

## **SYNDICAT DU BASSIN DE LA VOUGE**

# **ETUDE DES VOLUMES PRELEVABLES ET IDENTIFICATION DES RESSOURCES STRATEGIQUES SUR LA NAPPE DE DIJON SUD (PHASE 1)**

### ***Phase 1 : Caractérisation des aquifères et recueil de données (Nappe Dijon Sud)***



*29 juillet 2010*

PG\_DS\_Ph1



# 1. INTRODUCTION

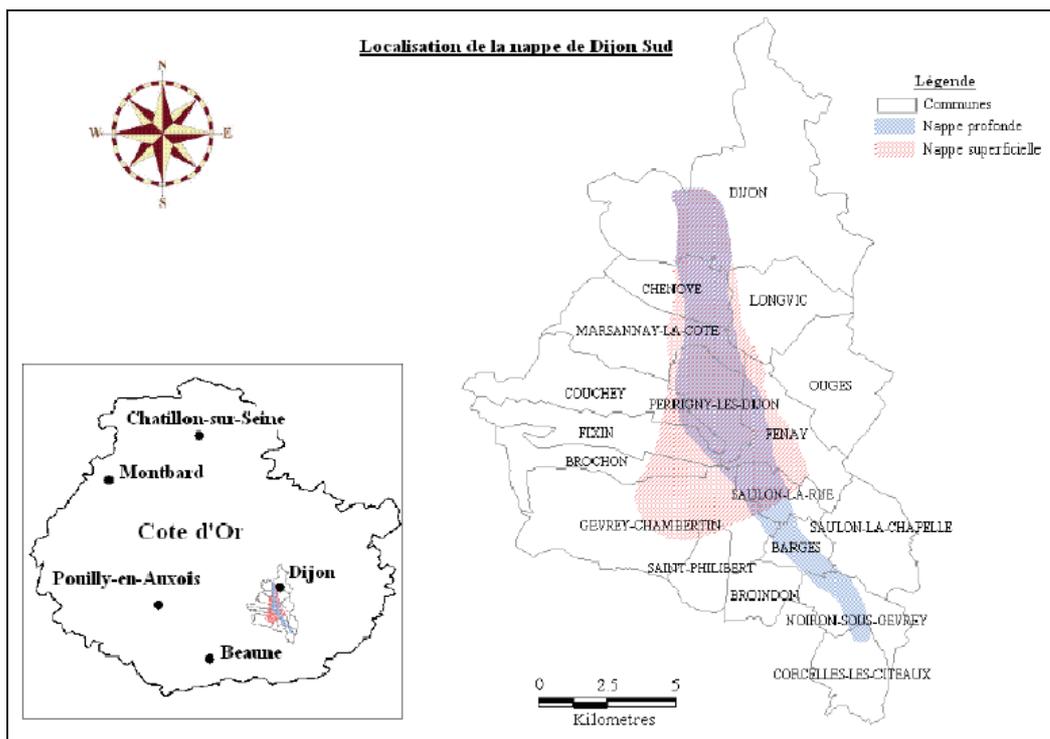
## 1.1 CONTEXTE DE LA MISSION

Le Syndicat du Bassin Versant de la Vouge met en œuvre un appel d'offre pour une étude de détermination des volumes prélevables sur le bassin versant de la Vouge. Cette étude comprend deux volets :

- ▶ Un volet de détermination des volumes prélevables sur le bassin versant proprement dit.
- ▶ Un volet portant sur l'identification et caractérisation des ressources stratégiques sur la nappe de Dijon sud.

Les prélèvements effectués sur la nappe de Dijon Sud sont destinés en grande majorité à l'alimentation en eau potable et l'importance de sa réserve (estimée entre 15 et 20 millions de m<sup>3</sup>) en fait une ressource identifiée comme stratégique dans le SDAGE. Elle approvisionne en eau potable une partie de l'agglomération dijonnaise et les 50 000 habitants des communes situées au Sud de l'agglomération.

Figure 1 : Localisation de la nappe de Dijon Sud



A ce titre, un travail d'identification et de caractérisation des zones à sauvegarder pour l'usage eau potable doit être réalisé. La désignation de zones stratégiques pour l'alimentation en eau potable vise à mettre en œuvre, dans un second temps, des programmes d'actions spécifiques et à réglementer certaines implantations ou activités. Ceci permettrait de maintenir une qualité de l'eau compatible avec la production d'eau potable sans recourir à des traitements lourds.

## 2. ELEMENTS D'ANALYSE

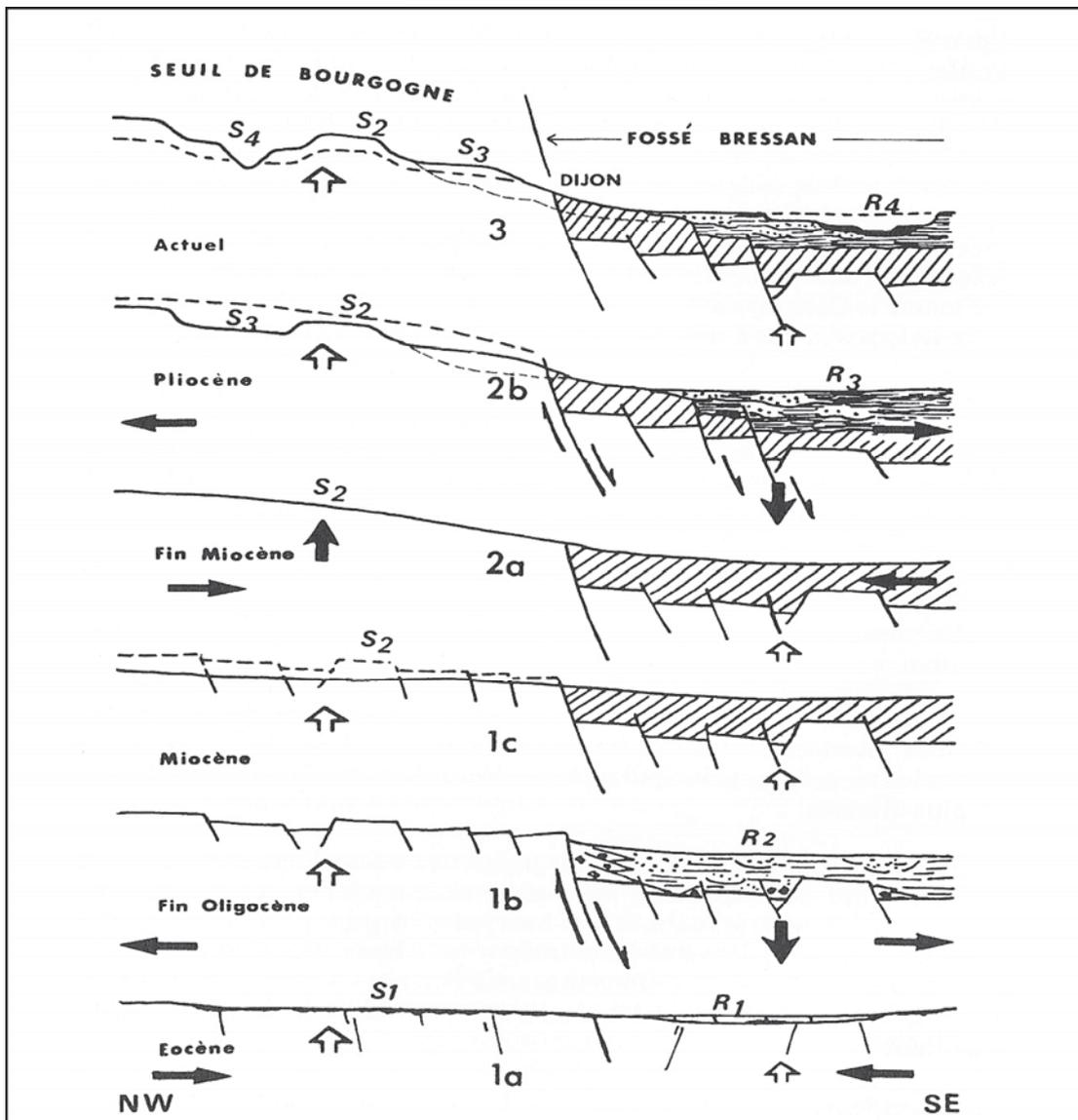
### 2.1 CONTEXTE GEOLOGIQUE

#### 2.1.1 Structure géologique à grande échelle

##### 2.1.1.1 Histoire géologique

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

Figure 2 : Stades d'évolution de la partie nord du fossé bressan (d'après Rat et al., 1989). R1 : sédiments paléogènes; R2 : sédiments oligocènes; R3 : complexe des Marnes de Bresse ; R4 : cycle remblaiements/creusements



Elle peut être résumée par les grandes phases suivantes :

1. 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.

2. 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-Cénomaniens pour des dépôts de sables verts, surmontés d'argiles et de dépôts crayeux.

3. 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.

4. 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.

5. 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.

6. 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.

### 2.1.1.2 Carte géologique au 1 : 250 000

La carte géologique du secteur d'étude montre que le secteur d'étude est situé à l'intersection de deux grands ensembles stratigraphiques.

En se déplaçant de l'Ouest vers l'Est, on observe ainsi :

- ▶ Les formations carbonatées du jurassique. Elles forment les reliefs qui bordent le fossé bressan. Il s'agit du flanc sud-est du vaste anticlinal correspondant au seuil de Bourgogne. Plus précisément, les formations jurassiques présentes dans le bassin versant de la Vouge appartiennent à l'unité structurale dite du gradin de l'Arrière-Côte. Il s'agit de plateaux calcaires très faillés ; on observe deux ondulations transverses, l'anticlinal de Gevrey-Chambertin et le synclinal de Volnay.

- ▶ Les formations continentales du fossé de Bresse. Depuis l'Oligocène terminal, des phases successives de distension ont permis une forte accumulation de matériels sédimentaires continentales. La sédimentation commence à l'Oligocène terminal avec des accumulations de sédiments lacustres ou fluvio-lacustres (faciès dominant : brèches, conglomérats, marnes de couleur saumon, et calcaires tuffacés). Leur épaisseur est de l'ordre de 100 m sous Dijon. On observe une lacune de sédimentation au Miocène puis la sédimentation reprend à la fin du Pliocène. Le remplissage Plio-pléistocène commence plus au Sud par le complexe des Marnes de Bresse ; au droit du secteur d'étude, les apports se font par des cours d'eau sortant des plateaux calcaires dans des gouttières de dimension réduite. La sédimentation se poursuit principalement au moyen de cônes de déjection de plus en plus étendus. La sédimentation est donc hétérogène. L'ensemble est surcreusé puis colmaté par les dynamiques d'érosion/dépôt des principaux cours d'eau du secteur d'étude. La nature des dépôts tertiaires et quaternaires est détaillée dans le chapitre relatif à la stratigraphie.

### 3. ELEMENTS D'ORIENTATION

#### 3.1 AVIS SOMMAIRE SUR L'ETENDUE DES CONNAISSANCES

Sans revenir sur le détail des connaissances acquises sur l'aquifère de Dijon Sud, les points suivants méritent d'être soulignés :

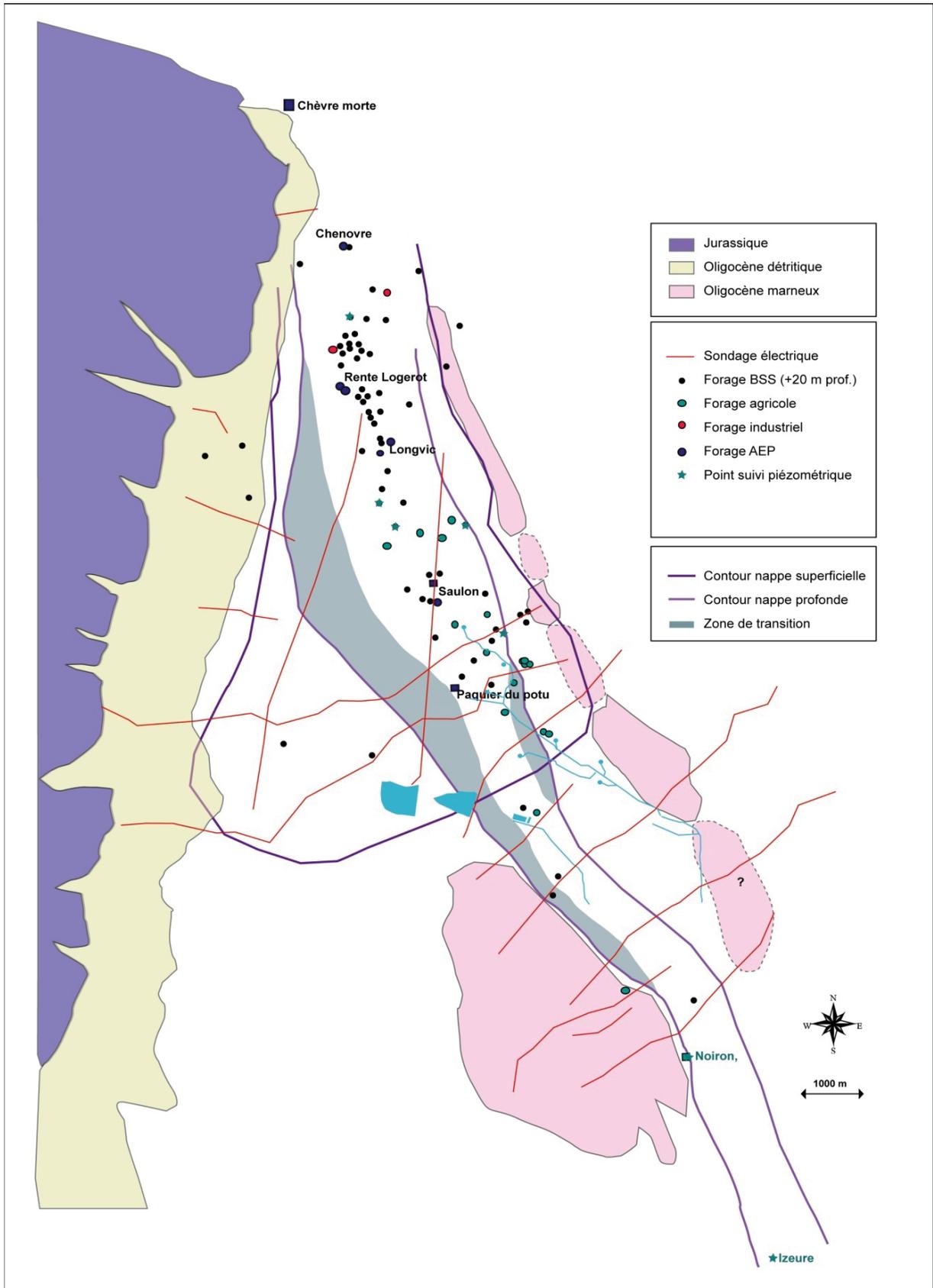
(1) Cet aquifère a fait l'objet d'études répétées et complémentaires tant sur sa structure que sur son comportement hydrogéologique. On dispose ainsi de nombreuses données de qualité :

- ▶ Forages renseignés en grande densité sur certains secteurs.
- ▶ Prospections géophysiques bien réparties sur l'aquifère.
- ▶ Suivis piézométriques pluri-annuels sur plusieurs points, tant sur la nappe superficielle que sur la nappe profonde.
- ▶ Suivi des débits dans la zone de résurgence de la Sansfond.
- ▶ Données météorologiques sur de nombreuses stations.

(2) Cet aquifère a déjà fait l'objet d'une première démarche de modélisation. Cela permet d'avoir une première estimation du bilan en grande masse.

(3) Cet aquifère a fait l'objet de nombreuses synthèses, depuis la première produite par le BRGM en 1975 jusqu'à celle proposée par ANTEA en 2002. A ce sujet, on peut considérer cette dernière synthèse comme exhaustive et de qualité. Nous proposons donc de nous appuyer sur cette synthèse pour la construction du modèle numérique : limites de l'aquifère, coupes structurales, nature des encaissements,....

Figure 22 : Synthèse des informations disponibles sur la nappe de Dijon Sud



Les principaux point méritant une discussion sont les suivants :

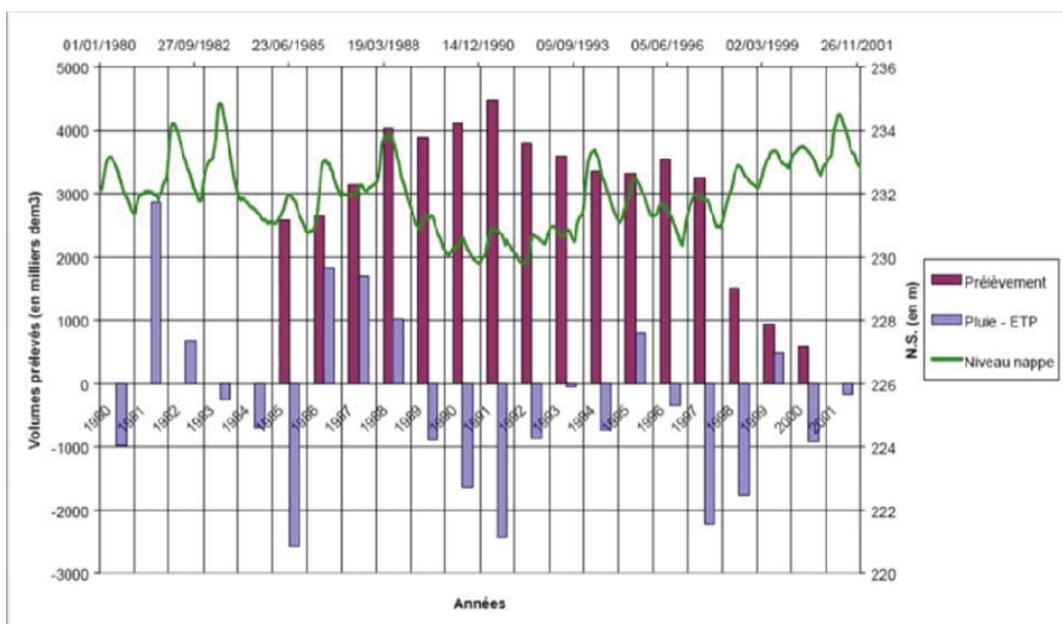
(a) Estimation de la pluie efficace (lame d'eau s'infiltrant dans la zone non saturée qui participera in fine à la recharge de la nappe). C'est une donnée essentielle pour la compréhension des phénomènes mais, malheureusement, son estimation nécessite l'emploi de méthodes approximatives. On observe ainsi des estimations sensiblement variables d'une étude à l'autre en fonction des méthodes de calcul utilisées. À ce sujet, précisons que toutes les études consultées se basent sur l'exploitation des données météorologiques récoltées sur la seule station de Dijon-Longvic.

(c) Degré d'idéalisation de l'aquifère. Les données de forage permettent d'estimer le fort degré d'idéalisation des séries aquifères. Dans le détail, les séries recoupées se composent toujours d'une alternance d'horizons plurimétriques graveleux, de sables argileux et de niveaux franchement argileux. C'est leur proportion qui est variable et qui détermine leur idéalisation.

(b) Rôle des karsts bordiers. A notre sens, leur contribution a été sous-estimée, voire négligée, dans certaines approches antérieures. Il existe pourtant de nombreuses évidences qui tendent à montrer que les alimentations cachées de la nappe par les karts de bordure seraient essentielles dans la compréhension des phénomènes hydrogéologiques à l'échelle de l'aquifère :

- ▶ Argument hydrologique : entre la source de la Vouge et celle de Fontaine d'Ouche, on remarque l'absence d'émergences karstiques significatives.
- ▶ Argument structural : il est prouvé que les calcaires jurassiques probablement karstifiés sont en contact direct ou indirect avec les séries graveleuses de l'aquifère de Dijon sud.
- ▶ Argument hydrogéologique : P. Corbier (1999) a mis en évidence un déficit d'écoulement fictif de l'ordre de  $2 \text{ m}^3/\text{s}$  dans le bilan des karsts de bordure. Notons de plus, qu'il est difficile d'expliquer les variations piézométriques observées sans une alimentation cachée. En effet, on note des augmentations de niveau piézométrique certaines années caractérisées par une augmentation de prélèvements et par une absence de pluie efficace (cf. figure ci-dessous). A ce sujet, rappelons que la majorité des études ou synthèses se base uniquement sur les données météorologiques de Dijon-Longvic, qui ne sont en rien représentatives des conditions climatiques observées sur les plateaux karstiques d'une altitude comprise entre 300 et 600 m NGF.

Figure 23 : Evolution des prélèvements, de la piézométrie et de la pluie efficace de 1980 à 2000 (d'après rapport ANTEA 2002)



## 3.2 ELEMENTS CERTAINS

La plupart des limites de l'aquifère sont bien définies. Nous reprendrons donc les limites proposées dans le rapport de synthèse d'ANTEA (2002) :

- ▶ Limite Nord de l'aquifère se fait par le contact avec la nappe alluviale de l'Ouche.
- ▶ Limite Ouest correspond au contact direct ou indirect avec les karsts bordiers.
- ▶ Limite Est jusqu'à Barges : contact avec les séries globalement imperméables de l'Oligocène.
- ▶ Limite Sud-Ouest (St Philibert à Broindon) qui correspond à un contact avec les séries globalement imperméables de l'Oligocène.

Reste une incertitude forte sur la géométrie de la nappe profonde en aval de Barges. Ce point est discuté ci-dessous.

Les éléments suivants paraissent aussi suffisamment documentés pour être considérés comme des éléments certains dans la démarche de modélisation :

- ▶ Modalités d'infiltration des eaux météoriques qui seront définies implicitement par le modèle pluie-débit. C'est un point important : la réalisation préalable d'un modèle maillé de type pluie-débit sur l'impluvium de l'aquifère devrait permettre de réduire de façon significative les incertitudes sur ce paramètre clé pour le comportement hydrogéologique de l'aquifère.
- ▶ Chroniques des prélèvements et de débit à l'exutoire de l'aquifère superficiel.
- ▶ Paramètres hydrodynamiques de l'aquifère superficiel. Les données sont nombreuses et elles montrent une bonne homogénéité, qui semble suffisante à l'échelle de la problématique posée.

## 3.3 ELEMENTS INCERTAINS

Cette première partie de l'étude a permis de mettre en évidence les éléments incertains suivants :

- ▶ Géométrie du surcreusement profond au-delà de Barges. Les données géophysiques sont alors plus "ambigües" et il nous semble plus délicat de proposer une géométrie et donc un exutoire pour la nappe profonde.
- ▶ Paramètres hydrodynamiques de la couche moutarde. Nous n'avons pas trouvé de valeurs à rattacher à ces séries. La question de leur degré d'imperméabilité doit donc être posée.
- ▶ Paramètres hydrodynamiques des séries détritiques de l'Oligocène. Il existe quelques essais d'eau mais ces séries sont par nature trop hétérogènes pour que la représentativité de ces essais soit forte. Il nous faut donc considérer ces paramètres comme inconnus.
- ▶ Paramètres hydrodynamiques de l'aquifère profond. Les mesures sont plus rares que pour l'aquifère superficiel ; elles sont de plus concentrées dans l'axe du surcreusement. Nous ne disposons pas d'assez de données pour proposer une distribution de perméabilités à l'échelle de la nappe profonde.
- ▶ Piézométrie et paramètres hydrodynamiques des karsts bordiers : les données disponibles sont trop rares et trop réduites temporellement pour permettre de proposer un modèle conceptuel sur les variations piézométriques dans ces aquifères (moyenne, tendance sur le long terme, saisonnalité, existence de phénomènes de crues souterraines,...). De plus, ce type d'aquifère se caractérise par une très forte hétérogénéité des écoulements ; il est délicat de déterminer des paramètres hydrodynamiques pour un volume rocheux équivalent. Les quelques données disponibles sur les valeurs de perméabilité (champ captant des Gorgets) sont insuffisantes pour proposer une distribution des paramètres à l'échelle de cet aquifère.

## 3.4 STRATEGIE DE MODELISATION

Au vu des éléments certains et incertains caractérisant la nappe de Dijon Sud, nous proposons une stratégie de modélisation basée sur quatre phases.

### 3.4.1 Construction du modèle

Au vu des incertitudes sur la structure et l'extension de la nappe profonde au Sud de Noiron, nous proposons de modéliser le système hydrogéologique sur un domaine de 7 km de large sur 12 km de long (soit 84 km<sup>2</sup>). Le coin Nord-Ouest correspondra à la limite entre la nappe de la Vouge et celle de l'Ouche, au Sud du champ captant des Gorgets et le coin Sud-Est à la commune de Barges. La géométrie de l'aquifère plus au Sud est trop incertaine pour pouvoir être modélisée.

En vertical, le modèle devra représenter une tranche de terrain allant de 240 m NGF (toit de l'aquifère superficiel dans le secteur au Sud des Gorgets) à 140 m NGF (mur de l'aquifère profond à Barges).

Nous proposons un maillage fin du modèle contraint par la règle de proportionnalité suivante :  $\Delta X = 10 \times \Delta Z$ . Ce pourrait être un maillage du type :

- ▶  $\Delta Z = 20$  m.
- ▶  $\Delta X = 200$  m.
- ▶  $\Delta Y = 200$  m.

Sous réserve d'une conclusion positive aux premiers tests de stabilité numérique, qui seront réalisés pour tester la faisabilité d'un tel maillage.

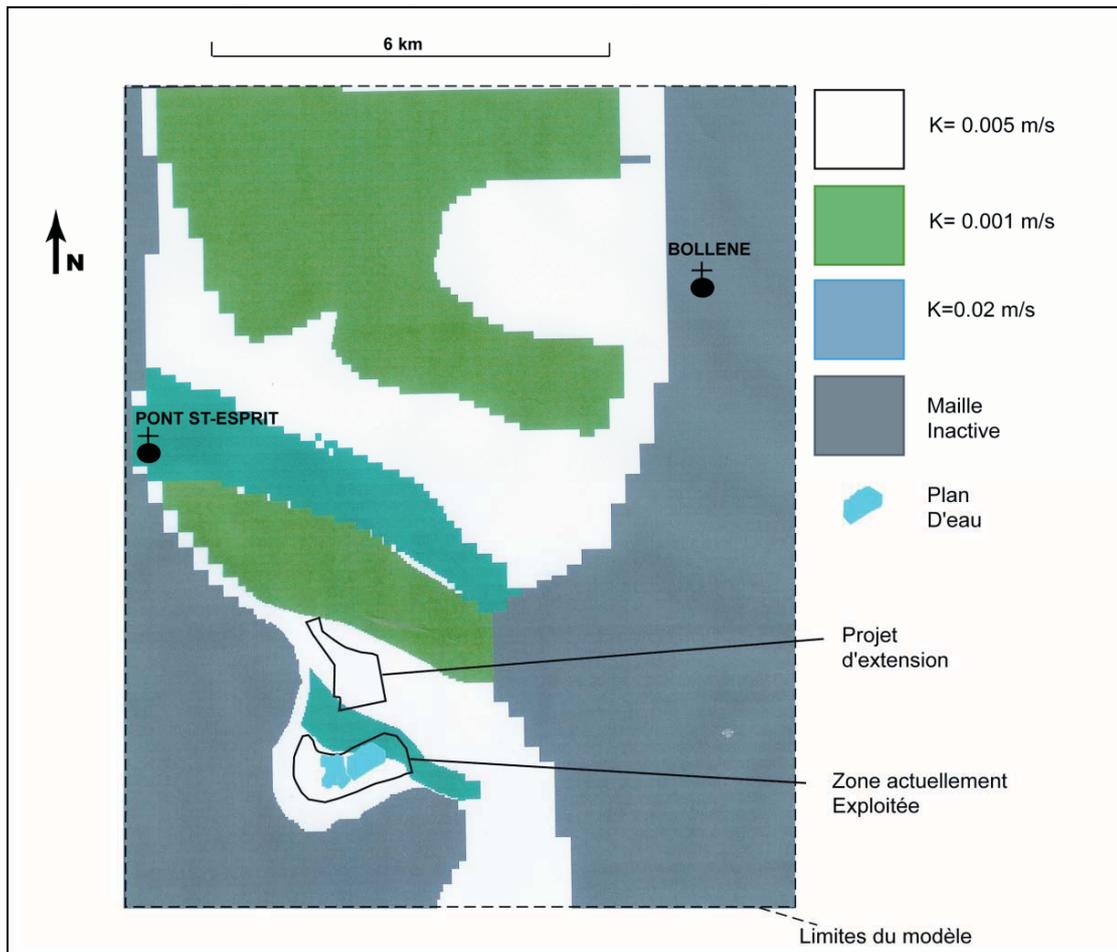
Au vu des échelles caractéristiques de la problématique posée (échelle spatiale de l'ordre de l'aquifère, comportement moyen à l'échelle mensuelle), il paraît acceptable de reproduire le degré d'idéalisation généralement proposé pour l'aquifère de Dijon Sud : nappe superficielle séparée d'une nappe plus profonde par une couche peu perméable (couche moutarde).

Ainsi, le domaine sera divisé/simplifié en plusieurs catégories de potentiel aquifère :

- Aquifère superficiel.
- Couche moutarde.
- Aquifère profond.
- Oligocène marneux.
- Oligocène détritique.
- Formations carbonatés du Jurassique.

Précisons que cette démarche, basée sur un découpage de l'aquifère en unité élémentaire de 200x200x20 m, et sur l'attribution à ces volumes de paramètres hydrodynamiques moyens, est une démarche forcément simplificatrice. Elle permettra de reproduire ou d'explorer des comportements hydrogéologiques relevant d'une certaine échelle. Tous les phénomènes significatifs d'une échelle plus fine ne pourront pas être représentés dans leur détail et leur complexité, en particulier la forme du cône de rabattement induit par un champ captant. Il en est de même pour la représentation de l'exutoire de la nappe superficielle (zone complexe de résurgences de la Sansfond), dont le comportement et le débit seront réduits à une seule maille de manière arbitraire.

Figure 24 : Exemple de distribution spatiale des perméabilités



Enfin, les conditions aux limites certaines seront introduites :

- ▶ Conditions à charge constante sur le contact Ouche/Vouge (arbitrage à valider avec le BE en charge de l'étude sur l'Ouche).
- ▶ Conditions à charge variable sur la limite sud de la nappe profonde (données piézométrie de Noiron).
- ▶ Absence d'écoulement au contact avec les formations marneuses de l'Oligocène.
- ▶ Modalités d'infiltration des eaux météoriques définies implicitement par le modèle pluie-débit.
- ▶ Distribution des points de prélèvements (avec un débit moyen annuel estimé à partir des chroniques disponibles).
- ▶ Paramètres hydrodynamiques de l'aquifère superficiel.
- ▶ Paramètres hydrodynamiques de l'Oligocène marneux que l'on supposera imperméable en grand.

### 3.4.2 Analyses de sensibilité : notion de plan d'expérience

Une fois le modèle construit, nous réaliserons une série de tests paramétriques pour appréhender la sensibilité du modèle aux principales inconnues identifiées :

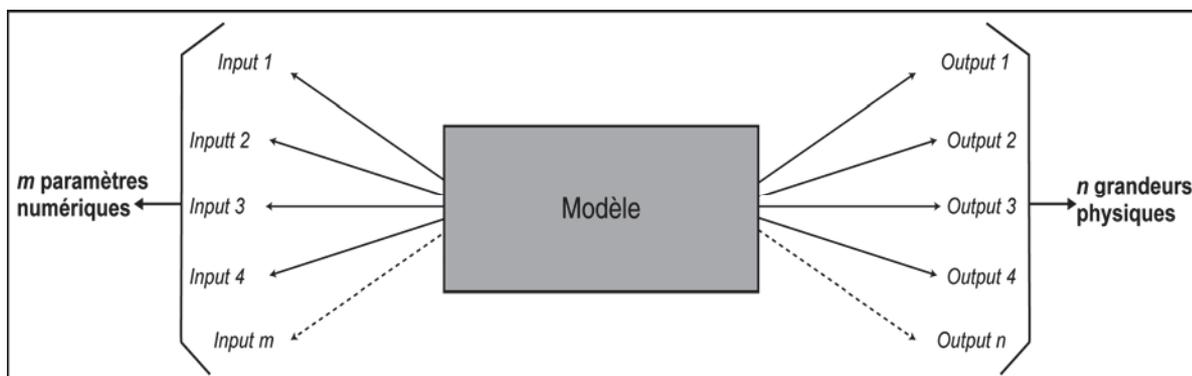
- ▶ Paramètres hydrodynamiques de la couche moutarde.
- ▶ Paramètres hydrodynamiques des séries détritiques de l'Oligocène.
- ▶ Paramètres hydrodynamiques de l'aquifère profond.
- ▶ Paramètres hydrodynamiques des karsts bordiers.
- ▶ Charge dans les karsts bordiers : condition à charge variable ou constante ?

Chaque inconnue sera étudiée en prenant deux ou trois valeurs hypothèses dans la limite des valeurs probables.

Les analyses de sensibilité utilisent un formalisme classique typique des plans d'expériences. D'une manière schématique, un modèle peut être décrit comme une boîte noire qui va produire un nombre  $n$  de paramètres de sortie (output) en fonction des  $m$  paramètres d'entrée (input) qui lui seront soumis.

Dans cette étude, les input et les output seront respectivement désignés comme paramètres numériques et grandeurs physiques.

Figure 25 : Schéma simplifié du fonctionnement d'un modèle



La démarche d'analyse de la sensibilité grandeurs physiques simulées par les modèles aux paramètres numériques peut être décomposée en quatre étapes :

- ▶ *Définition des ordres de grandeur des paramètres numériques.* Le modèle analysé est un modèle déterministe. Les paramètres numériques sur lequel il est basé ont donc une signification physique, ce qui autorise une détermination a priori des valeurs minimales et maximales qu'ils sont susceptibles de prendre.
- ▶ *La définition de niveaux d'intensité.* La comparaison des effets des différents paramètres numériques sur les grandeurs physiques simulées, nécessite le recours à une notation basée sur la notion d'intensité de paramètre. Cette dernière repose arbitrairement sur les conventions suivantes : un paramètre présente une intensité de 1 lorsqu'il est égal à sa valeur minimale potentielle, une intensité de 2 lorsqu'il est égal à une valeur intermédiaire de l'intervalle, une intensité de 3 lorsqu'il est égal à sa valeur potentielle maximale.
- ▶ *Les simulations proprement dites.* Les simulations sont réalisées pour chacune des combinaisons possibles des intensités de paramètres. Par exemple, l'analyse de sensibilité d'un modèle utilisant 5 paramètres numériques définis par 2 niveaux d'intensité, nécessitera la réalisation d'un nombre de simulation de  $2^2 \times 2^2 \times 2^2 = 32$  simulations.
- ▶ *La détermination des effets.* Afin d'analyser quantitativement le degré d'influence de chacun des paramètres numériques, une analyse globale de la variance doit être réalisée. Il s'agira alors de définir les out-puts significatifs et d'étudier leur sensibilité aux combinaisons testées.

Ce type d'approche permet de statuer sur la sensibilité du modèle aux paramètres inconnus et sur leurs éventuelles interactions. C'est une phase indispensable pour contraindre la phase de calage de façon rationnelle.

### 3.4.3 Phase de calage

Nous réaliserons alors un premier calage en régime permanent sur une situation moyenne de la nappe (année de référence à déterminer).

Puis, un calage en régime transitoire sera proposé sur les séries mesurées mensuelles de 2003 à 2009.

### 3.4.4 Phase de validation

Une phase de validation sera alors mise en œuvre pour tester la robustesse du modèle. Cette validation du modèle se fera sur les séries mensuelles disponibles dans les années 1990/2000. Lorsque les données mensuelles ne seront pas disponibles, nous proposerons un schéma d'extrapolation basée sur les observations mensuelles disponibles de 2003 à 2009.