.2.1.1 Rappels théoriques

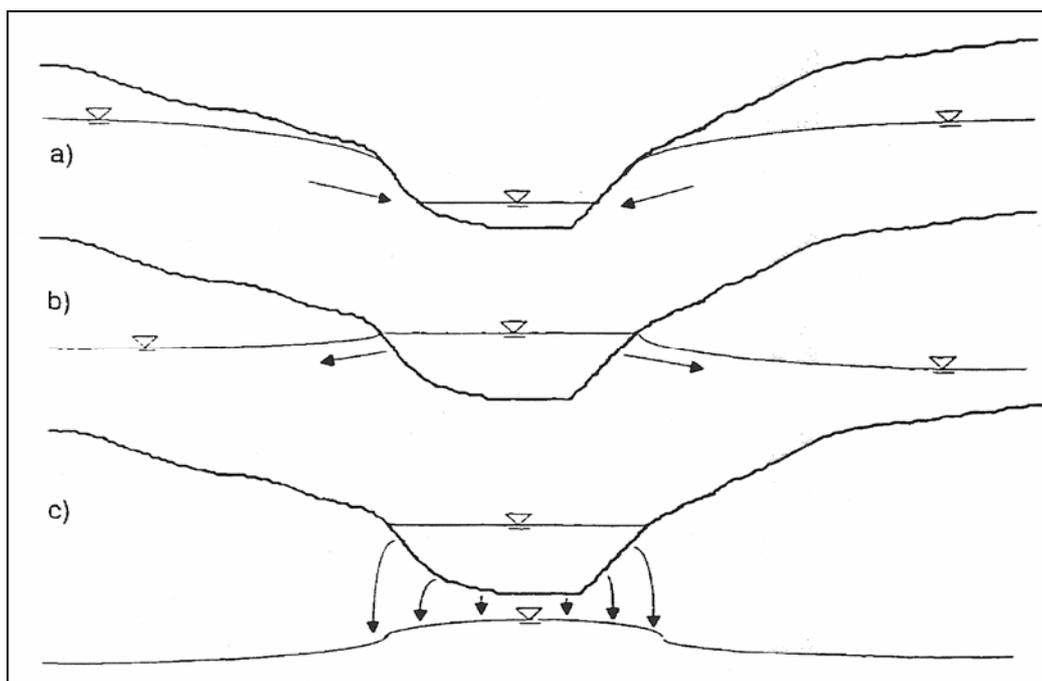
Les écoulements à surface libre et souterrain sont liés par le flux traversant le lit du cours d'eau. Pour évaluer le débit entre le cours d'eau et l'aquifère, il faut connaître les élévations respectives de la surface libre et de la nappe phréatique.

Trois situations sont possibles :

- ▶ Connexion entre les deux masses d'eau : la nappe alimente la rivière.
- ▶ Connexion entre les deux masses d'eau : la rivière alimente la nappe.
- ▶ Recharge de la nappe sans continuité hydraulique.

La figure ci-dessous illustre ces trois potentialités.

Figure 23 : Relations possibles entre cours d'eau et nappe.



Le flux dépend :

- ▶ Dans le cas d'une connexion hydraulique, de la perméabilité du lit de la rivière et de la différence de charge hydraulique entre les deux systèmes. Plus, cette dernière est forte, plus les échanges sont importants. Dans le cas d'un lit complètement imperméable, les échanges seraient ainsi nuls.
- ▶ Dans le cas de non continuité hydraulique des deux masses d'eau, le débit traversant le lit du cours d'eau dépend uniquement de la perméabilité des matériaux les moins perméables (dépôts de fond sur le lit ou horizons sédimentaires dans la zone non saturée) et de la hauteur d'eau dans le cours d'eau.

Dans la pratique, on observe souvent que certains biefs drainent l'aquifère et que d'autres le rechargent. Par ailleurs, un bief peut recharger l'aquifère lors de crue et le drainer lors des périodes d'étiage.

La nature des échanges varie donc dans le temps et dans l'espace.

3.2.1.2 Application au secteur d'étude

Les informations recueillies dans le cadre de cette étude montrent une connexion hydraulique entre la Bièvre et sa nappe d'accompagnement ; on observe notamment fréquemment des lits de cours d'eau composés de séries graveleuses plus ou moins perméables. Plus précisément, les données de jaugeage et l'analyse comparée des données de débit et de pluviométrie montrent une alimentation de la Bièvre par la nappe dite la Bièvre. Cette alimentation serait comprise entre 350 et 450 l/s en moyenne.

En schématisant, la nappe participe à l'alimentation des cours d'eau à partir de Marliens. Plus en amont, les cours d'eau sont perchés par rapport à la nappe et il est probable qu'il participe à son alimentation. Notons cependant que les rares informations ou données disponibles tendent à montrer qu'en période estivale la nappe "décroche" par rapport au cours d'eau sur une partie de plus en plus importante du bassin versant. On aurait donc en période estivale une migration de la limite recharge/alimentation vers l'aval dans l'hydro système. Le battement de nappe serait de l'ordre de 1 à 2 m ; il sera nécessaire de valider cet ordre de grandeur.

Pour estimer l'influence des prélèvements sur le débit naturel des cours d'eau, nous nous référons à l'étude CAILLE réalisée sous supervision des services compétents de l'Etat. Rappelons que dans le bassin versant de la Bièvre, les prélèvements pour AEP sont négligeables ; les prélèvements majeurs sont ceux destinés à l'irrigation en période estivale. Sous réserve d'accepter les hypothèses de la démarche de modélisation, cette étude définit une influence directe des prélèvements de l'ordre de 280 mètres pour la nappe de la Bièvre. Ce qui signifie en première approximation qu'un prélèvement situé à moins de 300 m peut être considéré comme un prélèvement dans ce cours d'eau.

Il nous a semblé nécessaire de détailler ce résultat. En utilisant une approche basée sur les mêmes équations physiques (solution de Theis), on peut estimer à partir de quel temps le cône d'influence du pompage atteint le cours d'eau. Rappelons les hypothèses de base de la démarche de modélisation de CAILLE et donc de notre approche détaillée :

- ▶ Nappe libre.
- ▶ Communication directe entre nappe et rivière.
- ▶ Débit moyen de 7 m³/h pendant 90 jours.
- ▶ 4 m d'épaisseur pour la nappe, porosité de 10%, perméabilité de 2 10⁻³ m/s.

En prenant comme hypothèse de non influence un rabattement associé inférieur à 5 cm, l'équation de Theis permet d'estimer que le cône d'influence du pompage "atteindra" le cours d'eau en environ 10 jours pour un puits situé à 100 m du cours (soit 90% du temps de pompage en influence avec le cours d'eau), en environ 40 jours pour un forage localisé à 200 m du cours d'eau (soit seulement 50% du temps de pompage en relation avec le cours d'eau) et en 70 jours pour un point de prélèvement à 250 m du cours d'eau (soit seulement 25% du temps de pompage influencé par des échanges avec le cours d'eau).

Ce sont ces ordres de grandeur qui ont été retenus pour la quantification de l'influence des prélèvements sur le débit naturel des cours d'eau.

3.2.2 Proposition de bilan

3.2.2.1 Apports

Estimation de la recharge par infiltration des eaux météoriques :

En première approximation, si l'on accepte les hypothèses suivantes :

- ▶ Environ 55 km² de terrains peu perméable selon la carte pédologique de Dijon. On peut supposer une valeur moyenne annuelle de l'ordre de 54 mm pour le cumul de la lame d'eau annuelle infiltrée (moyenne des pluies efficaces de l'ordre de 270 mm/an et coefficient de ruissellement de l'ordre de 80%). On obtient alors une alimentation moyenne annuelle de l'ordre de 3 millions de m³.
- ▶ Environ 25 km² de terrains plutôt perméable selon la carte pédologique de Dijon. On peut supposer une valeur moyenne annuelle de l'ordre de 160 mm pour le cumul de la lame d'eau annuelle infiltrée (moyenne des pluies efficaces de l'ordre de 270 mm/an et coefficient de ruissellement de l'ordre de 40%). On obtient alors une alimentation moyenne annuelle de l'ordre de 4 millions de m³.

Soit un cumul de l'ordre de 7 millions de m³ ou 290 l/s.

Par prudence, au vu du caractère très approximatif de cette estimation, nous proposons donc un débit fictif de recharge par infiltration des eaux météoriques compris entre 250 et 350 l/s.

Alimentation en provenance de la nappe alluviale de l'Ouche :

Sur un transect au niveau de Bretenière dont les limites Est et Ouest correspondent à des formations imperméables, on peut définir les hypothèses suivantes :

Épaisseur productrice de la nappe de la Bièvre au contact avec les alluvions de l'Ouche : environ 3 mètres (selon données recueillies dans le cadre de cette étude).

Gradient hydraulique : environ 0,2 % selon la carte piézométrique de référence (Gaucher, 2000; FREDON, 2002).

Section productrice estimée à environ 5 000 mètres.

Perméabilité moyenne comprises entre 1 et 10 10⁻³ m/s (valeurs de perméabilité estimées sur le secteur des gravières).

Cela permet d'estimer selon la Loi de Darcy un débit fictif moyen compris entre 30 et 300 l/s.

Les études les plus détaillées sur les valeurs mesurées de débit de l'Ouche (Gaucher, 2000; Muchembled, 2008) montre une cohérence de résultats avec une estimation des apports de l'ouche à la nappe de la Bièvre estimée entre 200 et 240 l/s en débit fictif.

Infiltration liée aux fuites du Canal de Bourgogne :

Le débit de fuite du canal de Bourgogne est estimé en première approximation entre 100 et 120 l/s sur le sous-bassin de la Bièvre.

Infiltration de la Vouge entre Aubigny-en-Plaine et Esbarres :

Les mesures de débit de la Vouge font apparaître une perte d'environ 100 l/s entre Aubigny-en-Plaine et Esbarres en période d'étiage.

C'est une mesure qui mérite d'être considérée, avant validation, comme une hypothèse dans le bilan proposé.

3.2.2.2 Pertes

Prélèvements :

Selon le rapport de phase 2 édité par BRLi, on peut estimer les ordres de grandeur prélevés dans la nappe sur la période 2000-2006 :

- ▶ De l'ordre de 600 000 m³/an (soit environ 20 l/s en débit fictif) pour les prélèvements industriels.
- ▶ Entre 1 et 1,5 millions de m³/an (soit environ 30 à 45 l/s en débit fictif) pour les prélèvements agricoles. Les prélèvements agricoles ont chuté sous 500 000 m³/an depuis début 2007 avec l'arrêt de la culture de la betterave.
- ▶ Environ 600 000 m³/an (soit environ 20 l/s en débit fictif) pour les prélèvements industriels.

Soit un cumul compris entre 60 et 100 l/s toutes origines confondues pour les prélèvements pour la période 2000 à 2006. Depuis 2006, les prélèvements ont diminué autour de 50 l/s.

Notons que par le passé, ces prélèvements ont été beaucoup plus élevés : de l'ordre de 3 500 000 m³/an selon Gaucher (2000) pour les années 1996/1997.

Evaporation moyenne des plans d'eau :

L'approche développée dans le cadre de cette étude permet d'estimer une perte annuelle moyenne de 700 000 m³ (par évaporation et par déficit de recharge), ce qui correspond ainsi à un débit fictif de l'ordre de 20 l/s.

Alimentation de la Bièvre :

Les données de jaugeage permettent d'estimer un apport de la nappe vers la Bièvre de 300 à 400 l/s en basses eaux. Il est probable que cette valeur soit supérieure en période de hautes eaux.

Nous retiendrons donc en première approximation une valeur de l'ordre de 350 à 450 l/s pour les apports de la nappe à la Bièvre.

Alimentation de la nappe alluviale de la Saône :

Selon les hypothèses suivantes :

Epaisseur productrice de la nappe de la Bièvre au contact avec les alluvions de la Saône : environ 8 mètres (selon données de la carte géologique BRGM au 1 : 50 000 de Seurre : cote substratum 170 m NGF, cote sol 180 m NGF et 2 m de dépôts à dominante argileuse en recouvrement).

Gradient hydraulique : environ 0,1 % selon la carte piézométrique de référence (FREDON, 2002).

Section productrice estimée à environ 8 000 mètres.

Perméabilité moyenne comprises entre 2 et 8 10⁻³ m/s (valeurs de K estimés sur les puits AEP de St Usage et de Magny-lès-Aubigny).

Cela permet d'estimer selon la Loi de Darcy un débit moyen compris entre 125 et 500 l/s. On retiendra une valeur moyenne comprise entre 200 et 300 l/s (même géométrie de contact que pour le contact Bièvre/Ouche).

3.2.2.3 Synthèse

Ce qui permet de proposer le bilan suivant :

Entrées : entre 550 et 720 l/s.

- ▶ Recharge par infiltration des eaux de pluie sur l'impluvium : entre 250 et 350 l/s.
- ▶ Alimentation en provenance de l'appareil alluvial de l'Ouche : entre 200 et 250 l/s.
- ▶ Infiltration du Canal de Bourgogne : entre 100 et 120 l/s.
- ▶ Pertes de la Vouge d'environ 100 l/s entre Aubigny-en-Plaine et Esbarres ?

Sorties : entre 620 et 870 l/s.

- ▶ Prélèvements : entre 50 et 100 l/s.
- ▶ Alimentation de l'appareil alluvial de la Saône : entre 200 et 300 l/s.
- ▶ Alimentation de la Bièvre et de ses affluents : entre 350 et 450 l/s.
- ▶ Pertes par évaporation des plans d'eau : environ 20 l/s.

D'un point de vue quantitatif, on observe que ce bilan est légèrement déséquilibré. C'est normal : il intègre des estimations très grossières. De plus, il faut insister sur le caractère trompeur de ce type de bilan. Il se présente comme une photographie de moyennes annuelles de phénomènes très variables d'une année sur l'autre. Les grandeurs proposées ici sont donc à considérer avec beaucoup de prudence.

D'un point de vue plus qualitatif, les ordres de grandeur proposés sont, en première approximation, cohérentes avec le modèle hydrogéologique proposé en synthèse des études existantes et des données disponibles. On insistera sur les éléments suivants :

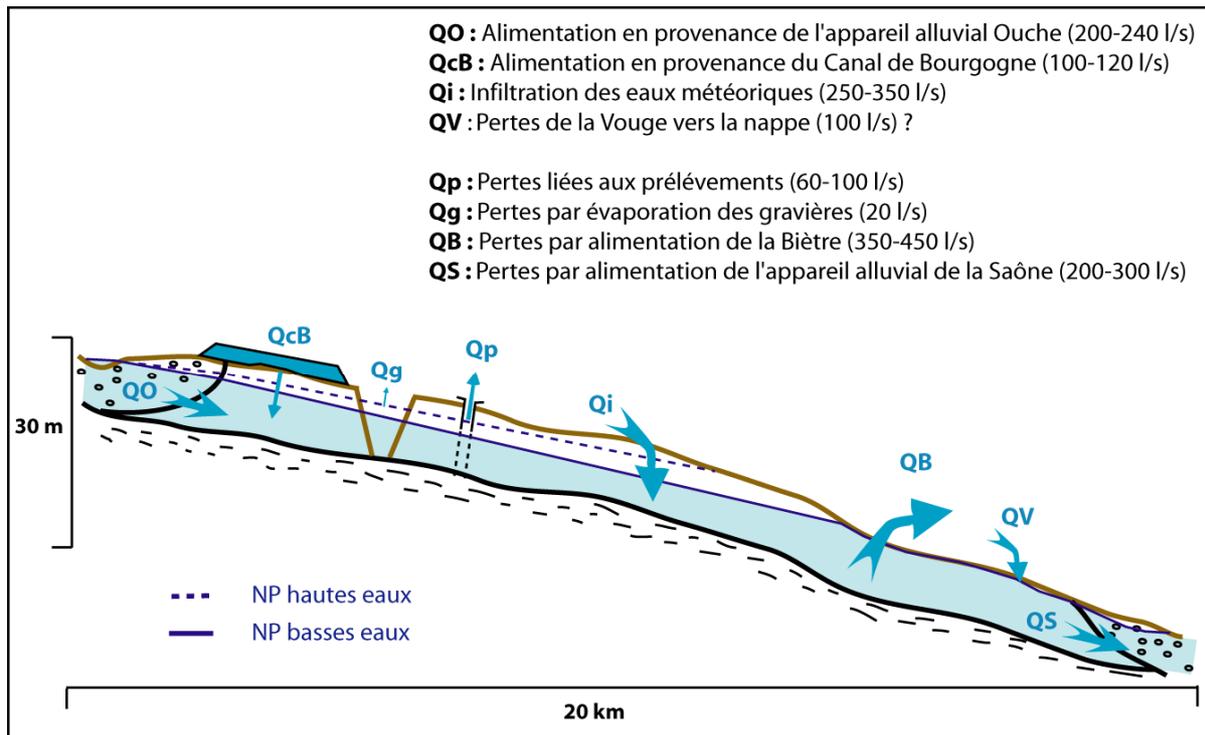
Les deux facteurs majeurs mis en évidence par cet exercice, sont : d'une part une alimentation prépondérante de la nappe par infiltration des eaux météoriques et d'autre part, une participation importante de la nappe au débit de la Bièvre.

Les apports de la bordure Nord correspondent en première approximation aux pertes liées à l'alimentation de la nappe alluviale de la Saône. C'est une approximation grossière : une piézométrie à la baisse se traduira nécessairement par une augmentation des apports amont et une diminution des pertes vers l'aval.

Les apports liés aux pertes du canal de Bourgogne sont importantes : elles compensent le cumul des prélèvements anthropiques et les pertes liés à l'évaporation des plans d'eau.

On est donc dans un système complexe de forte interaction entre cours d'eau et nappe.

Figure 24 : Schéma conceptuel de la nappe de la Bièvre.



3.2.3 Gestion de la nappe

3.2.3.1 Indicateurs piézométriques de gestion

Au vu de l'absence de chroniques piézométriques autorisant une analyse de corrélation entre débits prélevés, débits dans la Bièvre et niveaux piézométriques, il n'est pas possible de proposer des indicateurs piézométriques pour la gestion de la nappe de la Bièvre.

3.2.3.2 Volumes prélevables:

Le bilan proposé permet d'estimer un flux moyen annuel de l'ordre de 20 Mm³.

Au vu des éléments d'informations collectées dans cette étude, on peut considérer en première approximation que tout prélèvement en nappe aura pour conséquence principale une baisse de l'alimentation de la Bièvre.

C'est une approximation forte. En effet, l'augmentation des prélèvements entrainera nécessairement une baisse du niveau piézométrique qui aura aussi pour effet d'augmenter les apports souterrains en provenance de l'appareil alluvial de l'Ouche (augmentation du gradient piézométrique) et diminuera les pertes vers l'appareil alluvial de la Saône (diminution du gradient piézométrique). En l'absence de modèles maillés, il n'est pas possible de quantifier ces phénomènes.

Rappelons de plus que nos approches comparatives entre données climatologiques, données de prélèvements et données de débit de la Bièvre n'ont pas conduit à des résultats probants. Les phénomènes de recharge de la nappe sont trop complexes pour être approchés par des approches globales basées sur l'analyse de moyennes annuelles ou semestrielles ; de plus, ces phénomènes intègrent des relations d'échange complexes avec d'autres masses d'eau souterraine. Ainsi, par prudence, on ne prendra pas en compte les effets d'inertie en considérant que tout prélèvement dans un cycle hydrologique impactera le même cycle hydrologique de la Bièvre.

Dans le cadre de notre mission, au vu des éléments d'information consultés, nous retiendrons donc en première approximation, que toute augmentation du débit de prélèvement (quel qu'en soit le lieu et quelles qu'en soient les périodes) se traduira intégralement par une baisse de l'alimentation de la Bièvre.

C'est une relation simpliste basée sur une approche prudentielle. La définition d'une relation moins approximative nécessiterait au minimum la réalisation des études complémentaires recommandées couplées à la mise en œuvre d'une modélisation numérique de l'hydro système.

Si cette relation devait être acquise comme règle de gestion, nous attirons l'attention sur les deux points suivants :

- ▶ Nous ne disposons d'aucune donnée ou approche robuste permettant d'estimer le taux de renouvellement de la nappe (volume d'eau météorique infiltrée). Il n'est donc pas possible de proposer des schémas d'exploitation basés sur une alternance des prélèvements entre hautes et basses eaux.
- ▶ L'aquifère est caractérisé par une faible épaisseur, ce qui implique de faibles réserves permanentes. C'est un point important : en cas d'exploitation soutenue de l'aquifère, l'absence de réserves significatives impliquera un risque de déficit quantitatif pour une succession d'années marquée par des déficits pluviométriques (faiblesse des ressources renouvelables). De même, des prélèvements trop concentrés dans le temps (en période estivale par exemple) pourraient conduire à dénoyer la nappe localement et temporairement (déphasage entre prélèvements et phénomènes de recharge).

Dit autrement, il est toujours délicat de définir des volumes prélevables à partir de moyennes interannuelles pour des aquifères caractérisés par l'absence de réserves permanentes. Nous recommandons donc vivement la réalisation des études complémentaires proposées pour affiner la règle de gestion proposée.

4. REFERENCES DOCUMENTAIRES

- ANTEA, 2009** - Etude hydrogéologique Marliens (21). Expertise hydrogéologique du projet d'extension de la carrière de Marliens. Rapport d'étude, 12 p + annexes.
- ANTEA, 2010** - Syndicat des Eaux de la Racle. délimitation et définition du fonctionnement du bassin d'alimentation du puits de la RACLE à Aiserey (21). Rapport d'étude. 20 p. + annexes.
- Cabinet MERLIN, 2009** - Réalisation de travaux hydrauliques à caractère agricole. Dossier de demande d'autorisation au titre du code l'environnement. Pour le compte de l'Association pour la création de l'ASA de la Biètré.
- CAILLE BE, 2008** - Evaluation de la distance d'incidence des prélèvements souterrains sur les cours d'eau du Département de la Côte d'or. Rapport d'étude 24 p.
- Chambre d'agriculture de Bourgogne, 1994** - Bassin de la Vouge, Côte d'Or. L'eau et ses usages. Synthèse des connaissances et propositions d'actions.69 p.
- Chambre d'agriculture de Bourgogne, 1994** - Bassin de la Vouge, Côte d'Or. Cartes. Synthèse des connaissances et propositions d'actions.69 p.
- Chrétien J., 1976** - Carte pédologique de Dijon au 1/100 000. Service d'études des sols et de la carte pédologique de la France. INRA. Carte + notice, 217 p.
- Clair A., 1982** - Notice explicative de la carte géologique de Dijon au 1 : 50 000. Document BRGM.52 p.
- Cremille L., Toubin J., 1980** - Zone industrielle de Dijon-Longvic. Surveillance des variations physico-chimiques de la nappe alluviale. Période de septembre 1979 à mars 1980. Rapport BRGM. 12 p. + annexes.
- Fleury R., Farjanel G., Collin J.J., 1982** - Notice explicative de la carte géologique de Seurre au 1 : 50 000. Document BRGM. 38 p.
- FREDON BOURGOGNE, 2002** - Bassin de la Biètré - Prévention des risques de contamination de l'eau pas les produits phytosanitaires d'origine agricole. Rapport d'étude. 62 p. + annexes.
- FREDON BOURGOGNE, 2007** - Diagnostic de la qualité des eaux sur le bassin de la Vouge. Rapport d'étude 40 p. + annexes.
- FREDON BOURGOGNE, 2008** - Diagnostic de la qualité des eaux sur le bassin de la Vouge - Sous bassin de la Cent Fonts. Rapport d'étude 32 p. + annexes.
- FREDON BOURGOGNE, 2008** - Diagnostic de la qualité des eaux sur le bassin de la Vouge - Sous bassin de la Varaude. Rapport d'étude 17 p. + annexes.
- Gaucher A., 2000** - Amélioration de la gestion en eau dans le bassin de la Vouge. DESS espace rural et environnement, rapport de stage, 49 p.+ annexes.
- IdéesEaux & HYDRIAD, 2010** - Délimitation et vulnérabilité du BAC du captage de la croix Blanche à Saint Usage. Rapport final pour le compte du syndicat des eaux de Brazey-en-Plaine. 117 p. + annexes.
- Muchenbeld Lisa, 2008** - Bilan quantitatif de la ressource en eau du bassin versant de l'Ouche. SAGE de l'Ouche - Etat des lieux. Master espace rural et environnement, mémoire de stage, 53 p.

- Petit Christophe, 1993** - Un bassin d'avant-pays de type pelliculaire : la Bresse au Plio-pléistocène, Thèse Université de Bourgogne, 348 pages.
- Rat P., Contini D., Courel L., Menot J.C., Pascal A., Thierry J., Tintant H., 1989 - Notice explicative de la feuille Dijon au 1/250 000. Document BRGM. 66 p.
- Rémond C., Lefavrais-Raymond A., Rat P., Vogt J., 1972** - Notice explicative de la feuille Gevrey-Chambertin au 1/50 000. Document BRGM. 33 p.
- Sciences Environnement, 2009** - Commune de Marliens et Rouvres-En-Plaine. Demande d'autorisation et d'extension de la carrière à ciel ouvert. Pour le compte de la Société GSM. Résumé non technique, 29 p. + plan. Etude d'impact, 162 p. + annexes.
- TAUW FRANCE, 2010** - Etude de délimitation et de définition du fonctionnement du bassin d'alimentation du captage de Magny-lès-Aubigny. Rapport de phase 1 pour le compte du Syndicat des eaux Seurre Val de Saône. 30 p + annexes.