

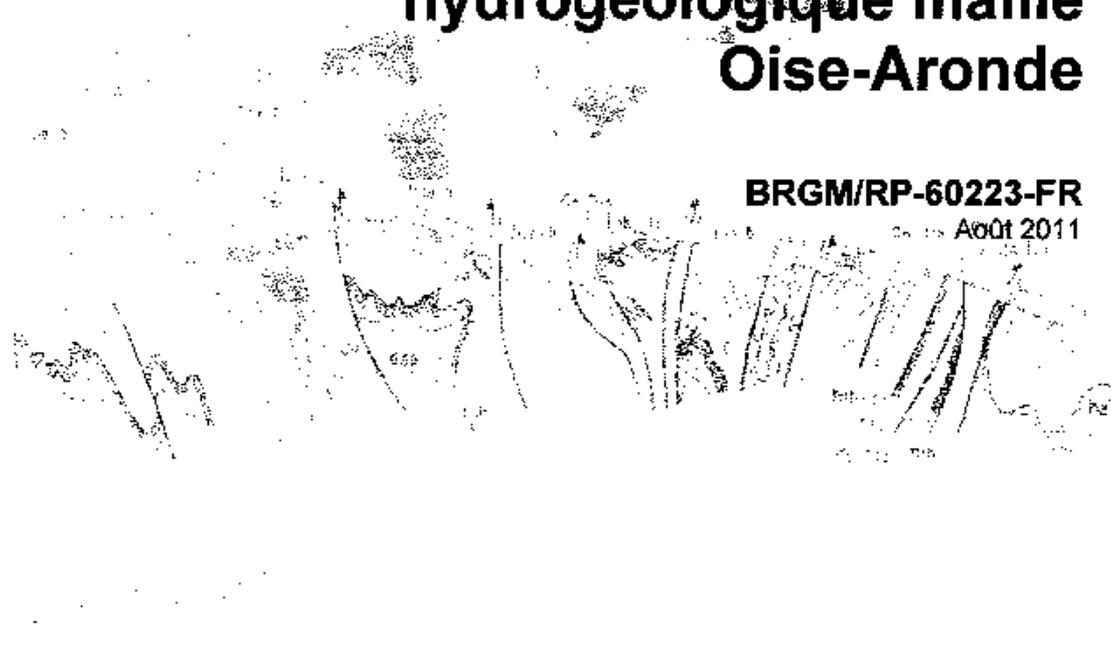
Document à accès réservé



Avis du BRGM sur le modèle hydrogéologique maillé Oise-Aronde

BRGM/RP-60223-FR

2011 Août 2011



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Document à accès réservé

Avis du BRGM sur le modèle hydrogéologique maillé Oise-Aronde

BRGM/RP-60223-FR

Août 2011

Étude réalisée pour le compte
de la Chambre d'Agriculture de l'Oise

A. Wuilleumier

Vérificateur :

Nom : Y. Barthelemy

Date :

Signature :

Approbateur :

Nom : D. Maton

Date : 30/08/2011

Signature :

En l'absence de signature, notamment pour les rapports diffusés en version numérique,
l'original signé est disponible aux Archives du BRGM.

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2008.



Geosciences pour une Terre durable

brgm

Document à accès réservé

Ce rapport est adressé en communication exclusive au demandeur : la Chambre d'Agriculture de l'Oise, en 3 exemplaires conformément aux termes de la convention.

Le demandeur assure lui-même la diffusion des exemplaires de ce tirage initial.

Le BRGM ne saurait être tenu comme responsable de la divulgation du contenu de ce rapport à un tiers qui ne soit pas de son fait, et, des éventuelles conséquences pouvant en résulter.

Mots clés : HYDROGEOLOGIE, MODELE HYDRODYNAMIQUE, OISE, ARONDE, NAPPE CRAIE

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

Wuilleumier A. (2011) - Avis du BRGM sur le modèle hydrogéologique maillé Oise-Aronde. BRGM/RP-60223-FR. 44 p., 5 fig.

© BRGM, 2011, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Sommaire

1. Introduction	7
2. Modèle conceptuel, choix des données hydroclimatologiques	9
2.1. EXTENSION GÉOGRAPHIQUE ET CHOIX DES LIMITES	9
2.2. NOMBRE DE COUCHES, TAILLE DES MAILLES, PAS DE TEMPS	10
2.3. PLUVIOMÉTRIE	13
2.4. ÉVAPOTRANSPIRATION	16
2.5. CALCUL DE LA PLUIE EFFICACE	16
2.6. HYDROLOGIE	18
3. Construction du modèle	19
3.1. TOPOGRAPHIE	19
3.2. CONSTRUCTION DE LA GÉOMÉTRIE DU MODÈLE (HYDRO)GÉOLOGIQUE	19
3.2.1. Craie séno-turonienne	20
3.2.2. Sables de Bracheux (Thanétien)	20
3.2.3. Argiles du Spamacien	21
3.2.4. Sables de Cuise, Argiles de Laon et calcaires du Lutétien	21
3.2.5. Formations alluviales	22
3.2.6. Autres formations superficielles	23
3.3. INTÉGRATION DES PRÉLÈVEMENTS	23
3.4. INTÉGRATION DE LA RECHARGE	24
3.4.1. Fonctionnement du module HYDRA-BV	24
3.4.2. Données utilisées pour le calage de la recharge et compréhension du fonctionnement de l'hydro-système	26
3.4.3. Résultats obtenus et intégration des résultats dans le modèle	27
3.5. PRISE EN COMPTE DES RELATIONS NAPPE / RIVIÈRE	28
4. Calage du modèle	31
4.1. DÉMARCHÉ DE CALAGE ET RÉFÉRENCES UTILISÉES	31
4.2. VALEURS ATTRIBUÉES AUX PARAMÈTRES HYDROGÉOLOGIQUES	32

4.2.1. Perméabilités	32
4.2.2. Coefficient d'emmagasinement.....	33
4.3. QUALITÉ DU CALAGE AU VU DES RÉFÉRENCES UTILISÉES	33
4.3.1. Eaux souterraines	33
4.3.2. Eaux de surface	37
4.4. ANALYSES DE SENSIBILITÉ.....	38
5. Conclusions.....	41
6. Bibliographie	43

Liste des illustrations

Figure 1 : Maillage du modèle développé par le bureau d'études (cf. figure 23 page 25 du rapport de phase 2)	12
Figure 2 : Recherche de corrélation entre l'altitude de la station pluviométrique et le cumul annuel de la pluviométrie	15
Figure 3 : Représentation du fonctionnement du bassin versant de l'Aronde dans le module HYDRA-BV (cf. rapport de phase 2, page 17).....	25
Figure 4 : Caractéristiques des sous bassins versants utilisés pour le calcul de la pluie infiltrée (cf. rapport de phase 2, annexe 7.1).....	27
Figure 5 : Piézomètres utilisés pour le calage du modèle (cf. rapport de phase 2, page 41).....	35

1. Introduction

Contexte géographique et géologique

Le territoire du SAGE Oise-Aronde se trouve entièrement dans le département de l'Oise et occupe une superficie totale de 716 km². L'Aronde est un affluent en rive droite de l'Oise ; leur confluence se situe légèrement à l'amont de Compiègne. Son bassin versant occupe une surface de 290 km² environ, selon le tracé des crêtes topographiques correspondant à peu près aux crêtes piézométriques.

La nappe de la craie y constitue la principale ressource en eau : elle est sollicitée pour des besoins en eau potable, agricole (production de légumes et de pommes de terre pour les industries agro-alimentaires) et industrielle, donnant lieu ponctuellement à quelques conflits d'usage, principalement entre des collectivités locales et des irrigants.

Les travaux réalisés au cours de l'élaboration du SAGE ont permis d'identifier et de caractériser les principaux enjeux du bassin versant de l'Oise-Aronde. Ces enjeux concernent :

- la maîtrise des étiages des eaux superficielles et des eaux souterraines du territoire du SAGE ;
- l'amélioration de la qualité écologique des rivières et des milieux aquatiques ;
- la sécurisation de l'alimentation en eau potable sur le territoire du SAGE ;
- la réduction des risques liés aux inondations ;
- le suivi et le traitement des sites et des sols pollués.

Modèle existant

Le Syndicat Mixte Oise-Aronde (SMOA) - structure porteuse du SAGE Oise-Aronde approuvé par arrêté préfectoral en juin 2009 - a fait réaliser par le bureau d'études HYDRATEC un modèle hydrogéologique maillé sur son territoire de compétence, dans le but de disposer d'une compréhension fine du fonctionnement de la nappe de la craie et de ses relations avec les eaux de surface. Ce modèle a vocation à fournir les bases à partir desquelles des règles de gestion seront définies en vue de permettre une gestion équilibrée des ressources en eau.

Le modèle développé prend en compte les écoulements dans la nappe et ceux dans la rivière, mais aussi les interactions entre ces deux systèmes dans le but de pouvoir quantifier l'impact des prélèvements sur les niveaux de la nappe et sur les débits de la rivière en période d'étiage. Après calibration, ce modèle a vocation à être utilisé pour établir des règles de gestion de la ressource en eau, en concertation étroite avec les acteurs de l'eau.

Le modèle a été réalisé avec le logiciel de modélisation Modflow, associée à l'interface Visual Modflow.

L'étude de définition du modèle s'est organisée en 4 phases :

- Phase 1 : Acquisition des données, réalisation et présentation du modèle conceptuel ;
- Phase 2 : Construction du modèle et calage ;
- Phase 3 : Détermination et simulation de situations piézométriques de référence ;
- Phase 4 : Règles de gestion sur le bassin Oise-Aronde.

Cadre de l'avis du BRGM

La Chambre d'Agriculture de l'Oise, partie prenante de la Commission Locale de l'Eau du SAGE Oise-Aronde, a souhaité faire valider par le BRGM la méthodologie employée ainsi que les hypothèses retenues pour l'élaboration du modèle.

L'avis du BRGM est retranscrit dans son intégralité dans ce rapport. Il s'organise autour de trois pôles :

- apporter un avis sur le modèle conceptuel retenu pour la modélisation, notamment en termes de formations modélisées et de couches de modèle associées, d'extension géographique et de conditions aux limites, de choix et longueur de la période de calage ;
- analyser la démarche employée pour le calage, en abordant les données d'entrée du modèle, les résultats en sortie au regard du bilan des flux, des relations infiltration-stockage-déstockage en eau, des relations nappe-rivières. L'analyse porte également sur les références utilisées pour ce calage (exhaustivité des chroniques piézométriques et cartes piézométriques) ;
- apprécier la qualité du calage sur la base des éléments fournis dans les documents disponibles, en analysant les graphiques présentés et en s'assurant de la cohérence des paramètres hydrodynamiques du modèle calé vis-à-vis de la gamme de valeurs connues pour les formations modélisées. Une attention particulière est portée aux chroniques piézométriques présentées et aux analyses de sensibilité qui ont été réalisées.

2. Modèle conceptuel, choix des données hydroclimatologiques

2.1. EXTENSION GÉOGRAPHIQUE ET CHOIX DES LIMITES

Le rapport de phase 2 précise en page 24 l'extension géographique du modèle :

« L'aire modélisée correspond au bassin versant hydrogéologique des vallées de l'Aronde et de l'Oise, concernées par le SAGE. Un seul modèle global est construit sur l'ensemble du territoire du SAGE Oise Aronde. En rive gauche de l'Oise, la forêt de Compiègne est incluse dans le périmètre de modélisation ainsi que les terrains au Sud de l'Oise où la craie est sous recouvrement tertiaire. »

De façon générale, des limites naturelles à flux nul, suffisamment éloignées des secteurs directement concernés par la modélisation afin de limiter les « effets de bord » sont recherchées de façon préférentielle dans un modèle maillé. Positionner les limites du modèle sur des crêtes piézométriques se place dans cette logique et répond aux exigences des règles de l'art.

Cependant, la délimitation du modèle aux contours du bassin versant hydrogéologique de l'Aronde pour ses parties ouest et nord apparaît comme restrictive au regard des risques liés aux effets de bords. Les conditions aux limites adoptées sont des limites à flux nul (le long d'une ligne de courant), ce qui impose que les limites hydrogéologiques du bassin de l'Aronde sont contraintes (géographiquement, pas en niveau) au nord et à l'ouest. Il aurait pu être préférable par exemple de se positionner au nord sur le Matz, pour sa partie orientée schématiquement Ouest-Est, d'autant plus que des données piézométriques ont été collectées à partir de 2005 dans ce bassin versant. De façon similaire, on aurait pu envisager d'étendre la modélisation jusqu'à l'Arré à l'ouest et permettre ainsi de représenter les crêtes piézométriques de façon moins contraignante.

Les autres limites adoptées pour le modèle correspondent aux cours d'eau. Ceux-ci ont été représentés – classiquement – de deux façons différentes (page 29, rapport de phase 2), à savoir sous forme de :

- cellules « rivières » pour les cours d'eau Aronde, Oise et Aisne ;
- cellules « drain » pour la Frette et les affluents de l'Aronde.

« Les cellules « rivière » sont des limites à flux imposé, les échanges avec la nappe se réalisent au travers d'une couche représentant le lit de la rivière dont la perméabilité est calée. Les échanges peuvent être positifs ou négatifs selon que la rivière alimente ou draine la nappe. Les données caractérisant cette limite sont : la cote de la ligne d'eau, la cote du fond de la rivière, l'épaisseur et la perméabilité du lit de la rivière, la largeur du lit ». (page 29, rapport de phase 2)

La description de la représentation des cellules « rivière » laisse entendre que celles-ci sont représentées par des charges imposées, tandis que le niveau dans la nappe varie selon les paramètres caractérisant les échanges hydrodynamiques avec la rivière. Les flux d'échanges entre la nappe et la rivière sont alors susceptibles de varier.

Les cotes de la ligne d'eau utilisées pour l'Aisne et l'Oise figurent dans deux tableaux en page 30. Une seule cote est fournie par tronçon de rivière (trois pour l'Oise et deux pour l'Aisne), sans que la date de la mesure ne soit précisée. Concernant l'Aronde, les cotes de la ligne d'eau introduites dans le modèle figurent en annexe 7.3 du rapport de phase 2. Ces valeurs ne sont pas associées à une date : il est vraisemblable que le niveau de l'eau affiché dans les cours d'eau soit constant dans le temps, ce qu'il convient de garder à l'esprit lorsque l'on cherche à interpréter les relations entre la nappe et les cours d'eau, notamment si les variations de ligne d'eau sont importantes (vallée de l'Oise ?). Néanmoins, il est souvent nécessaire dans ce type de modèle de représenter la ligne d'eau de façon constante compte tenu de la faible disponibilité des mesures de cote de niveau d'eau variable dans le temps (chronique temporelle en l'occurrence non disponible pour l'Aronde hormis à la station de Clairoix).

Il serait intéressant de faire préciser par le prestataire :

- si les charges attribuées aux cours d'eau sont constantes ou variables dans le temps ;
- comment elles ont été déterminées ;
- quelles sont les fluctuations naturelles mesurées aux stations de jaugeage (amplitude et durée) ?

« Les cellules « drain » sont des limites ne pouvant qu'extraire de l'eau au système aquifère. Elles sont caractérisées par une cote de drain, une épaisseur et une perméabilité d'échange avec la nappe. Elles sont utilisées pour représenter le fonctionnement des sources et des tronçons de fond de vallée. » (page 30, rapport de phase 2)

Ce type de représentation est adapté pour des représentations simplifiées et univoques des relations entre eau souterraine et eau de surface.

2.2. NOMBRE DE COUCHES, TAILLE DES MAILLES, PAS DE TEMPS

Le modèle hydrogéologique est découpé en 6 couches, correspondant aux formations suivantes :

- Alluvions modernes ;
- Alluvions anciennes ;
- Argiles Sparnaciennes ;
- Sables du Thanétien ;
- Craie séno-turonienne productive (30 premiers mètres saturés) ;
- Craie séno-turonienne sous-jacente.

Ce découpage litho-stratigraphique est cohérent avec les formations présentes dans ce secteur et le choix de ne pas faire figurer dans le modèle les formations des sables

du Cuisien et des calcaires du Lutétien sus-jacentes aux argiles Sparnaciennes est adapté à la problématique (cf. chapitre 3.2.4). A l'inverse, on peut se demander si les alluvions, malgré leur hétérogénéité réelle, n'auraient pas pu être regroupées en une seule couche dans le modèle hydrogéologique.

Le rapport de phase 2 précise toutefois en page 26 que : « *certaines couches du modèle représentent différents horizons géologiques (...)* ». Ainsi (page 28), « les alluvions de l'Oise sont définies sur les couches 1 et 2 du modèle lorsqu'elles surmontent les argiles Yprésiennes, (...), elles sont en couche 3 lorsqu'elles surmontent les sables de Bracheux et en couche 4 lorsqu'elles sont au-dessus de la craie ». Associer une formation géologique à plusieurs couches du modèle selon le contexte local est habituellement déconseillé en modélisation, dans la mesure où ceci rend très difficilement interprétables les échanges de flux entre couches. Les différentes couches du modèle sont présentées au chapitre 3.2.

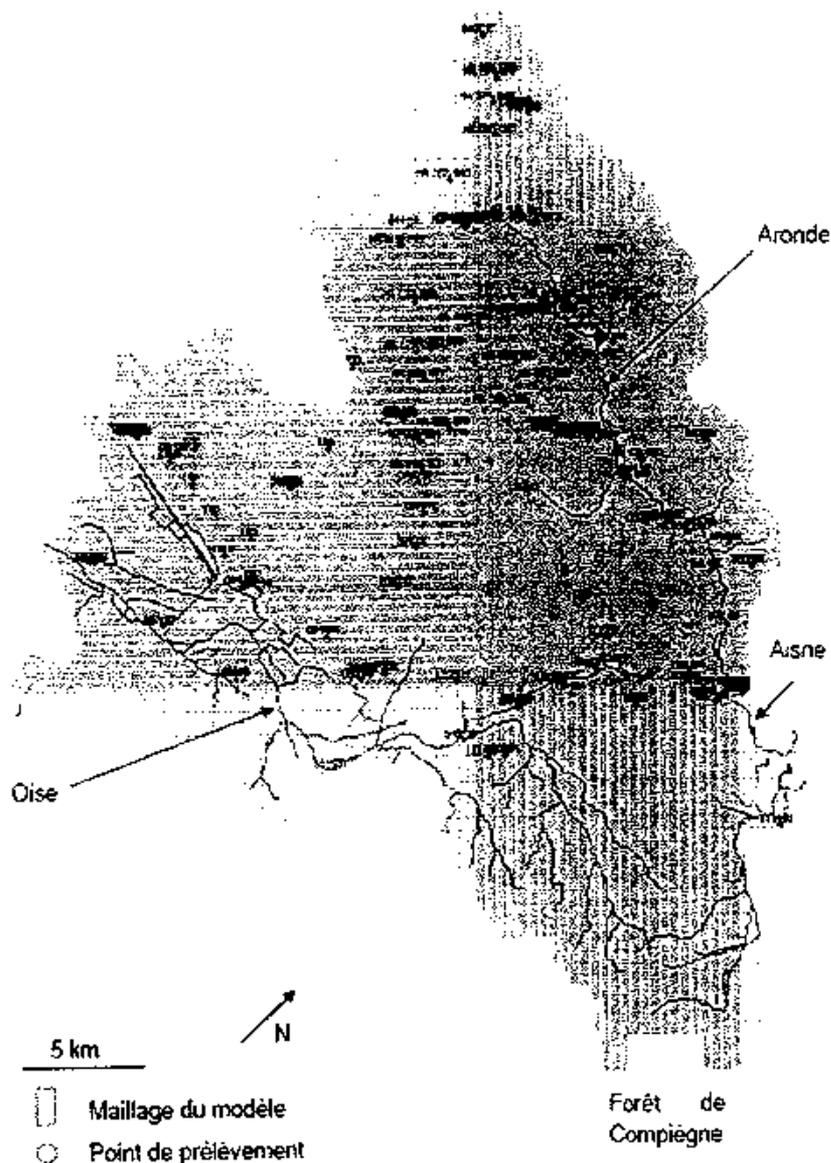


Figure 1 : Maillage du modèle développé par Hydratec
(cf. figure 23 page 25 du rapport de phase 2)

« Le modèle est découpé selon un maillage rectangulaire de taille variable. Les mailles les plus fines sont localisées dans les secteurs à fort enjeux : vallée de l'Aronde, marais de Sacy ; elles sont alors carrées de côté 62.5 m. Sur les coteaux, les mailles sont rectangulaires, le plus grand côté mesure alors 500 m. »

« Le maillage est orienté selon l'axe tectonique des anticlinaux, soit Nord 44° . »

L'extension du modèle et son maillage sont rappelés en Figure 1. Celle-ci montre que l'Aronde et, dans une moindre mesure, les marais de Sacy (situés au Sud-Ouest dans la Figure 1) sont représentés par les mailles les plus petites du modèle. Ceci assure une meilleure précision des résultats dans ces secteurs, sous réserve d'un bon calage.

Le pas de temps de la modélisation est décadaire, ce qui est adapté à la finalité du modèle. Pour mémoire, ce pas de temps ne serait pas adapté pour la représentation de phénomènes d'inondation par ruissellement (pour lesquels un pas de temps pluri-horaire ou journalier serait nécessaire).

La période de modélisation s'étend de 1999 à 2008, ce qui est relativement court pour dégager des temps de retour des phénomènes observés mais il est vrai que :

- les données de calage disponibles sont restreintes (période antérieure à la création du réseau piézométrique de la Chambre d'Agriculture) ;
- les prélèvements sont mal connus avant 1997 ;
- la période simulée présente des phénomènes exceptionnels aussi bien en termes de hautes eaux (inondations de 2001) que de basses eaux (étiages 2005 et 2006).

2.3. PLUVIOMÉTRIE

Le tableau 1 de la page 45 du rapport de phase 1 présente 15 stations météorologiques situées au voisinage de la zone d'étude. Trois d'entre elles disposent de données d'ETP en complément des données pluviométriques. Les dates d'ouverture des stations sont indiquées mais les lacunes de données ne sont pas précisées pour les stations pluviométriques et les données ne sont présentées – sous forme de cumul annuel uniquement – que pour 8 stations, dont la station de « Laneuvilleroy » que l'on ne retrouve pas sous cette appellation dans le tableau 1.

Le texte de la page 48 indique qu'il est « *proposé de répartir la pluviosité en trois zones :*

- *au Nord-Ouest : sur la partie amont de l'Aronde, pluviométrie équivalente à celle de Godenvilliers et Wavignies ;*
- *au Centre sur la plaine d'Estrées, la pluviosité peut être considérée équivalente à celle mesurée à Margny-les-Compiègne ou Chevrières.*
- *sur l'extrémité Sud-Est du bassin versant, sur le relief de la forêt de Compiègne pluviométrie de Fresnoy-la Rivière. »*

Cinq stations pluviométriques sur les 15 précédemment présentées sont donc retenues mais les raisons de cette sélection ne sont pas expliquées. On peut d'ailleurs s'étonner de voir figurer Wavignies dans cette liste alors que cette station a été ouverte en septembre 2006 selon les informations fournies dans le tableau.

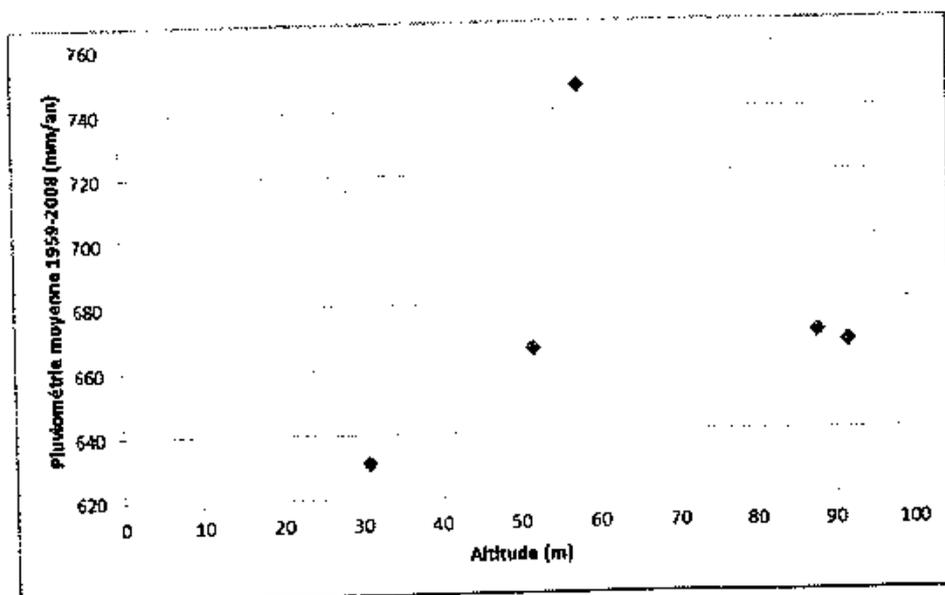
Hormis une comparaison de la pluviométrie moyenne des stations de Chevrières et de Margny-lès-Compiègne sur la période 2000-2008, on ne trouve dans le rapport aucune recherche de corrélation entre les différentes chroniques de pluie, ne serait-ce que sur les cumuls annuels. Ce type d'analyse permet pourtant d'orienter le choix des

chroniques de pluie qui sont retenues pour la modélisation (en complément des informations relatives à la disponibilité des données).

Le choix des stations pluviométriques suit la présentation de deux cartes d'isohyètes (périodes 1959-2000 et 2000-2008) montrant une nette dissymétrie de pluviométrie entre rive gauche et rive droite de l'Oise. Les conditions d'élaboration de ces cartes ne sont pas précisées : le nombre de stations utilisées n'est pas indiqué et il est peu vraisemblable, par exemple, que la station de Margny-lès-Compiègne qui figure en rouge sur la carte des isohyètes 1959-2000 ait été utilisée pour son élaboration puisque les données pluviométriques ne sont disponibles à cette station qu'à partir de 1999 – cf. tableau de l'annexe 3). Pour mémoire, MétéoFrance a élaboré une spatialisation de la pluviométrie moyenne sur la période 1971-2000 (AURELHY, Analyse Utilisant le RELief pour l'HYdrométéorologie) qu'il aurait été intéressant de consulter pour orienter le choix des chroniques de pluie utilisées par la suite.

La dissymétrie de la pluviométrie entre les deux rives de l'Oise est confirmée par une recherche de corrélation entre les cumuls annuels et l'altitude des stations pluviométriques (sur la base des données figurant en annexe 3 et dans le tableau 1) : cette corrélation n'est pas bonne (cf. Figure 2), ce qui montre bien que si la pluviométrie dépend du relief, d'autres facteurs entrent également en jeu. Le point situé en haut des graphiques correspond aux pluies de Fresnoy-la-rivière : cette station située à l'Est de l'Oise reçoit un cumul de pluies bien supérieur (10 à 15%) aux cumuls observés à altitude équivalente à l'ouest de l'Oise. Le choix de distinguer les reliefs du Nord-Ouest de ceux du Sud-Est paraît donc légitime.

La sélection des chroniques de pluviométrie aurait néanmoins mérité de se faire suite à une analyse critique des chroniques disponibles. A quel pas de temps les données ont-elles été acquises ? Existe-t-il des lacunes dans les séries sur la période retenue pour la simulation ? Les chroniques de pluie sont-elles corrélées entre elles ? Existe-t-il des tendances identifiables sur ces séries pluviométriques ?



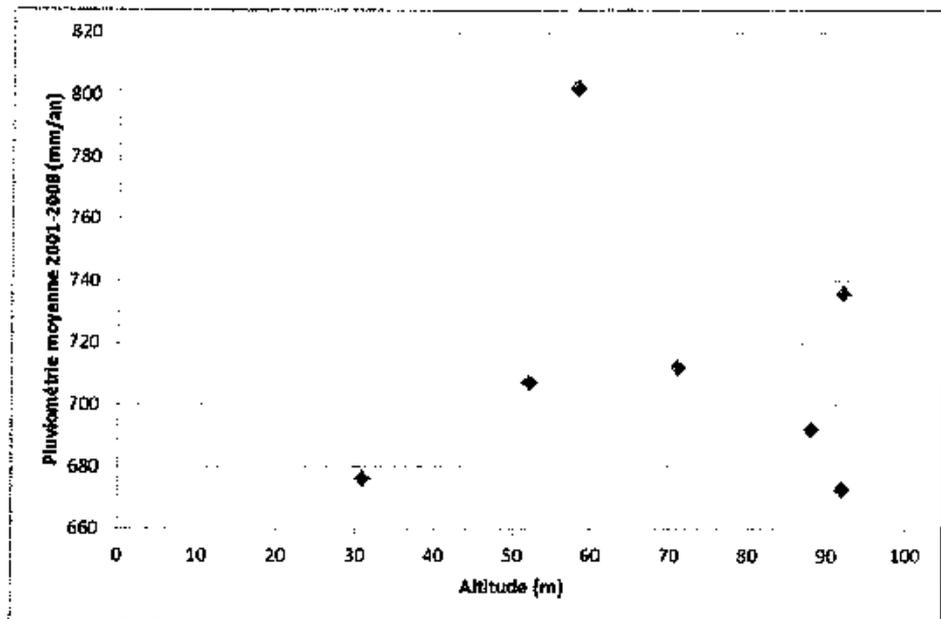


Figure 2 : Recherche de corrélation entre l'altitude de la station pluviométrique et le cumul annuel de la pluviométrie

Dans la suite (chapitre 6.1.2 page 49 du rapport de phase 1), seule la chronique de Chevières est étudiée. Pourquoi une seule chronique de pluie est-elle présentée alors que trois zones de pluviométrie sont distinguées (carte de la page 48) et que pour chacune de ces zones, une à plusieurs stations pluviométriques ont été retenues ? On notera qu'au final, seules deux zones sont représentées sur la carte de « pluie infiltrée » de la page 54, sous les appellations suivantes : « pluie efficace des reliefs » et « pluie efficace de la plaine des vallées ». La disparition de la troisième zone est due à la présence des argiles du Sparnacien, formation considérée comme faisant écran à la recharge de l'aquifère crayeux.

En page 18 et dans l'annexe 7.1 du rapport de phase 2, on retrouve citée la chronique de pluie de Godenvillers, cette dernière ayant été utilisée dans le module hydrologique HYDRA-BV en sus de la chronique de Chevières. Dès lors, on peut regretter que la chronique de Godenvillers ne soit pas présentée dans le rapport de phase 1 comme celle de Chevières.

Concernant le chapitre 6.1.2 du rapport de phase 1 (« Description de la chronique pluviométrique utilisée »), le document ne précise pas à quel pas de temps la chronique a été acquise, ni sur quelle période ou s'il existe des lacunes. La description de la chronique porte sur des cumuls annuels (graphique 11 page 49) et une moyenne mensuelle définie sur une période non précisée. Ces présentations ne précisent pas si une tendance est observable sur ces cumuls. Pour le pas de temps des données, la page 18 du rapport de phase 2 indique que « les données d'entrée du module hydrologique sont la pluie journalière du 01/09/1999 au 31/08/2008 sur les stations de Chevières et de Godenvillers ».

Des temps de retour de ces cumuls annuels sont ensuite estimés au travers d'ajustement à une loi normale ou log-normale.

2.4. ÉVAPOTRANSPIRATION

Comme indiqué précédemment, trois stations MétéoFrance disposent de chroniques d'ETP dans le secteur étudié (tableau 1 page 45). Les données mensuelles de l'ETP sont fournies pour les trois stations en annexe 3 du rapport de phase 1. Le choix de ne considérer dans la suite qu'une seule chronique d'ETP semble tout-à-fait pertinent compte tenu de l'extension limitée de la zone modélisée au regard de la variabilité spatiale de l'ETP.

Néanmoins, il aurait été intéressant de comparer ces chroniques entre elles pour apprécier leur corrélation et, sur la base de cette comparaison, choisir le nombre de stations ETP à retenir. Par ailleurs, une analyse statistique sur les cumuls annuels ou les moyennes mensuelles aurait été utile en vue d'identifier d'éventuelles tendances significatives sur la période 1999-2008.

D'autre part, le choix de la chronique ETP de Margny-lès-Compiègne n'est pas argumenté, le rapport indiquant simplement : « *les valeurs de l'évapotranspiration sont prises à la station de Margny-lès-Compiègne* ». Si Margny-lès-Compiègne est la station la plus proche géographiquement, c'est aussi celle qui dispose de la chronique la plus courte puisque, si la station a été ouverte en 1994, l'ETP n'est mesurée à cette station que depuis 1999 (d'après rapport de phase 3, page 11). Ceci ne pose pas de problème pour le modèle compte tenu de la période retenue pour le calage (1999-2008) mais cela devient problématique pour les calculs de pluie efficace conduits dans le rapport de phase 1.

Le rapport de phase 3 précise en page 11 que « *l'évapotranspiration moyenne mesurée au pas de temps décadaire est utilisée dans le module hydrologique du modèle* ». Il n'est pas précisé à quoi correspondent ces moyennes : s'agit-il – ce qui paraîtrait assez surprenant – d'une moyenne décadaire de l'ETP sur la période 1999-2008 et non des valeurs décadaires de l'ETP sur la même période ? La description du module hydrologique HYDRA-BV dans le rapport de phase 2 (pages 18 notamment) ne permet pas de préciser cette information.

2.5. CALCUL DE LA PLUIE EFFICACE

Une pluie efficace est calculée (pages 51 à 53 du rapport de phase 1) à partir de la pluie à Chevières et de l'ETP à Margny-lès-Compiègne. Ce calcul est effectué à un pas de temps non précisé mais semble-t-il au moins mensuel d'après le graphique de la page 53.

Le calcul a été effectué en considérant une réserve utile de 100 mm, valeur qui reste dans la gamme des valeurs utilisées pour ce type de calcul à l'échelle d'un bassin versant.

Ce calcul est effectué sur la période 1970-2008, période pour laquelle une valeur de 498 mm est indiquée comme moyenne annuelle de la pluie efficace. Cette valeur est très excessive car elle correspond à environ 80% de la pluie, ce qui n'est pas cohérent pour cette région.

On peut notamment comparer cette valeur à la lame d'eau écoulée en moyenne par l'Aronde à Clairoix, à savoir 141 mm/an (d'après la valeur fournie pour le module dans le rapport de phase 1 en page 63 : 1,27 m³/s pour un bassin versant de 284 km² à Clairoix). Compte tenu de la cohérence entre les bassins versants topographiques et souterrains, cette lame d'eau doit être assez voisine de la pluie efficace sur le bassin versant. Ce calcul demeure approximatif dans la mesure où la période sur laquelle le module est calculé n'est pas précisée dans le rapport.

Il semble par contre que les valeurs mensuelles présentées sur le graphique soient cohérentes avec l'ordre de grandeur du débit écoulé. C'est confirmé par le graphique de la page 69 qui présente des volumes moyens de pluie efficace atteignant environ 40 Mm³/an (soit 141 mm/an de pluies efficaces) et par les valeurs de la figure 20 du rapport de phase 2 (page 21).

Concernant la période de calcul, on ne dispose de données pour l'ETP à Margny-lès-Compiègne que pour la période 1999-2008 (cf. 2.4). Comment la pluie efficace a-t-elle été calculée sur la période 1970-2008 ? À partir de quelle ETP ?

Quelle ETP a été utilisée pour calculer la pluie efficace sur la période 1970-1999 (cf. également la page 68 du rapport de phase 1 pour le calcul du bilan hydrique) ?

Le rapport de phase 2 indique en page 21 : « la part de la pluie efficace disponible pour la nappe est de 15 à 33% [NDLR : sur les années hydrologiques 1999-2000 à 2007-2008], ce qui est cohérent avec la bibliographie, qui indique une part de la pluie infiltrée en général égale à 30% de la pluie efficace sur des sols perméables ». Il est dommage que la référence bibliographique ne soit pas précisée. Cette valeur de 15 à 33% paraît en effet nettement sous-estimée au regard des gammes connues pour l'infiltration en terrain crayeux. On peut citer à titre d'éléments de comparaison :

- l'atlas des eaux souterraines de la région Nord-Pas-de-Calais (2006), où la craie constitue la formation dominante à l'affleurement, indique pour l'année 1995 une lame d'eau de 190 mm pour l'infiltration contre 86 mm pour le ruissellement, soit une infiltration représentant 69% de la pluie efficace ;
- toujours pour la région Nord-Pas-de-Calais, le travail de J. Beckelynck (1981) évaluait l'infiltration à 163 mm pour la période 1956-1975, contre 31 mm pour le ruissellement. La part de l'infiltration dans les pluies efficaces est alors de 84% ;
- un travail de modélisation maillé de la craie en Nord-Pas-de-Calais (rapport en cours de publication) évalue à 211 mm l'infiltration pour la période 1982-2008, contre 32 mm pour le ruissellement sur cette même période. La part des pluies efficaces dédiée à l'infiltration est là de 87% ;
- la contribution des eaux souterraines au débit de la Somme à Abbeville est ainsi estimée à environ 80% en avril 2001 (cf. rapport BRGM-RP/51827-FR), ce qui laisse une part très minoritaire au ruissellement ;

- enfin, un modèle global (GARDENIA) mis en œuvre sur le bassin de l'Aronde (2005) avait estimé la part de la recharge à environ 80% de la pluie efficace.

2.6. HYDROLOGIE

Comme indiqué précédemment, la lame d'eau moyenne écoulee par l'Aronde à Clairoux est de 141 mm/an, si l'on se base sur le module de 1,27 m³/s fourni dans le rapport (superficie du bassin versant 284 km² d'après la banque HYDRO). La période n'est pas précisée dans le rapport (page 63 du rapport de phase 1).

En page 63 également, le rapport indique : « *la courbe des débits classés ne correspond pas à une rivière typique de nappe* ». Ce commentaire est surprenant et mériterait d'être explicité parce que l'hydrogramme des débits moyens mensuels ressemble précisément à une chronique piézométrique standard avec un maximum très déphasé dans le temps par rapport aux pluies de l'automne et de l'hiver puisqu'il intervient en avril (1.58 m³/s), un minimum en septembre (0.903 m³/s) et une amplitude faible entre ces extrema.

En page 64, les débits moyens mensuels sont présentés mais la période de disponibilité de la donnée n'est toujours pas précisée, ce qui conduit à s'interroger sur la cohérence des périodes retenues pour effectuer un bilan hydraulique sur le bassin versant de l'Aronde (cf. page 68 du même rapport). Néanmoins, au vu de leur format, au moins une partie des éléments synthétiques présentés est sans doute issue du site internet de la banque HYDRO, gérée par le MEEDDTL (<http://www.hydro.eaufrance.fr>).

En page 66 du rapport de phase 1, Hydratec indique : « *Le nivellement des sources serait un plus à la modélisation de la nappe de la craie* ». On ne peut que s'associer à ce commentaire, chaque source constituant un point de débordement de la nappe dont le positionnement altimétrique précis peut avoir un impact significatif sur le calage du modèle.

Le graphique 19 de la page 67 présente le niveau de la nappe à Estrées-Saint-Denis, le débit de l'Aronde à Clairoux (translaté de 60 m³/s) et le cumul des pluies annuelles sur 2 ans et 3 ans (translaté de 1000 mm). Cette représentation est tout-à-fait intéressante à titre pédagogique dans la mesure où elle illustre l'inertie des écoulements souterrains. Ce graphique montre la cohérence des cycles piézométriques et des cumuls de pluviométrie. On peut regretter cependant que le débit de l'Aronde ne soit représenté que sur la période 2000-2008 alors que des données sont disponibles depuis 1968 (cf. banque HYDRO).

3. Construction du modèle

3.1. TOPOGRAPHIE

La topographie du modèle a été construite à partir des altitudes du SRTM de la NASA (disponible au pas de 90 m) si on se réfère à la carte de la page 66 du rapport de phase 2. Des modifications ont ensuite été apportées à ces données, à commencer par les fonds de vallée : « *il a donc été nécessaire de corriger les valeurs fournies notamment dans les fonds de vallée boisés où la cote de la cime des arbres est généralement mesurée* » (phase 2, page 27).

Néanmoins, aucune précision n'est apportée sur l'ampleur des modifications apportées, aussi bien en termes d'extension géographique que de correction altimétrique apportée : pour mémoire, un peuplier peut atteindre une trentaine de mètres de hauteur, ce qui signifie que l'ampleur de la correction peut être extrêmement forte si c'est bien la cime des arbres qui est observée par le SRTM.

Une comparaison des cotes altimétriques entre des points cotés et les valeurs fournies par le SRTM corrigé aurait été utile, notamment pour les piézomètres ayant bénéficié d'un nivellement.

Pour un tel modèle, il aurait été bien plus adapté d'utiliser la BD Alti de l'IGN, en prenant par exemple le MNT au pas de 50 m, voire au pas de 25 m. Ces MNT fournissent une meilleure précision altimétrique pour un coût raisonnable, surtout en mettant à profit les conventions d'utilisation existant entre les Services de l'Etat et l'IGN.

3.2. CONSTRUCTION DE LA GÉOMÉTRIE DU MODÈLE (HYDRO)GÉOLOGIQUE

La construction d'un modèle hydrogéologique pose souvent de nombreuses difficultés, notamment de nature géométrique. Si certaines informations figurent dans le rapport de phase 2, quelques questions restent en suspens suite à sa lecture :

- un modèle géologique a-t-il été construit ou est-on passé directement au modèle hydrogéologique ?
- quelles cotes altimétriques de référence ont été utilisées pour construire le modèle à partir des informations lithologiques et stratigraphiques figurant dans les logs de la Banque du Sous-Sol ? A-t-on utilisé les cotes topographiques du SRTM ou celles fournies par la BSS ? Comment les formations ont-elles été cartographiées : en épaisseur, en cote altimétrique, en profondeur ?
- quelle méthode a été adoptée pour construire le modèle géologique ? Quel logiciel a été utilisé ? Y a-t-il eu prise en compte du rejet des failles, du pendage des couches ? Est-ce une simple interpolation et dans ce cas quelle méthode a été utilisée : IDW, spline, krigeage ?

- comment ont été contournées les restrictions inhérentes à MODFLOW en matière de géométrie des couches successives (non-prise en compte des biseautages, etc.) ?

Enfin, les cartes d'épaisseur des formations ne figurent pas en annexe : c'est pourtant une information essentielle et son absence nuit fortement à la vérification de la cohérence géométrique du modèle.

3.2.1. Craie séno-turonienne

L'épaisseur productive de la craie saturée est prise égale à 30 m sur la zone modélisée (cf. page 27 du rapport de phase 2), ce qui est assez cohérent avec les valeurs habituellement considérées (entre 25 et 50 m). Le fait de considérer une valeur constante pour cette épaisseur n'est pas choquant dans la mesure où il est très difficile d'évaluer et surtout de spatialiser cette information.

La question que l'on peut se poser est de savoir à partir de quelle référence piézométrique les 30 mètres saturés ont été calculés : s'agit-il des isopièzes de la carte de l'atlas hydrogéologique de l'Oise, de celles de la situation de basses eaux 2005 ou encore de la situation de hautes eaux 2001 ? Pour mémoire, l'écart de niveau entre ces deux dernières situations de nappe est de 14 m au piézomètre de Blincourt, de 17 m à Cuvilly et de 9 m à Estrées-Saint-Denis. Le choix de la référence piézométrique pour déterminer la base de la partie productive de l'aquifère crayeux n'est donc pas anodin en zone de plateau. Pour mémoire, l'écart de niveau est bien plus faible en fond de vallée humide (de l'ordre du mètre).

La formation crayeuse est donc représentée sous la forme de deux couches couvrant la totalité du modèle ; ce sont les couches 5 et 6 du modèle hydrogéologique.

3.2.2. Sables de Bracheux (Thanétien)

La cartographie de cette formation appelle peu de remarques, hormis celles formulées en introduction de ce chapitre.

La formation des argiles de Vaux-sous-Laon sépare parfois ces sables de la craie séno-turonienne. Cependant, cette formation n'est pas décrite dans les notices des différentes cartes géologiques concernées par l'étude : elle ne semble donc pas être présente de façon continue dans ce secteur et il n'est donc pas nécessaire d'introduire une séparation entre les sables et la craie, ce qui est conforme à la représentation adoptée par Hydratec.

Le rapport de phase 1 indique en page 9 : « Dans la région de Compiègne, il [le Thanétien] a évolué en formations d'origine laguno-lacustre (Calcaires de Mortemer, Sables et Calcaires de Clairoix) ». Même s'il s'agit d'un point de détail, cette évolution a-t-elle été prise en compte dans le modèle hydrogéologique ?

Cette formation correspond à la couche 4 du modèle hydrogéologique.

3.2.3. Argiles du Sparnacien

Le rapport stipule que ces argiles : « *sont représentées dès qu'elles sont recouvertes par les alluvions* » (rapport de phase 2, page 27). Cette formulation ambiguë est précisée par le rapport de stage de Sébastien Loizeau (cf. bibliographie), qui indique en page 22 : « *la formation imperméable des argiles du Sparnacien n'est représentée que sous les alluvions de l'Oise* ».

Ce choix est assez surprenant car il limite la représentation de cette formation à un secteur très restreint du modèle. Dans l'optique d'une bonne compréhension des relations entre les différentes formations présentes dans le secteur, il paraît plus adapté de représenter cette formation de façon systématique. Pour mémoire, le rôle « imperméable » de cette formation vis-à-vis de la réalimentation en eau des sables du Thanétien et de la craie sous-jacente est pris en compte indépendamment de sa représentation dans le modèle : la recharge de la nappe de la craie est considérée comme nulle dès lors que les argiles sparnaciennes sont présentes en recouvrement de la craie (page 28).

Il existe dans la partie supérieure de cette formation une variation latérale de faciès. Le rapport de phase 1 indique en effet en page 9 : « *cette formation se termine par les sables de Sinceny, notamment au Sud-Ouest de la région de Compiègne* ». Cette variation lithologique a-t-elle été prise en compte dans le modèle géologique ? Ceci est peu vraisemblable car il existe sans doute peu d'éléments pour cartographier cette phase terminale du Sparnacien mais il serait bon que les hypothèses de construction de la géométrie du modèle soient précisées.

Cette formation correspond à la couche 3 du modèle hydrogéologique.

3.2.4. Sables de Cuise, Argiles de Laon et calcaires du Lutétien

Le fait de ne pas prendre en compte ces formations dans le modèle hydrogéologique semble pertinent. La présence des argiles plastiques du Sparnacien crée en effet une séparation importante entre ces formations et l'aquifère composé de la craie et des sables du Thanétien (lorsque ceux-ci sont présents) et il est vraisemblable que les interférences entre ces formations soient mineures. Cependant, l'existence d'une nappe perchée donne probablement naissance à des émergences plus ou moins diffuses en bordure des buttes qui sont susceptibles de créer des zones préférentielles d'infiltration en limite des argiles sparnaciennes et des sables du Thanétien. Le rapport ne fait pas état de cette problématique, qui concerne il est vrai assez peu le bassin versant de l'Aronde où ces formations sont peu présentes, hormis en aval rive gauche (Antheuil-Portes, Villers-sur-Coudun).

Le rapport de phase 1 (page 15) indique que les « *relations de drainance [entre la nappe de la craie et la nappe perchée des calcaires] seront abordées par la suite de l'étude et feront l'objet d'un test de sensibilité* ». Ce test de sensibilité ne figure pas dans le chapitre 5.10 du rapport de phase 2 dédié aux analyses de sensibilité.

Il est néanmoins nécessaire de savoir à quelle couche du modèle a été attribué le volume correspondant aux formations des sables de Cuise, des argiles de Laon et des calcaires du Lutétien. Cette information n'a pas été trouvée dans les rapports de phase 1 et 2.

3.2.5. Formations alluviales

Le rapport de phase 2 précise en page 28 :

- « Les alluvions de l'Oise sont définies sur les couches 1 et 2 du modèle lorsqu'elles surmontent les argiles Yprésiennes, c'est-à-dire dans la boucle de Longueil-Sainte-Marie, elles sont en couche 3 lorsqu'elles surmontent les sables de Bracheux et en couche 4 lorsqu'elles sont au-dessus de la craie. Les alluvions modernes et anciennes (plus graveleuses) sont distinguées. Les isohypses de ces formations ont été réalisées à partir des données disponibles à la banque de données du sous-sol mais également des données de sondage des carrières, notamment les carrières Lafarge de Chevrières, Ribécourt et Choisy-au-Bac. »
- « Les alluvions de l'Aronde sont représentées sur les couches 3 et 4 car elles surmontent directement la craie représentée en couche 5. Deux couches ont été créées afin de représenter les tourbes du marais lorsqu'elles sont présentes. »

Il est assez étonnant que les alluvions modernes et les alluvions anciennes n'aient pas été individualisées, soit ensemble au sein d'une même couche, soit dans deux couches distinctes, différentes des autres couches du modèle hydrogéologique. Pourquoi regrouper ces alluvions avec les sables du Thanétien et les argiles du Sparnacien ? Ces regroupements nuisent à la compréhension des phénomènes hydrogéologiques en fournissant une représentation amalgamée et biaisée de la réalité.

La séparation des alluvions en deux couches distinctes apporte *a priori* une meilleure compréhension des écoulements, sous réserve cependant de disposer d'informations permettant de les distinguer et d'en spatialiser les extensions et épaisseurs. L'absence d'une présentation des points pour lesquels des informations sont disponibles, ainsi que d'une cartographie des épaisseurs de ces formations, rend difficile l'évaluation de la qualité du travail effectué. En tout état de cause, la cartographie de ce type de formation est complexe, notamment compte tenu de l'existence de chenaux, et il aurait été très intéressant de préciser les données utilisées et la démarche mise en œuvre.

En particulier, si l'on comprend que la présence de tourbes sur les cartes géologiques de Compiègne et de Montdidier a conduit à cartographier l'extension géographique des alluvions moins productives de l'Aronde, comment leur épaisseur a-t-elle été cartographiée ? Certaines informations figurent par exemple dans la notice de la carte géologique de Compiègne (épaisseur de 7 m à Montmartin, 5 m à Monchy-Humières, 4.1 m à Coudun) mais cela a-t-il pu suffire à les représenter ?

3.2.6. Autres formations superficielles

D'autres formations superficielles sont présentes dans le secteur. On peut citer notamment les limons des plateaux, les limons des pentes, les colluvions. Le choix de ne pas les représenter dans le modèle est pertinent mais à quelle(s) couche(s) a été attribué le volume correspondant à ces formations ? Pour mémoire, la notice de la carte géologique de Compiègne indique que les limons bruns peuvent atteindre une épaisseur de 7 m (à Bailleul-le-soc, c'est-à-dire en limite sud du bassin versant de l'Aronde).

3.3. INTÉGRATION DES PRÉLÈVEMENTS

Le rapport de phase 1 indique en pages 31 et suivantes les volumes prélevés dans le bassin de l'Aronde et de l'Oise pour le tronçon concerné par le modèle. Pour le bassin versant de l'Aronde, les chiffres fournis sont les suivants :

- AEP : 3.42 Mm³/an en moyenne sur la période 1999-2007 ;
- irrigation : 1.36 Mm³/an en moyenne sur la période 1999-2006 ;
- industrie (un seul prélèvement) : 0.39 Mm³/an (moyenne 1999-2007 ?).

Au cours de la deuxième phase, *« les chroniques mensuelles de prélèvement ont été collectées auprès des exploitants de la ressource en eau potable, et des irrigants de la vallée de l'Aronde »*. Les périodes pour lesquelles ces volumes mensuels sont connus ne sont malheureusement pas précisées. Le rapport indique : *« A partir des données collectées, les chroniques annuelles ont été traduites en chroniques mensuelles par comparaison entre les usages et les volumes prélevés »*. Ceci s'applique aux points pour lesquels les données mensuelles ne sont pas connues, mais sans doute également pour les années pour lesquelles l'information n'a pas pu être collectée. Des compléments d'information sont nécessaires pour apprécier la démarche suivie.

Le rapport de phase 2 indique en page 28 : *« Les points de prélèvement répertoriés au cours de la phase 1 sont introduits dans le modèle par leurs coordonnées Lambert. Ils sont affectés à un niveau géologique et d'un débit de pompage mensuel. »* Les points de prélèvements sont affichés sur la figure 23 de ce même rapport.

On trouve également dans le rapport de phase 1, page 40 : *« Pour chacun des prélèvements, la nappe captée est identifiée par la profondeur de l'ouvrage et intégrée à la modélisation. »*

En pratique, la nappe captée est identifiée pour bon nombre des ouvrages de prélèvements (cf. annexe 6 du rapport de phase 1). Il n'a pas été possible cependant de trouver dans les rapports de modélisation un tableau récapitulatif des prélèvements par couche du modèle. Tous les prélèvements sont-ils attribués à la nappe de la craie ? Cette information est essentielle pour la mise en œuvre du plan de régulation des prélèvements.

Par ailleurs, le rapport fait état en page 32 de deux prélèvements en eau de surface dont les volumes ne sont pas précisés. Sont-ils intégrés dans le modèle hydrogéologique ?

3.4. INTÉGRATION DE LA RECHARGE

3.4.1. Fonctionnement du module HYDRA-BV

La pluie infiltrée est évaluée au travers d'un logiciel propre à Hydratec (Hydra-BV, cf. rapport de phase 2 en page 15). Le principe général de fonctionnement du logiciel est évoqué dans le rapport :

- *« Le logiciel HYDRA-BV développé par Hydratec est un utilitaire général de simulation hydrologique appliqué au domaine fluvial et adapté pour la présente étude au calcul de la pluie infiltrée. Les calculs mis en œuvre consistent en une succession de générations d'hydrogrammes à partir de données pluviométriques et de transformations de ces hydrogrammes suivant un ordre et des modalités définies par une table d'opération. »*
- *« Le calage fin du débit des cours d'eau n'est pas possible avec cet outil qui n'utilise pas les lois de l'hydraulique classique mais des lois simplifiées travaillant sur la déformation des hydrogrammes dans leur propagation vers l'aval. Il ne peut pas bien reproduire les phénomènes d'inondation et de pointes de débit, par contre il est très fiable en volume, et reproduit très bien les échanges eaux superficielles - eaux souterraines.*
- *De plus, les prélèvements de surface et souterrains ne sont pas pris en compte dans ce module. »*

La mise en œuvre d'un tel module pour évaluer la recharge dans le modèle hydrogéologique est cohérente avec ce qui a été réalisé par exemple dans le cadre des modèles hydrogéologiques de la nappe de la craie dans le bassin de la Somme et en Nord-Pas-de-Calais.

La Figure 3 présente le fonctionnement du système hydrologique de l'Aronde tel qu'il est représenté dans le module HYDRA-BV. Ce schéma fonctionnel est similaire à celui utilisé pour les modèles de la craie du bassin versant de la Somme et en Nord-Pas-de-Calais.

On note néanmoins l'intégration d'un réservoir spécifique aux marais, non pris en compte habituellement. Il conduit à considérer qu'une part importante de la pluie efficace contribue au ruissellement, ce qui semble étonnant en domaine crayeux (bassin versant de l'Aronde).

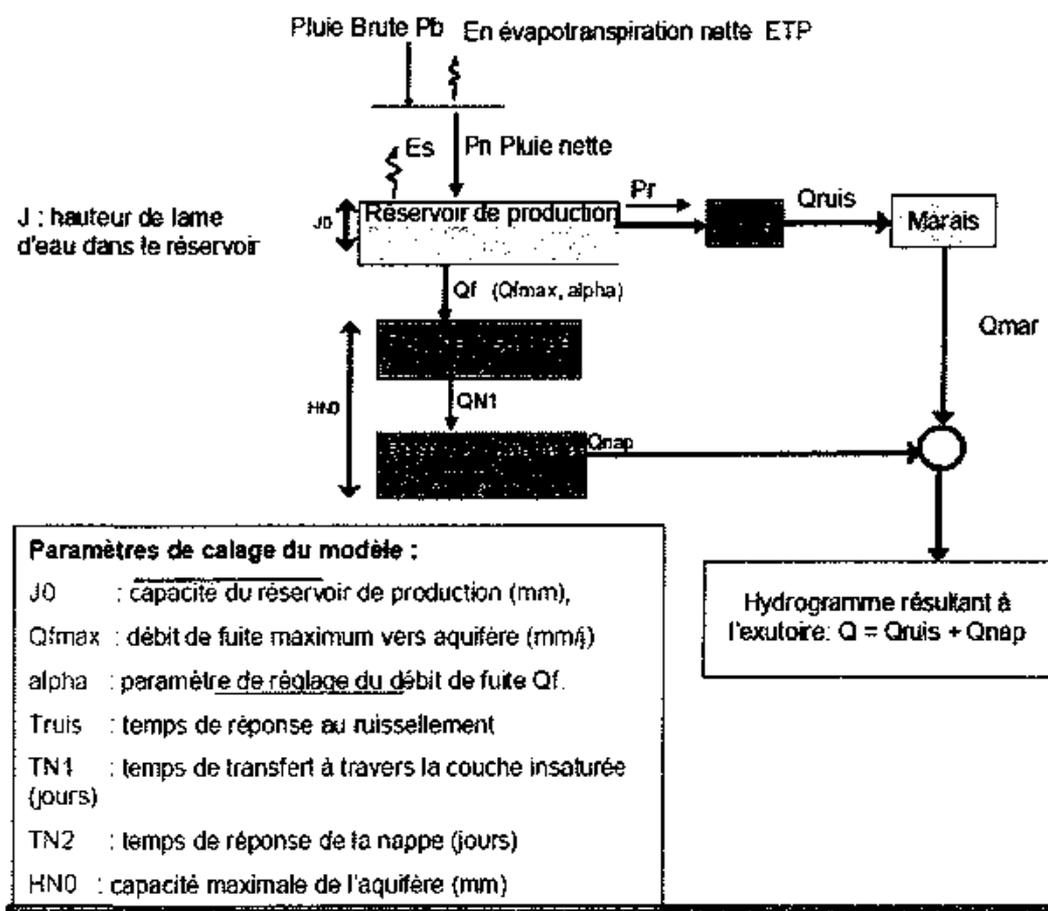


Figure 3 : Représentation du fonctionnement du bassin versant de l'Aronde dans le module HYDRA-BV (cf. rapport de phase 2, page 17)

L'affirmation relative à la fiabilité des volumes serait à préciser, notamment au regard de l'absence de prise en compte des prélèvements dans le modèle. En effet, la lame d'eau écoulée à Clairoix est de l'ordre de 40 Mm³/an tandis que les prélèvements en eaux souterraines sont de l'ordre de 5.17 Mm³/an en moyenne dans le bassin de l'Aronde, c'est-à-dire qu'ils représentent près de 13% de la lame d'eau écoulée (cf. page 31 du rapport de phase 1), ce qui n'est pas négligeable. Le rapport fait par ailleurs état de deux prélèvements en eau de surface mais sans préciser les volumes concernés.

Le module de calcul est mis en œuvre pour la vallée de l'Aronde : il est ensuite transposé à la vallée de l'Oise.

On notera que la lame d'eau résiduelle en fin d'irrigation n'est pas intégrée en tant que telle dans cette approche : c'est un comportement global que l'on vise à reproduire au travers de la représentation du débit par ce modèle. Le fonctionnement du réservoir sol est pris en compte de façon globale sur le bassin versant.

3.4.2. Données utilisées pour le calage de la recharge et compréhension du fonctionnement de l'hydro-système

Le calage du module HYDRA-BV est effectué sur les chroniques :

- de pluies journalières des stations de Chevrières ou Godenvillers ;
- d'ETP de Margny-lès-Compiègne ;
- de débits de l'Aronde à Clairoix ;
- de niveau au piézomètre d'Estrées-Saint-Denis.

La période concernée par le calage s'étend du 01/19/1999 au 31/08/2008.

Le rapport indique page 15 que le « bassin versant est découpé en sous bassins versants, unités de production hydrologique, en fonction de la topographie et de la structure géologique du sol. Le bassin de l'Aronde est ainsi découpé en 9 sous bassins versants, le bassin de l'Oise en 5 sous bassins. »

Le choix du piézomètre n'est pas justifié dans le rapport, notamment au regard des chroniques de Cuvilly ou de Blincourt qui présentent des comportements légèrement différents (cf. page 24 du rapport de phase 1) et font bien mieux apparaître les cycles saisonniers des variations piézométriques, avec une double composante, saisonnière et pluriannuelle (cf. graphique page 25).

On peut en particulier se demander si l'intégration d'un réservoir simulant les marais ne pallie pas l'absence de prise en compte de cette double cyclicité dans le fonctionnement de la nappe de la craie dans la zone étudiée. Des tests ont-ils été effectués avec les chroniques piézométriques de Blincourt ou de Cuvilly ?

L'interprétation du fonctionnement des cours d'eau et du rôle des marais paraît étonnante. Comme indiqué dans le rapport en page 17, « les différents tests réalisés montrent que les marais jouent un rôle primordial dans les débits de restitution de l'Aronde. Le bassin versant de 288 km² produit des volumes de ruissellement importants qui se trouvent écrêtés dans le marais et restitués avec une vitesse plus faible ». Les marais de l'Aronde ont-ils par exemple la capacité de stocker un volume qui pourrait être de l'ordre de 27 à 34 Mm³/an (en se basant sur un volume ruisselé représentant 67 à 85% de la pluie efficace moyenne annuelle, cf. page 21) ? En considérant une hausse du niveau de l'eau de 1 m dans les marais, cela supposerait une surface de marais de l'ordre de 30 km², ce qui paraît excessif.

Cette restitution des pluies décalée dans le temps pourrait peut-être également être interprétée comme la contribution saisonnière de la nappe de la craie. Si l'on s'intéresse aux caractéristiques des sous-bassins modélisés (cf. Figure 4), il apparaît que la réponse simulée de la nappe aux infiltrations pluviales calculées par HYDRA-BV est lente : le temps de transfert dans la zone non saturée est de 300 jours pour l'Aronde et le temps de réponse de l'aquifère est de 150 jours. Ces deux notions nécessiteraient toutefois d'être précisées mais s'apparentent d'avantage à une restitution pluriannuelle de la pluviométrie.

En tout état de cause, cette autre représentation du système hydrodynamique permettrait sans doute une partition de la pluie efficace entre ruissellement et infiltration plus conforme à ce qui est connu pour les terrains crayeux sous recouvrement limoneux (cf. 2.5).

Bassin versant	Hydrogramme de pluie brute	Superficie du bassin versant en km ²	Capacité de réserve de sol en mm	Vitesse d'infiltration maximum dans le sol en mm/jour	Temps de réponse au ruissellement en jours	Temps de transit dans la couche infiltrée en jours	Temps de réponse de l'aquifère en jours	Capacité de l'aquifère en mm
BVA1	godenvillers	27	300	32	5	300	150	300
BVA2	godenvillers	30	300	86	5	300	150	300
BVA3	chevneres	24	300	64	5	300	150	300
BVA4	chevneres	19	300	64	5	300	150	300
BVA5	chevneres	25	300	32	5	300	150	300
BVA6	chevneres	18	300	64	5	300	150	300
BVA3bis	chevneres	13	300	8	5	300	150	300
BVA7	chevneres	16	300	64	5	300	150	300
BVA8	chevneres	14	300	64	5	300	150	300
BVD1	chevneres	137	300	80	5	300	150	600
BVD2	chevneres	79	300	80	5	90	150	300
BVD6	chevneres	35	300	86	5	180	150	300

Figure 4 : Caractéristiques des sous-bassins versants utilisés pour le calcul de la pluie infiltrée (cf. rapport de phase 2, annexe 7.1)

Indépendamment de la problématique liée à l'interprétation du fonctionnement hydrogéologique de l'hydrosystème, la lecture du rapport de phase 2 n'a pas permis de comprendre comment les calages de la recharge étaient effectués pour les différents bassins, puisqu'une seule chronique d'ETP, de piézométrie et de débit est utilisée et que seules deux chroniques de pluie le sont.

3.4.3. Résultats obtenus et intégration des résultats dans le modèle

Les résultats obtenus en termes de pluies efficaces et d'infiltration ne sont présentés que pour un bassin versant (BVA1), en figure 20 de la page 21. La pluie efficace annuelle varie de 7% (en 2004-2005) à 49% (2000-2001) de la pluie brute, ce qui semble cohérent compte tenu de la grande variabilité observée pour la pluie (525 mm en 2004-2005 contre 1197 mm en 2000-2001). D'après le tableau de la Figure 4, c'est la pluie de Godenvillers qui a été utilisée pour ce bassin.

L'infiltration calculée varie de 15% à 33% de la pluie efficace ce qui semble faible pour un tel contexte hydrogéologique (cf. 2.5).

Les résultats ne sont pas présentés pour les douze autres bassins versants.

Le transfert des simulations effectuées avec HYDRA-BV dans le modèle hydrogéologique est décrit en page 28 du rapport de phase 2 :

- « La recharge est affectée sur la première couche active du modèle, c'est-à-dire sur la craie lorsque celle-ci est affleurante ou lorsque les terrains qui la surmontent ne contiennent pas de nappe. Ainsi, c'est bien la pluie infiltrée après passage au travers de la zone non saturée qu'il faut appliquer au modèle hydrogéologique. »

- *« la recharge est affectée selon les 9 sous bassins versants définis au chapitre 2 pour le bassin de l'Aronde et les 3 sous bassins versants décrivant le fonctionnement hydrologique de l'Oise. Lorsque l'argile Yprésienne isole la nappe de la craie, la recharge appliquée est nulle. On considère alors que l'infiltration à la nappe de la craie est négligeable. »*

La démarche d'intégration des chroniques de recharge est cohérente. Néanmoins, il manque de façon notable un bilan des apports par recharge dans chacune des couches du modèle.

3.5. PRISE EN COMPTE DES RELATIONS NAPPE / RIVIÈRE

Comme indiqué au 2.1, deux types de représentation des cours d'eau sont utilisés dans le modèle hydrogéologique :

- représentation du cours d'eau avec une simple capacité de drainage de la nappe ;
- représentation du cours d'eau avec prise en compte des échanges avec la nappe, ceux-ci étant basés sur l'écart de niveau entre le fil de l'eau dans le cours d'eau et le niveau de l'eau dans la nappe. L'intensité des échanges est aussi fonction de la « conductance » des berges. Ces échanges peuvent se faire dans les deux sens. Ce mode de représentation est adopté pour l'Aronde, l'Aisne et l'Oise.

La cote du fil de l'eau de l'Oise, de l'Aisne et de l'Aronde sont semble-t-il constantes dans le temps. C'est en tout cas avéré pour l'Aronde, comme l'indique le rapport de phase 2 page 57 : *« le modèle a été construit sur la base des observations d'avril 2009 d'hydratec sur l'Aronde. Ainsi les cotes d'eau ont été définies à partir des mesures de hauteur d'eau dans les biefs mesurées par hydratec, elles sont constantes au cours du temps. »*

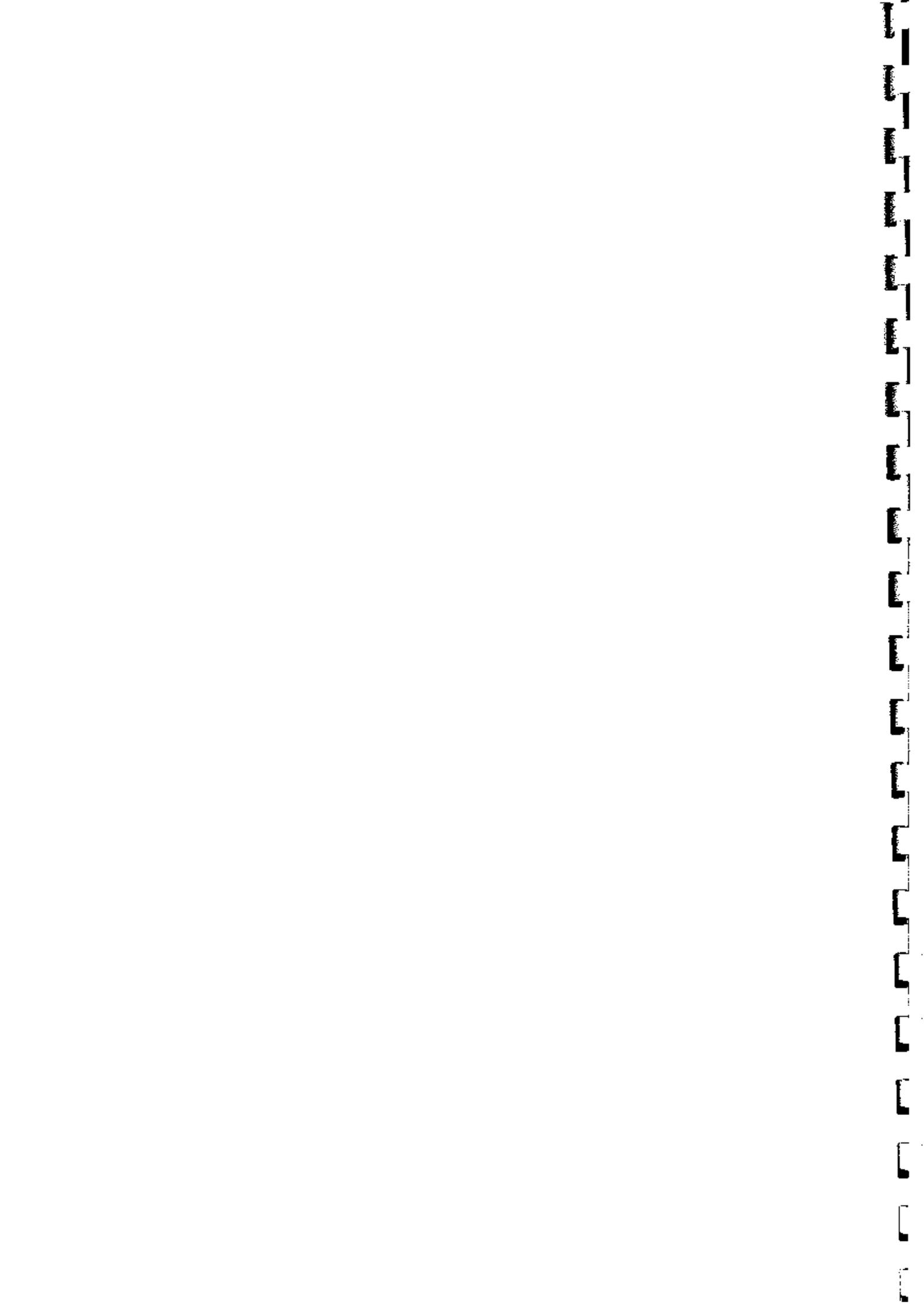
Ceci limite les possibilités d'interprétation des relations nappe-rivière, notamment dans la vallée de l'Oise où l'ampleur des fluctuations de niveau dans le cours d'eau est assez importante. On notera qu'une analyse de sensibilité a été effectuée pour l'Aronde, avec une modification de 30 cm de la hauteur de la ligne d'eau.

Pour les marais de Sacy, la figure 26 de la page 31 du rapport de phase 2 montre que les mailles drainées représentant ce secteur ne sont pas reliées à la rivière Oise, comme s'il n'existait pas d'exutoire de surface à cette zone dépressionnaire.

Par ailleurs, le rapport de phase 2 indique page 52 pour l'Aronde que *« les tronçons qui traversent les communes de Wacquemoulin, Moyenneville, Neufvy-sur-Aronde, Braisne et Coudun drainent la nappe de la craie. D'autres tronçons comme Baugy et l'amont de Braisnes alimentent constamment la nappe de la craie ».*

Le secteur Baugy-Braisnes correspond à la zone dans laquelle sont implantés les captages d'eau potable de la ville de Compiègne et il est vraisemblable que cette alimentation de la nappe de la craie par le cours d'eau soit liée à ces pompages. En

effet, la présence de tourbières dans cette zone et sa position géographique à l'aval de l'Aronde laisse plutôt supposer que les écoulements naturels se font dans le sens d'un drainage de la nappe par le cours d'eau.



4. Calage du modèle

4.1. DÉMARCHE DE CALAGE ET RÉFÉRENCES UTILISÉES

La démarche de calage adoptée par Hydratec est conforme à ce qui est effectué habituellement pour des modèles hydrogéologiques maillés, à savoir :

- un calage en régime permanent en se basant sur une carte piézométrique existante ;
- un calage en transitoire sur les chroniques piézométriques et sur les débits des principaux cours d'eau.

On peut regretter cependant que toutes les informations disponibles pour ces phases de calage et les outils usuels de contrôle de calage n'aient pas été utilisés puisque :

- on note l'absence d'un diagramme de dispersion destiné à représenter dans un graphique unique les niveaux observés et les niveaux simulés pour un état piézométrique donné. Ce diagramme de dispersion est généralement associé à un calage en régime permanent ;
- le calage des chroniques piézométriques est présenté en variations relatives du niveau (cf. pages 40 et suivantes du rapport de phase 2), c'est-à-dire sans présenter les cotes altimétriques simulées et observées des piézomètres, ce qui conduit à s'interroger fortement sur la qualité du calage en termes altimétriques. Cette représentation sous forme de variations relatives est rarement utilisée, sauf pour présenter plusieurs chroniques sur un même graphique ;
- on note également l'absence d'un bilan des échanges entre les différentes couches du modèle, élément particulièrement important pour un modèle multicouche. Il manque également une présentation des termes annuels du bilan hydrodynamique sur la période de calage. Ces bilans permettent de s'assurer que les ordres de grandeur des entrées et sorties du modèle sont cohérents avec les valeurs connues. Le cas échéant, si des écarts importants apparaissent, les bilans peuvent aider à mieux appréhender les phénomènes hydrogéologiques impliqués et à réviser les schémas d'écoulement envisagés. Les bilans permettent aussi de s'assurer que les apports par les charges imposées (en l'occurrence les cours d'eau) sont cohérents avec les débits du réseau hydrographique.
- on note l'absence de recherche de biais dans l'évolution temporelle des écarts entre les niveaux simulés et les niveaux observés à un piézomètre donné ;
- il existe par ailleurs plusieurs cartes piézométriques, correspondant aux situations de hautes eaux (HE) et de basses eaux (BE) 2001, HE et BE 2003, pour lesquelles les mesures brutes figurent dans les rapports BRGM/RP-51917-FR et BRGM/RP-52891-FR. Ces campagnes de mesures, ont été effectuées pour le compte de la DDAF de l'Oise en vue de disposer de différentes vues spatialisées du niveau de la nappe pour améliorer le calage d'un modèle maillé : on ne peut que regretter que ces données n'aient pas été

utilisées lors du calage du modèle. Une représentation des niveaux simulés et observés sous forme de cartes piézométriques et de diagrammes de dispersion aurait permis d'apprécier la capacité du modèle à restituer convenablement ces états piézométriques de référence.

- de nombreuses sources sont connues dans le secteur d'étude et notamment dans le bassin de l'Aronde. Le bureau d'études présente les débits mesurés dans le rapport de phase 1 et les débits simulés dans le rapport de phase 2 mais la comparaison des valeurs sur un même graphique n'est pas effectuée. Par ailleurs, les débits simulés pour les sources de la Payelle et de la Somme d'or n'ont pas été trouvés dans le rapport de phase 2 (pages 49 à 52).
- enfin, comme l'explique le rapport de phase 1 en page 66, la source de l'Aronde à Montiers se déplace en fonction du niveau de la nappe de la craie : elle a ainsi subi un assec de juillet 2005 à janvier 2007 selon les informations figurant dans ce rapport. Des informations complémentaires figurent concernant la longueur de cet assec : « *En août 2006, un assec d'environ 4.6 à 5 km a été observé sur l'Aronde* ». Le modèle permet de restituer cet assec mais sur quelle extension est-il simulé en 2006 ? Une bonne représentation du déplacement de cette source constituerait le gage d'un bon calage dans cette zone.

Par ailleurs, quels éléments ont été utilisés pour caler la nappe alluviale et les sables du Thanétien ?

4.2. VALEURS ATTRIBUÉES AUX PARAMÈTRES HYDROGÉOLOGIQUES

4.2.1. Perméabilités

Les valeurs retenues dans le modèle après calage sont présentées en pages 33 et 34 du rapport de phase 2.

Les ordres de grandeur, notamment pour la craie productive, sont cohérents avec la gamme usuelle des perméabilités attribuées à cette formation (10^{-5} m/s à 5.10^{-3} m/s). Par ailleurs, la répartition géographique de ces valeurs est également conforme à ce qui est connu : la perméabilité augmente des zones sous couverture aux vallées sèches, puis aux vallées humides, zones les plus productives.

La valeur retenue pour la perméabilité de la craie compacte (10^{-7} m/s) est conforme aux standards.

On note que le ratio entre la perméabilité des alluvions modernes (4.10^{-5} m/s) et des alluvions anciennes (10^{-4} m/s) de l'Oise est de 2.5, ce qui est faible et pourrait conduire à fusionner ces deux formations dans le modèle maillé. Le ratio est de 40 dans le cas de l'Aronde.

4.2.2. Coefficient d'emmagasinement

La spatialisation du coefficient d'emmagasinement de l'aquifère de la craie est présentée en figure 29 (page 34, rapport de phase2).

Sur ce schéma, les valeurs de deux paramètres sont indiqués : S_s (« specific storage », en m^{-1}) et S_y (« specific yield », sans unité). Les valeurs proposées semblent assez élevées, notamment pour la craie sous recouvrement alluvial dans le bassin versant de l'Aronde ($0.005 m^{-1}$). Pour des milieux consolidés, l'emmagasinement spécifique se situe habituellement entre 10^{-7} et $10^{-5} m^{-1}$.

Les valeurs ne sont pas fournies pour les autres formations, notamment sables du Thanétien et formations alluviales.

4.3. QUALITÉ DU CALAGE AU VU DES RÉFÉRENCES UTILISÉES

4.3.1. Eaux souterraines

La carte de calage de la page 36 du rapport de phase 2 est difficilement interprétable : on ne peut lire la grande majorité des valeurs des isopièzes. Ceci étant, les écarts de niveau entre la simulation et l'observation semblent raisonnables. Sur la carte de calage de la page 38 du rapport de phase 2, la gamme de taille des cercles visant à représenter l'amplitude de l'écart entre simulation et observation n'est pas adéquate.

La justification évoquée pour le dôme de Margny-lès-Compiègne (page 35) est tout à fait plausible : le choix d'un calage définitif résulte d'un compromis entre des améliorations ou *a contrario* des dégradations qui sont apportées par la modification d'un paramètre. En règle générale, il est important de respecter le gradient de la nappe. Sous réserve d'une interprétation correcte de la carte, celui-ci varie de 5 ‰ dans la partie amont du bassin versant de l'Aronde à 2 ‰ dans sa partie avale, ce qui est assez conforme aux valeurs attendues.

La distribution des points de calage, illustrée par la carte de la page 41 du rapport de phase 2 (insérée dans ce rapport en Figure 5), montre une absence de points de contrôle dans la zone située au sud et au sud-est de Compiègne, ainsi qu'à l'ouest dans le secteur de l'interfluve entre l'Aronde et l'Oise et dans la partie amont du bassin versant de l'Aronde. Il aurait été intéressant de contrôler les fluctuations de niveau de nappe dans la craie par le biais du piézomètre de Lieuvillers (01034X0014) pour lequel des données sont disponibles à partir de 2005 (des données plus anciennes existent également, à partir de 1974). Ce piézomètre est situé sur la crête piézométrique entre l'Arré à l'Ouest et l'Aronde.

Par ailleurs, la très grande majorité des chroniques piézométriques présentées (sous forme de variations relatives) correspondent à l'aquifère de la craie, puisque seules deux chroniques en vallée de l'Oise présentent les fluctuations de la nappe alluviale. Ceci signifie que les niveaux piézométriques simulés pour les couches autres que la craie sont peu voire pas contrôlés.

À propos des chroniques piézométriques, rappelons qu'il est très surprenant qu'elles ne soient pas représentées en cotes altimétriques. Si la reproduction des fluctuations est un objectif important du calage, la restitution des cotes altimétriques est essentielle et doit pouvoir être vérifiée dans le rapport de calage.

Les fluctuations simulées sont présentées des pages 42 à 48, par zone géographique. La nappe suivie par ces ouvrages n'est pas précisée mais on peut supposer qu'il s'agit de la nappe de la craie, sauf peut-être pour les ouvrages de la vallée de l'Oise et de l'Aisne qui pourraient être implantés dans les nappes alluviales. Ces éléments demeurent à préciser. Par région, ces graphiques appellent les commentaires suivants :

- Haut bassin de l'Aronde : 5 chroniques figurent dans le rapport. Les fluctuations sont globalement bien représentées, dans une moindre mesure cependant pour les ouvrages 01041X0051 et 01042X0026 pour lesquels la situation de hautes eaux de 2001 est très sous-estimée par le modèle (4 à 6 m). On note que l'influence des pompages sur ces ouvrages est assez bien représentée.
- Haute vallée de l'Aronde : 2 chroniques figurent dans le rapport. Les fluctuations sont bien représentées sur la période 2003-2007 mais visiblement très sous-estimées (en proportion de l'amplitude totale) sur la période 2000-2002. L'influence des pompages est bien simulée sur le piézomètre 01042X0099.
- Aval de la vallée de l'Aronde : 10 chroniques figurent dans le rapport. Ce secteur est caractérisé par une faible amplitude piézométrique. De même que précédemment, l'amplitude des hautes eaux 2001 est difficilement représentée sur la plupart des ouvrages (hormis notamment 01044X0257). On note que les fluctuations ne semblent pas toujours en phase avec les observations : c'est ainsi le cas pour l'ouvrage 01044X0184 pour lequel les variations de niveau observées anticipent les variations simulées. Le rythme de décroissance du niveau semble par ailleurs sous-estimé dans les simulations de niveau de l'ouvrage 01044X0179. Pour mémoire, la variation de la piézométrie dans ce secteur est délicate à restituer i) par construction du modèle puisque la cote imposée pour le niveau d'eau de l'Aronde est constante dans le temps et ii) compte tenu des pompages intervenant dans le secteur.
- Vallée de l'Oise – coteaux : 3 chroniques figurent dans le rapport. Le calage des fluctuations piézométriques au niveau du piézomètre 01046X0010 est excellent, hormis pour les toutes premières mesures, la modélisation ayant sans doute démarré sur un état piézométrique légèrement éloigné de la situation du 01/09/1999 (ce qui est le cas si l'état piézométrique issu du permanent a été utilisé, puisque celui-ci a été établi sur la situation piézométrique de l'étiage 2005). Le calage des fluctuations piézométriques au niveau de l'ouvrage 01015X0015 est très bon lui aussi. Le peu d'observations disponibles sur l'ouvrage 01046X0067 ne permet pas de juger du calage. Au risque de se répéter, l'absence de représentation altimétrique des niveaux nuit fortement à l'analyse des résultats obtenus.
- Vallée alluviale de l'Oise : 4 chroniques figurent dans le rapport, dont deux pour la nappe alluviale de l'Oise. Il n'est pas précisé si les variations simulées présentées dans le rapport concernent la nappe de la craie, celle des alluvions anciennes, voire un niveau simulé dans les alluvions modernes (peu probable). En tout état de cause, les variations de niveau simulé et observé ne sont pas bien restituées pour les ouvrages PB1 et PB3, ceci pouvant être dû aux conditions d'exploitation des gravières comme indiqué dans le rapport. Les

fluctuations simulées pour les captages d'eau potable de Longueil-Sainte-Marie couvrent une amplitude de 7 m tandis que les observations ne dépassent pas 2.5 m. De la même manière que précédemment, il est possible que les conditions d'exploitation des ouvrages influencent notablement les niveaux observés (niveaux influencés par les pompages et donc ne correspondant pas aux fluctuations naturelles de la nappe). L'amplitude des fluctuations simulées dans ce secteur paraît néanmoins élevée. Ces quatre chroniques ne peuvent être considérées comme suffisamment calées.

- Vallée de l'Aisne : 1 chronique figure dans le rapport. Il n'est pas précisé s'il s'agit de la nappe de la craie ou de la nappe alluviale. De même que pour les chroniques de la vallée de l'Oise, cette chronique ne peut être considérée comme calée.

Il ressort de cette analyse que la majorité des fluctuations piézométriques est assez bien à très bien représentée, hormis dans les vallées de l'Oise et de l'Aisne où le calage est insuffisant. Au regard de la carte des piézomètres utilisés pour le calage, il demeure à l'Est et au Sud une étendue importante dans laquelle le calage n'est pas validé.

On rappelle que la qualification du calage ne pourra être effectuée qu'au vu de données présentées en cotes altimétriques.

4.3.2. Eaux de surface

Le calage obtenu pour le débit de l'Aronde (cf. figure 33 page 49 du rapport de phase 2) semble de bonne qualité mais il manque un indicateur global de type R^2 ou Nash permettant de le quantifier. En termes d'interprétation du fonctionnement du système, il paraît par contre assez étonnant que l'alimentation du cours d'eau par la nappe ne couvre pas la totalité du débit lors des périodes d'étiage, une part non négligeable restant due à une composante « ruissellement+marais » : en étiage 2006 par exemple, la nappe ne couvrirait que 50% des apports (cf. 3.4.2).

Quant aux débits de sources, il est très surprenant que les débits mesurés par l'ONEMA de 2004 à 2008 (graphique 18 en page 65 du rapport de phase 1) ne soient pas comparés aux débits simulés par le modèle. En effet, la figure 34 de la page 50 ne présente que les débits calculés par le modèle pour différentes sources sans mettre en regard les valeurs du graphique 18.

La valeur du 29/06/2004 du graphique 18 pour la cressonnière de Moyenneville (environ 123 l/s) est assez différente de celle fournie pour « Moyenneville » dans la figure 34 (bien en dessous de 50 l/s). Le même exercice effectué pour la source de Montiers à la même date donne les résultats suivants : environ 38 l/s pour l'observation contre 10 à 20 l/s pour la simulation. Les dates d'assèchement de cette source sont quant à elles tout à fait cohérentes (juillet 2005). En revanche, il semble que l'assèchement de la source de Montiers se prolonge dans le modèle au-delà de janvier 2007 (cette information demeure néanmoins difficile à lire sur la figure 34). Des

écarts importants sont constatés par ailleurs sur les débits simulés et observés de la source de la Fontaine Blanche, notamment en 2004-2005.

Les débits mesuré et simulé à la source de la Somme d'or ne sont pas présentés dans le rapport de phase 2. On n'a pas trouvé non plus d'éléments relatifs à la source de la Payel à Remy.

Pour la Frette, le rapport de phase 2 indique en page 50 que « en l'absence de données de calage sur la période simulée, ces débits [NDLR : les débits drainés par la Frette d'après le modèle] semblent cohérents avec les mesures réalisées en 1998-1999 sur cette rivière. » Ces mesures n'ont pas été trouvées dans les rapports de phase 1 et 2 et cette information ne peut donc pas être recoupée.

4.4. ANALYSES DE SENSIBILITÉ

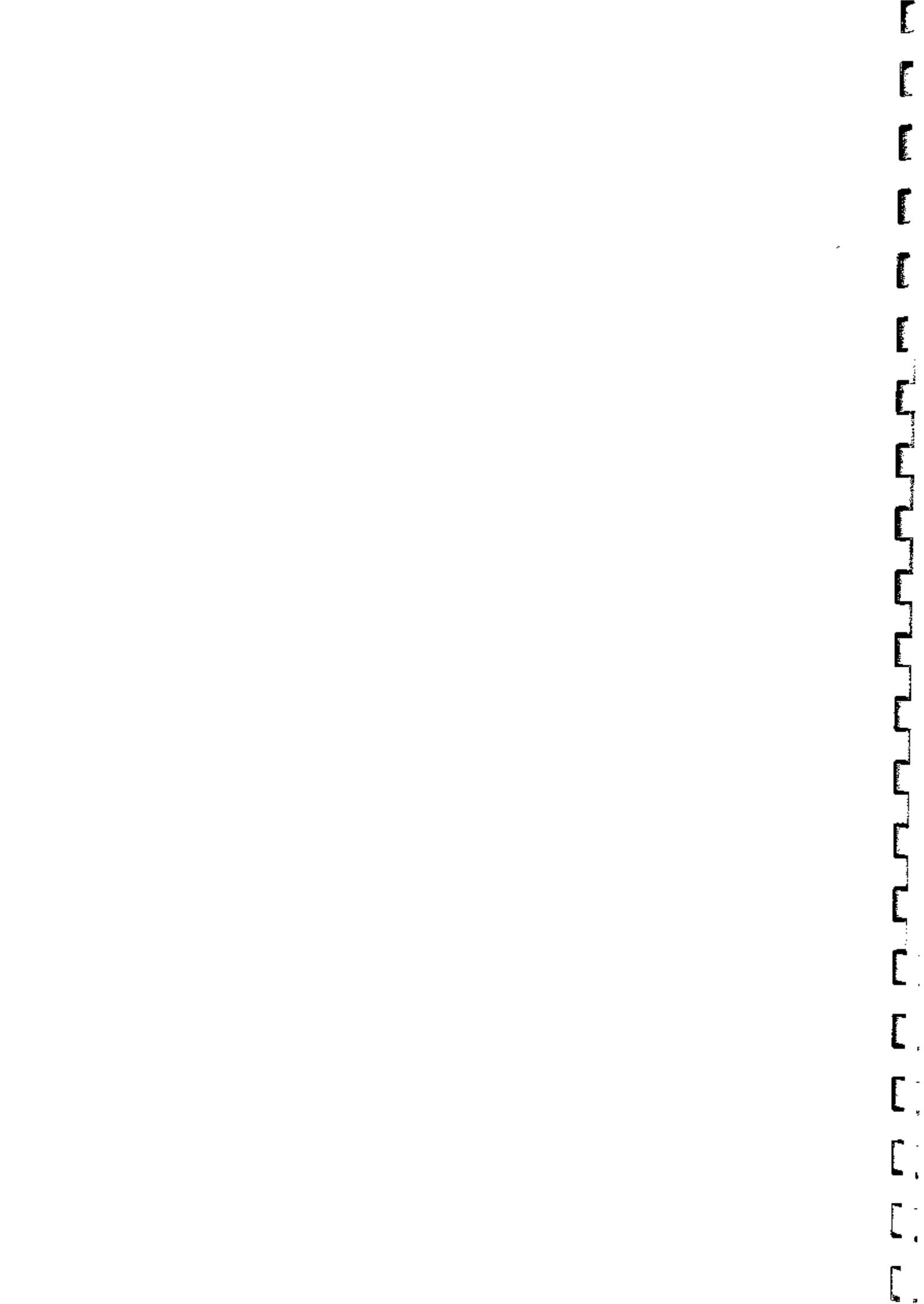
Cinq analyses de sensibilité ont été conduites avec le modèle hydrogéologique (pages 52 à 61 du rapport de phase 2) :

- « *sensibilité du modèle à la perméabilité* ». Ce test est conduit en appliquant une modification de perméabilité à la couche 5 du modèle. Celle-ci est de 10% à 50% de la valeur initiale, soit une modification assez faible compte tenu des incertitudes inhérentes aux valeurs de perméabilité (souvent connues à un facteur 10 près). Le rapport indique : « *ce premier test permet de vérifier que lorsque la cote piézométrique calculée sur le piézomètre d'Estrées-saint-Denis baisse de 1.5 mètre, le débit de la nappe drainé par l'Aronde calculé à l'étiage diminue de 50 l/s environ* ». Cette conclusion est sans doute un peu hâtive dans la mesure où la baisse de débit observée sur l'Aronde résulte d'une baisse de niveau hétérogène dans sa variation mais observée sur l'ensemble du bassin versant hydrogéologique ;
- « *sensibilité du modèle au coefficient d'emmagasinement* ». Ce test est conduit en appliquant une variation de 7% à 50% de la valeur initiale ; la modification est sans doute appliquée pour la craie uniquement puisque les valeurs ne sont pas indiquées pour les autres couches. L'information n'est cependant pas précisée dans le rapport. Ce test n'appelle pas de remarques particulières ;
- « *sensibilité du modèle à la conductance de l'Aronde* ». Ce test est conduit en faisant varier d'un facteur 2 la conductance de l'Aronde. Ce test est intéressant mais compte tenu de la méconnaissance de la valeur de la conductance du lit d'un cours d'eau, un facteur 10 aurait sans doute été plus adapté. Il aurait été intéressant de préciser si cette modification a un impact notable sur les cotes des niveaux piézométriques ;
- « *sensibilité du modèle à la ligne d'eau de l'Aronde* ». Ce test se traduit par une modification de 30 cm de la ligne d'eau du cours d'eau. Il est tout à fait intéressant dans l'absolu mais les imprécisions relatives à la topographie introduite dans le modèle (à commencer par l'utilisation du SRTM au pas de 90 m) rend son intérêt somme toute relatif ;

- « *sensibilité du modèle hydrogéologique à la pluie infiltrée* ». Ce test est conduit en considérant une infiltration supérieure de 10% à celle retenue pour le calage.

La réalisation d'analyses de sensibilité dans le cadre du travail présenté est une excellente chose dans son principe mais elle ne doit pas masquer le fait que des incertitudes majeures demeurent, par exemple sur la construction de la géométrie du modèle, sur les bilans hydrodynamiques, le calage des chroniques piézométriques et les débits de sources.

On regrette par ailleurs qu'aucun test n'ait été conduit sur le rôle joué par les couches des alluvions et du Thanétien.



5. Conclusions

La lecture des rapports de construction et de calage du modèle hydrogéologique Oise-Aronde a conduit à apporter un certain nombre de remarques détaillées au fil du présent rapport.

On retiendra de façon synthétique que si certains aspects du calage paraissent bons voire très bons au vu des éléments présentés, il manque de nombreuses informations que l'on s'attendrait à trouver dans le rapport de calage d'un modèle maillé. Ces lacunes – le cas échéant de présentation – conduisent à s'interroger sur la qualité des résultats obtenus : c'est notamment le cas pour les chroniques piézométriques dont les simulations et les observations ne sont pas présentées en cotes altimétriques mais en termes de variations relatives.

À propos du calage, on notera également :

- l'absence d'une présentation d'un bilan hydrodynamique, indiquant les échanges entre les couches du modèle, les entrées et sorties, stockage et déstockage simulés pour la craie productive ;
- l'absence de diagrammes de dispersion et d'utilisation de plusieurs cartes piézométriques dont les mesures sont pourtant disponibles sur internet via le site public du BRGM ;
- l'absence de recherche de biais dans l'évolution des écarts des niveaux simulés et les niveaux observés à un piézomètre donné.

Pour la construction du modèle, plusieurs aspects demeurent imprécis, par exemple la méthode utilisée pour l'interpolation des données disponibles en banque du sous-sol. Il est étonnant par ailleurs que ne soient pas présentées les épaisseurs des différentes couches du modèle et on peut regretter que la modélisation ait été effectuée en se basant sur le Modèle Numérique de Terrain du SRTM (au pas de 90 m) alors que l'IGN propose des MNT bien plus précis, cette remarque n'étant pas anodine pour les cotes des vallées.

Enfin, en termes de compréhension du fonctionnement hydrodynamique du bassin versant de l'Aronde, le rôle donné aux marais dans les écoulements et la part élevée du ruissellement dans la pluie efficace (67 à 85%) posent question. Cette dernière est en effet en opposition avec les valeurs habituellement estimées dans ce type de contexte hydrogéologique, ce qui conduit à s'interroger sur la validité du modèle conceptuel. La sous-estimation probable des infiltrations et des débits souterrains résultants conduit probablement le modèle à sous-évaluer la capacité productive des nappes, ce qui n'est pas sans conséquence sur les scénarios de gestion qui peuvent être construits à partir de celui-ci.

6. Bibliographie

Rapports transmis par la Chambre d'Agriculture de l'Oise :

- Modélisation de la nappe de la craie et schéma de régulation des prélèvements en eau ; rapport de Phase 1 (Réf. : 24537 MCR/hrv, 25 mars 2009, version 1) ;
- Modélisation de la nappe de la craie et schéma de régulation des prélèvements en eau ; rapport de Phase 2 : Modèle de la nappe de la craie – construction et calage (Réf. : 24537 MCR, février 2010, version 3) ;
- Modélisation de la nappe de la craie et schéma de régulation des prélèvements en eau ; rapport de Phase 3 : (Réf. : 24537 V2 MCR, juillet 2010, septembre 2010, octobre 2010) ;
- Modélisation de la nappe de la craie et schéma de régulation des prélèvements en eau ; document de travail de Phase 4 (Réf. : 24537 NVC/DYR, décembre 2010, version 2).

Autres documents consultés :

Cartes géologiques et leurs notices des feuilles de Compiègne, Montdidier, Clermont de l'Oise et Saint-Just-en-Chaussée.

Amraoui N., Golaz C., Mardhel V., Negrel Ph., Petit V., Pinault JL., Pointet Th. (2002) – Simulation par modèle des hautes eaux de la Somme. BRGM/RP-51827-FR, 184 p., 83 fig., 11 tabl., 5 ann.

Amraoui N., Wuilleumier A., Thierry D., Caous JY., Noyer ML., avec la collaboration de MJ. Gaudefroy (2004) – Mise à jour du modèle des hautes eaux de la Somme. Rapport final des travaux de la phase 2. BRGM/RP-53211-FR, 151 p., 19 fig., 4 tabl., 7 ann.

Chrétien P. avec la collaboration de M.J. Féret, P. Guionie, J.L. Izac, J.P. Jegou, F. Joublin, C. Kiefer, C. Nail et C. Robelin (2006) – Picardie – Nappe libre de la craie – Campagne et carte piézométriques « basses eaux » 2005. Rapport final. BRGM/RP-54285-FR, 63 pages, 7 annexes

Loizeau S. : « Réalisation d'un modèle de gestion de nappe sur Visual Modflow », septembre 2009, UPMC, Ecole des Mines de Paris, ENGREF, HYDRATEC

Maton D., Wuilleumier A., avec la collaboration de Gaudefroy M-J., Nicolas J. (2005) – Bassin de l'Aronde et du Matz (département de l'Oise). Suivi du réseau piézométrique d'usage dans la nappe de la craie – Année 2004 - BRGM/RP-53785-FR, 70 p., 6 fig., 2 tabl., 9 ann., 1 CD-Rom.

Nicolas J., avec la collaboration de Wuilleumier A. (2004) – Bassin de l'Aronde (département de l'Oise). Suivi d'un réseau piézométrique d'usage dans la nappe de la craie – Année 2003 - BRGM/RP-52891-FR, 71 p., 3 fig., 1 tabl., 10 ann., 1 CD-Rom.

Wuilleumier A., avec la collaboration de Caudron M., Gaudefroy M.-J. (2003) – Bassin de l'Aronde (département de l'Oise). Suivi d'un réseau piézométrique d'usage dans la nappe de la craie. BRGM/RP-51917-FR, 64 p., 3 fig., 4 tabl., 8 ann., 1 CD-Rom.