

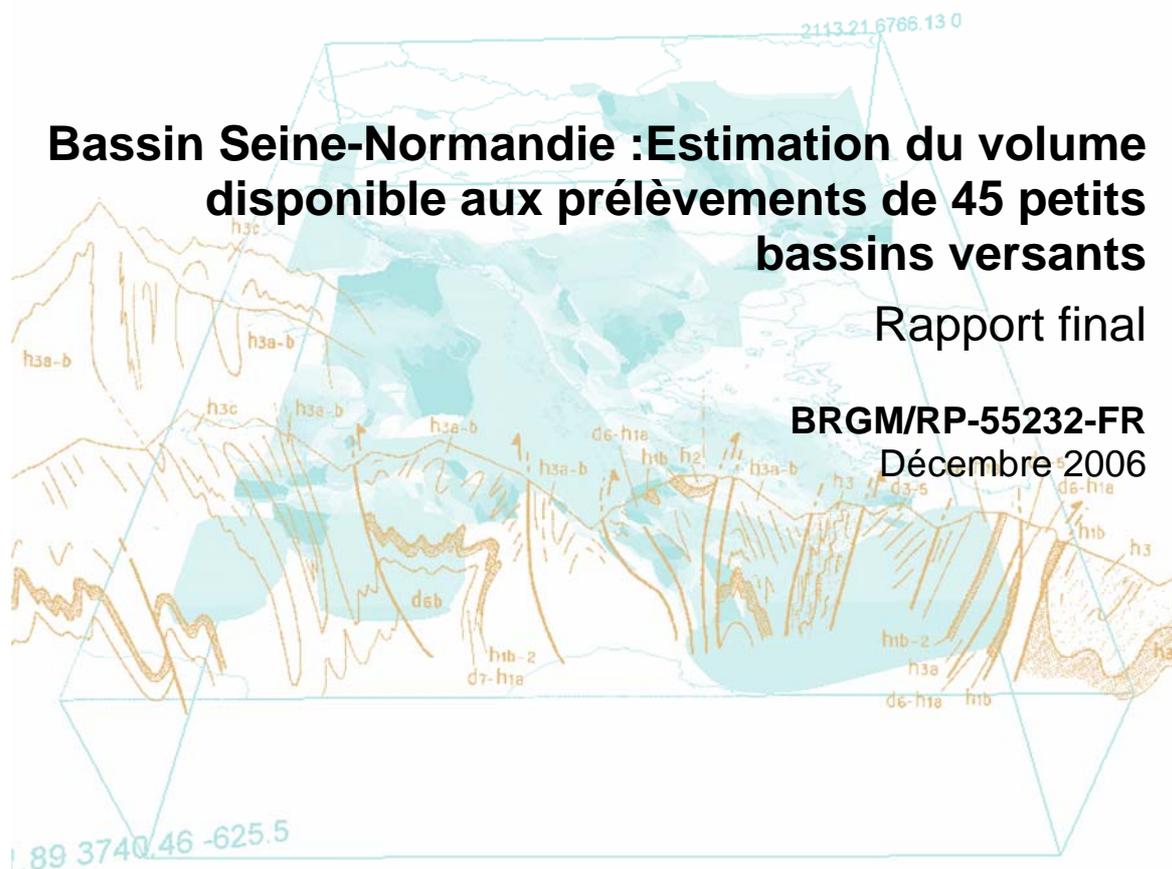


Bassin Seine-Normandie : Estimation du volume disponible aux prélèvements de 45 petits bassins versants

Rapport final

BRGM/RP-55232-FR

Décembre 2006



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Bassin Seine-Normandie : Estimation du volume disponible aux prélèvements de 45 petits bassins versants

Rapport final

BRGM/RP-55232-FR
2006-12-01

Étude réalisée dans le cadre des projets
de Service public du BRGM 2006

J.L. Pinault, D. Allier
Ph. Verjus (DIREN IdF)

Vérificateur :

Nom : Philippe Stollsteiner

Date : 21 Décembre 2006

Signature :

(ou original signé par :)

Approbateur :

Nom : Didier Pennequin

Date :

Signature :

(ou original signé par :)

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2000.

Mots clés : Nappe, Prévion, Analyse Fréquentielle, Bassin Seine-Normandie

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

© BRGM, 2005, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

L'objectif de l'étude est la réalisation d'un outil de prévision des volumes exploitables de 45 bassins versants de la région Seine Normandie et leur représentation sous un Système d'Informations Géographiques. L'objet de ce rapport est donc à la fois la description de l'outil (calage des modèles, calculs prévisionnels) et l'interprétation cartographique des résultats.

L'outil d'aide à la gestion mis en œuvre fonctionne dans un environnement EXCEL™ et permet pour l'ensemble des piézomètres et des stations hydrométriques retenues d'effectuer des prévisions de volumes d'eau disponibles sur chacun des 45 bassins versants étudiés en générant quelques centaines de séries climatiques (pluie - ETP) .

Pour chaque sous bassin, l'estimation des volumes exploitables repose sur la prévision conjointe du débit du cours d'eau à l'exutoire du sous bassin et d'un niveau piézométrique.

La sélection des piézomètres a porté sur ceux dont le fonctionnement est bien compris : peu influencés, une modélisation pluie - niveau permet de les représenter avec un degré de précision compatible avec les exigences de la prévision. Sur certains bassins, aucun piézomètre n'est identifié (ou utilisable).

Les volumes exploitables sont calculés à priori à l'horizon 2011 (pour rendre la prévision indépendante des conditions initiales de l'état des nappes), puis représentés à l'aide d'un système d'information géographique. Celui-ci fait apparaître conjointement la ressource disponible et les prélèvements pour mettre en exergue les bassins dont la gestion est tendue.

D'autre part, différents modes de représentation des volumes disponibles par unité de surface sont destinés à permettre une « extrapolation » des propriétés capacitives des bassins aux masses d'eau. Bien qu'imprécise, cette méthode permet de préciser les modes de gestion des masses d'eau sachant que tout gain d'information ne pourra être obtenu qu'au prix de nouvelles études portant à la fois sur la prise d'information (implantation de nouveaux piézomètres, mise en service de stations hydrométriques) et la conceptualisation du fonctionnement des différents bassins.

Sommaire

| | |
|--|-----------|
| 1. Introduction..... | 17 |
| 2. Analyse des données piézométriques et modélisation..... | 18 |
| 2.1. LE MODELE PLUIE-NIVEAU PIEZOMETRIQUE-DEBIT | 18 |
| 2.1.1.Phase de calage sur les observations | 18 |
| 2.1.2.Phase de prévision | 20 |
| 2.1.3.Les données climatologiques | 22 |
| 2.2. L'ORGANISATION PAR REGIONS | 22 |
| 2.3. LA REPRESENTATION DES DIFFERENTS MODELES..... | 25 |
| 3. representation des resultats..... | 28 |
| 4. La région Basse Normandie | 40 |
| 4.1. LE DEBIT DE LA LA DORETTE A VICTOT-PONTFOL ET LE PIEZOMETRE AUVILLARS 40 | |
| 4.2. LE DEBIT DE LA LA MUANCE A ARGENCES ET LE PIEZOMETRE SANNERVILLE | 41 |
| 4.3. LE DEBIT DU LAISON A CROISSANVILLE ET LE PIEZOMETRE VIEUX_FUME | 42 |
| 4.4. L'ORNE A MAY-SUR-ORNE ET LE PIEZOMETRE CINTHEAUX..... | 43 |
| 4.5. L'ORNE A LA COURBE (PAS DE PIEZOMETRE) | 44 |
| 4.6. L'YVIE A SAINT-HYMER (PAS DE PIEZOMETRE) | 45 |
| 5. La région Haute Normandie..... | 46 |
| 5.1. L'ANDELLE A VASCOEUIL ET LE PIEZOMETRE CATENAY | 46 |

| | |
|---|-----------|
| 5.2. LE DEBIT DU CAILLY A NOTRE-DAME-DE-BONDEVILLE ET LE PIEZOMETRE CLAVILLE..... | 47 |
| 5.3. LE DE BIT DU COMMERCE A GRUCHET-LE-VALASSE ET LE PIEZOMETRE TROIS PIERRES..... | 48 |
| 5.4. L'EPTÉ A GOURNAY EN BRAY (PAS DE PIEZOMETRE) | 49 |
| 5.5. L'EURE A LOUVIERS ET LE PIEZOMETRE MONTAURE | 50 |
| 5.6. L'EURE A ST LUPERCE ET LE PIEZOMETRE LONGNY AU PERCHE | 51 |
| 6. La région Picardie | 52 |
| 6.1. LA BRECHE A NOGENT-SUR-OISE ET LE PIEZOMETRE NOIREMONT | 52 |
| 6.2. LA LAUNETTE A VER-SUR-LAUNETTE ET LE PIEZOMETRE LAGNY | 53 |
| 6.3. LA NONETTE A COURTEUIL [ST-NICOLAS D'ACY] ET LE PIEZOMETRE FRESNOY | 54 |
| 6.4. LA SERRE A MORTIERS ET LE PIEZOMETRE BOIS LES PARGNY | 55 |
| 6.5. L'AILETTE A CHAVIGNON ET LE PIEZOMETRE SAINT ERME..... | 56 |
| 6.6. LE PETIT THERAIN A SAINT-OMER-EN-CHAUSSEE ET LE PIEZOMETRE FONTAINE 57 | |
| 6.7. LE THERAIN A BONNIERES ET LE PIEZOMETRE OMECOURT | 58 |
| 6.8. LES BARENTONS A BARENTON (PAS DE PIEZOMETRE) | 59 |
| 6.9. L'ESCHES A BORNEL ET LE PIEZOMETRE VILLENEUVE | 60 |
| 7. La région Champagne-Ardenne | 61 |
| 7.1. LA RETOURNE A HOUDILCOURT (ABSENCE DE PIEZOMETRE) | 61 |
| 7.2. LA SOUDE A SOUDRON ET LE PIEZOMETRE CHALONS..... | 62 |
| 7.3. LA VESLE A PUISIEULX ET LE PIEZOMETRE BUSSY..... | 63 |

| | |
|---|-----------|
| 7.4. L' ARDUSSON A SAINT-AUBIN ET LE PIEZOMETRE SAINT HILAIRE | 64 |
| 7.5. LE PETIT MORIN A MONTMIRAIL ET LE PIEZOMETRE MECRINGES..... | 65 |
| 7.6. LE PY A DONTRIEN (PAS DE PIEZOMETRE) | 66 |
| 7.7. L' HUITRELLE A LHUITRE ET LE PIEZOMETRE SOMPUIS | 66 |
| 7.8. LE GRAND MORIN A MEILLERAY ET LE PIEZOMETRE MECRINGES | 67 |
| 8. La région Ile de France..... | 68 |
| 8.1. LA BIEVRE A VERRIERES-LE-BUISSON (PAS DE PIEZOMETRE)..... | 68 |
| 8.2. LA JUINE A MEREVILLE ET LE PIEZOMETRE ANGERVILLE | 68 |
| 8.3. LA MAULDRE A AULNAY-SUR-MAULDRE (SANS PIEZOMETRE)..... | 70 |
| 8.4. LA MAULDRE A BEYNES [MAIRIE] (PAS DE PIEZOMETRE) | 70 |
| 8.5. LA REMARDE A SAINT-CYR-SOUS-DOURDAN ET LE PIEZOMETRE ABLIS | 71 |
| 8.6. L'AUBETTE DE MAGNY A AMBLEVILLE ET LE PIEZOMETRE BUHY | 72 |
| 8.7. LE BETZ A BRANSLES ET LE PIEZOMETRE CHEROY | 73 |
| 8.8. LE LUNAIN A PALEY ET LE PIEZOMETRE CHEROY | 74 |
| 8.9. LE RU DE GALLY A THIVERVAL (PAS DE PIEZOMETRE) | 74 |
| 8.10. LE SAUSSERON A NESLES-LA-VALLEE (PAS DE PIEZOMETRE) ... | 74 |
| 8.11. L' ORGE A ST CHERON ET LE PIEZOMETRE GRANGES..... | 75 |
| 8.12. L' ORVANNE A BLENNES ET LE PIEZOMETRE CHEROY | 76 |
| 8.13. L' YERRES A COURTOMER (PAS DE PIEZOMETRE) | 77 |
| 8.14. L' YVETTE A VILLEBON_SUR_YVETTE..... | 78 |

| | | |
|------------|--|-----------|
| 8.15. | L' ESSONNE A BOULANCOURT ET LE PIEZOMETRE ENGENVILLE (REGION CENTRE) | 79 |
| 8.16. | LA VANNE A PONT_SUR_VANNE ET LE PIEZOMETRE CHAMOY (BOURGOGNE) | 80 |
| 9. | L'environnement EXCEL..... | 81 |
| 10. | Conclusion..... | 85 |
| 11. | Bibliographie | 87 |
| 11.1. | ARTICLES SCIENTIFIQUES..... | 87 |
| 11.2. | RAPPORTS | 87 |

Liste des illustrations

| | | |
|---------------|--|----|
| Figure 1 | Principe d'un modèle "pluie-niveau" à réponses impulsionnelles | 19 |
| Figure 2 - | Principe d'un modèle "pluie-niveau-débit" à réponses impulsionnelles..... | 20 |
| Figure 3 – a) | La fonction de transfert (ou réponse impulsionnelle) entre les variations piézométriques et le débit du cours d'eau représente la variation du débit suite à une variation de courte durée (égale au pas d'échantillonnage, soit 10 jours) du niveau piézométrique. Par définition, sa surface est ramenée à l'unité – b) Rabattement (m) appliqué sur le niveau piézométrique considéré comme représentatif de l'état de recharge de la nappe – c) Le volume disponible est la somme des écarts des débits (influencé et non influencé) de telle sorte que le débit influencé atteigne exactement le DOE (Débit Objectif d'Etiage)..... | 21 |
| Figure 4 : | Regroupement des sous-bassins par MACRO EXCEL | 24 |
| Figure 5 – | Exemple de modélisation d'un piézomètre mettant en évidence un écoulement gravitaire au travers de la zone non saturée (Fresnoy, calcaire du Lutécien). Les 4 figures représentent : a) la confrontation du modèle et des observations avec, éventuellement, des commentaires destinés à expliquer certaines disparités – b) les composantes lente et rapide. L'importance de la composante rapide est révélatrice d'un milieu à double porosité – c) la fonction de transfert lente qui concerne la migration de l'eau au travers des micropores de la zone non saturée croissant progressivement à partir de l'origine met en évidence un écoulement gravitaire – d) la fonction de transfert rapide concerne l'écoulement dans les macropores de la zone non saturée. Parfois un seuil de débordement est pris en compte en présence de 2 aquifères superposés présentant un contraste de perméabilité important. Ceci se produit généralement lorsque l'aquifère supérieur est karstifié, ce qui produit un effet de seuil haut du niveau piézométrique des lors que le niveau de la nappe franchit la zone de contact. | 25 |

| | |
|---|----|
| Figure 6 - Exemple de modélisation d'un piézomètre mettant en évidence un effet de piston (transfert de pression) au travers de la zone non saturée (Fresnoy, calcaire du Lutécien). Cet effet de piston est caractérisé par la réponse rapide de la nappe (c). Une tendance est prise en compte (a). De manière générale, une tendance à la hausse met en évidence une diminution des prélèvements alors qu'au contraire une tendance à la baisse est révélatrice de l'influence des pompages. | 26 |
| Figure 7 - Exemple de modélisation d'un débit et de sa décomposition en composante lente et rapide sans qu'un piézomètre ne soit utilisé en entrée du modèle de transfert (la Mauldre). Dans le cas général, le débit est séparé en 2 composantes, lente et rapide (b). La composante lente représente la contribution des eaux souterraines au débit et la composante rapide le ruissellement lorsque la fonction de transfert rapide (d) s'annule rapidement (en 10 à 20 jours). Parfois la composante rapide n'existe pas : l'écoulement est alors représenté par une seule fonction de transfert. | 26 |
| Figure 8 - Exemple de modélisation d'un débit et de sa décomposition à l'aide d'un piézomètre utilisé en entrée du modèle de transfert (débit du Thérain et piézomètre Omecourt situé sur le bassin versant). Dans le cas général, le débit est séparé en 3 composantes. L'une associée au piézomètre (H_Omecourt) représente la contribution de la nappe au débit (si le piézomètre est représentatif de l'état de recharge de la nappe). La composante associée à la pluie efficace optimale (Po_Breche) peut représenter une contribution des eaux souterraines au débit lorsque la fonction de transfert associée s'annule pour un décalage de plusieurs dizaines de jours (c). Lorsque cette fonction de transfert est de courte durée (10 à 20 jours) elle se réfère à du ruissellement de surface (ou souterrain dans un contexte karstique). La composante rapide, lorsqu'elle existe, est toujours associée au ruissellement car de courte durée (d). | 27 |
| Figure 9 - Modélisation du piézomètre Auvillars (I2203110) – a) Comparaison entre le modèle et les observations – b) La réponse lente qui représente la recharge au travers la porosité matricielle de la zone non saturée et la réponse rapide qui résulte de la mise en continuité hydraulique du réseau de fractures – c) La fonction de transfert lente représente le décalage temporel entre la pluie et la réaction de la nappe via la porosité matricielle. Elle met en évidence une mise en charge de la nappe et une vidange très différées dans le temps - d) La fonction de transfert rapide représente le décalage temporel entre la pluie et la réaction de la nappe via le réseau de fractures | 40 |
| Figure 10 - Modélisation du débit de la Dorette à La Dorette à Victot-Pontfol à l'aide du piézomètre Auvillars – a) Comparaison entre le modèle et les observations – b) Les différentes composantes (composante souterraine et ruissellement) – c) Les fonctions de transfert (réponse impulsionnelle Auvillars par rapport aux variations piézométriques Auvillars et ruissellement). | 41 |
| Figure 11 – Piézomètre Sannerville – Un seuil de débordement est pris en compte (S_Orne_May>). La composante rapide est très faible. | 41 |
| Figure 12 – Modélisation du débit de la Muance avec le piézomètre Sannerville. La composante rapide représente le ruissellement, la composante Po_Orne_May la contribution des eaux souterraines non expliquée par le piézomètre. | 42 |
| Figure 13 – Le piézomètre VieuxFume : la composante rapide de la recharge est très importante (réseau de fractures très développé). | 42 |
| Figure 14 – Modélisation du débit du Laison avec le piézomètre VieuxFume. La composante du ruissellement (rapide) est faible, la composante Po_Orne_May représente la contribution des eaux souterraines non expliquée par le piézomètre. | 43 |
| Figure 15 – Modélisation du piézomètre Cinthaux | 43 |
| Figure 16 – Modélisation du débit de l'Orne à May avec le piézomètre Cinthaux. La composante du ruissellement est très importante (rapide), la composante Po_Orne_May représente la contribution des eaux souterraines non expliquée par le piézomètre. | 44 |

| | |
|---|----|
| Figure 17 - Modélisation du débit de l'Orne à La Courbe. En l'absence de piézomètre, la contribution des eaux souterraines est prise en compte par la composante lente. La composante rapide représente essentiellement le ruissellement. | 44 |
| Figure 18 – Modélisation de l'Yvie à St Hymer. En l'absence de piézomètre, la contribution des eaux souterraines est prise en compte par la composante lente. La composante rapide représente le ruissellement..... | 45 |
| Figure 19 – a) Le piézomètre catenay subit probablement l'influence des pompages les années déficitaires – b) Un effet de seuil est pris en compte (cote 132m) en raison du contraste de conductivité important entre les deux aquifères de part et d'autre de cette cote..... | 46 |
| Figure 20 – Modélisation du débit de L'Andelle à Vascoeuil. La composante du ruissellement est importante (rapide), la composante Po_Breche_Nogent représente la contribution des eaux souterraines non expliquée par le piézomètre. | 47 |
| Figure 21 – Le piézomètre Claville subit probablement l'influence des pompages les années déficitaires – b) Un effet de seuil est pris en compte (cote 103m) en raison du contraste de conductivité important entre les deux aquifères de part et d'autre de cette cote..... | 47 |
| Figure 22 – Modélisation du débit du Cailly à Notre-Dame-de-Bondeville avec le piézomètre Claville. La composante ruissellement est faible et le piézomètre représente la composante souterraine de manière exhaustive..... | 48 |
| Figure 23 – Le fonctionnement du piézomètre des Trois Pierres n'est pas totalement compris : le pic observé en 1995 n'est pas entièrement expliqué par le modèle malgré la prise en compte d'un seuil haut..... | 48 |
| Figure 24 – Modélisation du débit du Commerce à Gruchet-le-Valasse avec le piézomètre des Trois Pierres. L'anomalie observée sur le fonctionnement du piézomètre est confirmée : le débit du Commerce en 2001 est sous estimé si l'on veut expliquer la crue de 1995. Toutefois, l' impact sur les débits d'étiage est faible. Par ailleurs, le piézomètre représente la composante souterraine de manière exhaustive : la composante associée à la pluie Po_Breche_Nogent représente ici le ruissellement au même titre que la composante rapide, vue la courte durée de la réponse impulsionnelle en (c)..... | 49 |
| Figure 25 – le débit de l'Epte à Gournay en Bray. En l'absence de piézomètre, la composante souterraine est représentée par la composante lente..... | 49 |
| Figure 26 – La modélisation du piézomètre Montauve met en évidence une double porosité matérialisée par les deux composantes, lente et rapide (b) : craie avec diaclases..... | 50 |
| Figure 27 – La composante souterraine du débit de l'Eure à Louviers est remarquablement expliquée par le piézomètre Montauve (a). La composante résiduelle Po_Orne_May est faible et la composante rapide représente le ruissellement..... | 50 |
| Figure 28 – Le piézomètre Longny au perche met en évidence une légère tendance à la hausse (d'anciens pompages ont probablement été arrêtés)..... | 51 |
| Figure 29 – Modélisation de l'Eure à St Luperce avec le piézomètre Longny au perche. Le piézomètre représente le débit d'étiage de manière satisfaisante. Bien que très importante, la contribution des eaux souterraines représentée par la composante Po_Breche_Nogent n'a pas d'incidence sur le débit d'étiage. | 51 |
| Figure 30 – Modélisation du piézomètre Noiremont. Il présente la signature typique de la craie avec diaclases : composante rapide significative (b), composante lente dont la récession dure plusieurs années (c)..... | 52 |

| | |
|---|----|
| Figure 31 – Modélisation de la Brèche à Nogent-sur-Oise avec le piézomètre Noiremont qui représente la composante souterraine de manière exhaustive. La composante Po_Breche_Nogent et la composante rapide représentent le ruissellement..... | 53 |
| Figure 32 – Modélisation du piézomètre Lagny dont le fonctionnement est mal compris avant 1994 (probablement en raison de pompages). La composante rapide met en évidence la double porosité du calcaire du Lutecien..... | 53 |
| Figure 33 – Modélisation de la Launette à Ver-sur-Launette avec le piézomètre Lagny qui représente bien la composante souterraine qui soutient les étiages. Un autre composante souterraine Po_Breche_Nogent, bien qu'importante, participe assez peu au soutien des étiages. La composante rapide représente le ruissellement..... | 54 |
| Figure 34 – Le piézomètre Fresnoy présente une composante rapide significative révélant la double porosité du calcaire du Lutécien..... | 54 |
| Figure 35 – Modélisation de la Nonette à Courteuil [St-Nicolas d'Acy] et le piézomètre Fresnoy qui représente de manière exhaustive la composante souterraine (la composante souterraine Po_Breche_Nogent est faible et ne participe pas au soutien des étiages). La composante rapide représente le ruissellement. | 55 |
| Figure 36 - Le piézomètre Bois les Pargny fait apparaître la double porosité caractéristique de la craie avec diaclases (composante rapide très développée). | 55 |
| Figure 37 – Modélisation du débit de la Serre à Mortiers avec le piézomètre Bois les Pargny. La composante Po_Vesle_Puisieux et la composante rapide représentent le ruissellement. Le piézomètre représente la contribution de la nappe de manière exhaustive..... | 56 |
| Figure 38 – Modélisation du piézomètre Saint Erme qui présente un seuil haut à la cote 87m. | 56 |
| Figure 39 - L'Ailette à Chavignon et le piézomètre Saint Erme représentatif de la contribution des eaux souterraines au débit (la composante Po_Vesle_Puisieux est négligeable). La composante rapide représente le ruissellement. | 57 |
| Figure 40 – Modélisation du piézomètre Fontaine (un seuil haut est pris en compte à la cote 124m). Une tendance à la baisse est mise en évidence, probablement sous l'influence de pompages. | 57 |
| Figure 41 – Le Petit Thérain à Saint-Omer-en-Chaussée et le piézomètre Fontaine représentatif de la contribution de la nappe de la craie au débit. | 58 |
| Figure 42 – La piézomètre Omecourt dont le fonctionnement est caractéristique de la nappe de la craie (composante rapide)..... | 58 |
| Figure 43 – Le Thérain à Bonnières et le piézomètre Omecourt représentatif de la composante souterraine (la composante souterraine Po_Breche_Nogent ne contribue pas au soutien des étiages). La composante rapide représente le ruissellement..... | 59 |
| Figure 44 – Le débit des Barentons à Barenton. En l'absence de piézomètre, la composante souterraine est pris en compte par la composante lente. La composante rapide traduit le ruissellement..... | 59 |
| Figure 45 – Modélisation du piézomètre Villeneuve dont le comportement est caractéristique de la nappe de la craie avec diaclases. | 60 |
| Figure 46 – Modélisation du débit de l'Esches à Bornel avec le piézomètre Villeneuve qui représente l'alimentation par la nappe de manière exhaustive. La composante rapide traduit le ruissellement. | 60 |
| Figure 47 – La Retourne à Houdilcourt. En l'absence de piézomètre, la composante lente représente la contribution de la nappe au soutien du débit. La composante rapide représente le ruissellement. | 61 |

| | |
|--|----|
| Figure 48 - Le piézomètre Chalons : un seuil haut est pris en compte à la cote 80.5m. Il n'existe pas de composante rapide. | 62 |
| Figure 49 – Modélisation de la Soude à Soudron avec le piézomètre Chalons. Le débit semble fortement influencé par des pompages et la crue de 1988 n'est pas expliquée par le modèle (a). Le piézomètre décrit bien la relation nappe-rivière lors des étiages (la composante souterraine Po_PtMorin ne participe pas au soutien des étiages). La composante rapide représente le ruissellement..... | 62 |
| Figure 50 - Le piézomètre Bussy ne présente pas de composante rapide. Un seuil haut est pris en compte à la cote 151m. | 63 |
| Figure 51 – Modélisation du débit de la Vesle à Puisieux avec le piézomètre Bussy qui représente la contribution de la nappe au soutien des étiages de manière exhaustive (la composante Po_Vesle est négligeable). La composante rapide représente le ruissellement. | 63 |
| Figure 52 - Le piézomètre Saint Hilaire ne présente pas de composante rapide. Un seuil haut est pris en compte à la cote 133m. le modèle ajuste bien les observations avant 1992. La reprise des mesures en 1995 après 3 années d'interruption montre un dysfonctionnement du piézomètre au cours de certaines années (écart important entre modèle et observations non expliqué)..... | 64 |
| Figure 53 – Modélisation du débit de l'Ardusson à Saint-Aubin avec le piézomètre Saint Hilaire. Une contribution importante des eaux souterraines n'est pas expliquée par le piézomètre (Po_Vanne), cette composante ayant peu d'influence sur le soutien du débit..... | 64 |
| Figure 54 - Le piézomètre Mecringes présente une tendance à la hausse probablement consécutive à l'arrêt de pompages..... | 65 |
| Figure 55 – Modélisation du débit du Petit Morin à Montmirail avec le piézomètre Mecringes. La composante rapide représente le ruissellement. Le piézomètre ne représente pas la contribution des eaux souterraines de manière exhaustive mais reproduit bien le soutien des étiages..... | 65 |
| Figure 56 – Modélisation du débit du Py à Dontrien. En l'absence de piézomètre, la contribution des eaux souterraines est représentée par la composante lente Po_PtMorin (essentiel du débit)... | 66 |
| Figure 57 – Le piézomètre Sompuis ne présente pas de composante rapide. Un seuil haut est pris en compte à la cote 146m. | 66 |
| Figure 58 – Modélisation du débit de l' Huitrelle à Lhuître avec le piézomètre Sompuis. Le piézomètre Sompuis ne représente pas la contribution des eaux souterraines de manière exhaustive, y compris pour le soutien des étiages : la composante Po_Vanne intervient également de manière très significative..... | 67 |
| Figure 59 – Modélisation du débit du Grand Morin à Meilleray avec le piézomètre Mecringes. Le piézomètre représente la contribution des eaux souterraines de manière exhaustive. La composante Po_PtMorin se réfère essentiellement au ruissellement en raison de la courte durée de la réponse impulsionnelle (c)..... | 67 |
| Figure 60 – Modélisation du débit de la Bièvre à Verrières-le-Buisson. En l'absence de piézomètre la composante lente Po_Bievre représente la contribution des eaux souterraines au débit (modèle non paramétrique). La composante rapide met en évidence le ruissellement..... | 68 |
| Figure 61 – Le piézomètre Angerville dont la chronique est interrompue en 2002 est très influencé par les pompages. | 68 |
| Figure 62- Modélisation du débit de la Juine à Méréville (sans piézomètre). La tendance observée sur le niveau piézométrique se répercute sur le débit de la Juine. Une forte tendance à la baisse s'observe avant 2000, puis le débit semble se stabiliser, voire remonter (Figure 62), probablement en raison de la réduction des prélèvements..... | 69 |

| | |
|---|----|
| Figure 63 - Modélisation du débit de la Juine à Méréville (sans piézomètre) à partir d'une fenêtre plus étroite. | 69 |
| Figure 64 - Modélisation du débit de la Juine à Méréville avec le piézomètre Angerville. Le débit est bien modélisé à partir du piézomètre (la composante Po_Vanne est faible). | 69 |
| Figure 65 – Modélisation du débit de la Mauldre à Aulnay-sur-Mauldre. En l'absence de piézomètre, la contribution des eaux souterraines est prise en compte par la composante lente. La composante rapide représente le ruissellement. | 70 |
| Figure 66 – Modélisation du débit de la Mauldre à Beynes. En l'absence de piézomètre, la composante lente représente la contribution des eaux souterraines. La composante rapide matérialise le ruissellement. Les réponses impulsives sont non paramétriques..... | 71 |
| Figure 67 – Modélisation du débit de la Remarde à Saint-Cyr-sous-Dourdan avec le piézomètre Ablis. Les deux composantes H_Ablis et Po_Orge sont nécessaires pour reproduire la composante souterraine..... | 72 |
| Figure 68 – Le piézomètre Buhy manifeste un comportement de nappe dans la craie très caractéristique (milieu à double porosité produisant une importante composante rapide)..... | 72 |
| Figure 69 –Le piézomètre Cheroy. Le niveau piézométrique subit une tendance à la hausse (maintenant stabilisée) due probablement à la réduction des prélèvements..... | 73 |
| Figure 70 - Modélisation du débit du Betz à Bransles avec le piézomètre Cheroy. Le piézomètre ne représente que très partiellement la contribution des eaux souterraines au débit, la composante la plus importante étant Po_Vanne. La composante rapide est associée au ruissellement..... | 73 |
| Figure 71 – Modélisation du débit du Lunain à Paley avec le piézomètre Cheroy. Le fonctionnement de la station est mal compris pendant les étiages de 1999 et 2000. Le piézomètre Cheroy représente bien la contribution des eaux souterraines, la composante Po_Vanne étant cette fois marginale. La composante rapide représente le ruissellement..... | 74 |
| Figure 72 – Modélisation du débit du Ru de Gally à Thiverval. Bien que le débit soit très bruité, les étiages sont bien reproduits grâce à une fonction de transfert unique (modèle non paramétrique) qui, en l'absence de piézomètre, représente à la fois l'écoulement rapide (faibles décalages) et lent..... | 74 |
| Figure 73 – Modélisation du débit du Sausseron à Nesles-la-Vallée. En l'absence de piézomètre, la composante lente représente la contribution de la nappe au débit et la composante rapide le ruissellement..... | 75 |
| Figure 74 – Piézomètre Granges qui ne peut être modélisé car son fonctionnement est mal compris avant 1996..... | 75 |
| Figure 75 – Modélisation du débit de l'Orge à St Cheron avec le piézomètre Granges qui ne représente que partiellement la contribution de la nappe au débit, la composante Po_Orge étant significative, y compris pendant les étiages. La composante rapide représente le ruissellement..... | 76 |
| Figure 76 – Modélisation du débit de l'Orvanne à Blennes avec le piézomètre Cheroy. Le modèle semble insensible à l'influence des pompages sur le débit pendant les années à pluviométrie déficitaire (1992, 1993). Le piézomètre Cheroy ne représente que partiellement la contribution des eaux souterraines, la composante Po_Vanne restant significative, même pendant certains étiages. La composante rapide représente le ruissellement..... | 76 |
| Figure 77 – Modélisation du débit de l'Yerres à Courtomer (modèle non paramétrique). En l'absence de piézomètre la composante lente Po_Orge représente la contribution des eaux souterraines et la composante rapide le ruissellement. Lors des étiages, le débit de l'Yerres est très faible, voire nul (notons que le débit est influencé par les pompages lors des années à pluviométrie déficitaire). Les crues qui sont mal prises en compte par le modèle résultent probablement d'un fort contraste de transmissivité entre les deux aquifères superposés qui alimentent l'Yerres..... | 77 |

| | |
|---|----|
| Figure 78 – Modélisation du débit de l' Yvette à Villebon_sur_Yvette. En l'absence de piézomètre la contribution des eaux souterraines au débit est représentée par la composante lente. La composante rapide représente le ruissellement..... | 78 |
| Figure 79 – Le piézomètre Engenville présente une tendance à la hausse, probablement suite à une diminution des prélèvements. Ce piézomètre a été influencé par les pompages au cours des années à pluviométrie déficitaire (1993-1997). La composante rapide est très faible..... | 79 |
| Figure 80 – Modélisation du débit de l'Essonne à Boulancourt avec le piézomètre Engenville. Celui-ci signe bien la contribution des eaux souterraines au débit après 1996 (notons que le débit fut influencé par les pompages pendant les étés 2004 et 2005). La composante rapide représente le ruissellement..... | 79 |
| Figure 81 – Le piézomètre Chamoy présente une composante rapide très faible et une composante lente révélant un effet de piston très marqué (transfert de pression au travers de la zone non saturée entraînant une réponse rapide de la nappe). | 80 |
| Figure 82 – Modélisation du débit de la Vanne à Pont_sur_Vanne avec le piézomètre Chamoy qui ne représente que partiellement la contribution des eaux souterraines au débit. La composante Po_Vanne représente pro-parte le ruissellement aux faibles décalages (c) puis une contribution des eaux souterraines au fur et à mesure que le décalage augmente. | 80 |
| Figure 83 – Feuille 'Prévision' du classeur EXCEL. | 82 |
| Figure 84 – Les différents paramètres de la prévision. | 82 |
| Figure 85 – Les différents paramètres de la représentation graphique. | 83 |
| Figure 86 –La feuille 'Graphiques' représente l'ensemble des piézomètres..... | 83 |
| Figure 87 – Une feuille EXCEL permettant de calculer les volumes disponibles. | 84 |
| Figure 88 – Boite de dialogue invitant à définir le fichier associé au logiciel Tempo | 89 |
| Figure 89 - Définition du chemin du fichier associé à Tempo. | 89 |
| Figure 90 – Saisie des pluies depuis la climathèque | 90 |
| Figure 91 - Saisie des pluies depuis la climathèque (pas de temps) | 90 |
| Figure 92 - Saisie des pluies depuis la climathèque (référence temporelle)..... | 90 |
| Figure 93 - Saisie des pluies depuis la climathèque (station) | 91 |
| Figure 94 - Saisie des pluies depuis la climathèque (sélection de la station et validation)..... | 91 |
| Figure 95 - Saisie des pluies depuis la climathèque (commande) | 92 |
| Figure 96 - Saisie des pluies depuis la climathèque (extraction) | 92 |
| Figure 97 - Saisie des pluies depuis la climathèque (enregistrement)..... | 93 |
| Figure 98 - Saisie de l'ETP depuis la climathèque | 93 |
| Figure 99 - Saisie de l'ETP depuis la climathèque (suite)..... | 94 |
| Figure 100 - Importation des données de pluie depuis Normandie.xls. | 94 |
| Figure 101 - Importation des données de pluie depuis Normandie.xls (choix du format)..... | 94 |
| Figure 102 - Importation des données d'ETP depuis Normandie.xls (choix du format)..... | 94 |
| Figure 103 - Importation des données piézométriques depuis Normandie.xls (choix du format)..... | 95 |

| | |
|--|----|
| Figure 104 Références temporelles se la prévision: date de la fin de la validation et du début de la prévision. | 95 |
| Figure 105 - Validation, simulation. | 95 |
| Figure 106 - Simulation: avancement des calculs..... | 96 |
| Figure 107 – Options concernant la représentation graphique | 96 |

Liste des annexes

| | |
|--|----|
| Annexe 1 Mode opératoire de l'outil de prévision | 88 |
|--|----|

1. Introduction

L'outil d'aide à la gestion mis en œuvre dans cette étude comporte des **modèles de transfert "pluie - niveau piézométrique - débit"** qui, pour chaque piézomètre et pour chacune des stations hydrométriques, permettent d'effectuer des prévisions après une phase de calage sur les observations en générant de très nombreuses séries climatiques (pluies-ETP) et en faisant une analyse fréquentielle des niveaux et des débits correspondants.

Parmi l'ensemble des piézomètres disponibles ceux ayant des chroniques trop courtes et ceux trop influencés par des pompages ont été écartés. Certains piézomètres ont également été éliminés car leur fonctionnement est mal compris, ce qui signifie que leur comportement ne peut s'expliquer à partir d'un modèle pluie niveau en raison d'éléments perturbateurs importants qu'il n'a pas toujours été possible d'analyser avec certitude dans le cadre de cette étude.

L'objet de cette étude est la modélisation prévisionnelle des niveaux et des débits pour estimer les volumes exploitables. Les simulations sont totalement automatisées et intégrées dans un environnement Excel.

Un autre aspect de l'étude porte sur la représentation des volumes disponibles de telle sorte qu'elle puisse orienter la politique de gestion des masses d'eaux. Une notice explicative précise les conditions d'utilisation des documents cartographiques ainsi que leurs limites.

2. Analyse des données piézométriques et modélisation

Les données piézométriques et hydrométriques sont parfois influencées par des prélèvements, qui peuvent être variables dans le temps (par exemple saisonniers pour l'irrigation). Il peut s'agir de l'influence d'un pompage voisin du piézomètre d'observation ou bien des influences conjuguées de nombreux pompages se traduisant alors dans la nappe captée par un cône de dépression qui peut s'étendre plus ou moins suivant les caractéristiques de l'aquifère et l'importance de la nappe.

En fonction du régime annuel des prélèvements, de leur évolution dans le temps, cela peut se traduire dans la chronique piézométrique par des cycles courts ou bien par une tendance à la baisse (par exemple une tendance linéaire), qui peut se manifester durablement si les prélèvements sont en croissance régulière ou si la nappe est surexploitée.

2.1. LE MODELE PLUIE-NIVEAU PIEZOMETRIQUE-DEBIT

Le traitement numérique des séries piézométriques et des débits est réalisé à l'aide du logiciel TEMPO du BRGM, logiciel dédié au "traitement du signal" (séries temporelles de mesures). En hydrologie/hydrogéologie, ce logiciel permet, entre autres possibilités :

- de décomposer des hydrogrammes
- de faire de la prévision de débits ou de niveaux piézométriques.

Ce modèle de prévision, qui est relié fonctionnellement à un environnement EXCEL, permet d'estimer à tout moment les volumes exploitables.

2.1.1. Phase de calage sur les observations

Dans le cadre de cette étude, les variations piézométriques sont reconstituées à partir d'un modèle de transfert pluie/niveau au moyen de fonctions de transfert comme indiqué sur la Figure 1.

Dans sa formulation la plus générale, ce modèle est non linéaire de manière à prendre en compte les transferts au travers de la zone non saturée en présence d'une double porosité.

Dans ce cas, deux fonctions de transfert sont définies,

- l'une correspond à une réponse lente caractérisant la migration de l'eau au travers de la matrice;
- l'autre correspond à une réponse rapide destinée à prendre en compte les écoulements au travers des macropores (ou de fractures).

De manière à minimiser le nombre de degrés de liberté du modèle, ces fonctions de transfert encore appelées réponses impulsionnelles sont définies par un modèle paramétrique : les fonctions de transfert sont des fonctions analytiques obtenues par le produit de convolution d'une gaussienne (recharge de la nappe) par une exponentielle (tarissement).

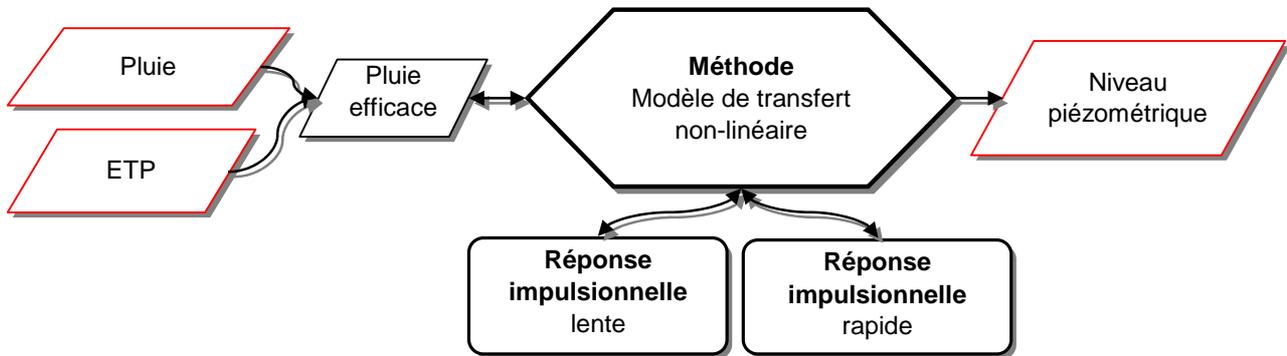


Figure 1 Principe d'un modèle "pluie-niveau" à réponses impulsionnelles

Le niveau piézométrique en sortie est exprimé par rapport au niveau basses eaux. Lorsque le temps de régulation du niveau piézométrique est inférieur à une année (Figure 4), le niveau basses eaux Z_{\min} est calculé de sorte que $Z_{\min} = \bar{Z} - 2.5.S$ où \bar{Z} est la moyenne du niveau piézométrique calculée sur la période d'observation et S son écart-type estimé, ce qui correspond à une période de retour de 160 ans (approximation gaussienne).

Lorsque le niveau piézométrique est influencé par des pompages, une tendance doit être éventuellement prise en compte, ce qui revient à faire varier le niveau de base au cours du temps.

La pluie efficace est exprimée à partir de la pluie et de l'évapotranspiration potentielle (ETP) comme le montre la Figure 1.

Les modèles Pluie-Niveau-Débit fonctionnent selon le même principe mais le modèle de transfert est cette fois à 2 entrées, la pluie efficace et le niveau piézométrique (Figure 2). La composante rapide représente cette fois le ruissellement. Elle peut également être associée à la mise en charge rapide d'une nappe alimentant le cours d'eau lors de la mise en continuité hydraulique du réseau de fractures, suite à des épisodes de pluie abondants.

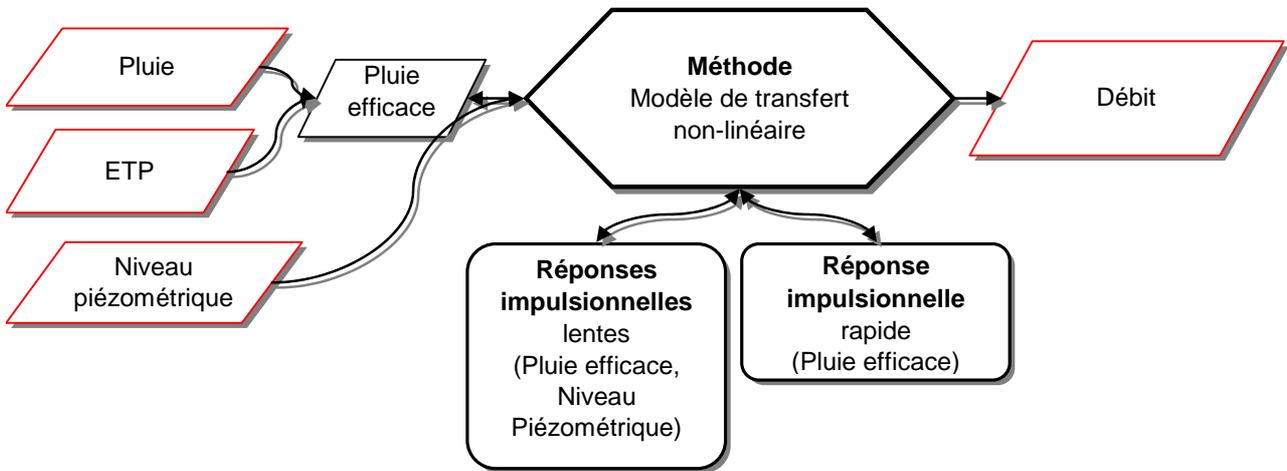


Figure 2 - Principe d'un modèle "pluie-niveau-débit" à réponses impulsionnelles

2.1.2. Phase de prévision

Le modèle de prévision des niveaux piézométriques et des débits fonctionne à partir de pluies et d'ETP simulées, qui constituent les entrées des modèles de transfert. Le niveau piézométrique ainsi simulé est utilisé en entrée du modèle « Pluie-Niveau-Débit ». De manière à estimer avec précision les périodes de retour des séries simulées, un nombre important de séries de pluie et d'ETP sont simulées (128).

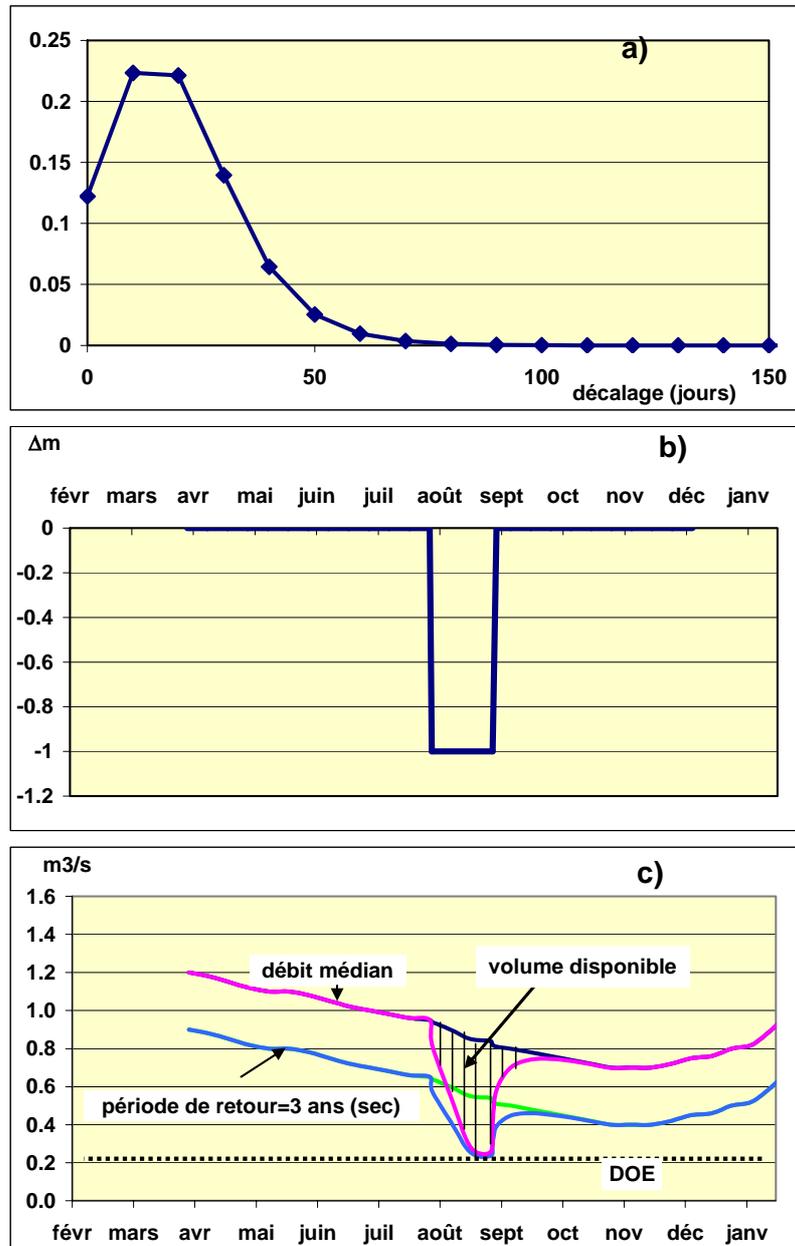


Figure 3 – a) La fonction de transfert (ou réponse impulsionnelle) entre les variations piézométriques et le débit du cours d'eau représente la variation du débit suite à une variation de courte durée (égale au pas d'échantillonnage, soit 10 jours) du niveau piézométrique. Par définition, sa surface est ramenée à l'unité – b) Rabattement (m) appliqué sur le niveau piézométrique considéré comme représentatif de l'état de recharge de la nappe – c) Le volume disponible est la somme des écarts des débits (influencé et non influencé) de telle sorte que le débit influencé atteigne exactement le DOE (Débit Objectif d'Etiage).

Une fois la fonction de transfert établie entre le niveau piézométrique considéré comme représentatif de l'état de recharge de la nappe et le débit du cours d'eau, la prévision des volumes

disponibles consiste à simuler des débits correspondant à différentes périodes de retour (Figure 3). L'incidence des pompages sur le débit du cours d'eau est alors simulée en appliquant un rabattement sur le niveau piézométrique, ce qui produit une baisse du débit. Le volume d'eau prélevé correspondant à ce rabattement, ramené à l'échelle du bassin, n'est autre que la somme des écarts des débits, le débit non influencé pour une période de retour donnée et le débit influencé correspondant à cette même période de retour. Lorsqu'on se fixe un objectif d'étiage (seuil d'étiage à ne pas dépasser), le rabattement correspondant est calculé par inversion, duquel est déduit le volume disponible à l'échelle du bassin. Ce rabattement peut être modulé mois par mois en fonction d'un plan de gestion fixé a priori.

2.1.3. Les données climatologiques

Elles comprennent les données pluviométriques et d'évapotranspiration potentielle. Différentes stations climatologiques sont utilisées au pas décadaire : Le Havre, Châteaudun, Chartres, Beauvais, Reims, Troyes, Alençon, Melun, Creil, Evreux (pluie) et Chartres (ETP). Les pluies optimales sont des combinaisons linéaires de séries pluviométriques obtenues aux différentes stations (cf. Tableau ci-dessous).

| Pluie optimale | LeHavre | Chateaudun | Chartres | Beauvais | Reims | Troyes | Alençon | Melun | Creil | Evreux |
|----------------|---------|------------|----------|----------|-------|--------|---------|-------|-------|--------|
| Orne_May | 0.31 | 0.10 | | | | | | | 0.26 | 0.33 |
| PtMorin | | | | | 0.57 | 0.29 | | | 0.04 | 0.11 |
| Breche | | | | | 0.35 | 0.03 | | | 0.43 | 0.19 |
| Orge | | 0.10 | 0.27 | | 0.21 | | | 0.11 | 0.30 | |
| Vanne | | | | | 0.49 | 0.31 | | | 0.02 | 0.17 |
| Vesle | 0.25 | | | | 0.37 | 0.25 | | | 0.07 | 0.06 |

Tableau 1 – Coefficients des pluies optimales s'appliquant aux différentes stations météorologique. Les pluies à Beauvais et Alençon ne sont jamais utilisées.

2.2. L'ORGANISATION PAR REGIONS

Les différents outils de prévision (MACRO EXCEL) sont organisés en régions de manière à en optimiser la taille ainsi que la mise à jour des données.

La répartition des sous-bassins est donnée sur le tableau et la carte pages 23 et 24.

Estimation des volumes disponibles

| OBJECTID | STATIONH | STATION_NO | Piezo_1 | Nom_Piezo_1 | Pluie | Région | |
|----------|----------|--|--------------------------|---------------------------|--------------|------------------------|---|
| 47 | I2203110 | La Dorette à Victot-Pontfol | 01216X0086/S1 | Auwillars | Orne_May | Basse-Normandie | |
| 45 | I2213110 | La Muance à Argences [Fresnes] | 01206X0009/S1 | Sonnerville | Orne_May | Basse-Normandie | Seuil |
| 46 | I2203810 | Le Laison à Croissanville | 01463X0103/S1 | Vieux_Fume | Orne_May | Basse-Normandie | |
| 44 | I3621010 | L'Orne à May-sur-Orne | 01461X0012/S1 | Cintheaux | Orne_May | Basse-Normandie | |
| | | L'Orne à La Courbe | | | Orne_May | Basse-Normandie | |
| 48 | I1213110 | L'Yvie à Saint-Hymer | | | Orne_May | Basse-Normandie | |
| 58 | H6303820 | La Retourne à Houdilcourt | | | | Champagne-Ardenne | |
| 63 | H6303810 | La Retourne à Poilcourt-Sydney | 01095X0001/FAEP | <i>Alincourt</i> | PtMorin | Champagne-Ardenne | même station, Alincourt trop court |
| 13 | H5213310 | La Soude à Soudron | 01891X0047/PZ1 | Chalons | PtMorin | Champagne-Ardenne | Seuil |
| 42 | H6402030 | La Vesle à Puisieux | 01593X0014/LV2 | <i>Bussy</i> | PtMorin | Champagne-Ardenne | Seuil |
| 2 | H1713010 | L'Ardusson à Saint-Aubin | 02615X0020/S1 | StHilaire | PtMorin | Champagne-Ardenne | Seuil |
| 14 | H5412010 | Le Petit Morin à Montmirail | 01868X0030/S1 | Mecringes | PtMorin | Champagne-Ardenne | |
| 16 | H6313210 | Le Py à Dontrien | | | PtMorin | Champagne-Ardenne | |
| 1 | H1503510 | L'Huitrelle à Lhuître | 02255X0003/S1 | Sompuis | PtMorin | Champagne-Ardenne | |
| 15 | H5702010 | Le Grand Morin à Meilleray | 01868X0030/S1 | Mecringes | PtMorin | Ile-de-France | |
| 31 | H8212010 | L'Andelle à Vascoeuil | 00777X0008/S1 | Catenay | Breche | Haute-Normandie | Seuil |
| 32 | H9913020 | Le Cailly à Notre-Dame-de-Bondeville | 00776X0096/S1 | Claville | Breche | Haute-Normandie | Seuil |
| 33 | H9943420 | Le Commerce à Gruchet-le-Valasse | 00755X0006/S1 | 3Pierres | Breche | Haute-Normandie | Seuil, 3Pierres mal calé |
| 50 | H8113410 | <i>Le Gambon aux Andelys</i> | | | | <i>Haute-Normandie</i> | |
| 39 | H8012010 | L'Epte à Gournay en Bray | | | Breche | Haute-Normandie | |
| 49 | H9501010 | L'Eure à Louviers | 01245X0010/S1 | Montaure | Breche | Haute-Normandie | |
| | | L'Eure à St Luperce | | Longny_au_perche | Breche | Haute-Normandie | |
| 61 | H5913020 | La Bièvre à Verrières-le-Buisson | | | Orge | Ile-de-France | |
| 54 | H4033020 | <i>La Juine à Bouray-sur-Juine</i> | <i>02572X0051/CHEBID</i> | <i>Itteville</i> | <i>Orge</i> | <i>Ile-de-France</i> | <i>Juine très mal calée</i> |
| 53 | H4033010 | La Juine à Méréville | 02923X0018/P | <i>Angerville</i> | Vanne | Ile-de-France | Angerville très influencé |
| 52 | H7913030 | La Mauldre à Aulnay-sur-Mauldre | 01518X0139/FE2 | <i>Issou</i> | Orge | Ile-de-France | Issou inutilisable |
| 59 | H7913010 | <i>La Mauldre à Beynes [aval]</i> | <i>pas de piezo</i> | | <i>Orge</i> | <i>Ile-de-France</i> | |
| 60 | H7913020 | La Mauldre à Beynes [Mairie] | 01518X0139/FE2 ou 01 | <i>Issou ou Roquencou</i> | Orge | Ile-de-France | Piezos inutilisables |
| 11 | H4223110 | La Remarde à Saint-Cyr-sous-Dourdan | 02561X0043/P | Ablis | Orge | Ile-de-France | |
| 30 | H8043310 | L'Aubette de Magny à Ambleville | 01258X0020/S1 | Buhuy | Orge | Ile-de-France | |
| 36 | H3403201 | Le Betz à Bransles | 03302X1012/S1 | Cheroy | Vanne | Ile-de-France | |
| 6 | H3613010 | Le Lunain à Paley | 03302X1012/S1 | Cheroy | Vanne | Ile-de-France | |
| 41 | H7914120 | Le Ru de Gally à Thiverval | | | Orge | Ile-de-France | |
| 51 | H7853010 | Le Sausseron à Nesles-la-Vallée | 01531X0047/F | <i>Isle Adam</i> | Orge | Ile-de-France | Isle Adam inutilisable |
| 56 | H5714630 | <i>Le Vannetin [ruisseau] à Leudon-en-Brie</i> | | | | <i>Ile-de-France</i> | <i>Vannetin trop court (aucune station ne convient)</i> |
| 37 | H4202020 | L'Orge à StCheron | 02567X0009/F | Granges | Orge | Ile-de-France | |
| 7 | H3623010 | L'Orvanne à Blennes | 03302X1012/S1 | Cheroy | Vanne | Ile-de-France | Seuil |
| 55 | H4322020 | L'Yerres à Courtomer | | | Orge | Ile-de-France | seuil |
| 62 | H4332020 | <i>L'Yerres à Yerres [Pont Massat]</i> | | | | <i>Ile-de-France</i> | <i>Peu de données</i> |
| 38 | H4243010 | L'Yvette à Villebon sur Yvette | | | Orge | Ile-de-France | |
| 57 | H4312010 | <i>L'Yvron à Bernay-Vilbert [Pompierre]</i> | | | | <i>Ile-de-France</i> | <i>Peu de données</i> |
| 9 | H4022030 | L'Essonne à Boulancourt | 03282X0043/S1 | Engenville | Vanne | Centre | |
| 35 | H2622010 | La Vanne à Pont sur Vanne | 03328X0024/S1 | Chamoy | Vanne | Bourgogne | |
| 22 | H7602010 | La Brèche à Nogent-sur-Oise | 00805X0002/S1 | Noiremont | Breche | Picardie | |
| 26 | H7813210 | La Launette à Ver-sur-Launette | 01543X0028/S1 | Lagny | Breche | Picardie | |
| 25 | H7813010 | La Nonette à Courteuil [St-Nicolas d'Acy] | 01287X0017/S1 | Fresnoy | Breche | Picardie | |
| 43 | H7142010 | La Serre à Mortiers | 00675X0019/S1 | Bois les Pargny | Breche | Picardie | |
| 40 | H7302020 | L'Ailette à Chavignon | 00847X0043/S1 | StErme | Breche | Picardie | Seuil |
| 27 | H7513030 | <i>L'Automne à Vauciennes</i> | <i>01293X0071/S1</i> | <i>Villers</i> | <i>Vesle</i> | <i>Picardie</i> | <i>NON</i> |
| 24 | H7713010 | Le Petit Thérain à Saint-Omer-en-Chaussée | 00792X0010/S1 | Fontaine | Breche | Picardie | Seuil |
| 23 | H7702010 | Le Thérain à Bonnières | 00791X0017/S1 | Omecourt | Breche | Picardie | |
| 19 | H7153210 | Les Barentons à Barenton | | | Breche | Picardie | |
| 27 | H7843010 | L'Esches à Bornel | 01264X0029/S1 | Villeneuve | Breche | Picardie | |

Tableau 2 – Les sous bassins organisés en régions : les noms de régions en italique indiquent que le sous bassin correspondant n'a pu être traité. A chaque région correspond une MACRO EXCEL ainsi qu'une pluie optimale.

Bassin Seine-Normandie : Estimation du volume disponible aux prélèvements de 45 petits bassins versants
L'organisation des sous-bassins par "régions"

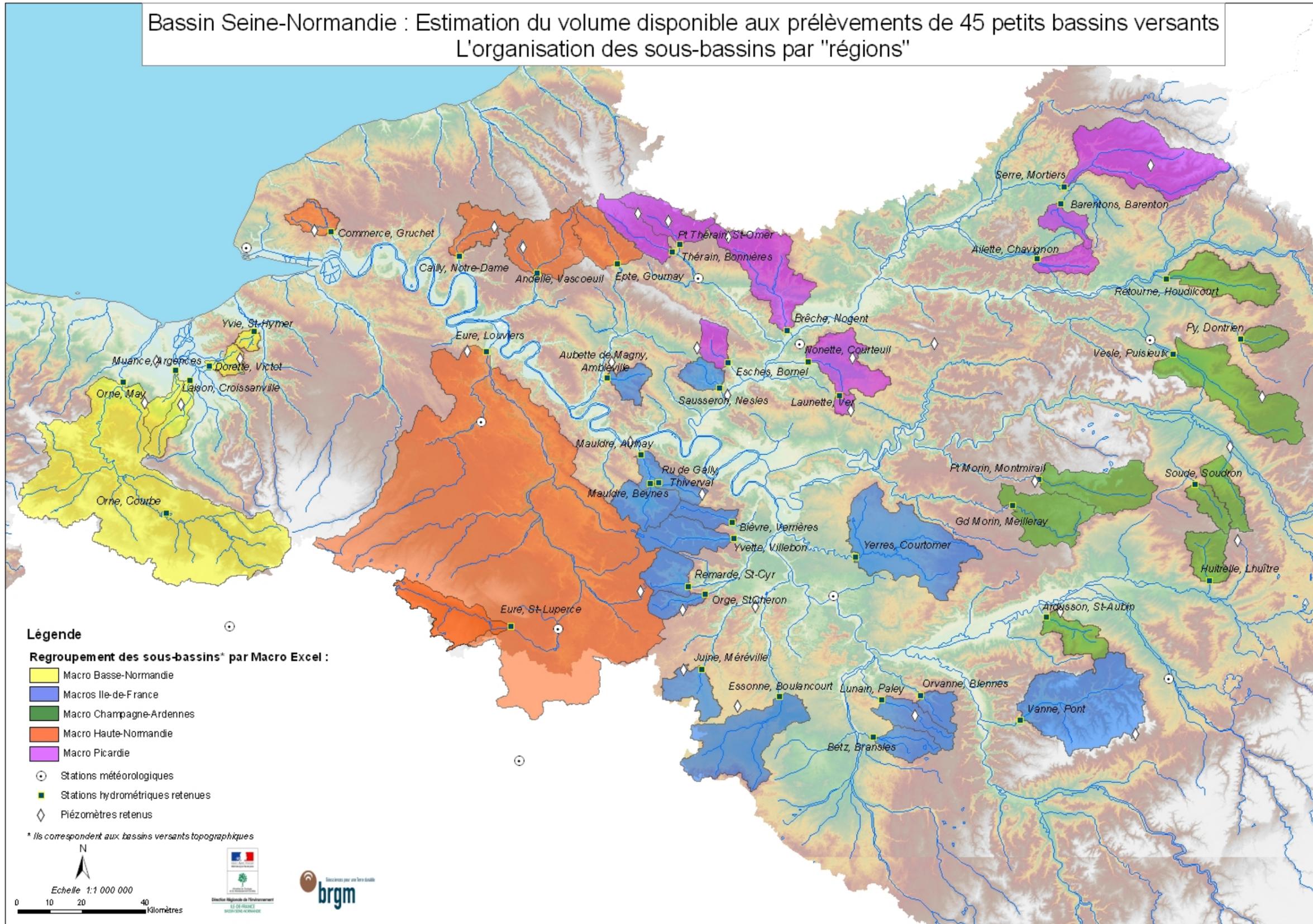


Figure 4 : Regroupement des sous-bassins par MACRO EXCEL

2.3. LA REPRESENTATION DES DIFFERENTS MODELES

Les débits ainsi que les différents niveaux piézométriques sont représentés, dans le cas le plus général, par 4 figures (Figure 5 à Figure 8)

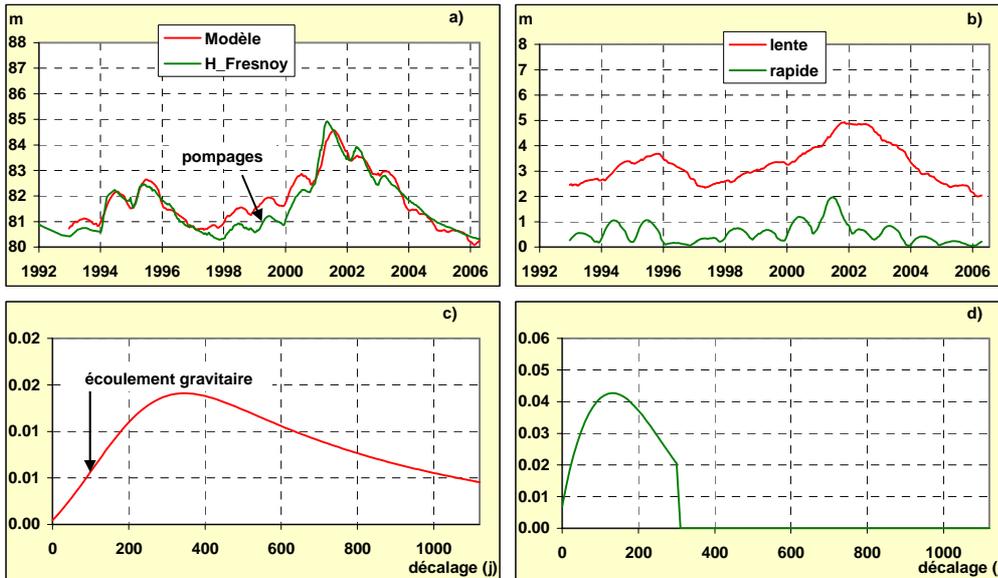


Figure 5 – Exemple de modélisation d'un piézomètre mettant en évidence un écoulement gravitaire au travers de la zone non saturée (Fresnoy, calcaire du Lutécien). Les 4 figures représentent : a) la confrontation du modèle et des observations avec, éventuellement, des commentaires destinés à expliquer certaines disparités – b) les composantes lente et rapide. L'importance de la composante rapide est révélatrice d'un milieu à double porosité – c) la fonction de transfert lente qui concerne la migration de l'eau au travers des micropores de la zone non saturée croissant progressivement à partir de l'origine met en évidence un écoulement gravitaire – d) la fonction de transfert rapide concerne l'écoulement dans les macropores de la zone non saturée. Parfois un seuil de débordement est pris en compte en présence de 2 aquifères superposés présentant un contraste de perméabilité important. Ceci se produit généralement lorsque l'aquifère supérieur est karstifié, ce qui produit un effet de seuil haut du niveau piézométrique des lors que le niveau de la nappe franchit la zone de contact.

Estimation des volumes disponibles

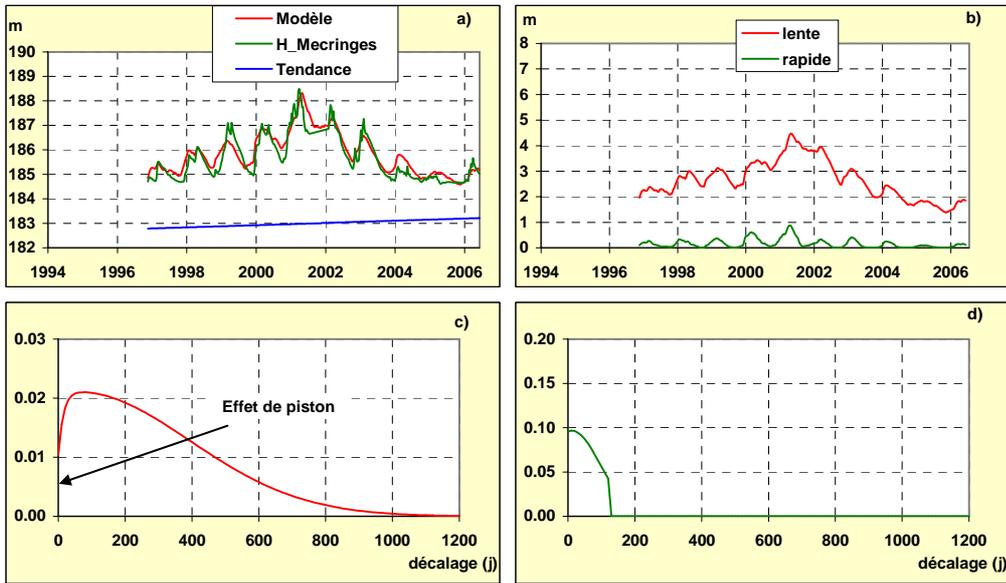


Figure 6 - Exemple de modélisation d'un piézomètre mettant en évidence un effet de piston (transfert de pression) au travers de la zone non saturée (Fresnoy, calcaire du Lutécien). Cet effet de piston est caractérisé par la réponse rapide de la nappe (c). Une tendance est prise en compte (a). De manière générale, une tendance à la hausse met en évidence une diminution des prélèvements alors qu'au contraire une tendance à la baisse est révélatrice de l'influence des pompages.

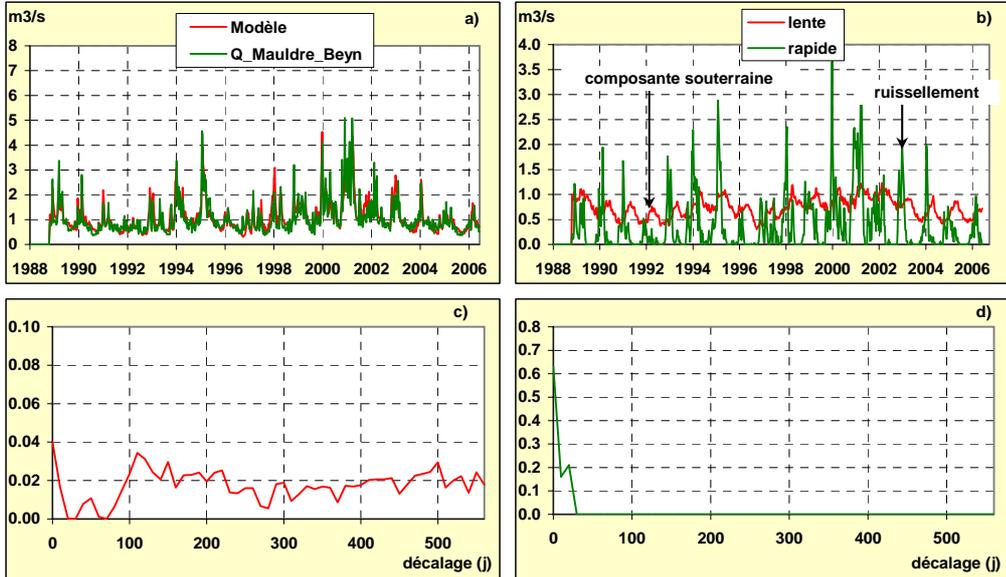


Figure 7 - Exemple de modélisation d'un débit et de sa décomposition en composante lente et rapide sans qu'un piézomètre ne soit utilisé en entrée du modèle de transfert (la Mauldre). Dans le cas général, le débit est séparé en 2 composantes, lente et rapide (b). La composante lente représente la contribution des eaux souterraines au débit et la composante rapide le ruissellement lorsque la fonction de transfert rapide (d) s'annule rapidement (en 10 à 20 jours). Parfois la composante rapide n'existe pas : l'écoulement est alors représenté par une seule fonction de transfert.

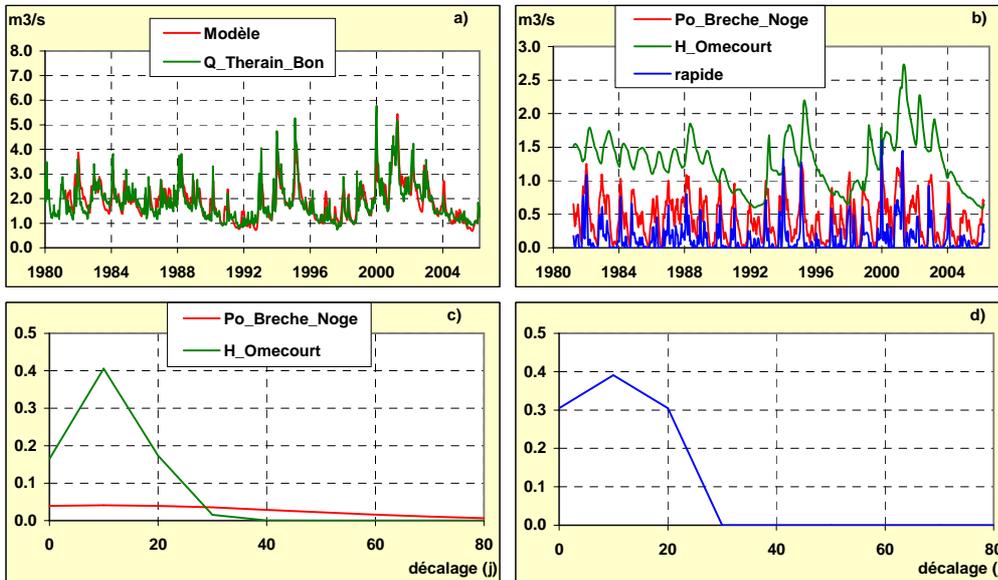


Figure 8 - Exemple de modélisation d'un débit et de sa décomposition à l'aide d'un piézomètre utilisé en entrée du modèle de transfert (débit du Thérain et piézomètre Omecourt situé sur le bassin versant). Dans le cas général, le débit est séparé en 3 composantes. L'une associée au piézomètre ($H_{Omecourt}$) représente la contribution de la nappe au débit (si le piézomètre est représentatif de l'état de recharge de la nappe). La composante associée à la pluie efficace optimale (Po_{Breche}) peut représenter une contribution des eaux souterraines au débit lorsque la fonction de transfert associée s'annule pour un décalage de plusieurs dizaines de jours (c). Lorsque cette fonction de transfert est de courte durée (10 à 20 jours) elle se réfère à du ruissellement de surface (ou souterrain dans un contexte karstique). La composante rapide, lorsqu'elle existe, est toujours associée au ruissellement car de courte durée (d).

3. representation des resultats

La présentation des volumes disponibles issus des modélisations varie, selon s'ils sont exprimés :

- ✓ tels quels, en millions de m³
- ✓ en mm = L/m² (volumes surfaciques)
- ✓ en pourcentage par rapport aux volumes déjà exploités (ces derniers sont convertis en valeurs nettes en appliquant 24 % pour l'AEP¹, 10% pour l'industrie² et 100% pour l'agriculture).
- ✓ en pourcentage par rapport à la moyenne interannuelle de la recharge pour faire apparaître les propriétés intrinsèques des sous bassins³

Afin de faciliter la comparaison, ces résultats sont cartographiés par sous-bassins, puis par masses d'eau souterraines selon le scénario de prélèvement choisi :

- ✓ *Agricole* (simulation sur 5 mois avec un pic en Juillet/Août)
- ✓ *AEP/Industrie* (prélèvements stables sur 12 mois))
- ✓ *Mixte* : répartition sur la base des prélèvements actuels

L'interpolation aux masses d'eau des volumes disponibles surfaciques par sous-bassins est réalisée lorsqu'un ou plusieurs bassins couvrent une partie non négligeable de la masse d'eau.

Dans ce cas, le volume disponible surfacique de la masse d'eau est exprimé par la fourchette des valeurs extrêmes des sous-bassins.

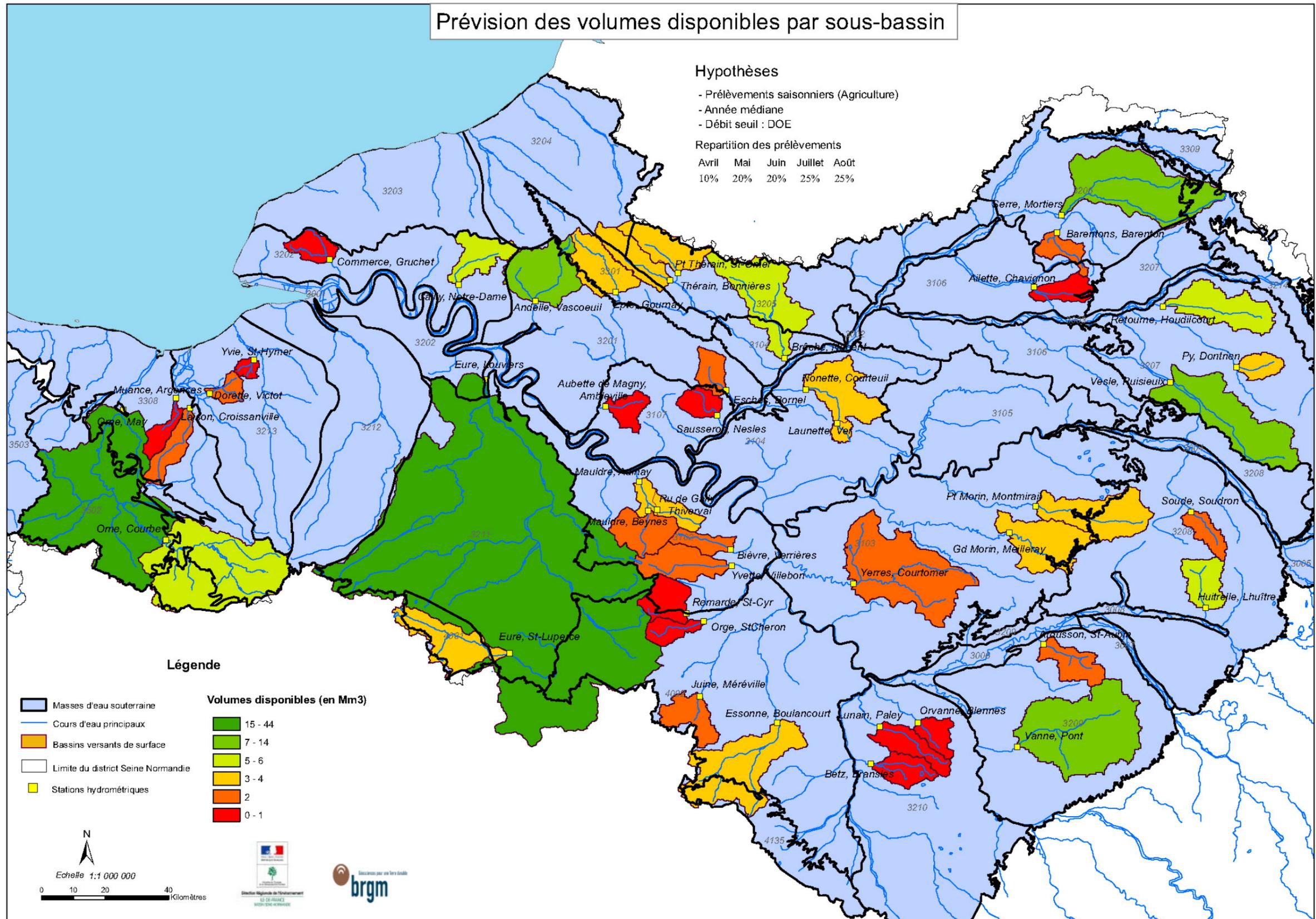
Les résultats sont présentés selon la répartition des prélèvements et par sous-bassins versants pour une prévision à long terme (année 2011 alors que la date d'émission de la prévision est en été 2006) de manière à les rendre indépendants des conditions initiales du système. Cette prévision doit être distinguée de la prévision à court terme (par exemple prévisions pour l'étiage 2007) qui, elle, doit être remise à jour régulièrement en fonction des conditions météorologiques : la prévision à court terme devient de plus en plus précise au fur et à mesure que la date d'émission de la prévision s'approche de la fin de la période de recharge (Avril). La prévision à long terme, quant à elle, est une caractéristique immuable du bassin.

¹ Ces volumes nets disponibles supposent que les rejets aient lieu sur le bassin concerné, en amont de la station hydrométrique

² Les rejets industriels dépendent étroitement du type d'activité. Dans le cadre de cette étude, les prélèvements industriels sont intégrés aux prélèvements AEP dans un but de simplification.

³ C'est-à-dire leur propension à restituer un volume d'eau pendant la période d'étiage pour une recharge unitaire. Cette représentation est la mieux adaptée à l'extrapolation des volumes disponibles aux masses d'eau car elle fait disparaître les disparités liées à la pluviométrie (il existe un gradient pluviométrique important de l'océan vers le continent) ainsi qu'à l'aptitude de la zone non saturée à infiltrer l'eau de pluie.

Les volumes exploitables sont définis de telle sorte que le débit objectif d'étiage soit atteint (période de retour 5 ans sec ou QMNA5) dans l'hypothèse où la pluviométrie correspond à une année médiane (succession d'années médianes à partir de la date d'émission de la prévision).



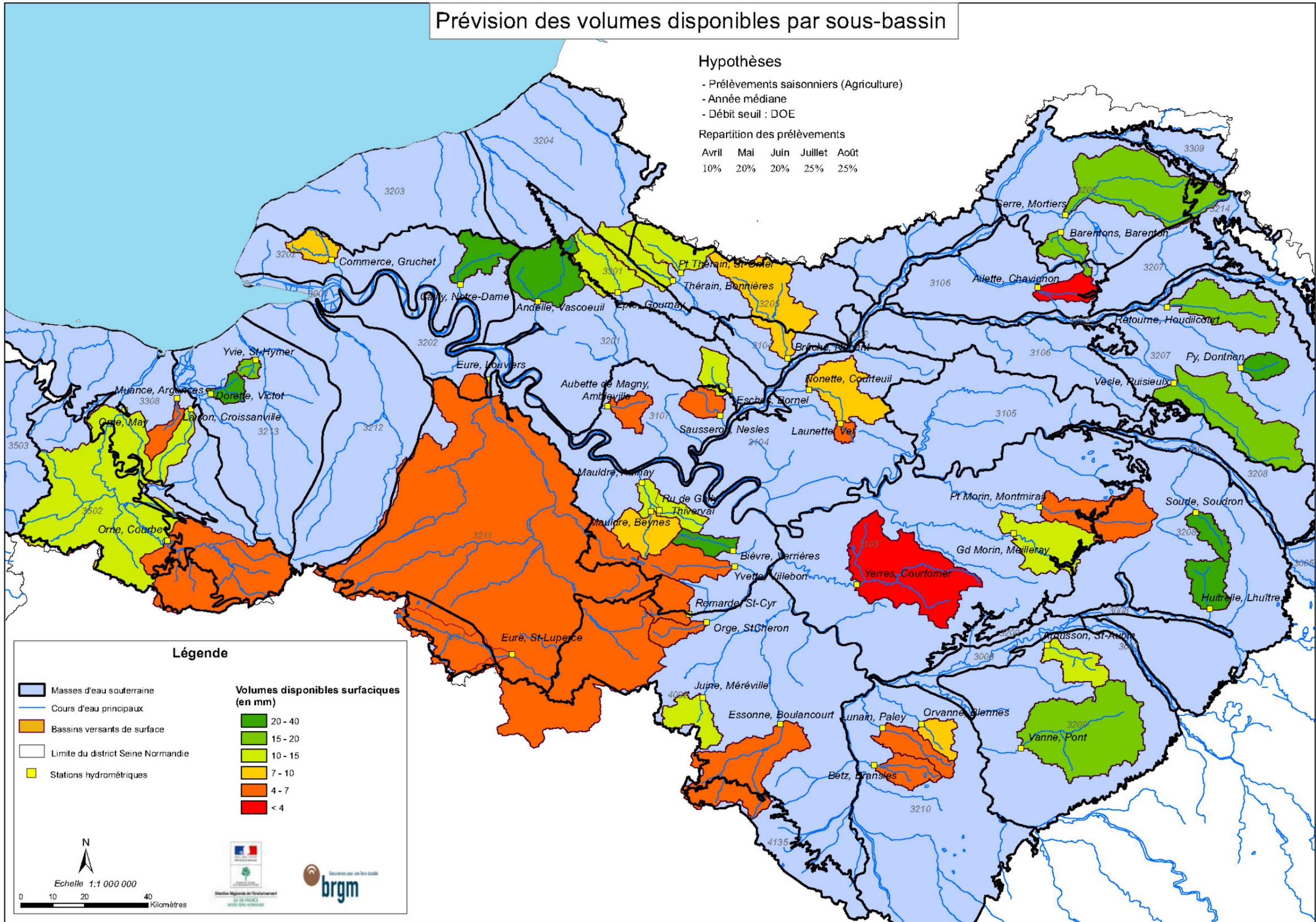
Prévision des volumes disponibles par sous-bassin

Hypothèses

- Prélèvements saisonniers (Agriculture)
- Année médiane
- Débit seuil : DOE

Repartition des prélèvements

| Avril | Mai | Juin | Juillet | Août |
|-------|-----|------|---------|------|
| 10% | 20% | 20% | 25% | 25% |



Légende

- Masses d'eau souterraine
- Cours d'eau principaux
- Bassins versants de surface
- Limite du district Seine Normandie
- Stations hydrométriques

Volumes disponibles surfaciques (en mm)

- 20 - 40
- 15 - 20
- 10 - 15
- 7 - 10
- 4 - 7
- < 4

Echelle 1:1 000 000
0 10 20 40 Kilomètres

Logo of the Direction Régionale de l'Environnement de la Région Normandie and BRGM.

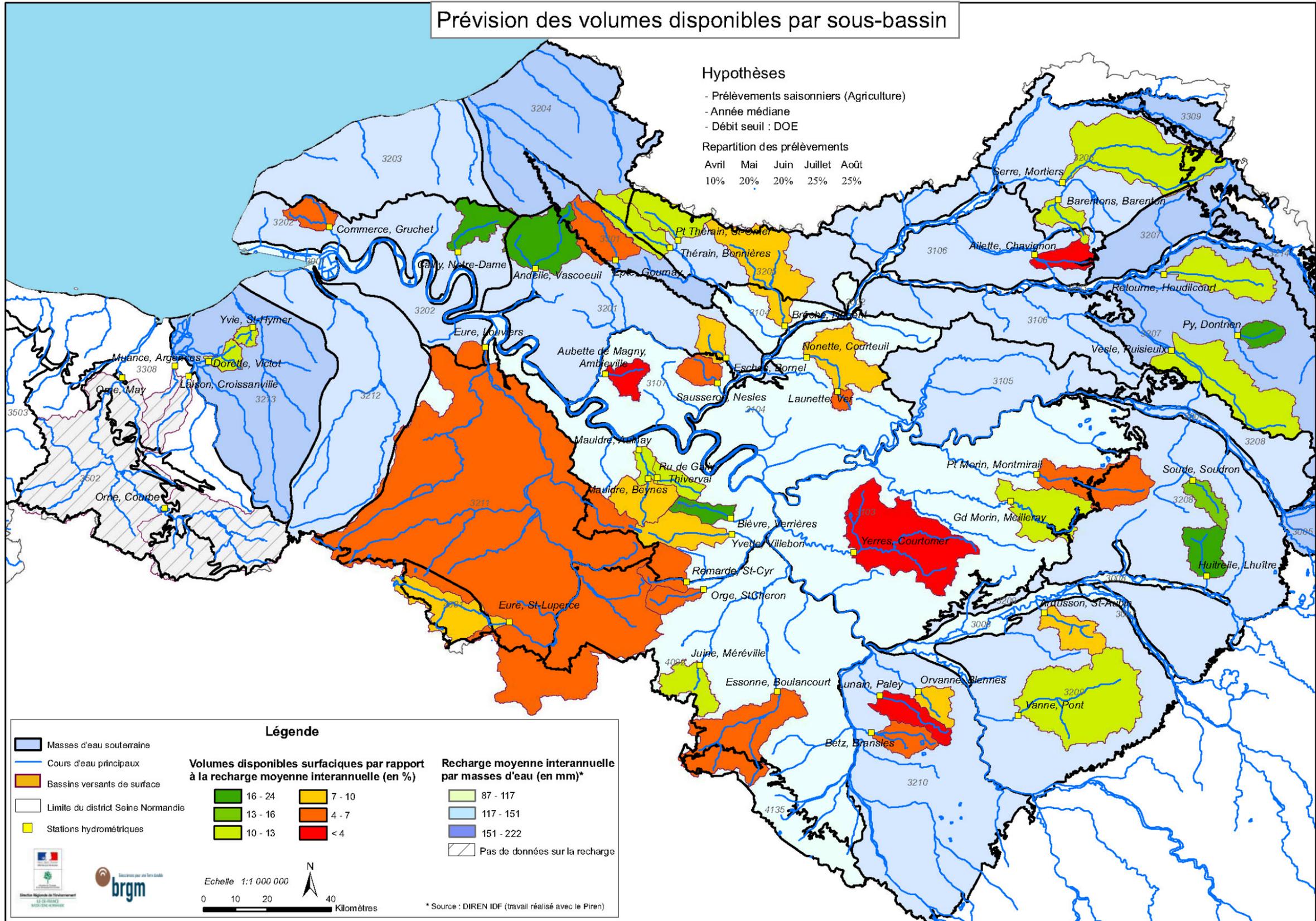
Prévision des volumes disponibles par sous-bassin

Hypothèses

- Prélèvements saisonniers (Agriculture)
- Année médiane
- Débit seuil : DOE

Repartition des prélèvements

| | Avril | Mai | Juin | Juillet | Août |
|--|-------|-----|------|---------|------|
| | 10% | 20% | 20% | 25% | 25% |



Légende

- Masses d'eau souterraine
- Cours d'eau principaux
- Bassins versants de surface
- Limite du district Seine Normandie
- Stations hydrométriques

Volumes disponibles surfaciques par rapport à la recharge moyenne interannuelle (en %)

| | | | |
|--|---------|--|--------|
| | 16 - 24 | | 7 - 10 |
| | 13 - 16 | | 4 - 7 |
| | 10 - 13 | | < 4 |

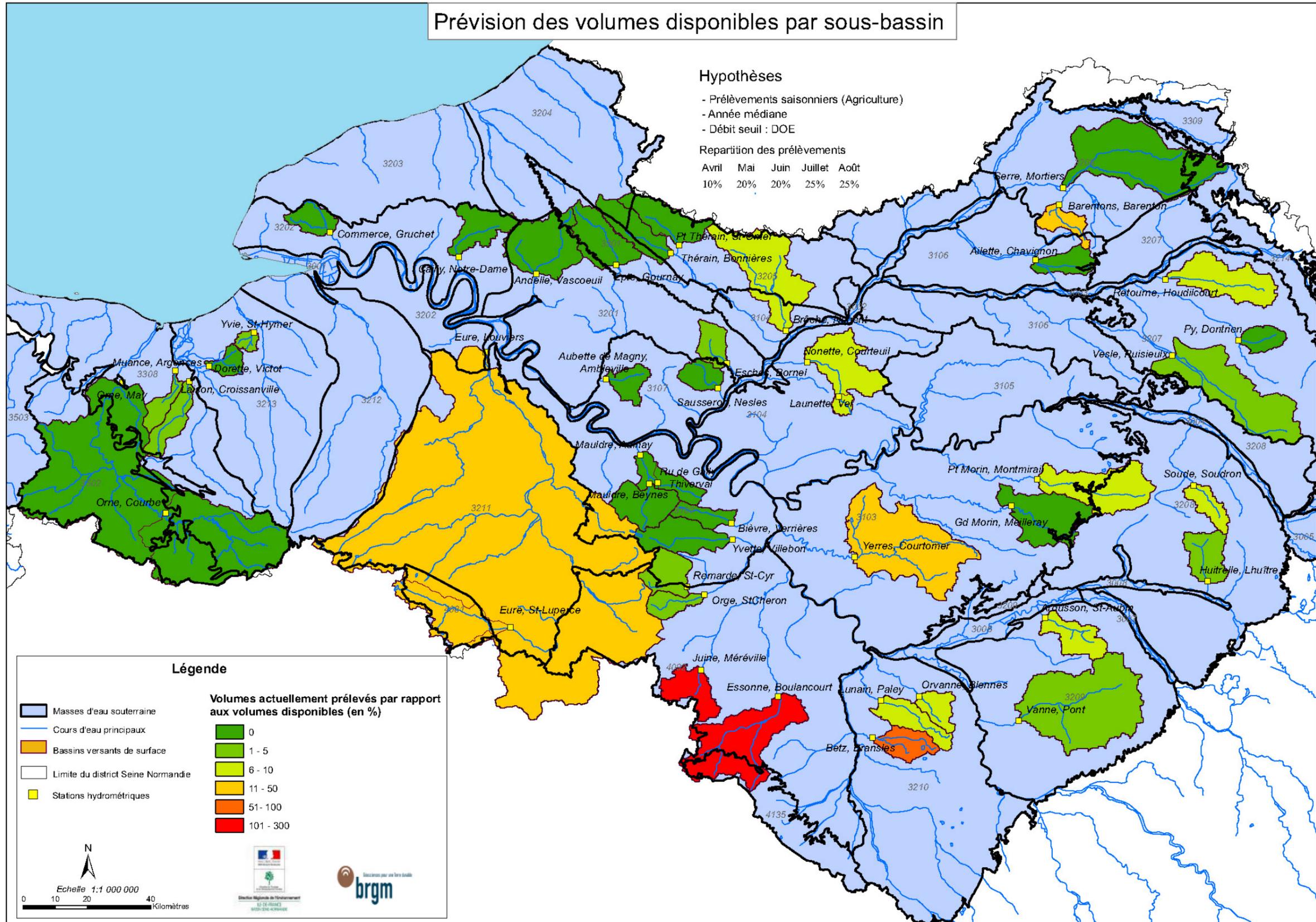
Recharge moyenne interannuelle par masses d'eau (en mm)*

| | |
|--|--------------------------------|
| | 87 - 117 |
| | 117 - 151 |
| | 151 - 222 |
| | Pas de données sur la recharge |

Echelle 1:1 000 000

0 10 20 40 Kilomètres

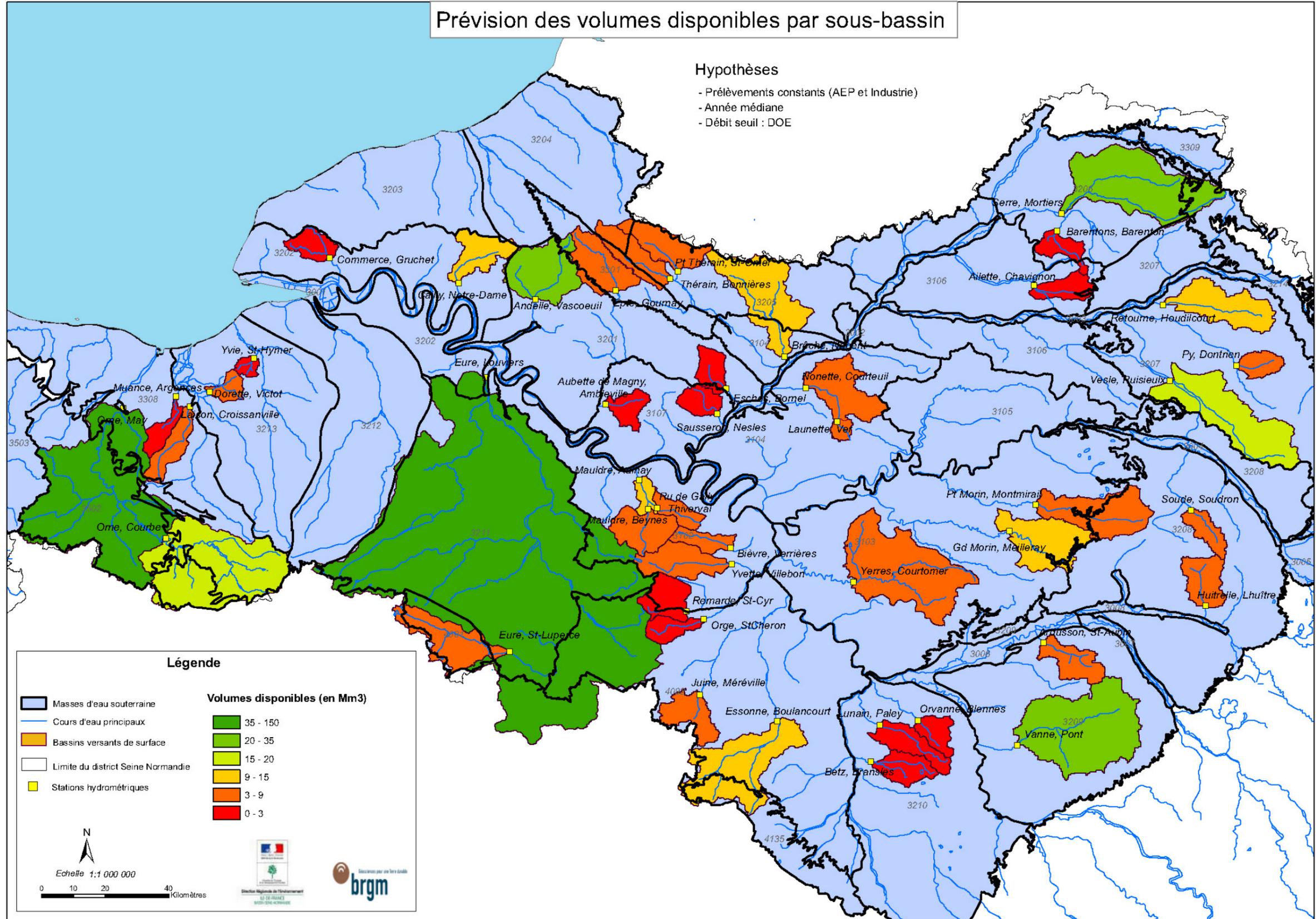
* Source : DIREN IDF (travail réalisé avec le Piren)



Prévision des volumes disponibles par sous-bassin

Hypothèses

- Prélèvements constants (AEP et Industrie)
- Année médiane
- Débit seuil : DOE



Légende

| | |
|--|---|
|  Masses d'eau souterraine | Volumes disponibles (en Mm3)  35 - 150  20 - 35  15 - 20  9 - 15  3 - 9  0 - 3 |
|  Cours d'eau principaux | |
|  Bassins versants de surface | |
|  Limite du district Seine Normandie | |
|  Stations hydrométriques | |
|  | |

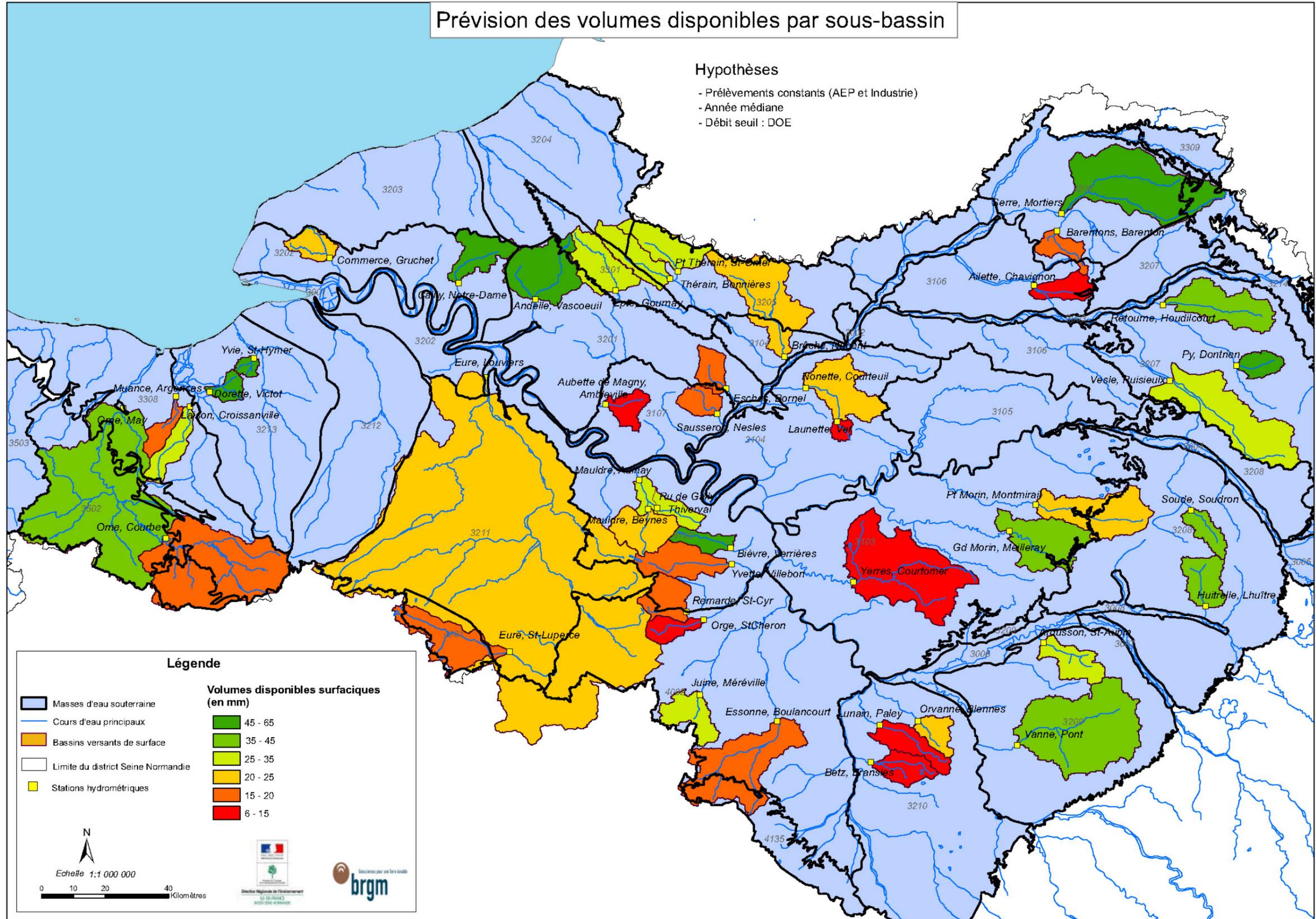
Echelle 1:1 000 000
0 10 20 40 Kilomètres



Prévision des volumes disponibles par sous-bassin

Hypothèses

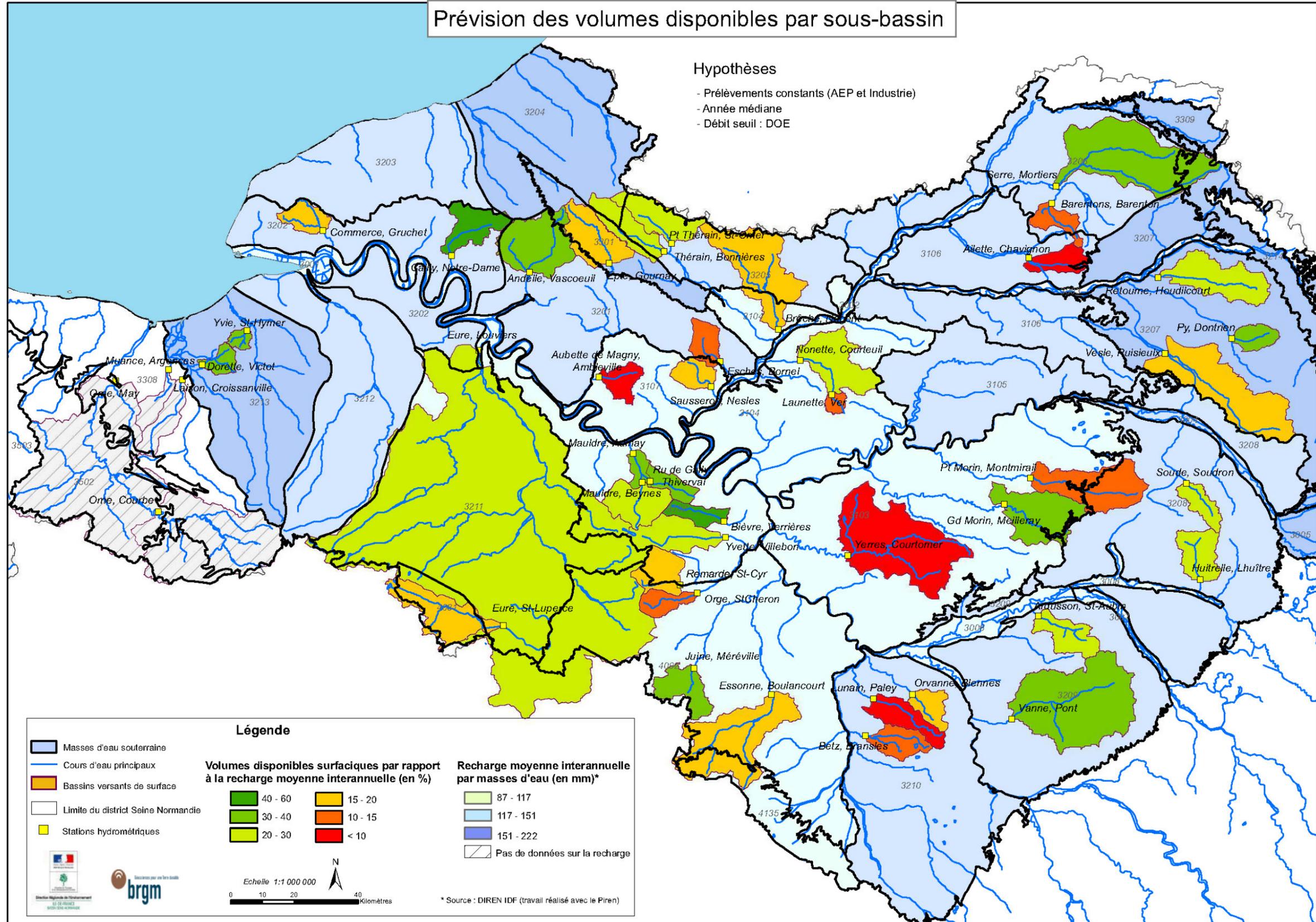
- Prélèvements constants (AEP et Industrie)
- Année médiane
- Débit seuil : DOE



Prévision des volumes disponibles par sous-bassin

Hypothèses

- Prélèvements constants (AEP et Industrie)
- Année médiane
- Débit seuil : DOE



Légende

- Masses d'eau souterraine
- Cours d'eau principaux
- Bassins versants de surface
- Limite du district Seine Normandie
- Stations hydrométriques

| Volumes disponibles surfaciques par rapport à la recharge moyenne interannuelle (en %) | | Recharge moyenne interannuelle par masses d'eau (en mm)* |
|--|---------|--|
| 40 - 60 | 15 - 20 | 87 - 117 |
| 30 - 40 | 10 - 15 | 117 - 151 |
| 20 - 30 | < 10 | 151 - 222 |
| | | Pas de données sur la recharge |

Echelle 1:1 000 000

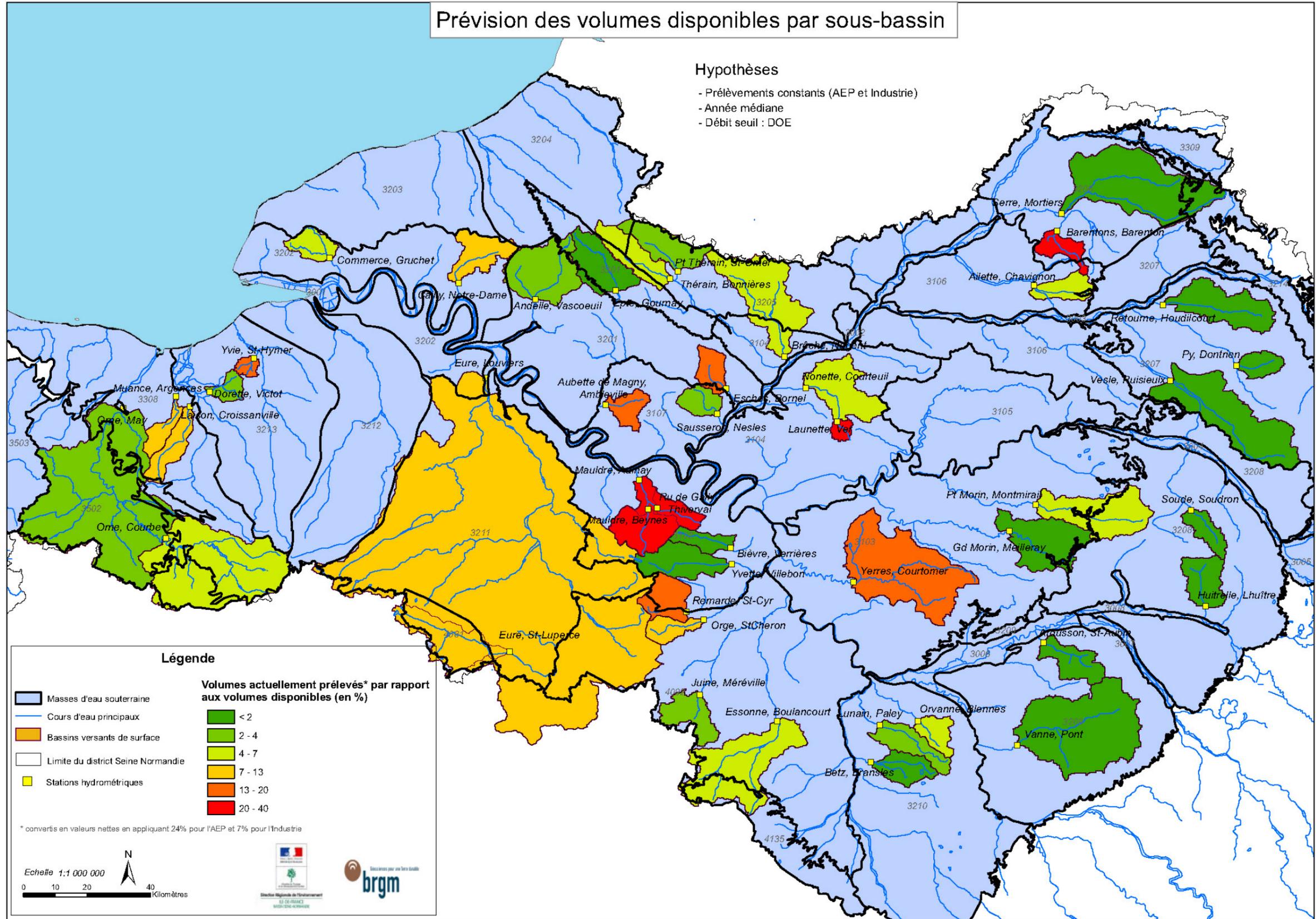
0 10 20 40 Kilomètres

* Source : DIREN IDF (travail réalisé avec le Piren)

Prévision des volumes disponibles par sous-bassin

Hypothèses

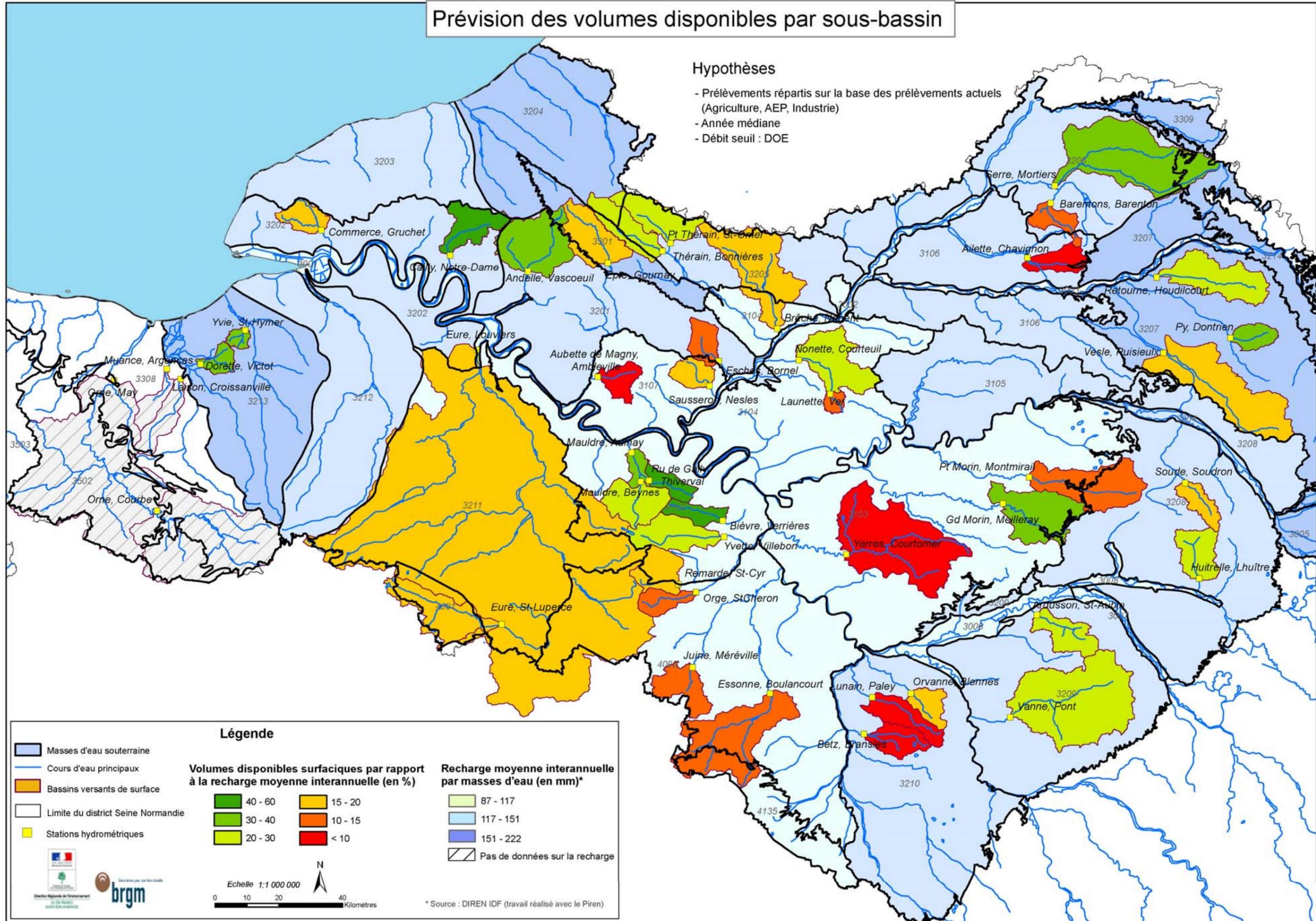
- Prélèvements constants (AEP et Industrie)
- Année médiane
- Débit seuil : DOE



Prévision des volumes disponibles par sous-bassin

Hypothèses

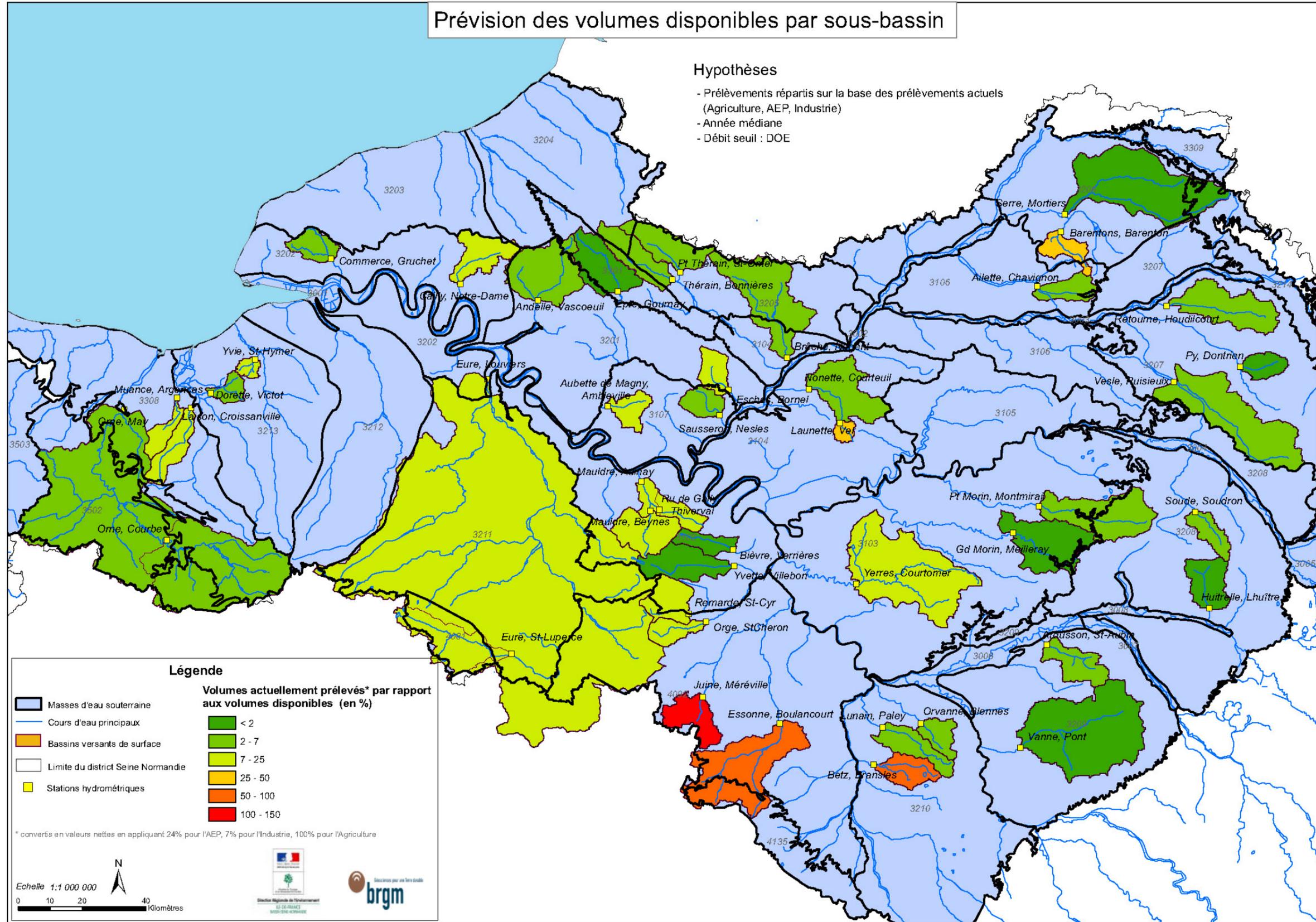
- Prélèvements répartis sur la base des prélèvements actuels (Agriculture, AEP, Industrie)
- Année médiane
- Débit seuil : DOE



Prévision des volumes disponibles par sous-bassin

Hypothèses

- Prélèvements répartis sur la base des prélèvements actuels (Agriculture, AEP, Industrie)
- Année médiane
- Débit seuil : DOE



4. La région Basse Normandie

4.1. LE DEBIT DE LA LA DORETTE A VICTOT-PONTFOL ET LE PIEZOMETRE AUVILLARS

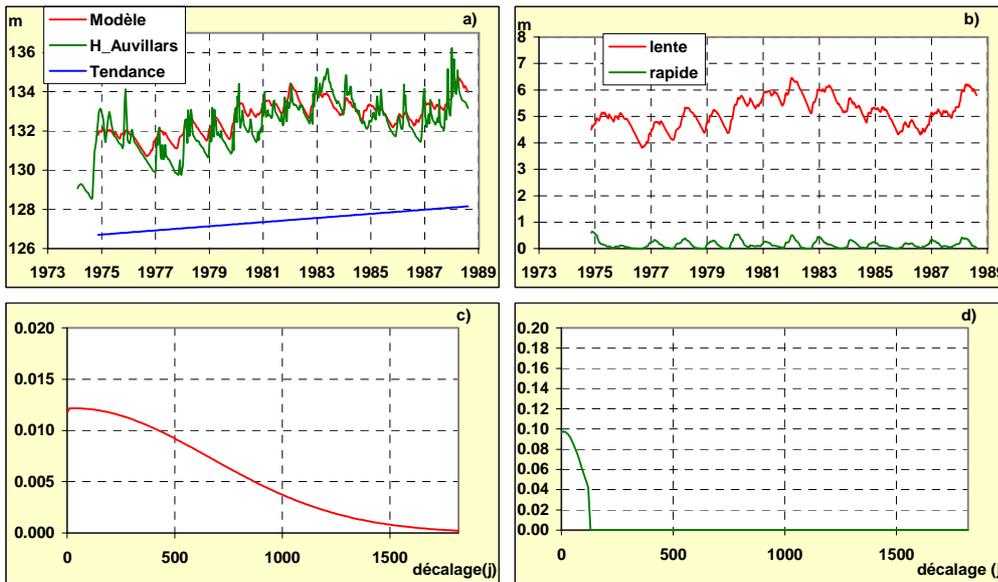


Figure 9 - Modélisation du piézomètre Auvillars (I2203110) – a) Comparaison entre le modèle et les observations – b) La réponse lente qui représente la recharge au travers la porosité matricielle de la zone non saturée et la réponse rapide qui résulte de la mise en continuité hydraulique du réseau de fractures – c) La fonction de transfert lente représente le décalage temporel entre la pluie et la réaction de la nappe via la porosité matricielle. Elle met en évidence une mise en charge de la nappe et une vidange très différées dans le temps - d) La fonction de transfert rapide représente le décalage temporel entre la pluie et la réaction de la nappe via le réseau de fractures

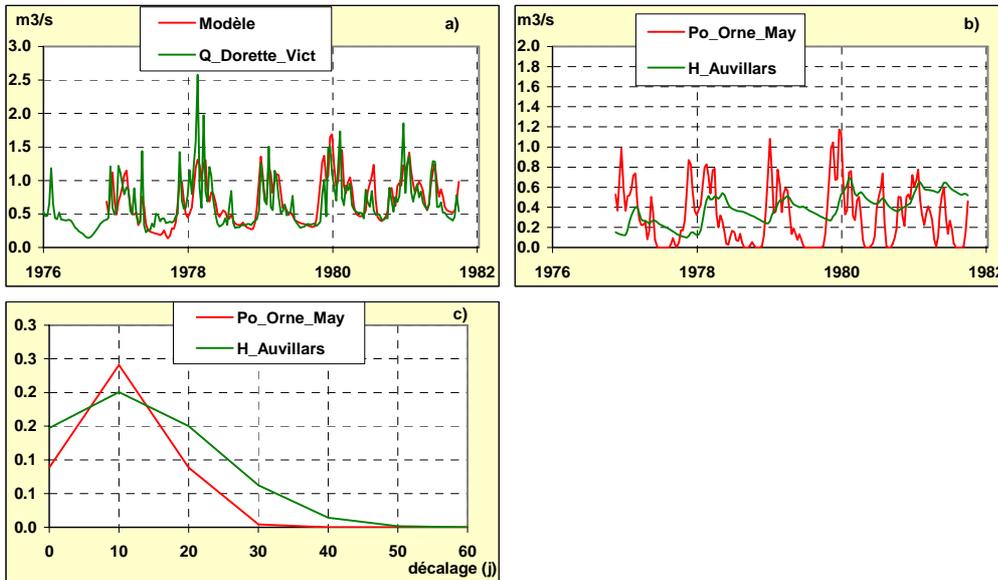


Figure 10 - Modélisation du débit de la Dorette à La Dorette à Victot-Pontfol à l'aide du piézomètre Auvillars – a) Comparaison entre le modèle et les observations – b) Les différentes composantes (composante souterraine et ruissellement) – c) Les fonctions de transfert (réponse impulsionnelle Auvillars par rapport aux variations piézométriques Auvillars et ruissellement).

4.2. LE DEBIT DE LA LA MUANCE A ARGENCES ET LE PIEZOMETRE SANNERVILLE

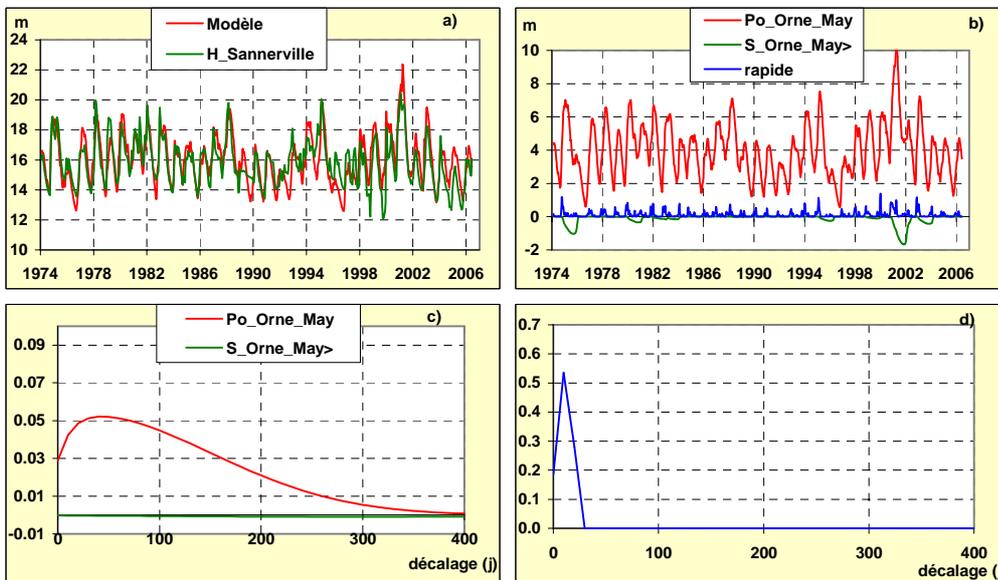


Figure 11 – Piézomètre Sannerville – Un seuil de débordement est pris en compte (S_Orne_May>). La composante rapide est très faible.

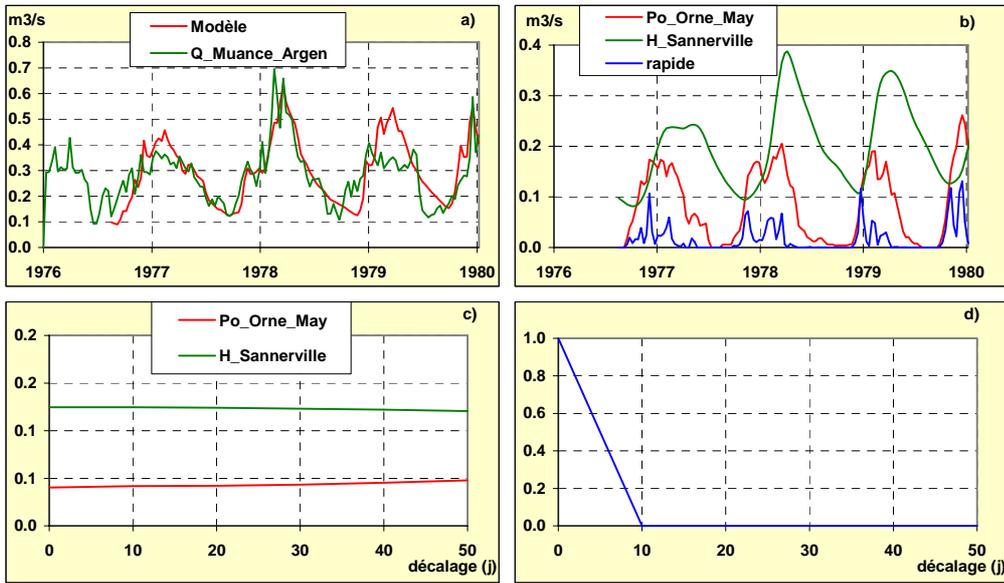


Figure 12 – Modélisation du débit de la Muance avec le piézomètre Sannerville. La composante rapide représente le ruissellement, la composante Po_Orne_May la contribution des eaux souterraines non expliquée par le piézomètre.

4.3. LE DEBIT DU LAISON A CROISSANVILLE ET LE PIEZOMETRE VIEUX_FUME

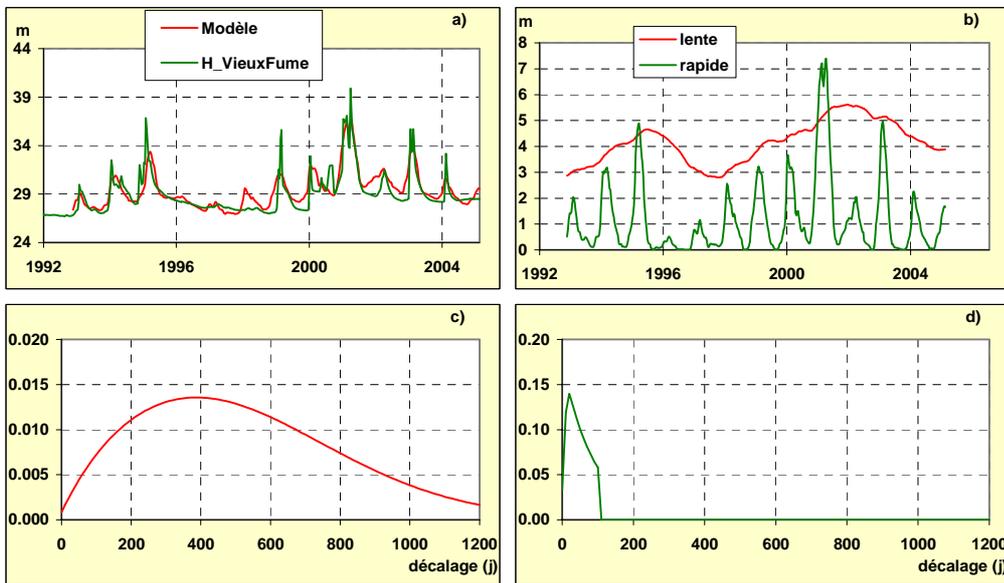


Figure 13 – Le piézomètre VieuxFume : la composante rapide de la recharge est très importante (réseau de fractures très développé).

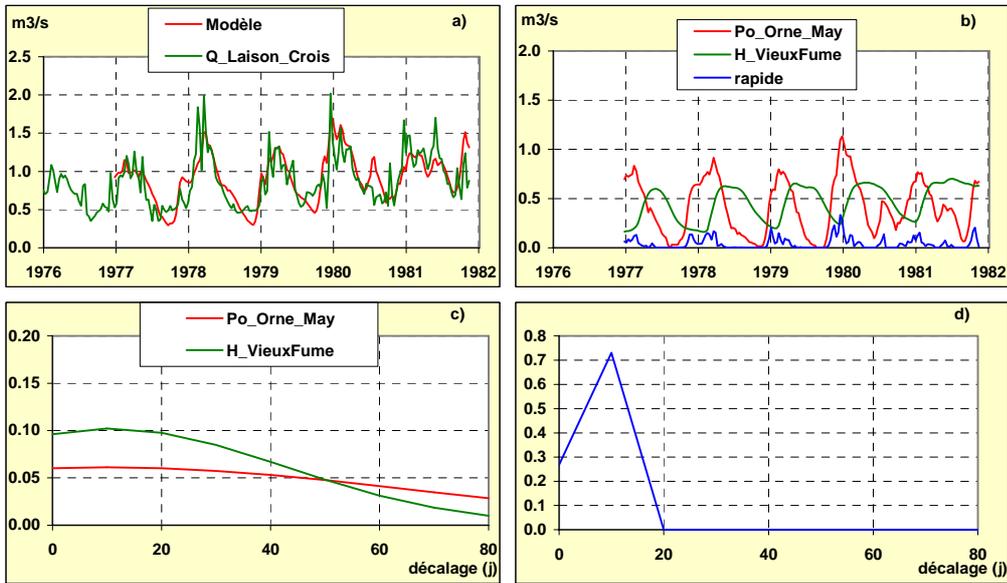


Figure 14 – Modélisation du débit du Laison avec le piézomètre VieuxFume. La composante du ruissellement (rapide) est faible, la composante Po_Orne_May représente la contribution des eaux souterraines non expliquée par le piézomètre.

4.4. L'ORNE A MAY-SUR-ORNE ET LE PIEZOMETRE CINTHEAUX

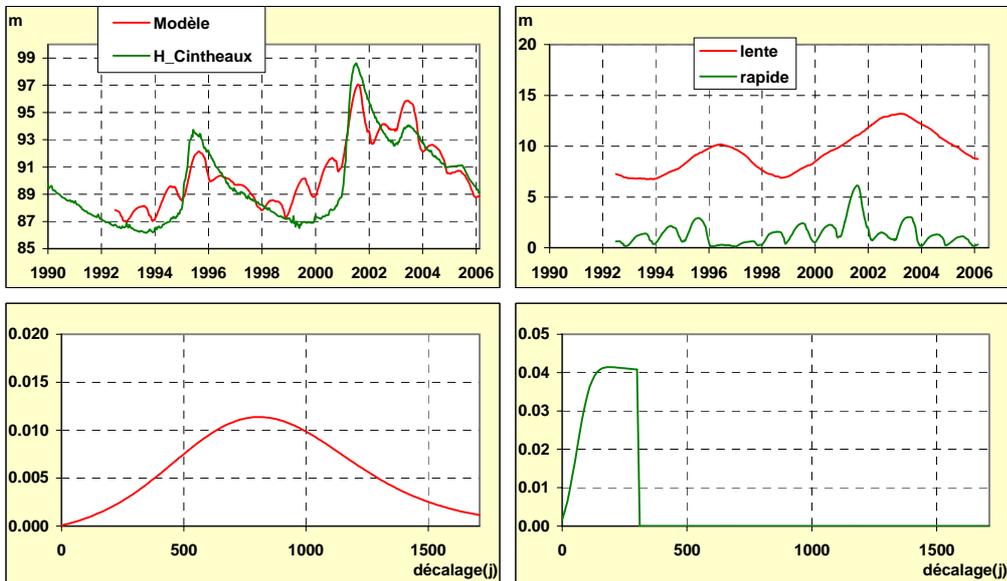


Figure 15 – Modélisation du piézomètre Cintheaux

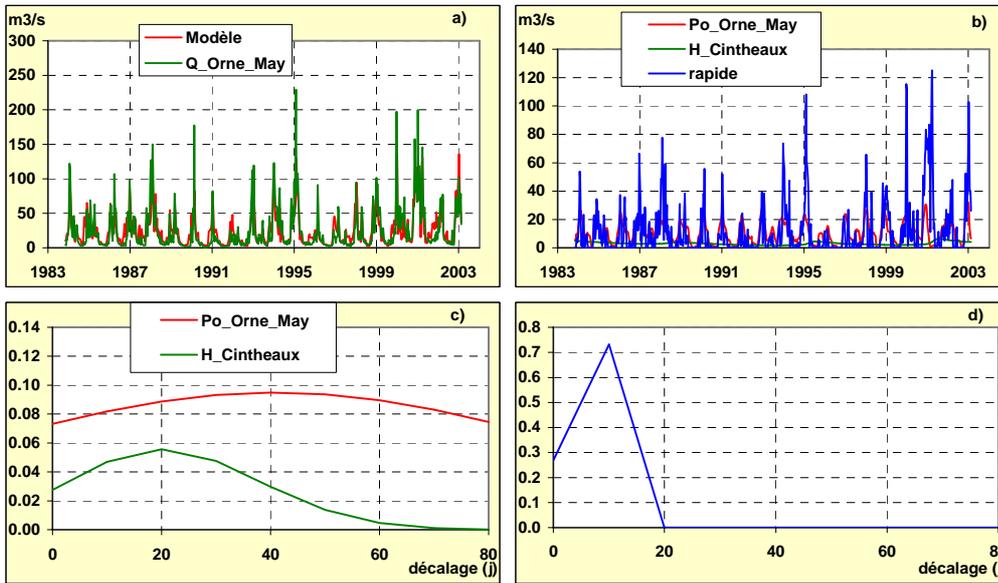


Figure 16 – Modélisation du débit de l'Orne à May avec le piézomètre Cintheaux. La composante du ruissellement est très importante (rapide), la composante Po_Orne_May représente la contribution des eaux souterraines non expliquée par le piézomètre.

4.5. L'ORNE A LA COURBE (PAS DE PIEZOMETRE)

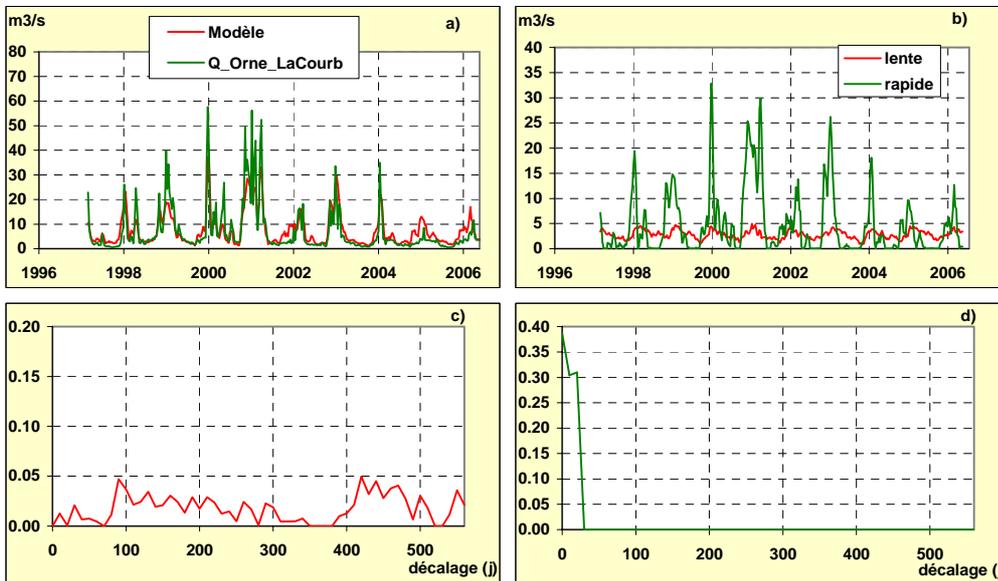


Figure 17 - Modélisation du débit de l'Orne à La Courbe. En l'absence de piézomètre, la contribution des eaux souterraines est prise en compte par la composante lente. La composante rapide représente essentiellement le ruissellement.

4.6. L'YVIE A SAINT-HYMER (PAS DE PIEZOMETRE)

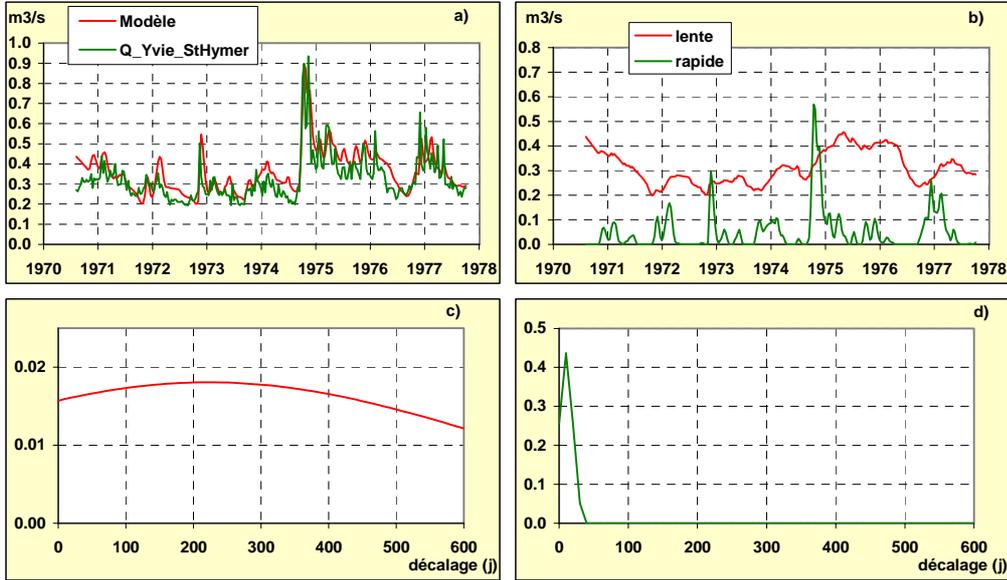


Figure 18 – Modélisation de l'Yvie à St Hymer. En l'absence de piézomètre, la contribution des eaux souterraines est prise en compte par la composante lente. La composante rapide représente le ruissellement.

5. La région Haute Normandie

5.1. L'ANDELLE A VASCOEUIL ET LE PIEZOMETRE CATENAY

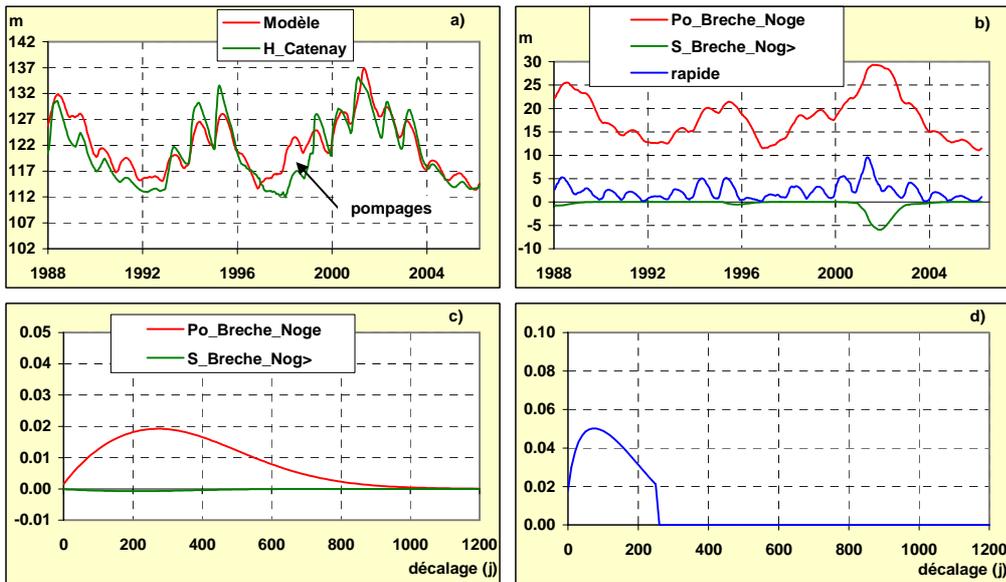


Figure 19 – a) Le piézomètre catenay subit probablement l'influence des pompages les années déficitaires – b) Un effet de seuil est pris en compte (cote 132m) en raison du contraste de conductivité important entre les deux aquifères de part et d'autre de cette cote.

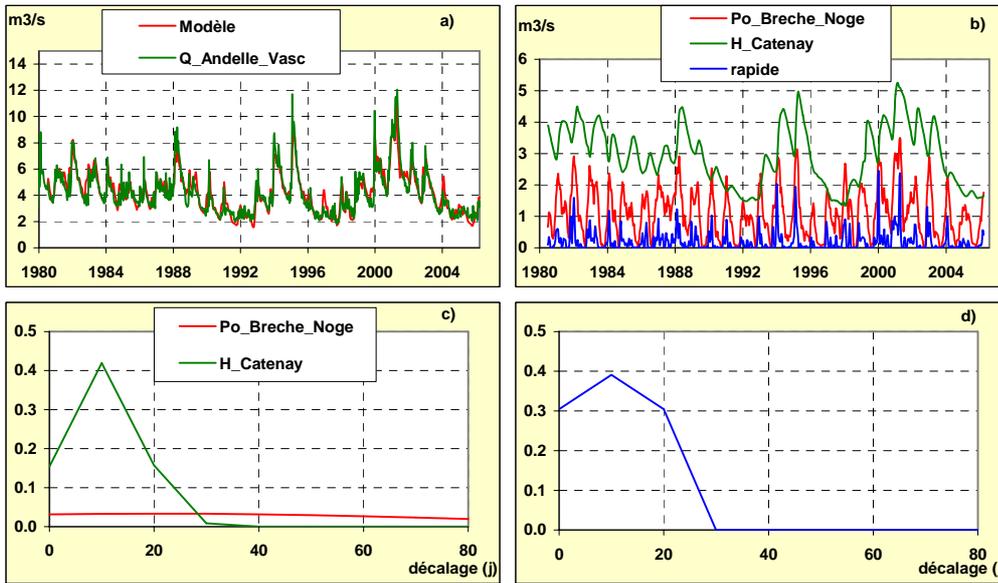


Figure 20 – Modélisation du débit de L'Andelle à Vascoeuil. La composante du ruissellement est importante (rapide), la composante Po_Breche_Nogent représente la contribution des eaux souterraines non expliquée par le piézomètre.

5.2. LE DEBIT DU CAILLY A NOTRE-DAME-DE-BONDEVILLE ET LE PIEZOMETRE CLAVILLE.

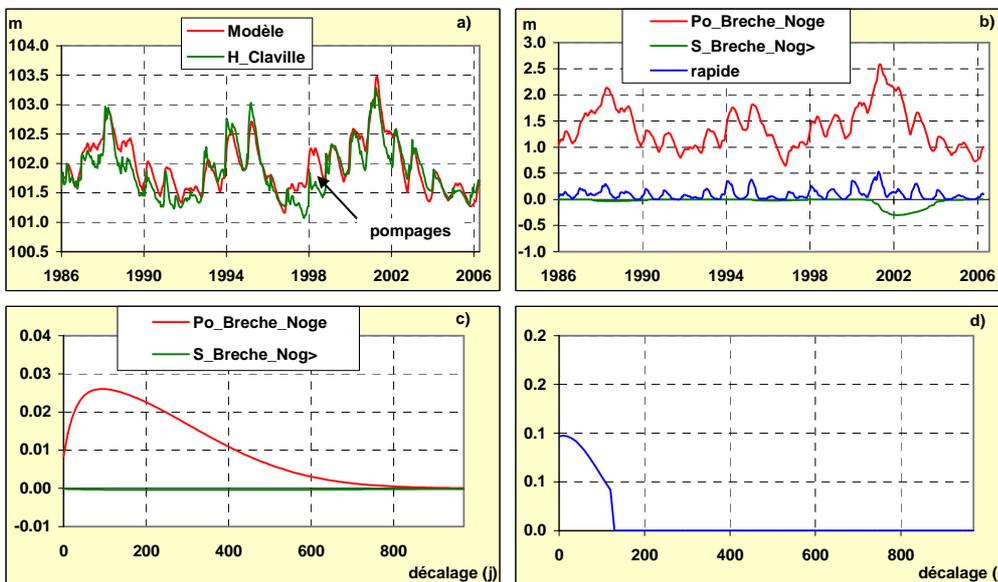


Figure 21 – Le piézomètre Claville subit probablement l'influence des pompages les années déficitaires – b) Un effet de seuil est pris en compte (cote 103m) en raison du contraste de conductivité important entre les deux aquifères de part et d'autre de cette cote.

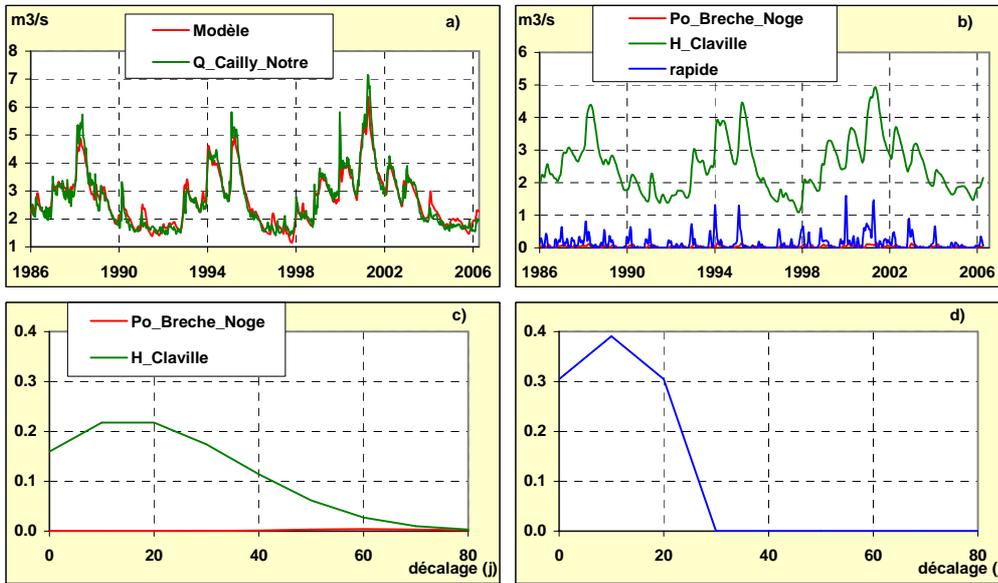


Figure 22 – Modélisation du débit du Cailly à Notre-Dame-de-Bondeville avec le piézomètre Claville. La composante ruissellement est faible et le piézomètre représente la composante souterraine de manière exhaustive.

5.3. LE DEBIT DU COMMERCE A GRUCHET-LE-VALASSE ET LE PIEZOMETRE TROIS PIERRES

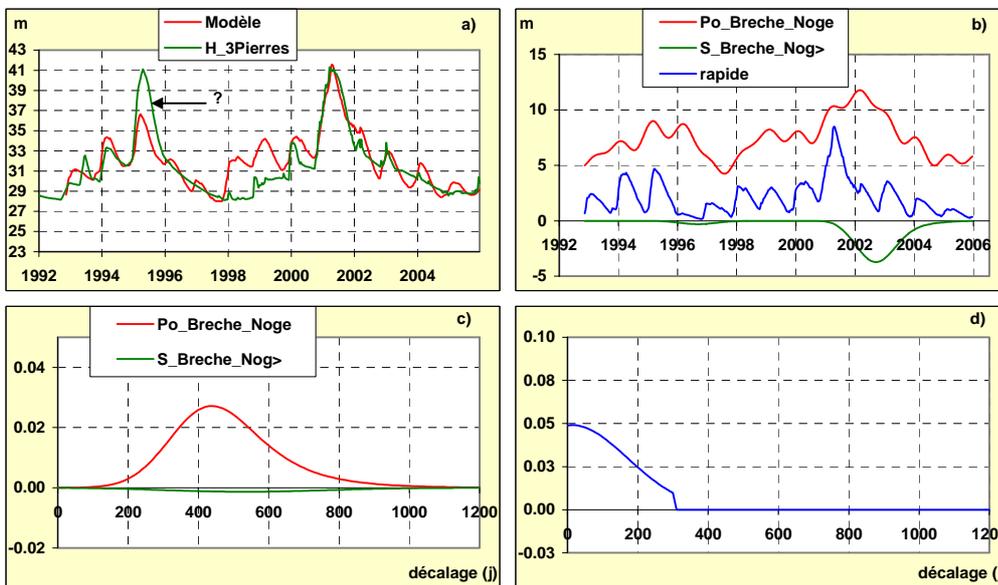


Figure 23 – Le fonctionnement du piézomètre des Trois Pierres n'est pas totalement compris : le pic observé en 1995 n'est pas entièrement expliqué par le modèle malgré la prise en compte d'un seuil haut.

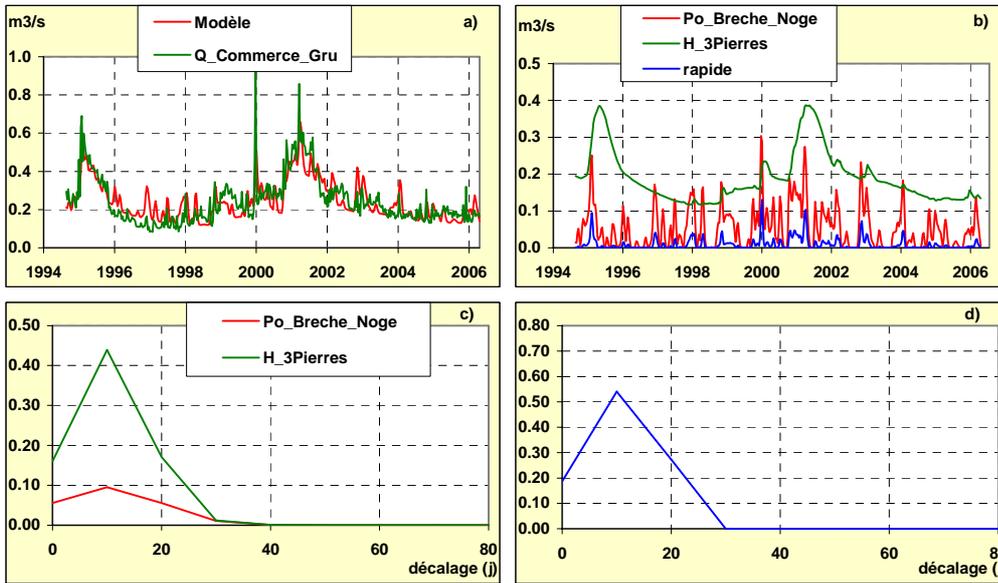


Figure 24 – Modélisation du débit du Commerce à Gruchet-le-Valasse avec le piézomètre des Trois Pierres. L'anomalie observée sur le fonctionnement du piézomètre est confirmée : le débit du Commerce en 2001 est sous estimé si l'on veut expliquer la crue de 1995. Toutefois, l'impact sur les débits d'étiage est faible. Par ailleurs, le piézomètre représente la composante souterraine de manière exhaustive : la composante associée à la pluie Po_Breche_Nogent représente ici le ruissellement au même titre que la composante rapide, vue la courte durée de la réponse impulsionnelle en (c).

5.4. L'EPTÉ A GOURNAY EN BRAY (PAS DE PIEZOMETRE)

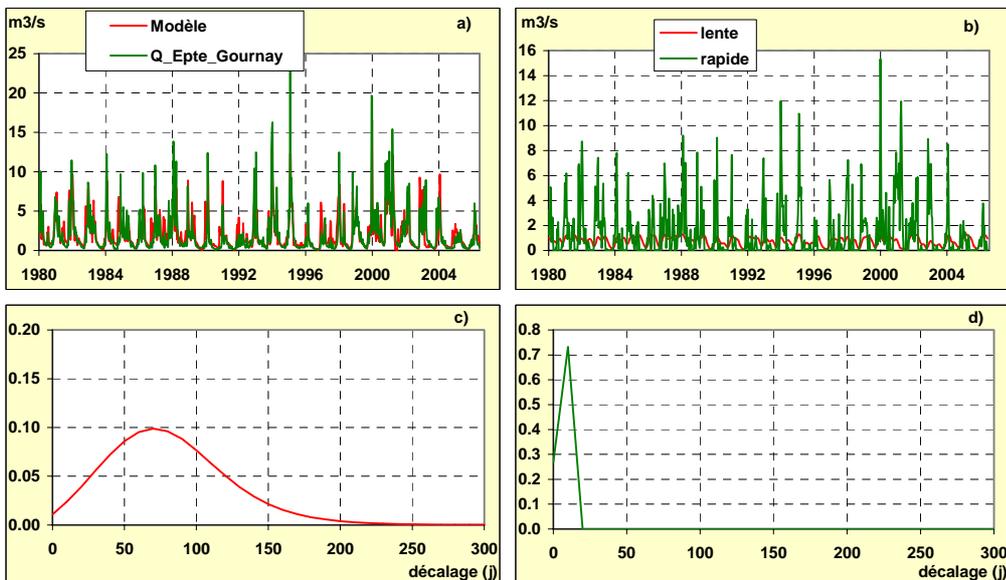


Figure 25 – le débit de l'Epte à Gournay en Bray. En l'absence de piézomètre, la composante souterraine est représentée par la composante lente.

5.5. L'EURE A LOUVIERS ET LE PIEZOMETRE MONTAURE

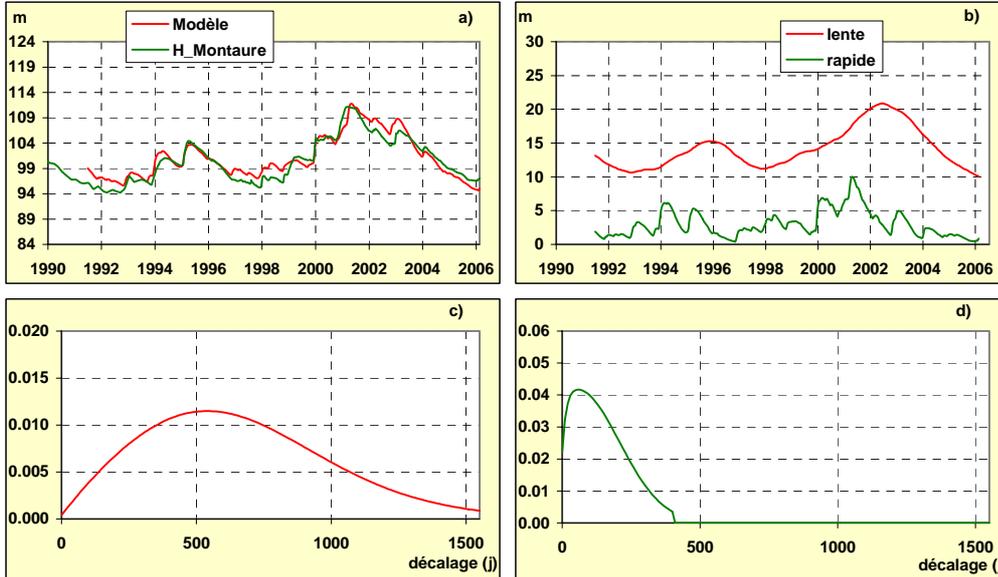


Figure 26 – La modélisation du piézomètre Montaure met en évidence une double porosité matérialisée par les deux composantes, lente et rapide (b) : craie avec diaclases.

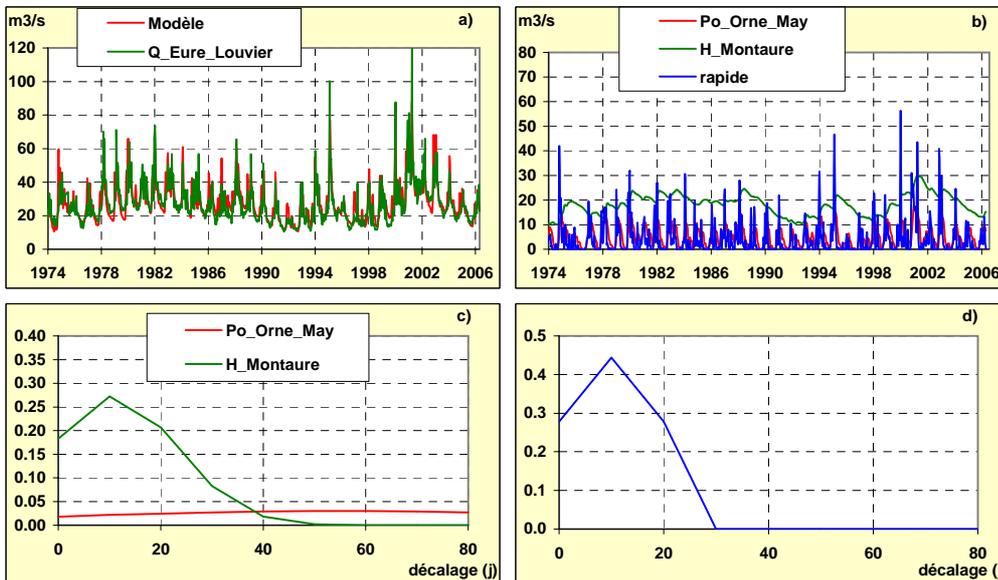


Figure 27 – La composante souterraine du débit de l'Eure à Louviers est remarquablement expliquée par le piézomètre Montaure (a). La composante résiduelle Po_Orne_May est faible et la composante rapide représente le ruissellement.

5.6. L'EURE A ST LUPERCE ET LE PIEZOMETRE LONGNY AU PERCHE

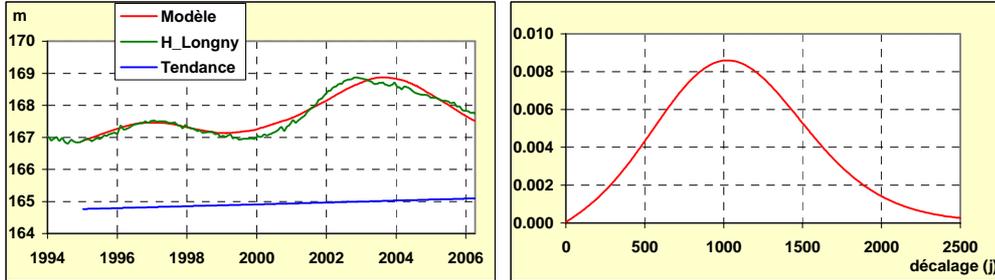


Figure 28 – Le piézomètre Longny au perche met en évidence une légère tendance à la hausse (d'anciens pompages ont probablement été arrêtés).

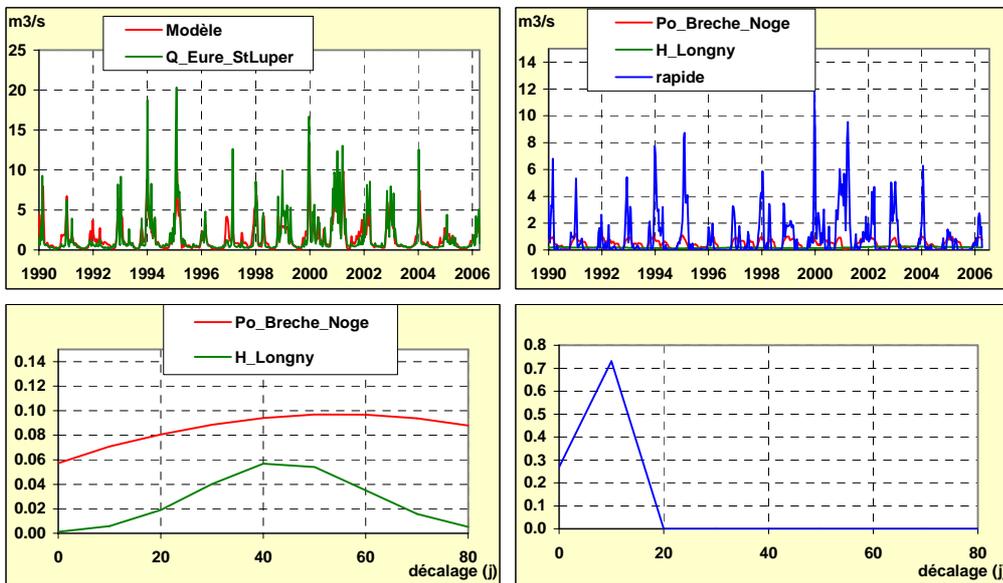


Figure 29 – Modélisation de l'Eure à St Luperce avec le piézomètre Longny au perche. Le piézomètre représente le débit d'étiage de manière satisfaisante. Bien que très importante, la contribution des eaux souterraines représentée par la composante Po_Breche_Nogé n'a pas d'incidence sur le débit d'étiage.

6. La région Picardie

6.1. LA BRECHE A NOGENT-SUR-OISE ET LE PIEZOMETRE NOIREMONT

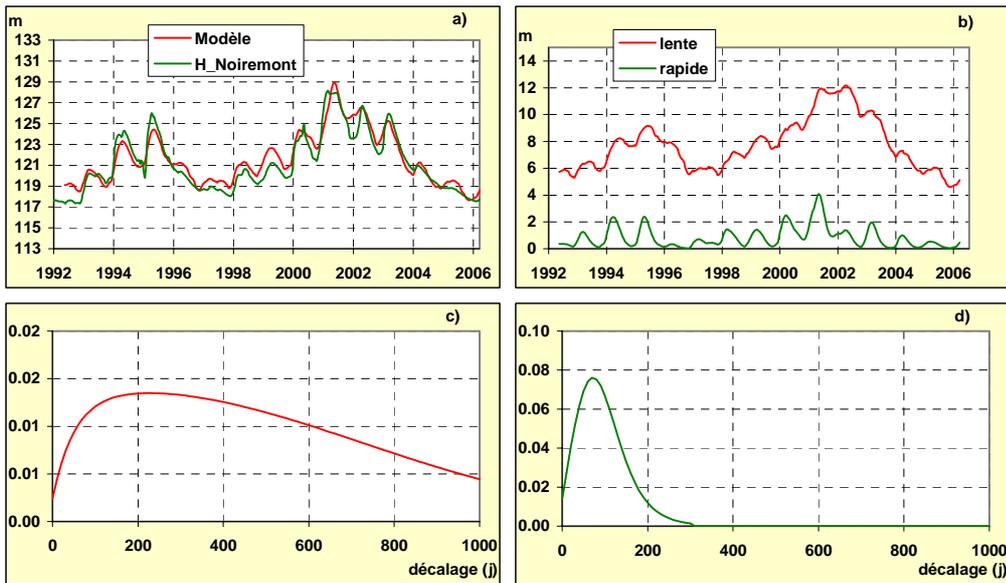


Figure 30 – Modélisation du piézomètre Noiremont. Il présente la signature typique de la craie avec diaclases : composante rapide significative (b), composante lente dont la récession dure plusieurs années (c).

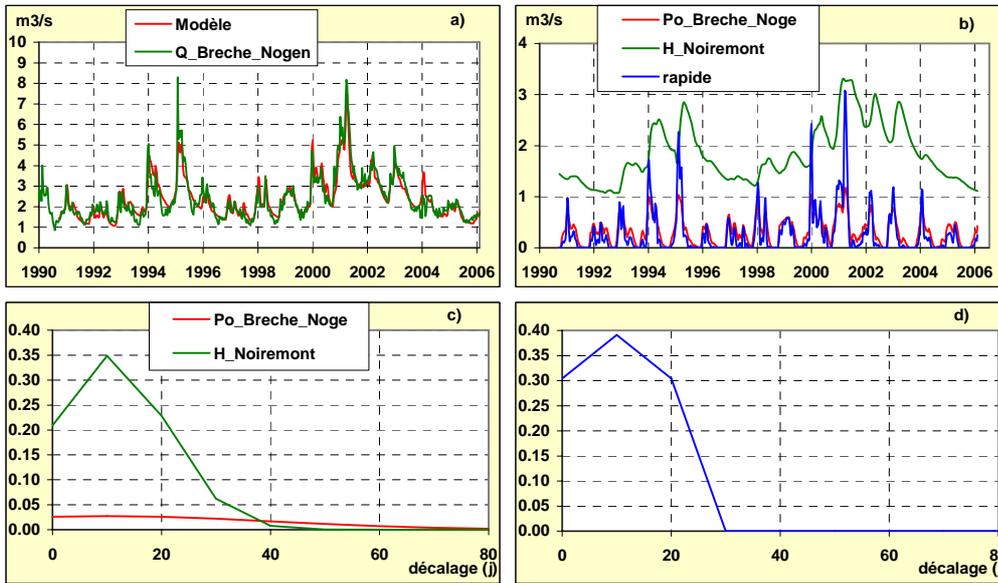


Figure 31 – Modélisation de la Brèche à Nogent-sur-Oise avec le piézomètre Noiremont qui représente la composante souterraine de manière exhaustive. La composante Po_Breche_Nogent et la composante rapide représentent le ruissellement.

6.2. LA LAUNETTE A VER-SUR-LAUNETTE ET LE PIEZOMETRE LAGNY

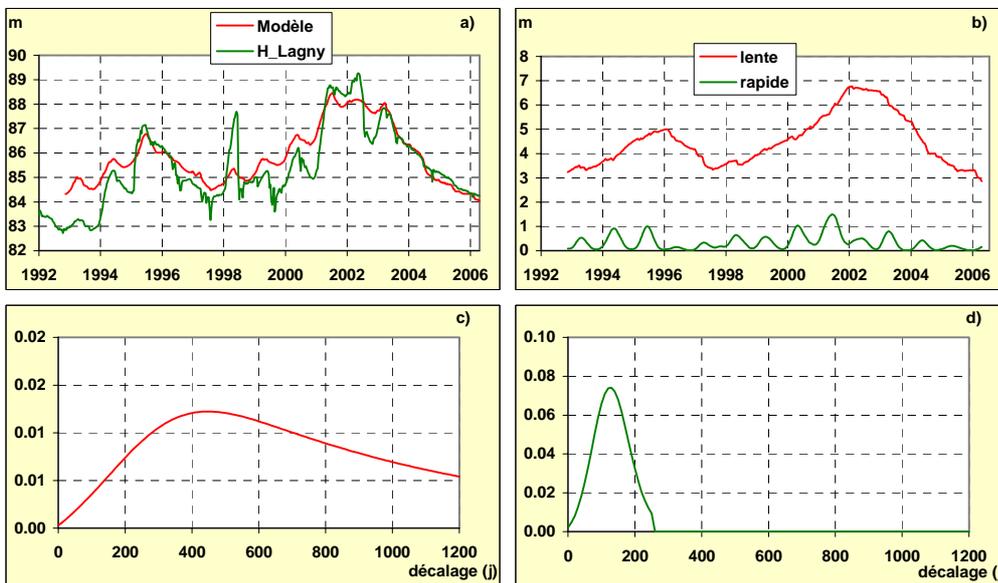


Figure 32 – Modélisation du piézomètre Lagny dont le fonctionnement est mal compris avant 1994 (probablement en raison de pompages). La composante rapide met en évidence la double porosité du calcaire du Lutecien.

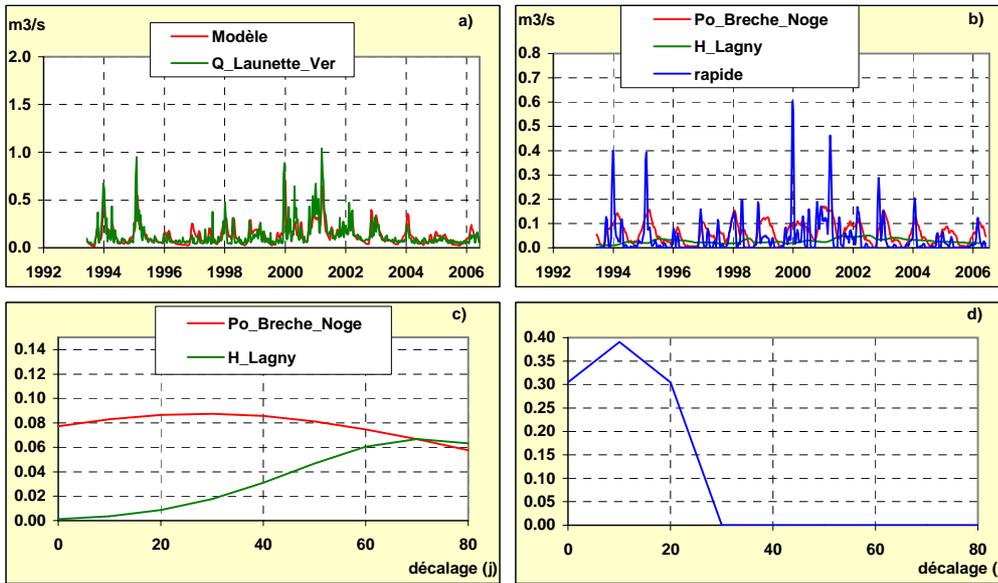


Figure 33 – Modélisation de la Launette à Ver-sur-Launette avec le piézomètre Lagny qui représente bien la composante souterraine qui soutient les étiages. Un autre composante souterraine Po_Breche_Nogent, bien qu'importante, participe assez peu au soutien des étiages. La composante rapide représente le ruissellement.

6.3. LA NONETTE A COURTEUIL [ST-NICOLAS D'ACY] ET LE PIEZOMETRE FRESNOY

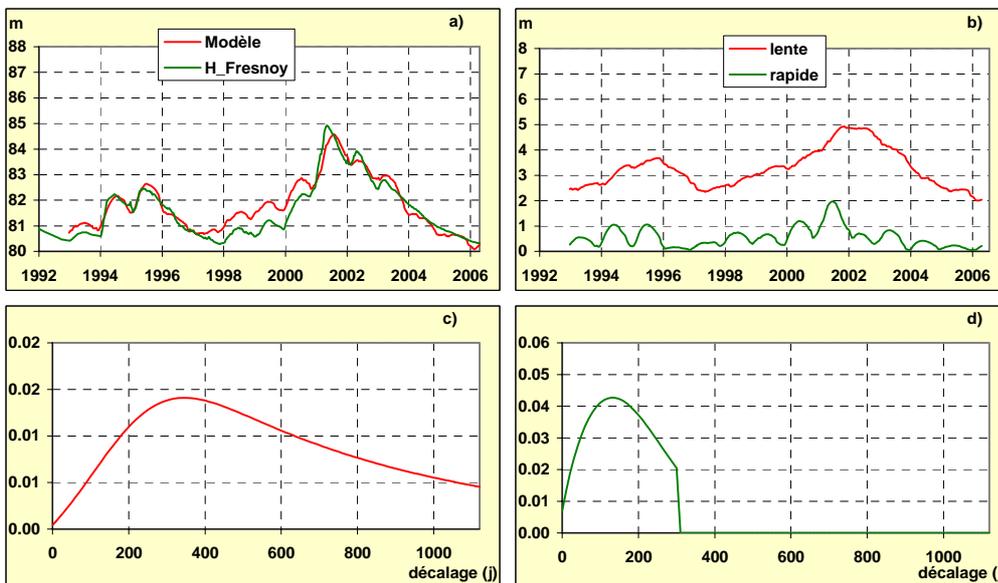


Figure 34 – Le piézomètre Fresnoy présente une composante rapide significative révélant la double porosité du calcaire du Lutécien.

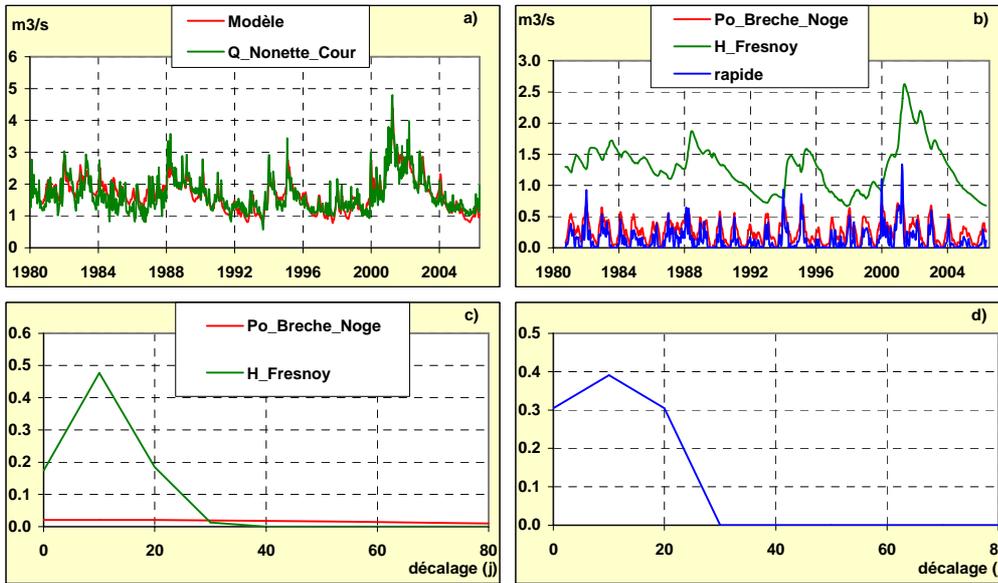


Figure 35 – Modélisation de la Nonette à Courteuil [St-Nicolas d'Acy] et le piézomètre Fresnoy qui représente de manière exhaustive la composante souterraine (la composante souterraine Po_Breche_Nogent est faible et ne participe pas au soutien des étiages). La composante rapide représente le ruissellement.

6.4. LA SERRE A MORTIERS ET LE PIEZOMETRE BOIS LES PARGNY

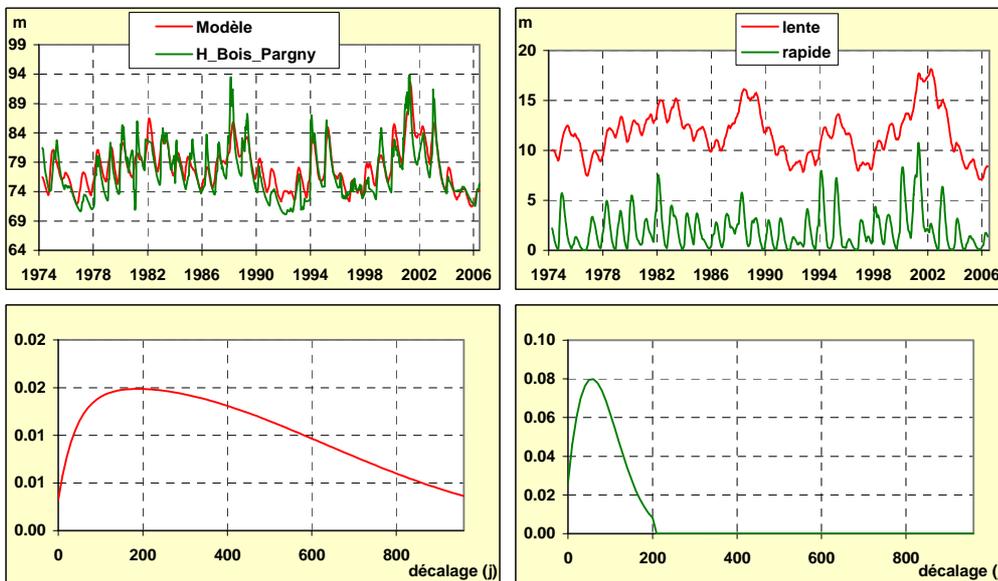


Figure 36 - Le piézomètre Bois les Pargny fait apparaître la double porosité caractéristique de la craie avec diaclases (composante rapide très développée).

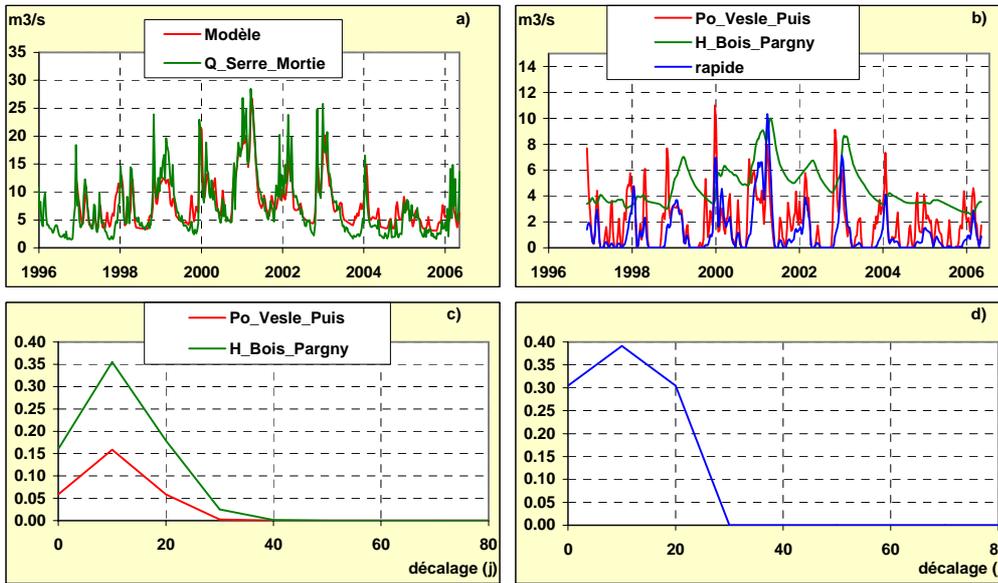


Figure 37 – Modélisation du débit de la Serre à Mortiers avec le piézomètre Bois les Pargny. La composante Po_Vesle_Puisieulx et la composante rapide représentent le ruissellement. Le piézomètre représente la contribution de la nappe de manière exhaustive.

6.5. L'AILETTE A CHAVIGNON ET LE PIEZOMETRE SAINT ERME

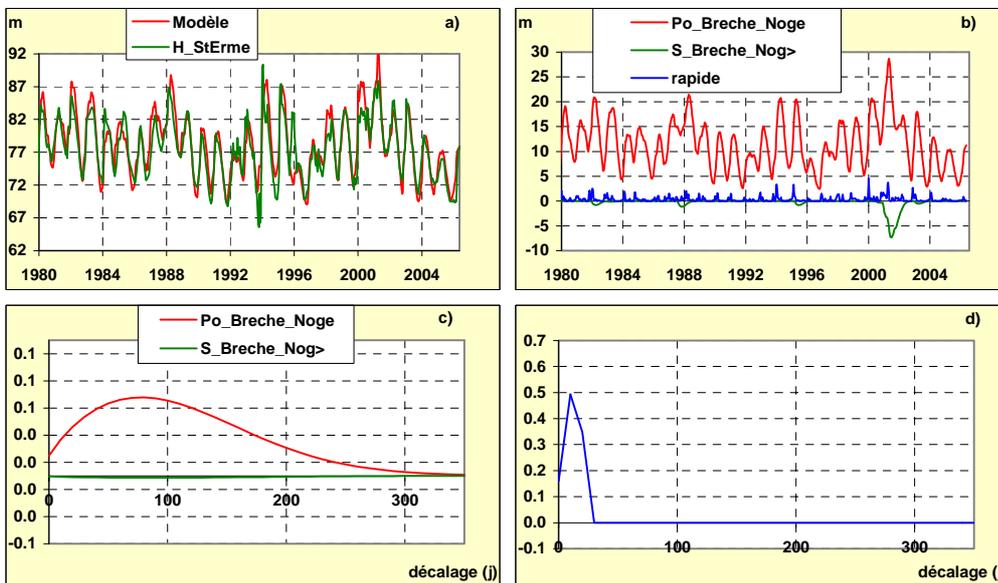


Figure 38 – Modélisation du piézomètre Saint Erme qui présente un seuil haut à la cote 87m.

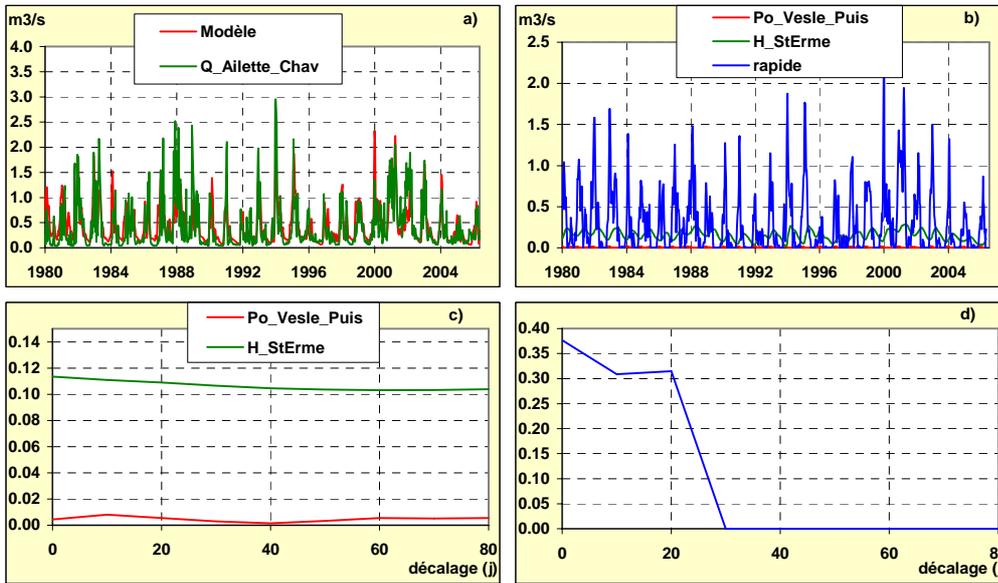


Figure 39 - L'Ailette à Chavignon et le piézomètre Saint Erme représentatif de la contribution des eaux souterraines au débit (la composante Po_Vesle_Puisieux est négligeable). La composante rapide représente le ruissellement.

6.6. LE PETIT THERAIN A SAINT-OMER-EN-CHAUSSEE ET LE PIEZOMETRE FONTAINE

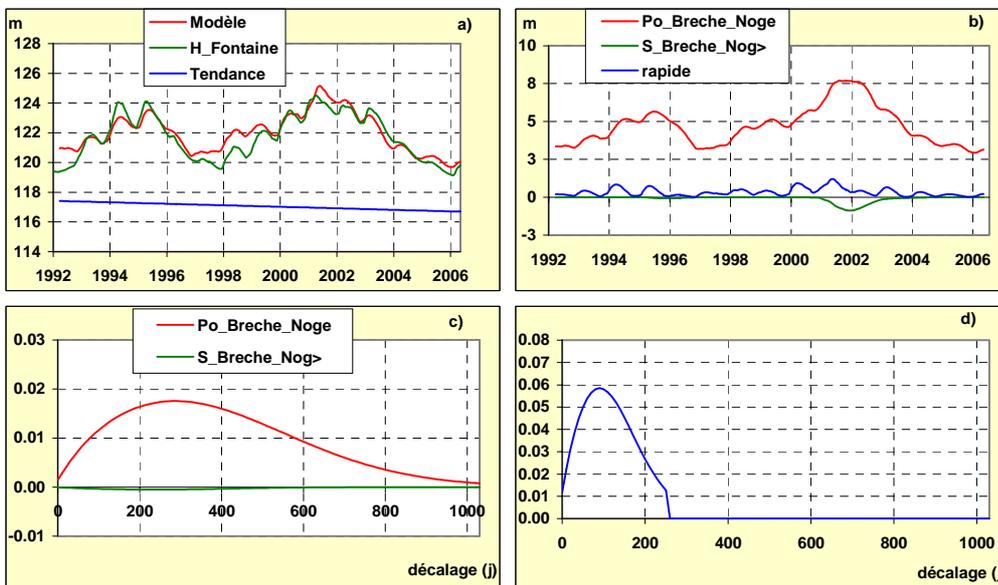


Figure 40 – Modélisation du piézomètre Fontaine (un seuil haut est pris en compte à la cote 124m). Une tendance à la baisse est mise en évidence, probablement sous l'influence de pompages.

Estimation des volumes disponibles

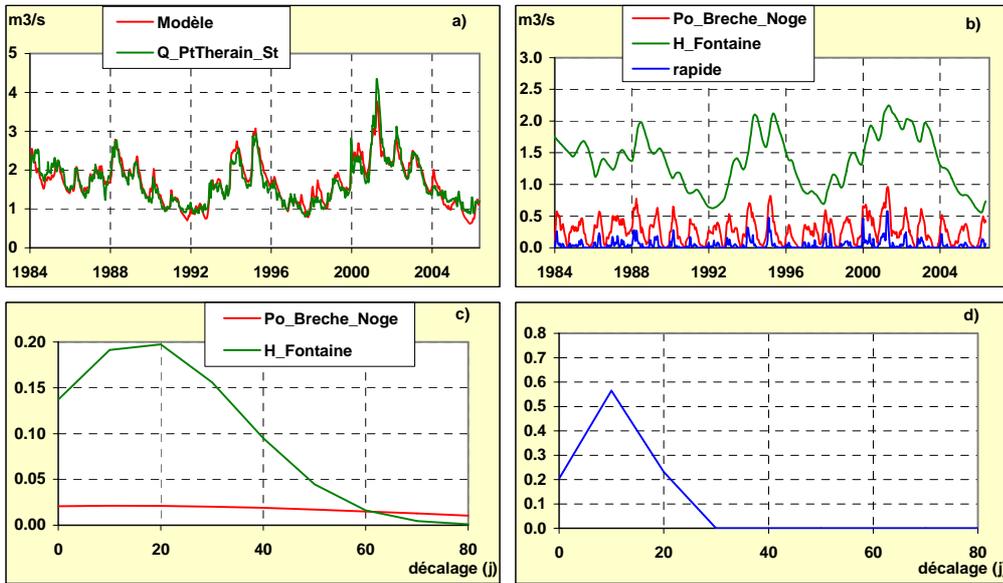


Figure 41 – Le Petit Thérain à Saint-Omer-en-Chaussée et le piézomètre Fontaine représentatif de la contribution de la nappe de la craie au débit.

6.7. LE THERAIN A BONNIERES ET LE PIEZOMETRE OMECOURT

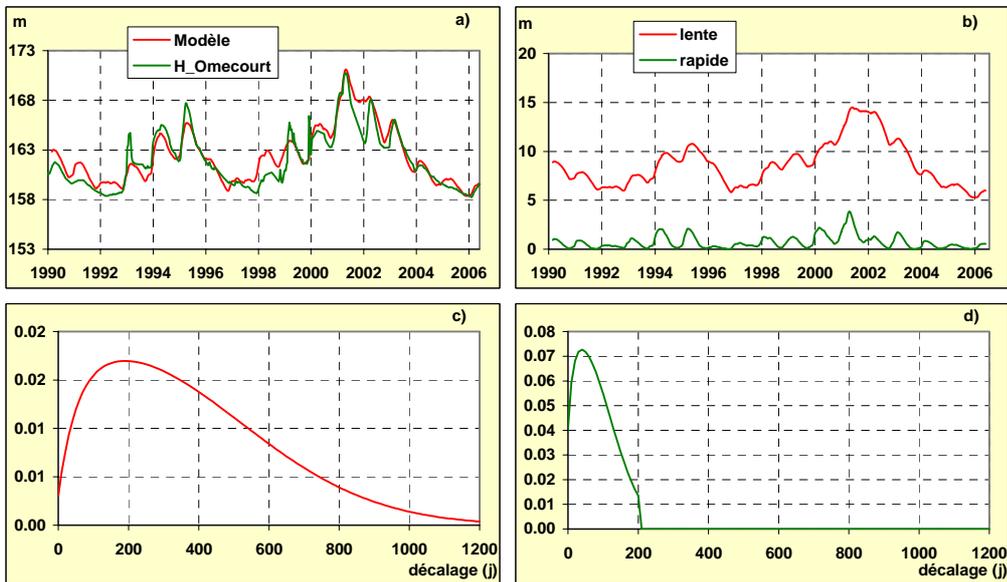


Figure 42 – La piézomètre Omecourt dont le fonctionnement est caractéristique de la nappe de la craie (composante rapide)

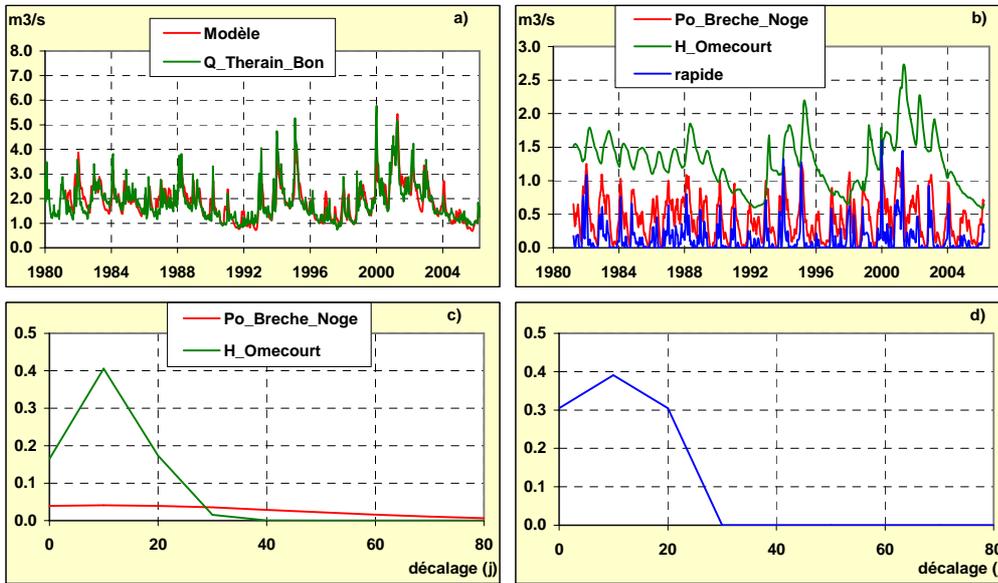


Figure 43 – Le Thérain à Bonnières et le piézomètre Omecourt représentatif de la composante souterraine (la composante souterraine Po_Breche_Nogent ne contribue pas au soutien des étiages). La composante rapide représente le ruissellement.

6.8. LES BARENTONS A BARENTON (PAS DE PIEZOMETRE)

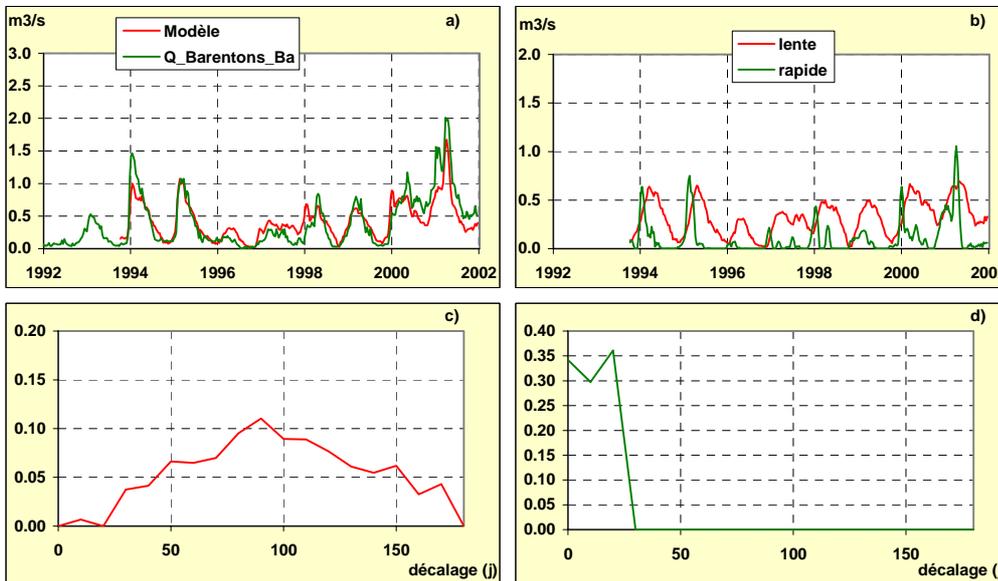


Figure 44 – Le débit des Barentons à Barenton. En l'absence de piézomètre, la composante souterraine est pris en compte par la composante lente. La composante rapide traduit le ruissellement.

6.9. L'ESCHES A BORNEL ET LE PIEZOMETRE VILLENEUVE

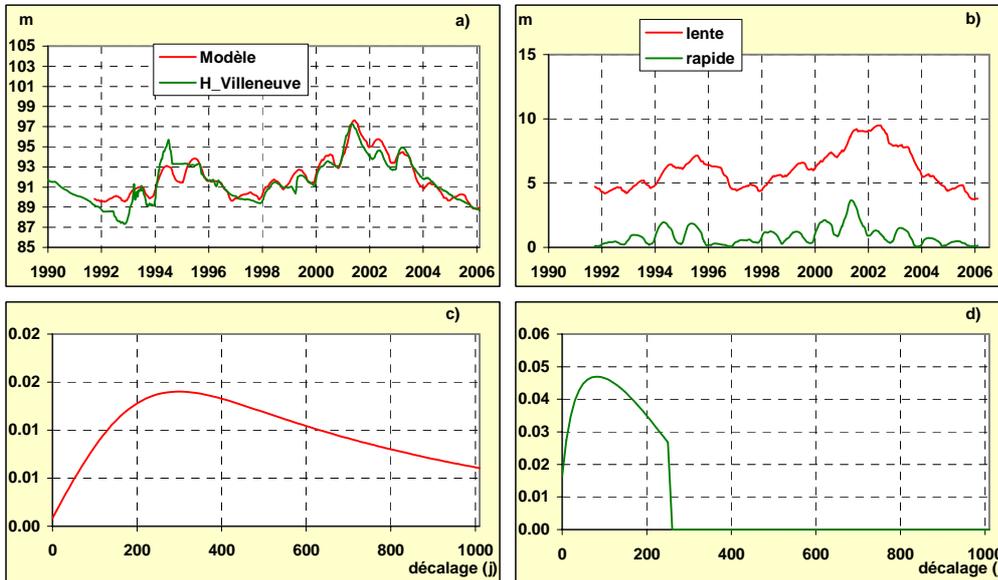


Figure 45 – Modélisation du piézomètre Villeneuve dont le comportement est caractéristique de la nappe de la craie avec diaclases.

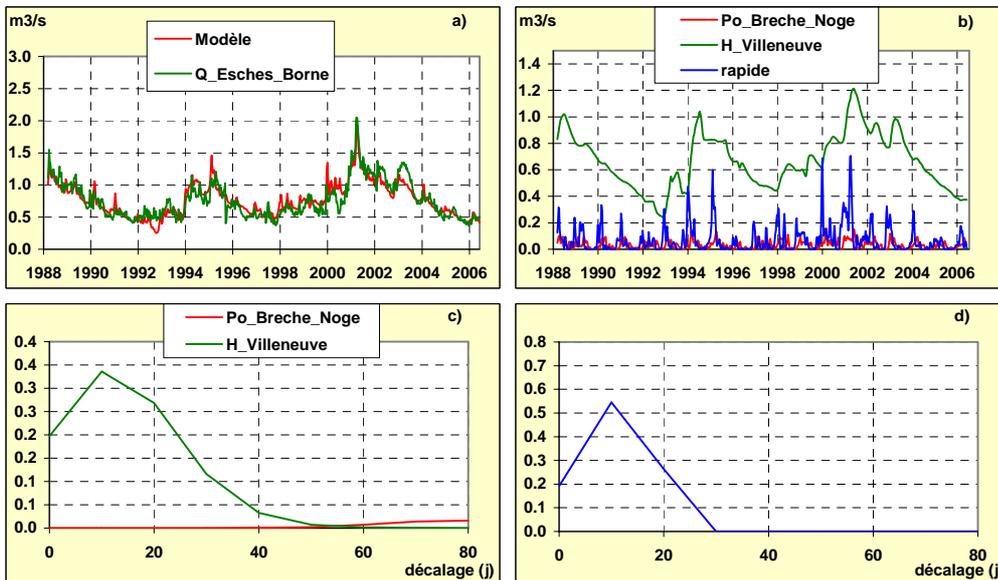


Figure 46 – Modélisation du débit de l'Esches à Bornel avec le piézomètre Villeneuve qui représente l'alimentation par la nappe de manière exhaustive. La composante rapide traduit le ruissellement.

7. La région Champagne-Ardenne

7.1. LA RETOURNE A HOUDILCOURT (ABSENCE DE PIEZOMETRE)

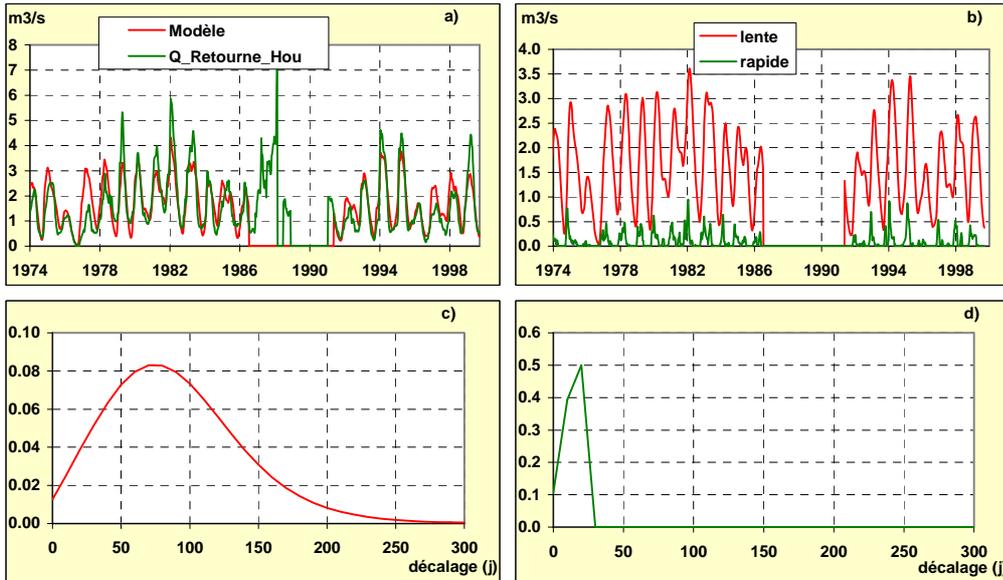


Figure 47 – La Retourne à Houdilcourt. En l'absence de piézomètre, la composante lente représente la contribution de la nappe au soutien du débit. La composante rapide représente le ruissellement.

7.2. LA SOUDE A SOUDRON ET LE PIEZOMETRE CHALONS

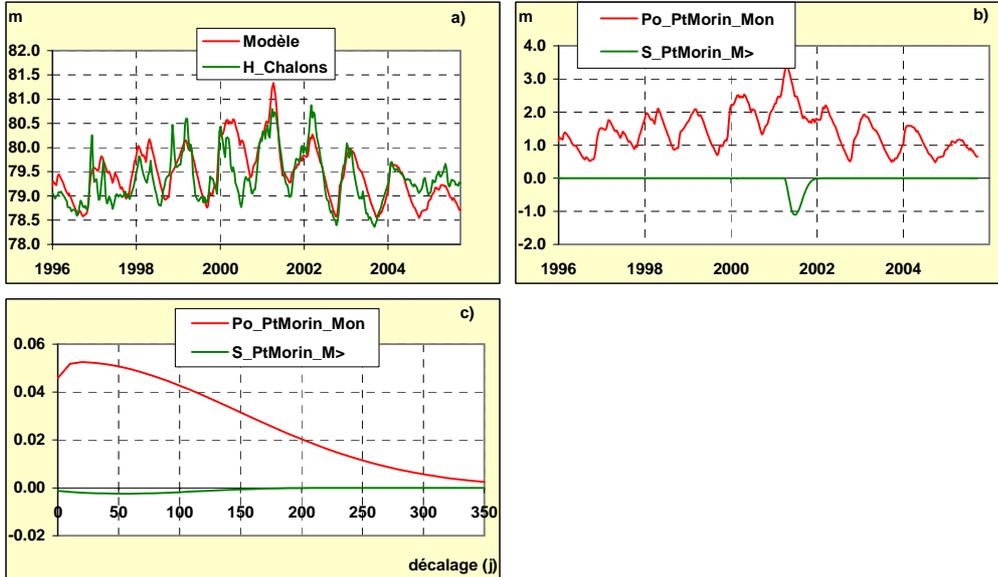


Figure 48 - Le piézomètre Chalons : un seuil haut est pris en compte à la cote 80.5m. Il n'existe pas de composante rapide.

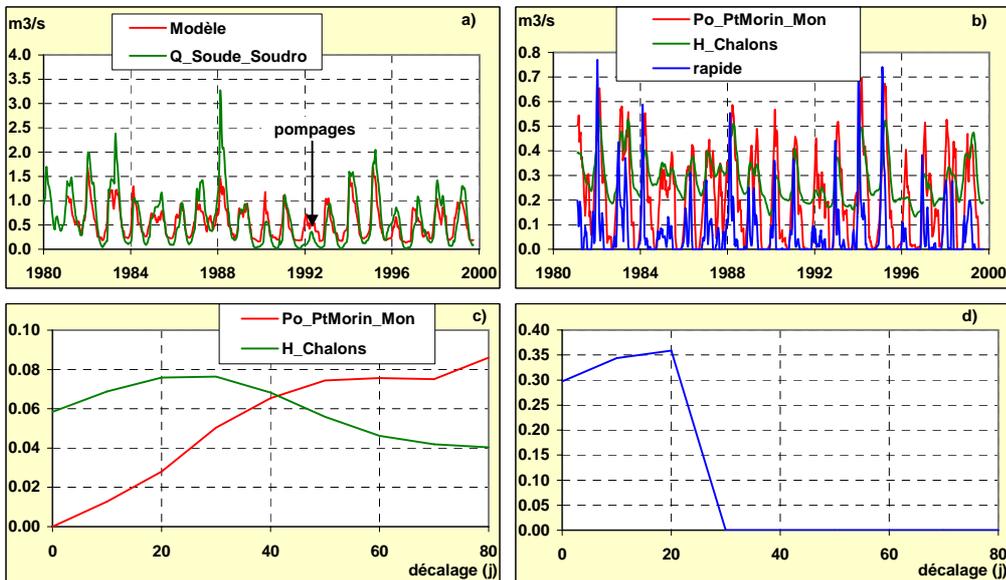


Figure 49 – Modélisation de la Soude à Soudron avec le piézomètre Chalons. Le débit semble fortement influencé par des pompages et la crue de 1988 n'est pas expliquée par le modèle (a). Le piézomètre décrit bien la relation nappe-rivière lors des étiages (la composante souterraine Po_PtMorin ne participe pas au soutien des étiages). La composante rapide représente le ruissellement.

7.3. LA VESLE A PUISIEULX ET LE PIEZOMETRE BUSSY

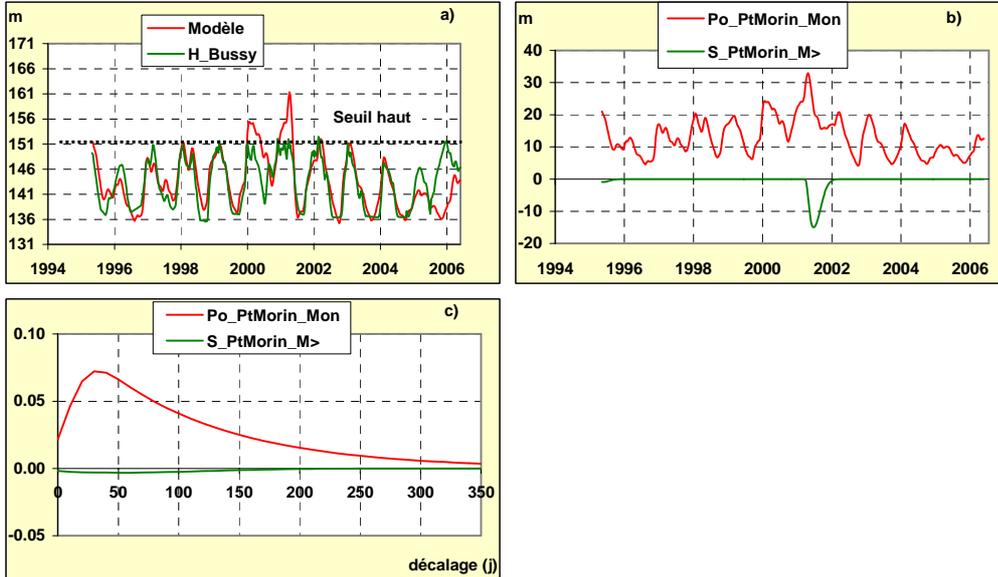


Figure 50 - Le piézomètre Bussy ne présente pas de composante rapide. Un seuil haut est pris en compte à la cote 151m.

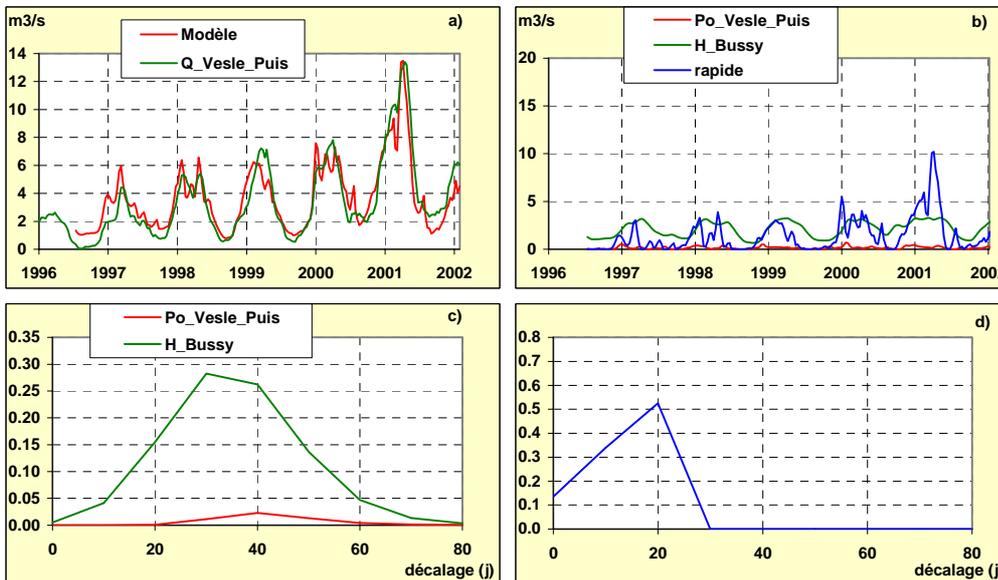


Figure 51 – Modélisation du débit de la Vesle à Puisieulx avec le piézomètre Bussy qui représente la contribution de la nappe au soutien des étiages de manière exhaustive (la composante Po_Vesle est négligeable). La composante rapide représente le ruissellement.

7.4. L' ARDUSSON A SAINT-AUBIN ET LE PIEZOMETRE SAINT HILAIRE

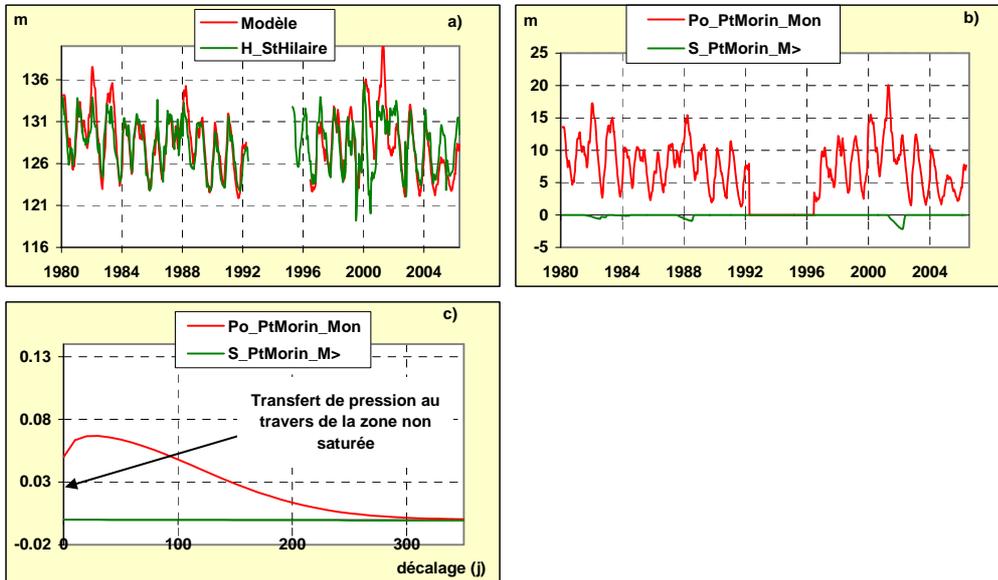


Figure 52 - Le piézomètre Saint Hilaire ne présente pas de composante rapide. Un seuil haut est pris en compte à la cote 133m. le modèle ajuste bien les observations avant 1992. La reprise des mesures en 1995 après 3 années d'interruption montre un dysfonctionnement du piézomètre au cours de certaines années (écart important entre modèle et observations non expliqué).

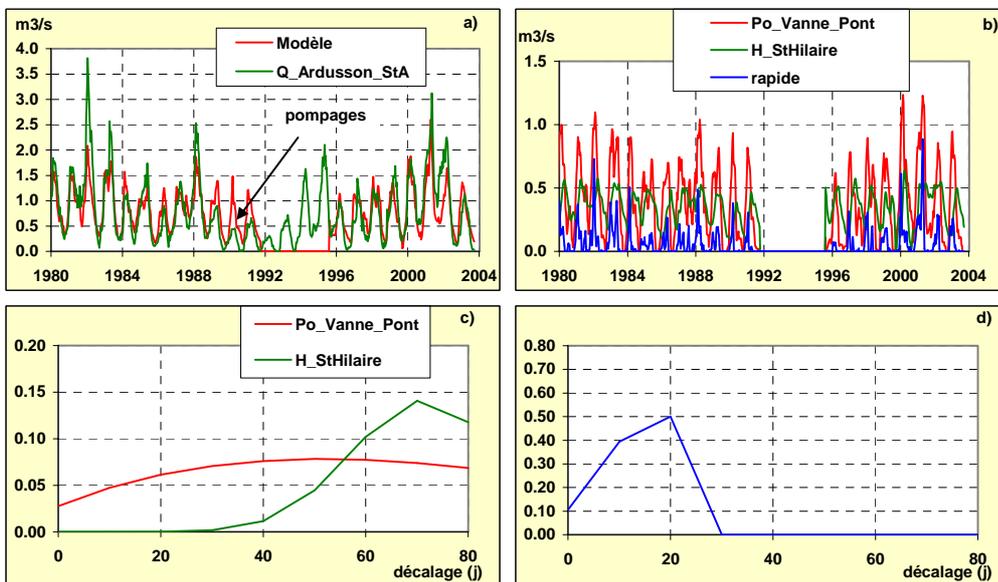


Figure 53 – Modélisation du débit de l'Ardusson à Saint-Aubin avec le piézomètre Saint Hilaire. Une contribution importante des eaux souterraines n'est pas expliquée par le piézomètre (Po_Vanne), cette composante ayant peu d'influence sur le soutien du débit.

7.5. LE PETIT MORIN A MONTMIRAIL ET LE PIEZOMETRE MECRINGES

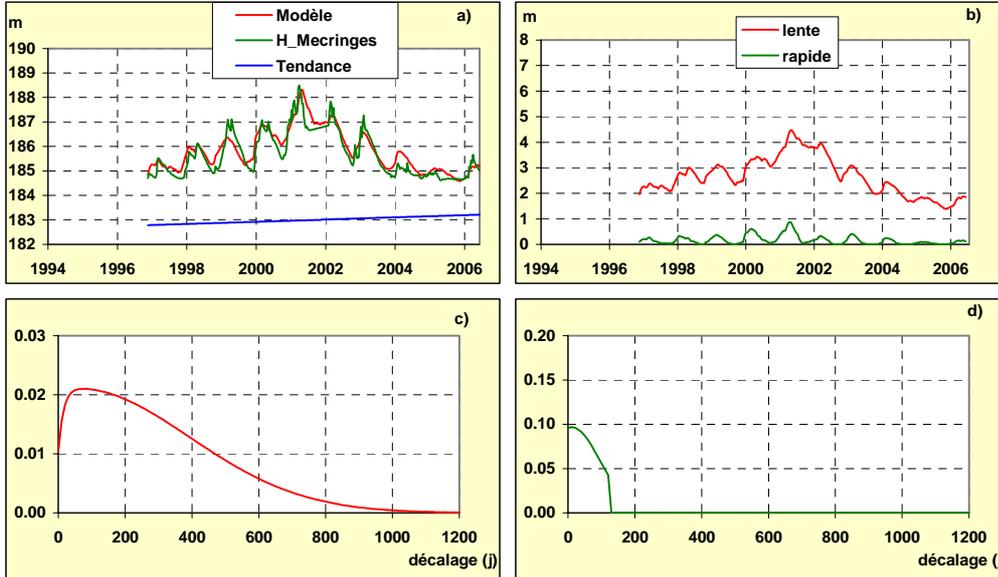


Figure 54 - Le piézomètre Mécringes présente une tendance à la hausse probablement consécutive à l'arrêt de pompes.

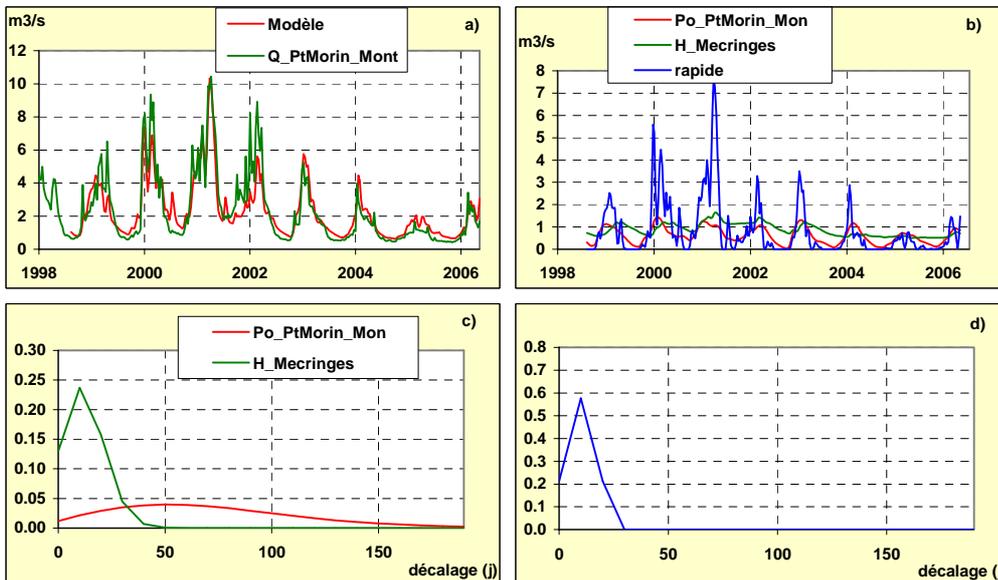


Figure 55 – Modélisation du débit du Petit Morin à Montmirail avec le piézomètre Mécringes. La composante rapide représente le ruissellement. Le piézomètre ne représente pas la contribution des eaux souterraines de manière exhaustive mais reproduit bien le soutien des étiages.

7.6. LE PY A DONTRIEN (PAS DE PIEZOMETRE)

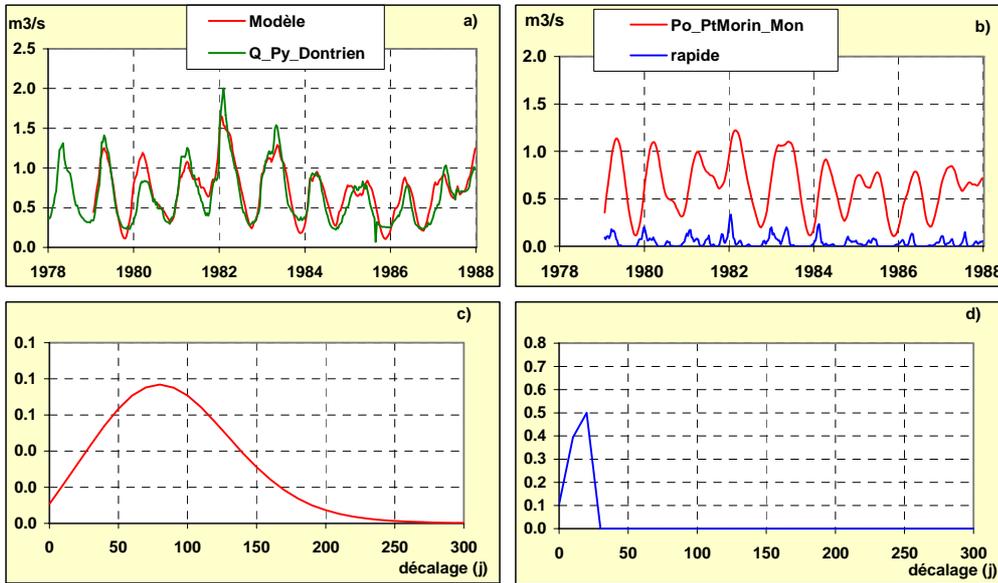


Figure 56 – Modélisation du débit du Py à Dontrien. En l'absence de piézomètre, la contribution des eaux souterraines est représentée par la composante lente $Po_PtMorin$ (essentiel du débit).

7.7. L' HUITRELLE A LHUITRE ET LE PIEZOMETRE SOMPUIS

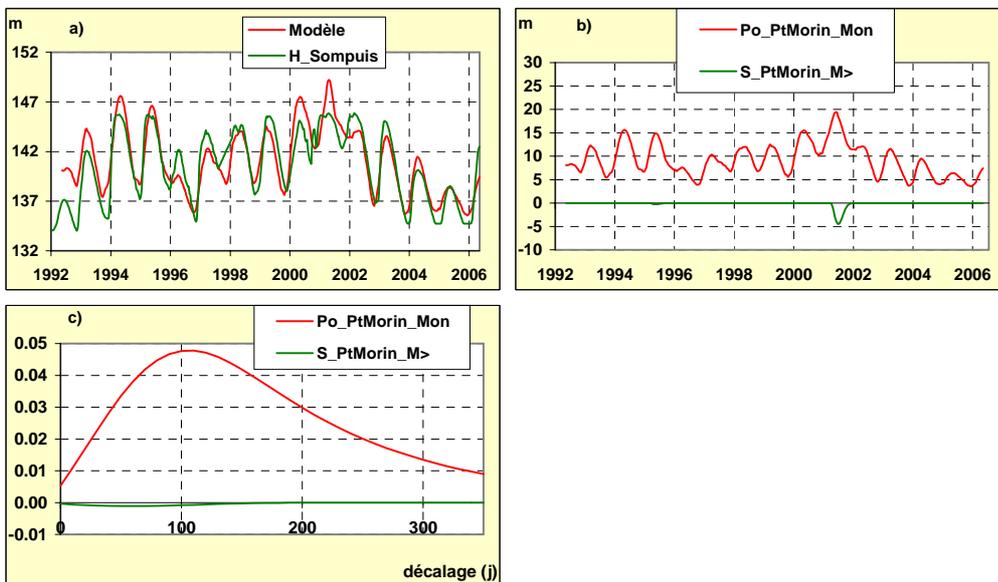


Figure 57 – Le piézomètre Sompuis ne présente pas de composante rapide. Un seuil haut est pris en compte à la cote 146m.

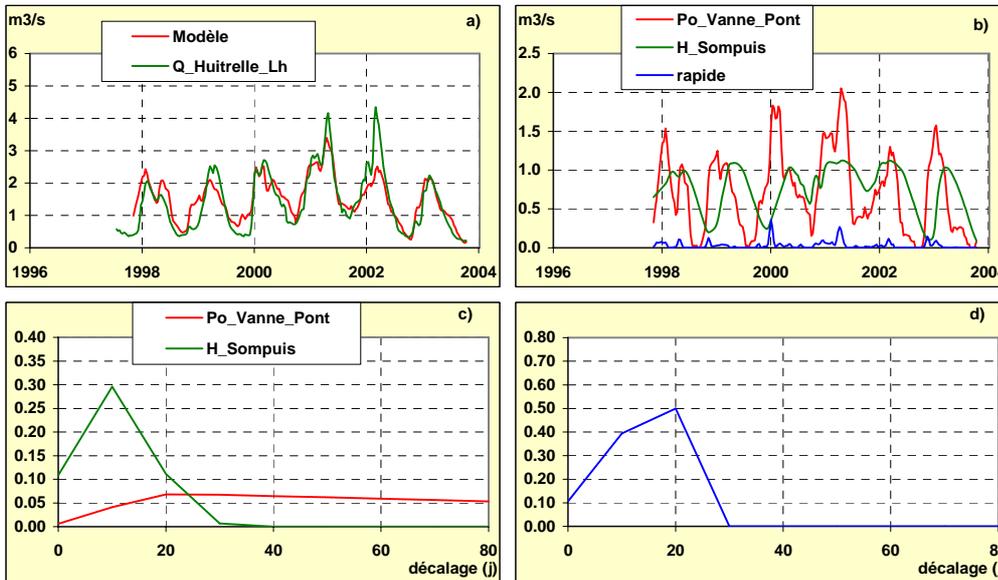


Figure 58 – Modélisation du débit de l' Huitrelle à Lhuître avec le piézomètre Sompuis. Le piézomètre Sompuis ne représente pas la contribution des eaux souterraines de manière exhaustive, y compris pour le soutien des étiages : la composante Po_Vanne intervient également de manière très significative.

7.8. LE GRAND MORIN A MEILLERAY ET LE PIEZOMETRE MECRINGES

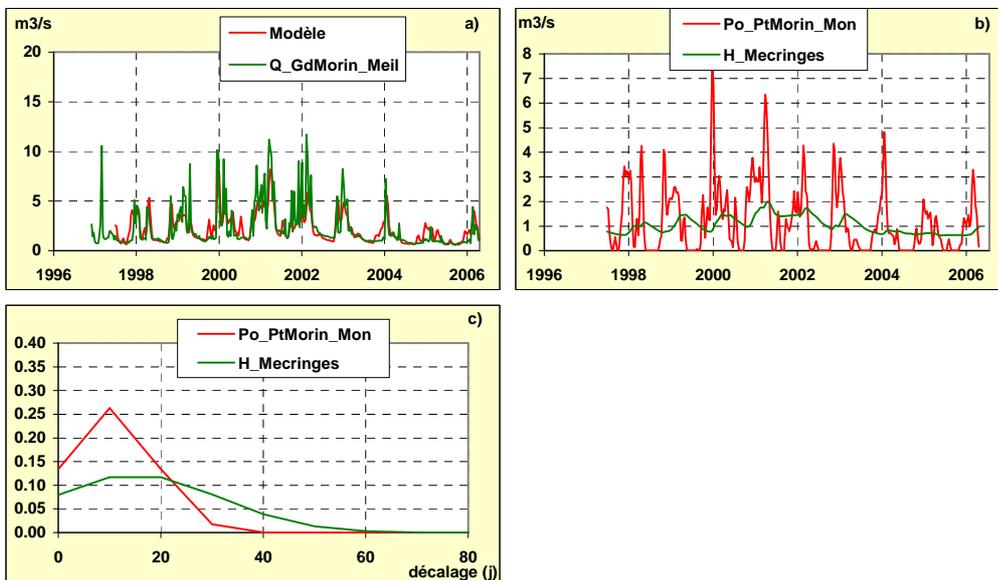


Figure 59 – Modélisation du débit du Grand Morin à Meilleray avec le piézomètre Mecringes. Le piézomètre représente la contribution des eaux souterraines de manière exhaustive. La composante Po_PtMorin se réfère essentiellement au ruissellement en raison de la courte durée de la réponse impulsionnelle (c).

8. La région Ile de France

8.1. LA BIEVRE A VERRIERES-LE-BUISSON (PAS DE PIEZOMETRE)

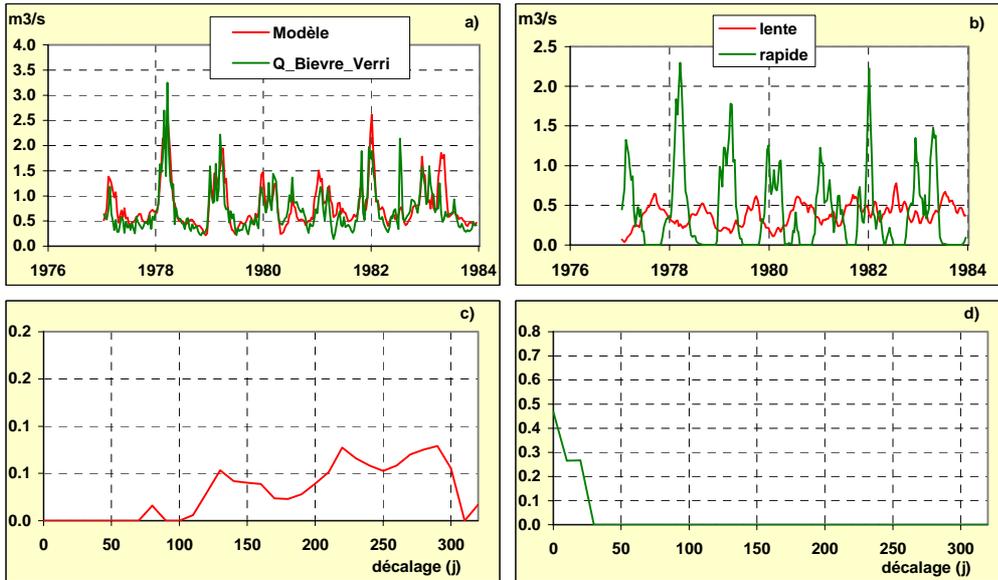


Figure 60 – Modélisation du débit de la Bièvre à Verrières-le-Buisson. En l'absence de piézomètre la composante lente Po_Bievre représente la contribution des eaux souterraines au débit (modèle non paramétrique). La composante rapide met en évidence le ruissellement.

8.2. LA JUINE A MEREVILLE ET LE PIEZOMETRE ANGERVILLE

Le seul piézomètre se trouvant sur le bassin versant qui est Angerville ne peut être utilisé car trop influencé.

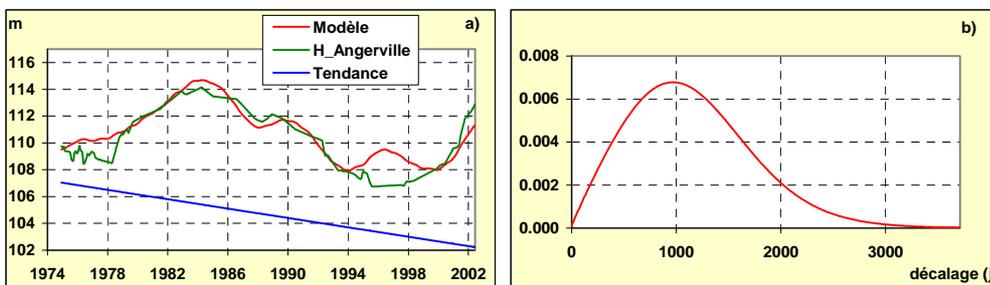


Figure 61 – Le piézomètre Angerville dont la chronique est interrompue en 2002 est très influencé par les pompages.

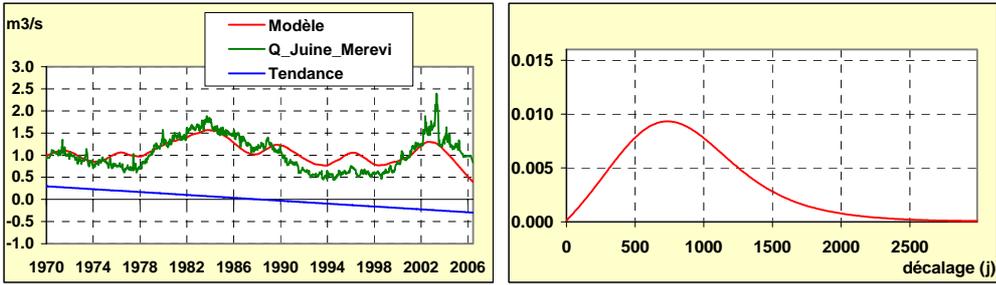


Figure 62- Modélisation du débit de la Juine à Méréville (sans piézomètre). La tendance observée sur le niveau piézométrique se répercute sur le débit de la Juine. Une forte tendance à la baisse s'observe avant 2000, puis le débit semble se stabiliser, voire remonter (Figure 63), probablement en raison de la réduction des prélèvements.

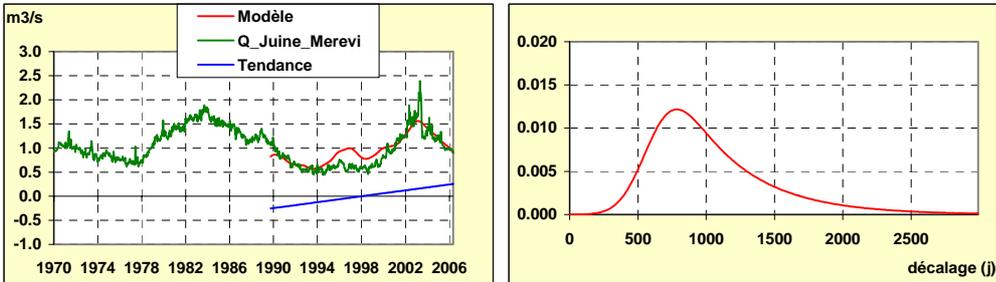


Figure 63 - Modélisation du débit de la Juine à Méréville (sans piézomètre) à partir d'une fenêtre plus étroite.

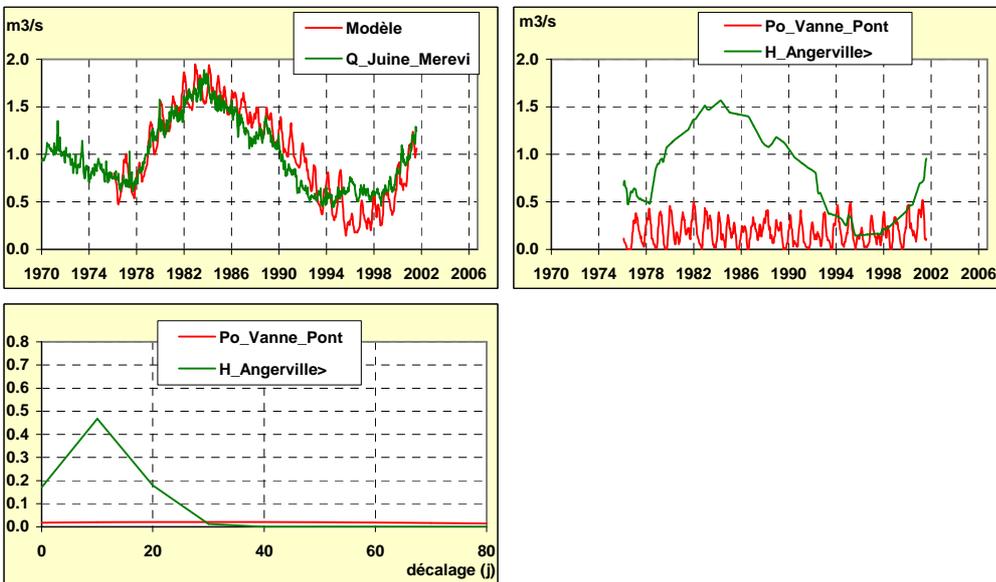


Figure 64 - Modélisation du débit de la Juine à Méréville avec le piézomètre Angerville. Le débit est bien modélisé à partir du piézomètre (la composante Po_Vanne est faible).

Dans l'outil de prévision, le débit de la Juine est modélisé sans piézomètre en raison des influences.

8.3. LA MAULDRE A AULNAY-SUR-MAULDRE (SANS PIEZOMETRE)

Le seul piézomètre se trouvant sur le bassin, Issou, n'est pas exploitable car le niveau piézométrique subit des variations non expliquées.

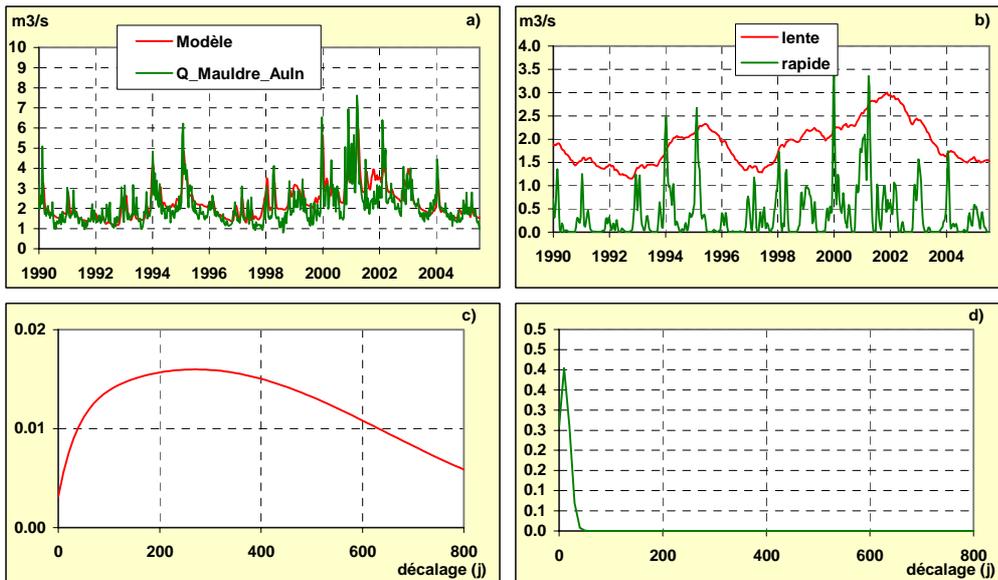


Figure 65 – Modélisation du débit de la Mauldre à Aulnay-sur-Mauldre. En l'absence de piézomètre, la contribution des eaux souterraines est prise en compte par la composante lente. La composante rapide représente le ruissellement.

8.4. LA MAULDRE A BEYNES [MAIRIE] (PAS DE PIEZOMETRE)

Les seuls piézomètres présents sur le bassin versant, Issou et Rocquencourt, sont inutilisables (Issou subit des variations erratiques en 1990 et 1994-1995, Rocquencourt subit un saut de près de 10 m non expliqué en 1999).

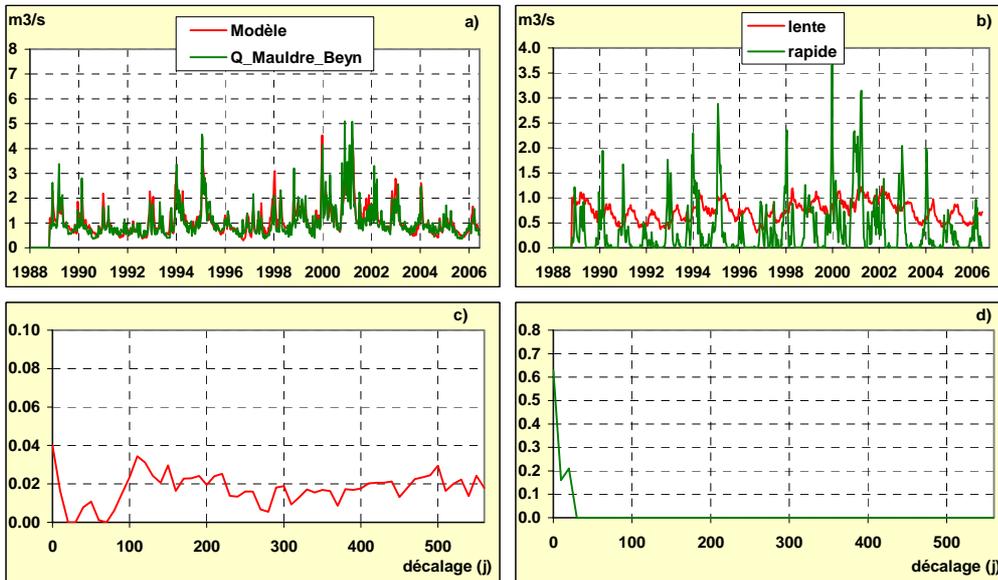


Figure 66 – Modélisation du débit de la Mauldre à Beynes. En l'absence de piézomètre, la composante lente représente la contribution des eaux souterraines. La composante rapide matérialise le ruissellement. Les réponses impulsionnelles sont non paramétriques.

8.5. LA REMARDE A SAINT-CYR-SOUS-DOURDAN ET LE PIEZOMETRE ABLIS

Le seul piézomètre présent sur le bassin, Ablis, est utilisé bien que la chronique soit très courte (1997-2002).

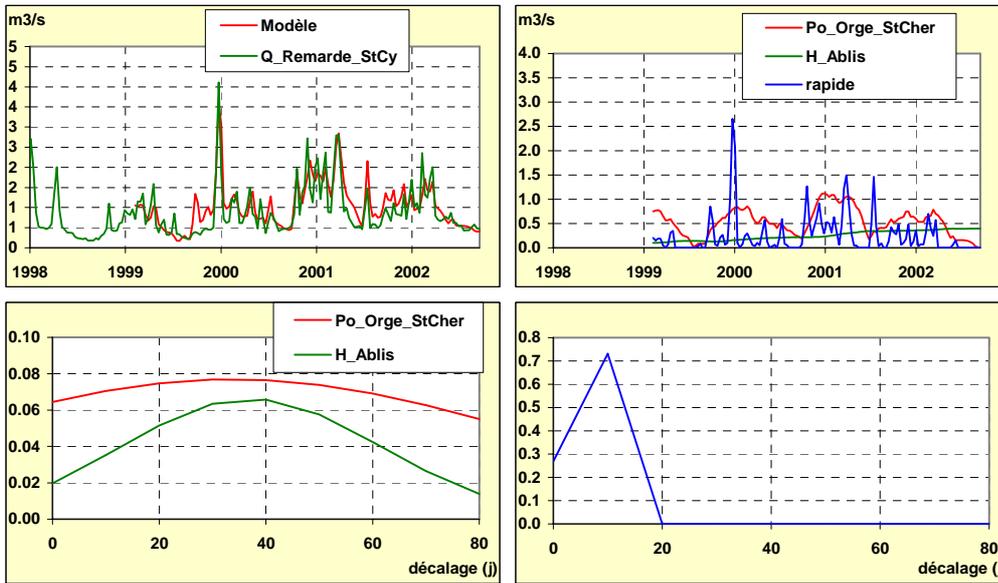


Figure 67 – Modélisation du débit de la Remarde à Saint-Cyr-sous-Dourdan avec le piézomètre Ablis. Les deux composantes H_{Ablis} et Po_{Orge} sont nécessaires pour reproduire la composante souterraine.

8.6. L'AUBETTE DE MAGNY A AMBLEVILLE ET LE PIEZOMETRE BUHY

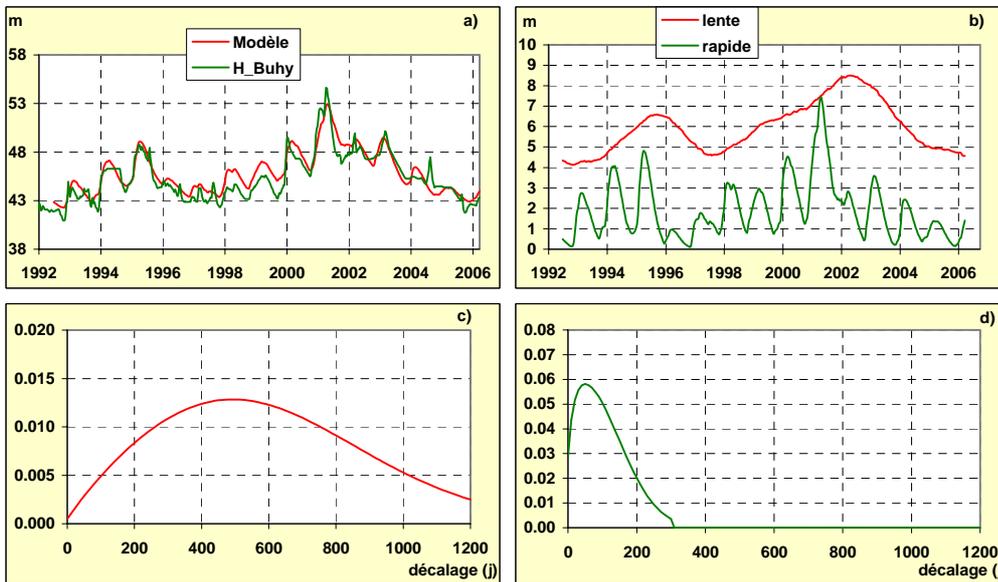


Figure 68 – Le piézomètre Buhy manifeste un comportement de nappe dans la craie très caractéristique (milieu à double porosité produisant une importante composante rapide).

8.7. LE BETZ A BRANSLER ET LE PIEZOMETRE CHEROY

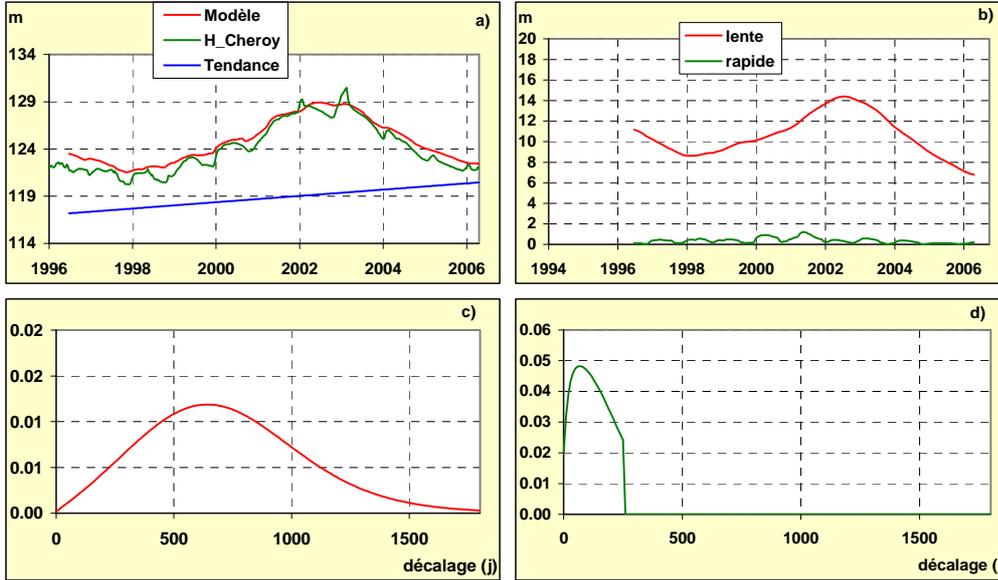


Figure 69 –Le piézomètre Cheroy. Le niveau piézométrique subit une tendance à la hausse (maintenant stabilisée) due probablement à la réduction des prélèvements.

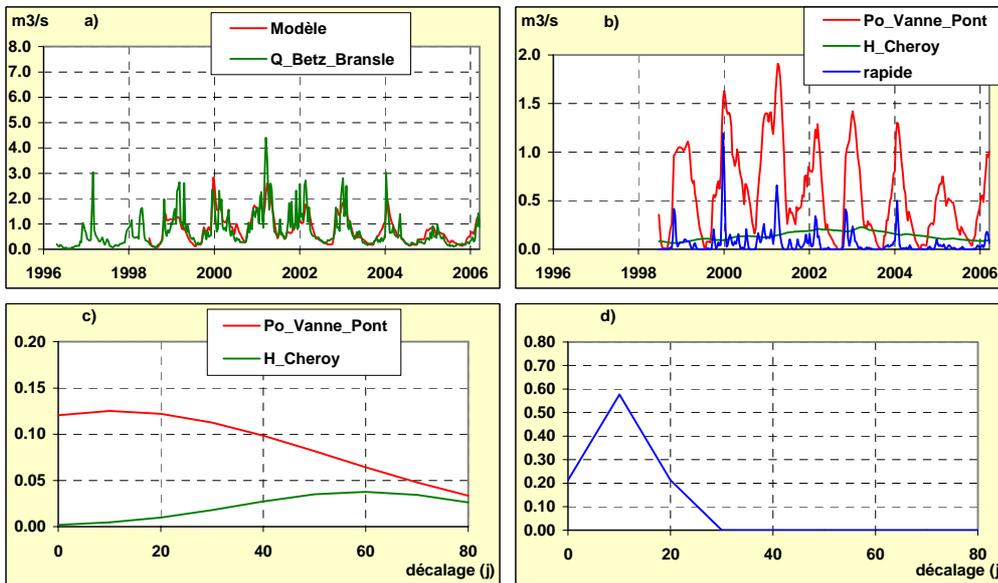


Figure 70 - Modélisation du débit du Betz à Bransles avec le piézomètre Cheroy. Le piézomètre ne représente que très partiellement la contribution des eaux souterraines au débit, la composante la plus importante étant Po_Vanne. La composante rapide est associée au ruissellement.

8.8. LE LUNAIN A PALEY ET LE PIEZOMETRE CHEROY

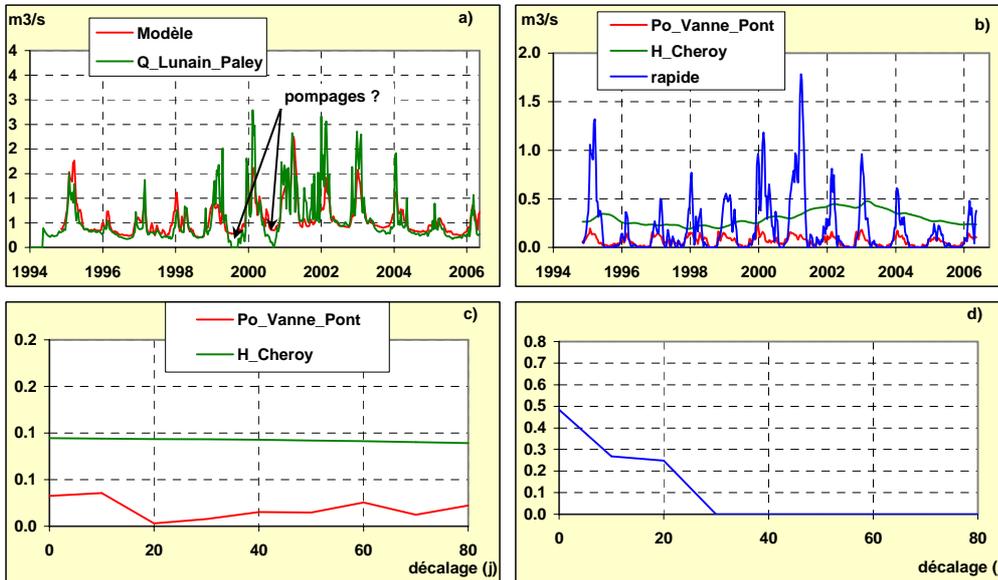


Figure 71 – Modélisation du débit du Lunain à Paley avec le piézomètre Cheroy. Le fonctionnement de la station est mal compris pendant les étiages de 1999 et 2000. Le piézomètre Cheroy représente bien la contribution des eaux souterraines, la composante Po_Vanne étant cette fois marginale. La composante rapide représente le ruissellement.

8.9. LE RU DE GALLY A THIVERVAL (PAS DE PIEZOMETRE)

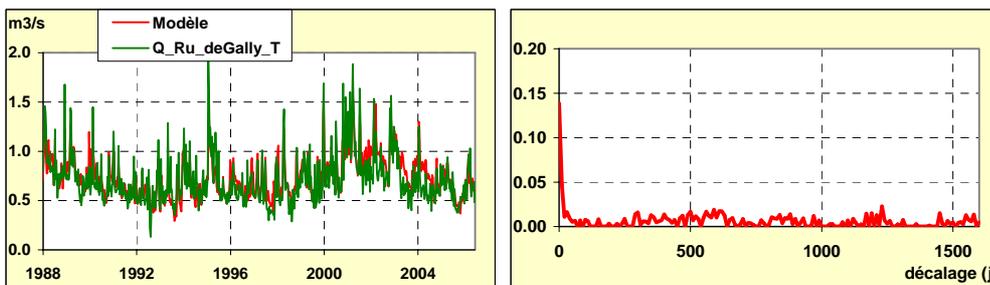


Figure 72 – Modélisation du débit du Ru de Gally à Thiverval. Bien que le débit soit très bruité, les étiages sont bien reproduits grâce à une fonction de transfert unique (modèle non paramétrique) qui, en l'absence de piézomètre, représente à la fois l'écoulement rapide (faibles décalages) et lent.

8.10. LE SAUSSERON A NESLES-LA-VALLEE (PAS DE PIEZOMETRE)

Le seul piézomètre se trouvant sur le bassin, l'Isle Adam, n'est pas utilisable (que mesure ce piézomètre ?).

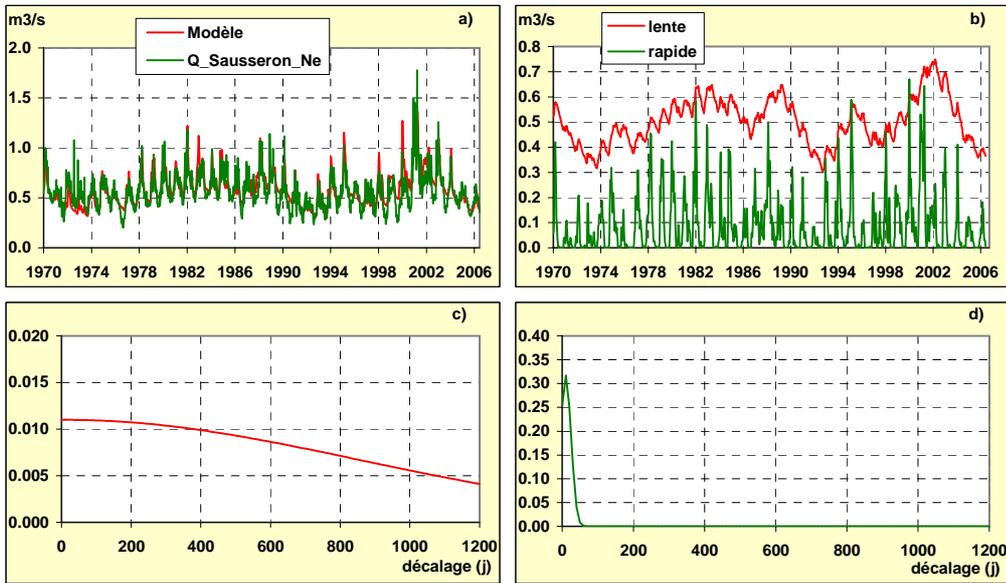


Figure 73 – Modélisation du débit du Sausseron à Nesles-la-Vallée. En l'absence de piézomètre, la composante lente représente la contribution de la nappe au débit et la composante rapide le ruissellement.

8.11. L' ORGE A ST CHERON ET LE PIEZOMETRE GRANGES

Le seul piézomètre se trouvant sur le bassin, Granges, ne peut être modélisé car la chronique est trop courte (seulement une dizaine d'années est utilisable) par rapport au temps de régulation de la nappe. Par contre, ce piézomètre peut être utilisé en entrée du modèle de transfert du débit de l'Orge de manière à décomposer l'hydrogramme.

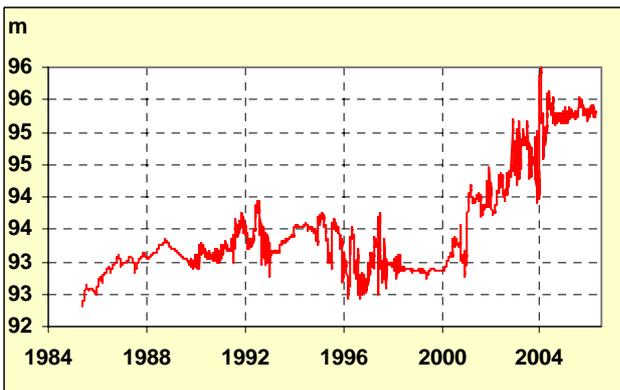


Figure 74 – Piézomètre Granges qui ne peut être modélisé car son fonctionnement est mal compris avant 1996.

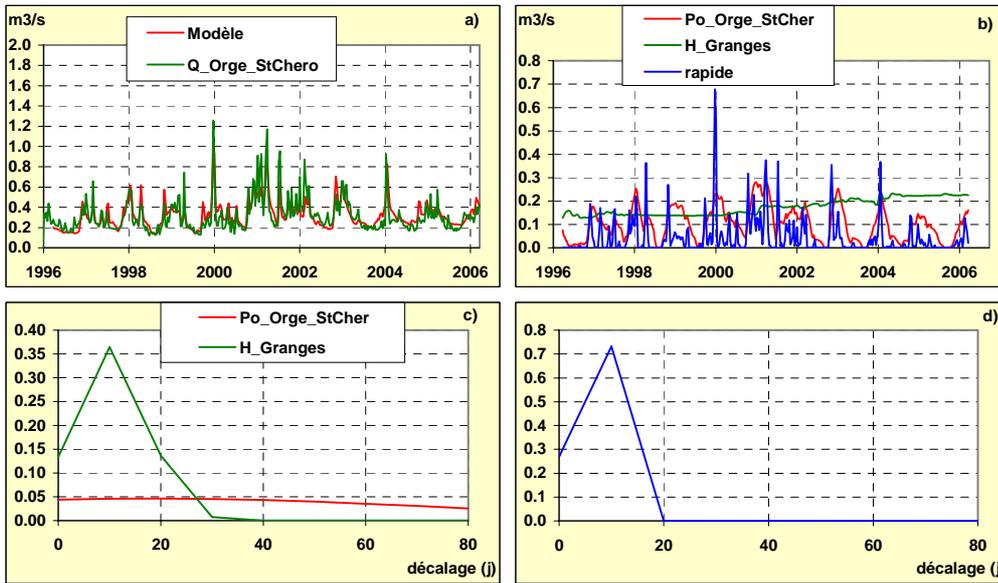


Figure 75 – Modélisation du débit de l’Orge à St Cheron avec le piézomètre Granges qui ne représente que partiellement la contribution de la nappe au débit, la composante Po_Orge étant significative, y compris pendant les étiages. La composante rapide représente le ruissellement.

8.12. L' ORVANNE A BLENNES ET LE PIEZOMETRE CHEROY

Le piézomètre Cheroy a déjà été exposé pour la modélisation du débit du Betz et du Lunain.

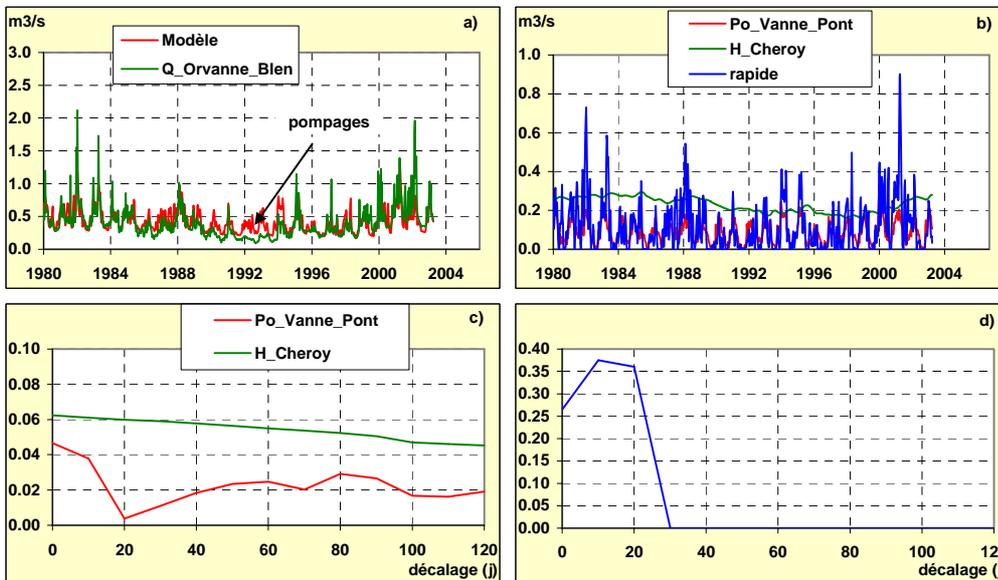


Figure 76 – Modélisation du débit de l’Orvanne à Blennes avec le piézomètre Cheroy. Le modèle semble insensible à l’influence des pompages sur le débit pendant les années à pluviométrie déficitaire (1992,

1993). Le piézomètre Cheroy ne représente que partiellement la contribution des eaux souterraines, la composante *Po_Vanne* restant significative, même pendant certains étiages. La composante rapide représente le ruissellement.

8.13. L'YERRES A COURTOMER (PAS DE PIEZOMETRE)

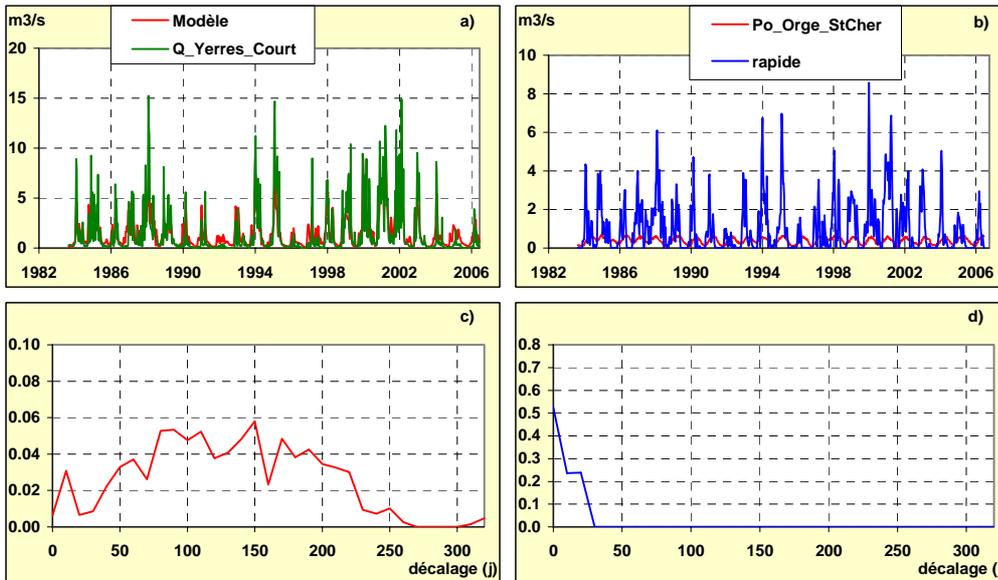


Figure 77 – Modélisation du débit de l'Yerres à Courtomer (modèle non paramétrique). En l'absence de piézomètre la composante lente *Po_Orge* représente la contribution des eaux souterraines et la composante rapide le ruissellement. Lors des étiages, le débit de l'Yerres est très faible, voire nul (notons que le débit est influencé par les pompages lors des années à pluviométrie déficitaire). Les crues qui sont mal prises en compte par le modèle résultent probablement d'un fort contraste de transmissivité entre les deux aquifères superposés qui alimentent l'Yerres.

8.14. L' YVETTE A VILLEBON_SUR_YVETTE

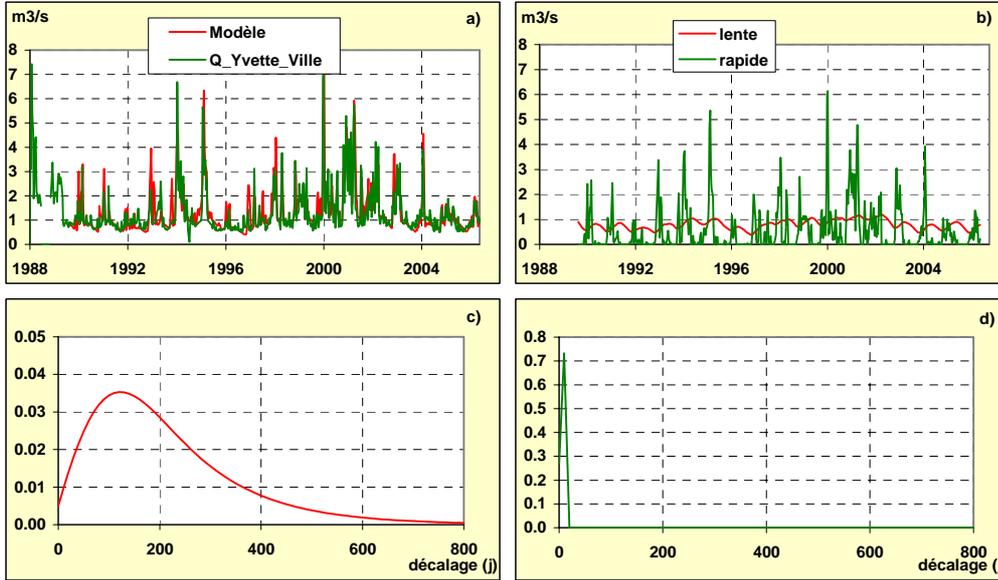


Figure 78 – Modélisation du débit de l' Yvette à Villebon_sur_Yvette. En l'absence de piézomètre la contribution des eaux souterraines au débit est représentée par la composante lente. La composante rapide représente le ruissellement.

8.15. L'ESSONNE A BOULANCOURT ET LE PIEZOMETRE ENGENVILLE (REGION CENTRE)

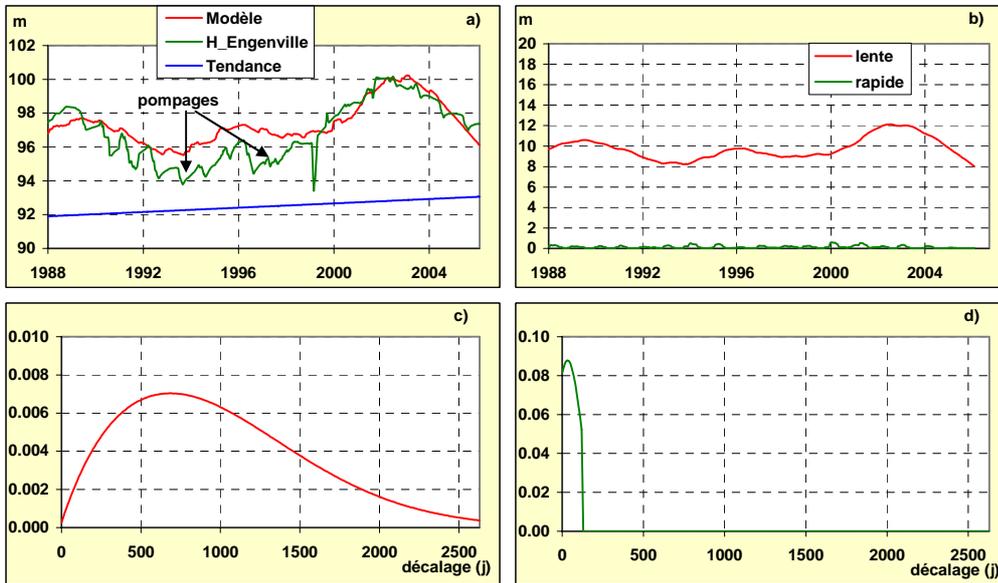


Figure 79 – Le piézomètre Engenville présente une tendance à la hausse, probablement suite à une diminution des prélèvements. Ce piézomètre a été influencé par les pompages au cours des années à pluviométrie déficitaire (1993-1997). La composante rapide est très faible.

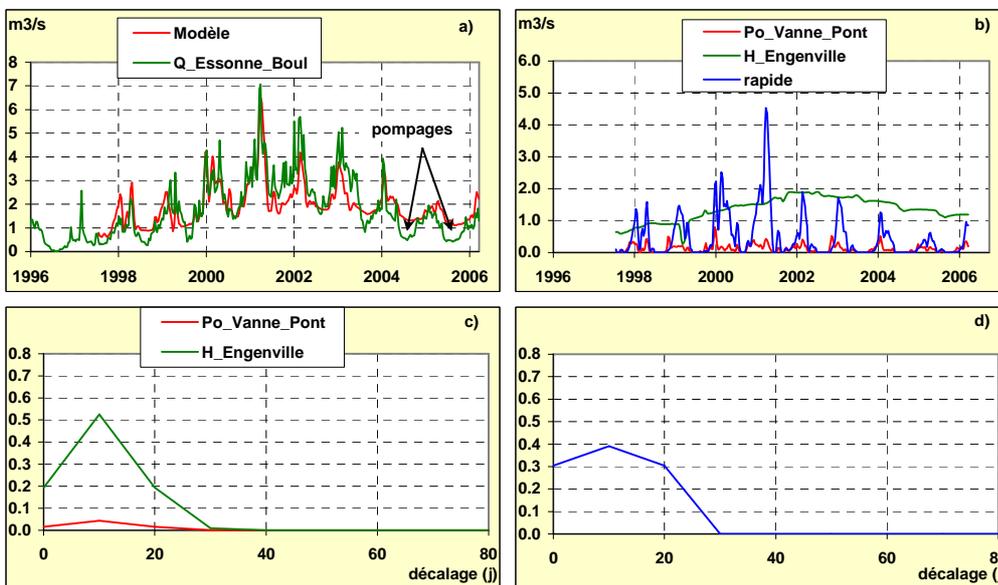


Figure 80 – Modélisation du débit de l'Essonne à Boulancourt avec le piézomètre Engenville. Celui-ci signe bien la contribution des eaux souterraines au débit après 1996 (notons que le débit fut influencé par les pompages pendant les étés 2004 et 2005). La composante rapide représente le ruissellement.

8.16. LA VANNE A PONT_SUR_VANNE ET LE PIEZOMETRE CHAMOY (BOURGOGNE)

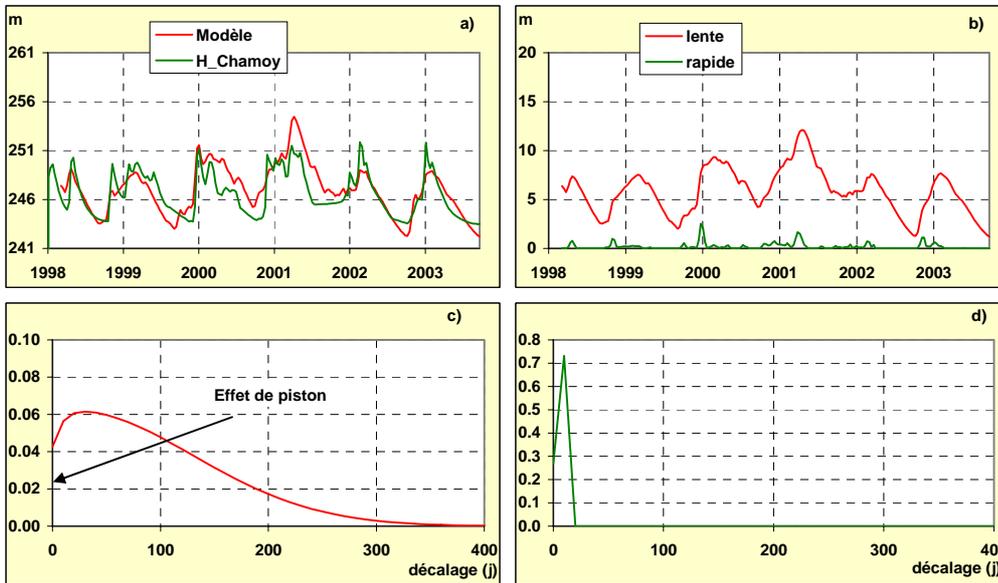


Figure 81 – Le piézomètre Chamoy présente une composante rapide très faible et une composante lente révélant un effet de piston très marqué (transfert de pression au travers de la zone non saturée entraînant une réponse rapide de la nappe).

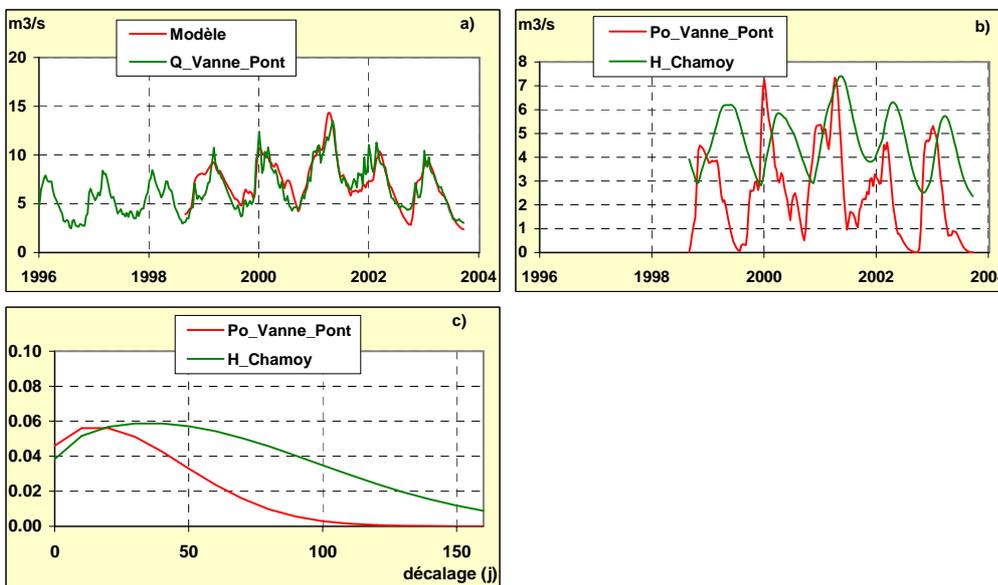


Figure 82 – Modélisation du débit de la Vanne à Pont_sur_Vanne avec le piézomètre Chamoy qui ne représente que partiellement la contribution des eaux souterraines au débit. La composante Po_Vanne représente pro-parte le ruissellement aux faibles décalages (c) puis une contribution des eaux souterraines au fur et à mesure que le décalage augmente.

9. L'environnement EXCEL

Il se présente sous la forme d'un classeur EXCEL qui comporte les feuilles :

- 'Prévision' (Figure 83) destinée aux mises à jour de la base de données et à l'exécution de la prévision selon les différents paramètres affichés (Figure 84 et Figure 85).
- 'Graphiques' (Figure 86) où chacun des piézomètres est représenté: observations du niveau piézométrique, modèle et prévision sous la forme de quantiles.
- 'Données' qui constitue la base de données **au pas journalier** (pluie aux différentes stations, ETP, niveaux piézométriques).
- 'Volumes' qui permettent de calculer les volumes disponibles correspondant à différentes périodes de retour du débit.

Les liens associés aux différents graphiques se trouvent sur les feuilles 'Previ_1', 'Previ_2',... (légendes, séries).

La prévision est réalisée à la fois à court et long terme :

- **la prévision à court terme est conditionnelle** (partant de la dernière observation). C'est la prévision des niveaux piézométriques à partir d'un état donné observé (date d'émission de la prévision) pour une période donnée (durée de la prévision).
- **la prévision à long terme est non conditionnelle (analyse des périodes de retour)**. Pour cela, la période de prévision doit débuter plusieurs années après la date d'émission de la prévision de manière à rendre la prévision indépendante de l'état initial du système.

Ces deux types de prévision sont réalisés simultanément de manière à déterminer la portée de la prévision, c'est à dire la durée au-delà de laquelle les prévisions à court et long terme se confondent. Au-delà de la portée de la prévision, le système a perdu la mémoire des conditions initiales et la prévision devient indépendante de la date d'émission. Dans le cas de la prévision de niveaux piézométriques, la portée de la prévision est directement reliée au temps de transit du système.

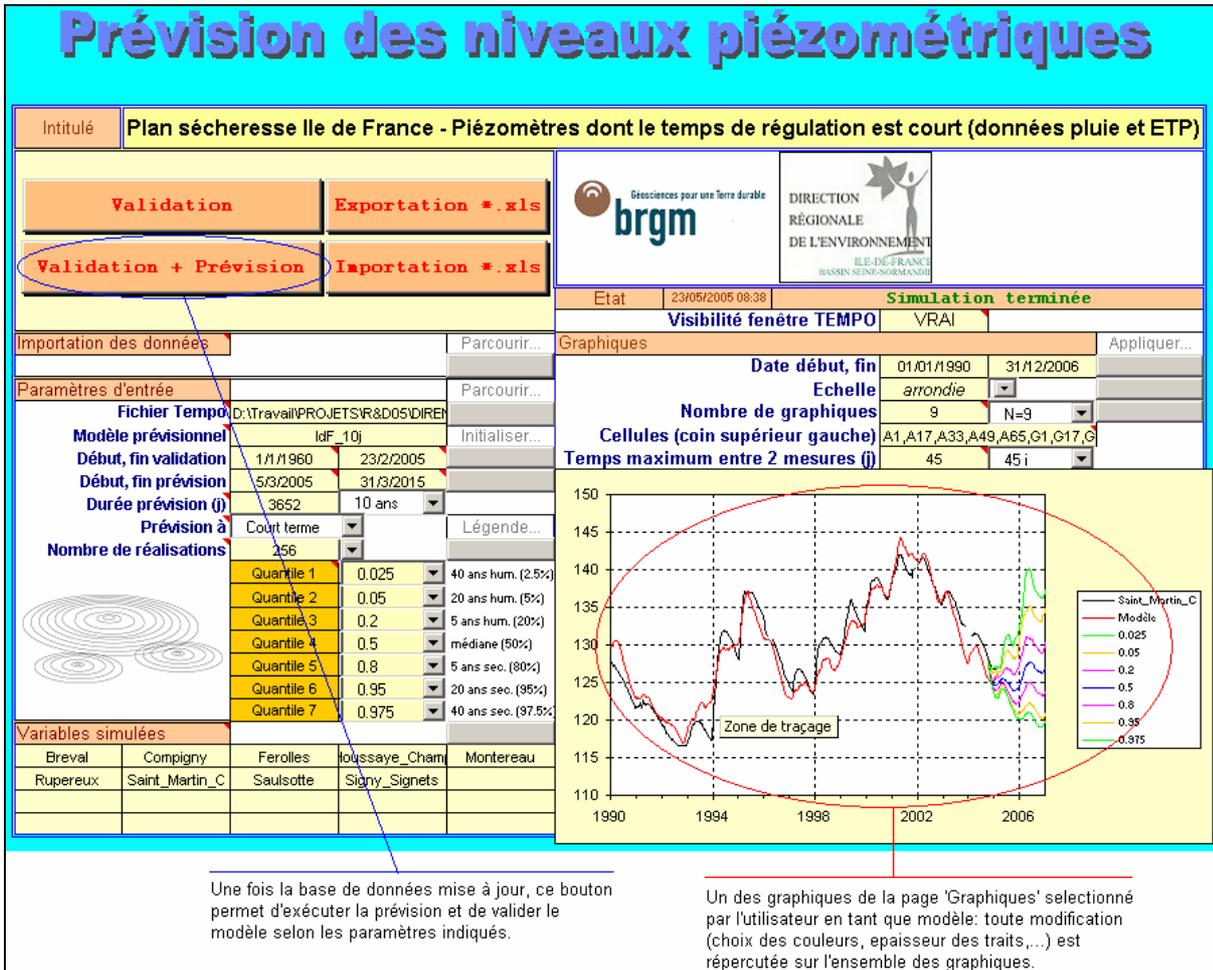


Figure 83 – Feuille 'Prévision' du classeur EXCEL.

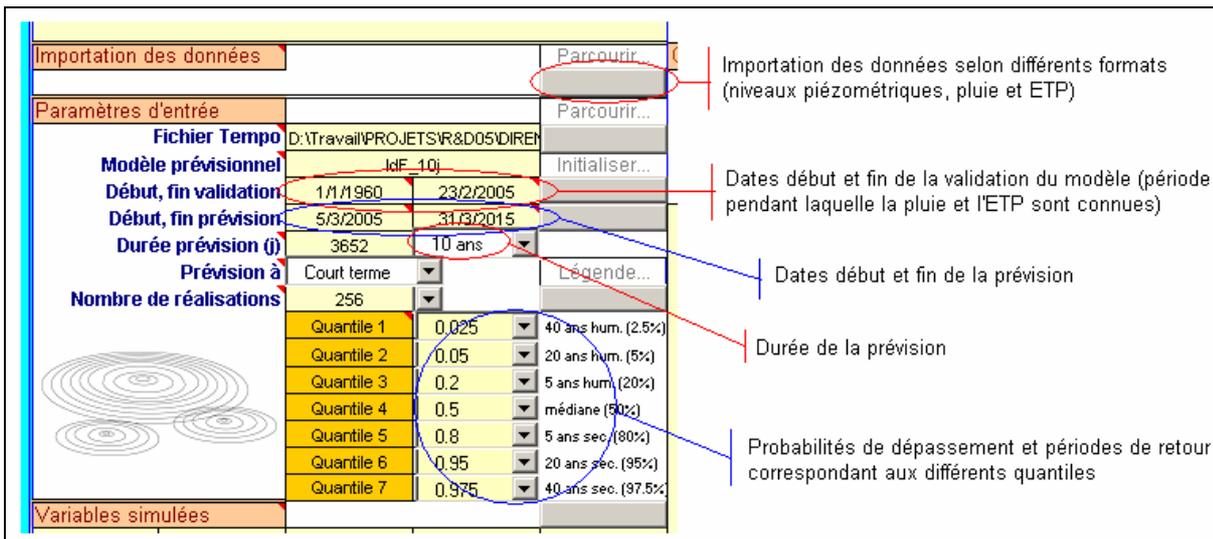


Figure 84 – Les différents paramètres de la prévision.

Estimation des volumes disponibles

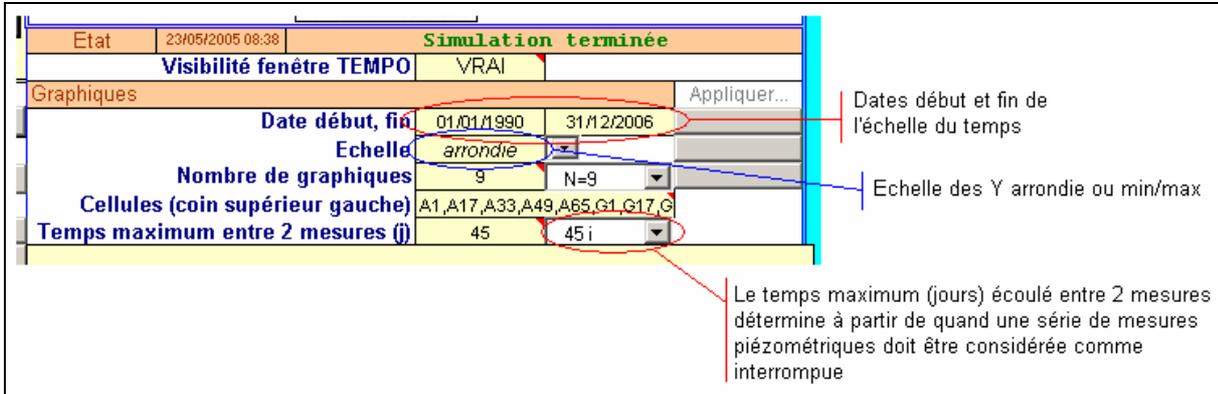


Figure 85 – Les différents paramètres de la représentation graphique.

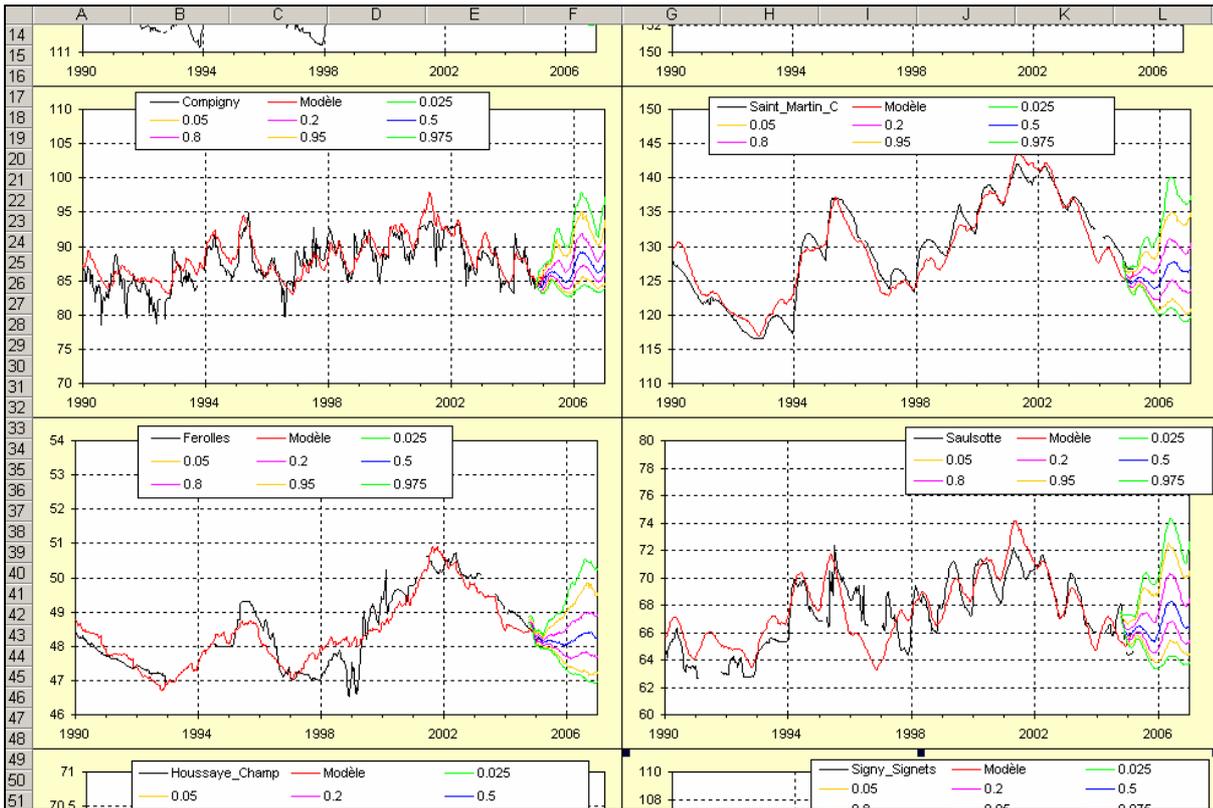


Figure 86 –La feuille ‘Graphiques’ représente l’ensemble des piézomètres associés à un modèle prévisionnel

Estimation des volumes disponibles

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K |
|----|--------------|-------------|-------------|------------|----------------|------------|---------------|--------------|----------|----------|----------|
| 1 | Calculer | DOE | 0.0864 | | | | | | | | |
| 3 | Avre_Moreuil | 1.200 | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 |
| 4 | Hangest | 100% | 1.22E-01 | 2.24E-01 | 2.21E-01 | 1.39E-01 | 6.44E-02 | 2.54E-02 | 9.52E-03 | 3.54E-03 | 1.31E-03 |
| 10 | | | Hangest | | | | | | DOE | 1.2 | |
| 11 | 03/2006 | 8% | 0.1 | | | | | | DCR | 0.8 | |
| 12 | 04/2006 | 8% | 0.1 | | | | | | | | |
| 13 | 05/2006 | 17% | | | | | | | | | |
| 14 | 06/2006 | 17% | | | | | | | | | |
| 15 | 07/2006 | 25% | | | | | | | | | |
| 16 | 08/2006 | 25% | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | |
| 18 | Hangest | 40 ans hum. | 10 ans hum. | 3 ans hum. | (médiane (50%) | 3 ans sec. | (710 ans sec. | (40 ans sec. | (97.5%) | | |
| 19 | 03/2006 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | | |
| 20 | 04/2006 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | | |
| 21 | 05/2006 | 0.6 | 0.2 | -1.6 | -8.5 | -18.7 | -22.2 | -22.2 | | | |
| 22 | 06/2006 | 0.6 | 0.2 | -1.6 | -8.5 | -18.7 | -22.2 | -22.2 | | | |
| 23 | 07/2006 | 0.9 | 0.3 | -2.5 | -12.8 | -28.1 | -33.2 | -33.2 | | | |
| 24 | 08/2006 | 0.9 | 0.3 | -2.5 | -12.8 | -28.1 | -33.2 | -33.2 | | | |
| 25 | TOTAL | 3.1 | 1.2 | -8.0 | -42.4 | -93.6 | -110.6 | -110.6 | | | |

Volumes déjà prélevés (millions de m3)

Volumes disponibles

plan de gestion

Le DOE est dépassé même en l'absence de prélèvements

Figure 87 – Une feuille EXCEL permettant de calculer les volumes disponibles.

10. Conclusion

Cette étude a permis de mettre en évidence les critères applicables aux différents bassins pour la prévision de l'état de recharge des différentes masses d'eau et les volumes disponibles.

La prévision s'appuie sur une méthode stochastique visant à générer des séries de pluie, d'ETP et de niveaux piézométriques en nombre suffisant pour représenter les différents quantiles de manière fiable. Elle permet en outre d'automatiser la procédure de prévision en fonction des besoins concrets.

La méthode stochastique est également utilisée pour la prévision à long terme (prévision non conditionnelle) indépendamment des conditions initiales, de manière à représenter les niveaux piézométriques et les débits en fonction de la période de retour. Cette méthode est générale et s'applique quel que soit le temps de régulation de la nappe, contrairement aux méthodes statistiques classiques basées sur l'analyse des niveaux observés en considérant les années indépendamment les unes des autres.

L'outil de prévision fonctionne sous environnement EXCEL. Pour être opérationnel, tout modèle prévisionnel doit au préalable faire l'objet d'un calage, ce qui sous entend une critique des données, puis une validation.

La représentation des propriétés capacitatives des différents bassins et leur extension aux masses d'eau est destinée à préciser le mode de gestion des différentes entités hydrogéologiques.

11. Bibliographie

11.1. ARTICLES SCIENTIFIQUES

- 1) Pinault, J.-L., and S. Schomburgk (2006), Inverse modeling for characterizing surface water/groundwater exchanges, *Water Resour. Res.*, 42, W08414, doi:10.1029/2005WR004587.
- 2) Pinault, J.-L., N. Amraoui, and C. Golaz (2005), Groundwater-induced flooding in macropore-dominated hydrological system in the context of climate changes, *Water Resour. Res.*, 41, W05001, doi:10.1029/2004WR003169
- 3) Pinault, J.-L., N. Doerfliger, B. Ladouche, and M. Bakalowicz (2004), Characterizing a coastal karst aquifer using an inverse modeling approach: The saline springs of Thau, southern France, *Water Resour. Res.*, 40, W08501, doi:10.1029/2003WR002553.
- 4) Pinault J-L, Pauwels H. and Cann Ch., Inverse modeling of the hydrological and the hydrochemical behavior of hydrosystems: Application to nitrate transport and denitrification, *Water Res. Research*, 37 (8), pp 2179-2190, 2001.
- 5) Pinault J-L, Plagnes V, Aquilina L. and Bakalowicz M., Inverse modeling of the hydrological and the hydrochemical behavior of hydrosystems: Characterization of karst system functioning, *Water Res. Research*, 37 (8), pp 2191-2204, 2001.
- 6) Lachassagne P, Pinault J-L, Laporte P, Radon 222 emanometry: a relevant methodology for water well siting in hard rock aquifers, *Water Res. Research*, 37 (12), pp 3131-3148, 2001.
- 7) Pinault J-L, Baubron J-C, Signal processing of diurnal and semidiurnal variations in radon and atmospheric pressure: A new tool for accurate in situ measurement of soil gas velocity, pressure gradient, and tortuosity, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 102, N° B8, pp 18,101-18,120, 1997
- 8) Pinault J-L, Baubron J-C, Signal processing of soil gas radon, atmospheric pressure, moisture and soil temperature data: A new approach for radon concentration modelling, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 101, N° B2, pp 3157-3171, 1996

11.2. RAPPORTS

Normand M. , Pinault J.L. , Seguin J.J., Vernoux J.F. (2005) – Assistance au plan sécheresse en Ile de France. Analyse critique des données piézométriques et prévision de niveaux non influencés. Rapport BRGM/RP-54221-FR, 101 pages, 132 figures, 13 tableaux, 6 annexes

Annexe 1

Mode opératoire de l'outil de prévision

Il est constitué d'un fichier EXCEL par bassin. Chaque sous bassin fait l'objet d'un répertoire.

Ce répertoire contient également l'exécutable TEMPO.EXE appelé depuis les fichiers EXCEL ainsi que différents fichiers d'échange.

1) Première utilisation

Copier les répertoires correspondant aux différents sous bassins depuis le CD ROM. Déverrouiller en écriture : le répertoire étant sélectionné depuis l'explorateur Windows, agir sur le bouton droit de la souris et modifier les propriétés. EXCEL étant activé, ouvrir l'une des macros EXCEL (Previ_Avre.xls, Previ_Serre.xls, Previ_Aronde.xls. Le chemin du fichier associé au logiciel Tempo Avre.\$pa, Serre.\$pa, Aronde.\$pa doit être défini explicitement (Figure 88). Le chemin peut être redéfini à tout moment (Figure 89). En particulier ce chemin devra être redéfini à chaque fois que les répertoires sont déplacés ou que leur nom est modifié. Cette procédure qui peut paraître contraignante permet d'appeler différents fichiers TEMPO correspondant à diverses applications depuis un seul et même environnement EXCEL.

2) Mise à jour des données climatologiques

Les données climatologiques sont au pas décadaire, bien qu'elles soient représentées au pas journalier dans la base de données de la feuille 'Données'. Ces données sont lues depuis la climathèque de meteo-France. La pluie est lue au format SANDRE (Figure 90 à Figure 97) et l'ETP au format en colonnes (Figure 98 et Figure 99).

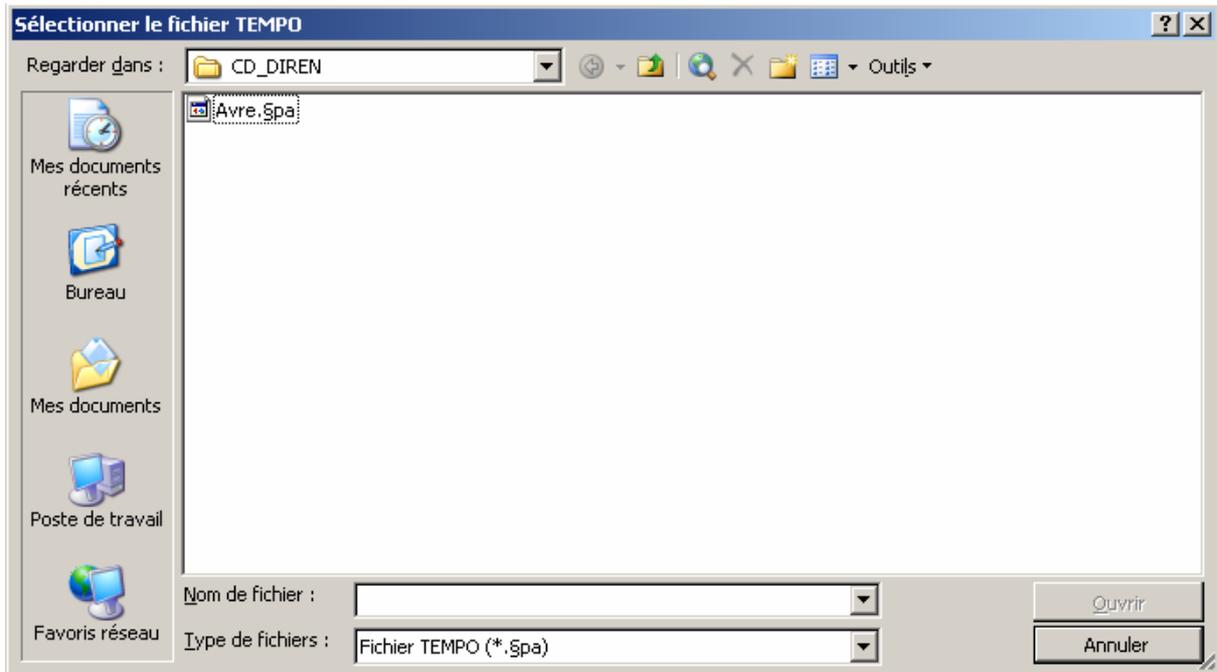


Figure 88 – Boite de dialogue invitant à définir le fichier associé au logiciel Tempo

| | | |
|-----------------------------|---------------------------------|----------------|
| Importation des données | | Parcourir... |
| Paramètres d'entrée | | Parcourir... |
| Fichier Tempo | D:\Travail\PROJETS\R&D06\Picard | |
| Modèle prévisionnel | Avre | Initialiser... |
| Début fin validation | 11/11/90 31/12/2006 | |

Figure 89 - Définition du chemin du fichier associé à Tempo.



Figure 90 – Saisie des pluies depuis la climathèque

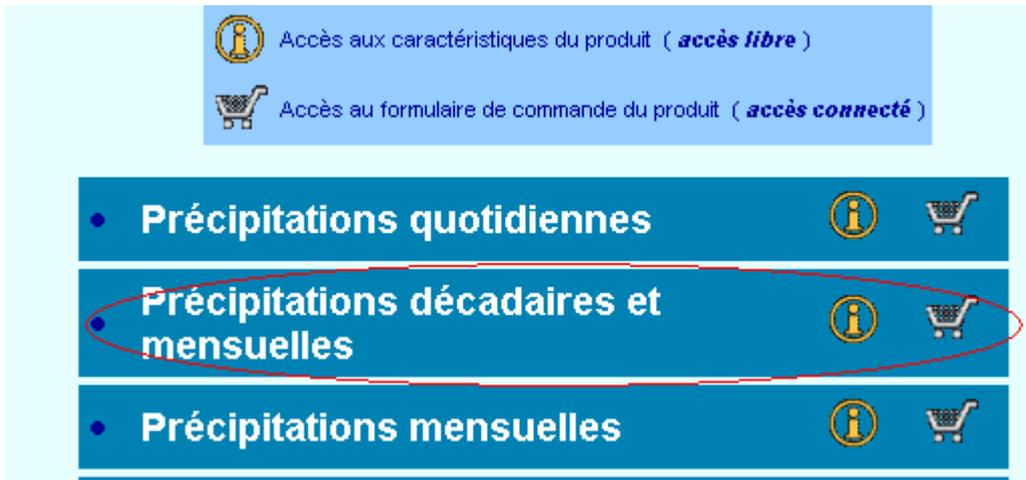


Figure 91 - Saisie des pluies depuis la climathèque (pas de temps)

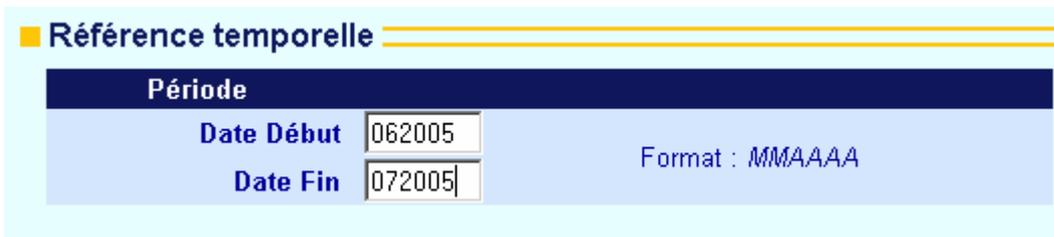


Figure 92 - Saisie des pluies depuis la climathèque (référence temporelle)

Définir ses critères, lancer la recherche, puis sélectionner ses stations météorologiques.

Moteur de recherche de stations
 Charger une liste pré-élaborée de stations
 Accès rapide

MOTEUR DE RECHERCHE DES STATIONS METEOS

Vider les critères

Par nom de station
 Par numéro(s)
 Par code du bassin

Selon la période d'ouverture du au

Selon le type de station 0 1 2 3 4 5

Selon les paramètres mesurés Pluie Température Humidité Pression
 Vent Rayonnement Insolation Etat mer

Selon la proximité d'une commune

Nom ou numéro de commune à rechercher

Message :

Figure 93 - Saisie des pluies depuis la climathèque (station)

Définir ses critères, lancer la recherche, puis sélectionner ses stations météorologiques.

| NUMERO | E | I | T | Nom de la station |
|----------|---|---|---|-------------------|
| 28041001 | 0 | 2 | | BLANDAINVILLE |
| 28048001 | 0 | 4 | | LA BOURDINIERE |
| 28070001 | 0 | 0 | | CHARTRES |
| 28094001 | 0 | 4 | | CHAUDON |
| 28168001 | 0 | 4 | | GALLARDON |
| 28195001 | 0 | 4 | | HOUX |
| 28196001 | 0 | 4 | | ILLIERS-COMBRAY |
| 28203001 | 0 | 4 | | LANDELLES |
| 28350001 | 0 | 4 | | ST-LUPERCE |
| 28380001 | 0 | 4 | | SOURS - MAN |
| 28380002 | 0 | 2 | | SOURS |
| 28386001 | 0 | 4 | | THIMERT |

12 postes dans la liste

Station(s) sélectionnée(s) :

Etablir le devis

Figure 94 - Saisie des pluies depuis la climathèque (sélection de la station et validation)

| Supprimer | Description | Détail | Conserver ce formulaire | Devis en € |
|--------------------------|---|--------|-------------------------|---------------|
| <input type="checkbox"/> | Précipitations décadaires et mensuelles | | | 0,14 |
| | | | Total | 0,14 € |

(1 € = 10 points)

Ajouter un produit Supprimer **Confirmer la commande**

Figure 95 - Saisie des pluies depuis la climathèque (commande)

Boîte de réception des produits commandés (total : 16)

Actualiser Comment récupérer un produit ? Tarification

| Référence | Statut | Description | Commandé le | Prix en € | Récupérer |
|-----------|--|---|--------------------|-----------|-----------|
| 99136 | Arrivé | Précipitations décadaires et mensuelles | 02/08/2005 à 14:24 | 0,14 | |
| 88185 | Anomalie! plus d'infos | Précipitations décadaires et mensuelles | 13/06/2005 à 09:16 | | |

Figure 96 - Saisie des pluies depuis la climathèque (extraction)

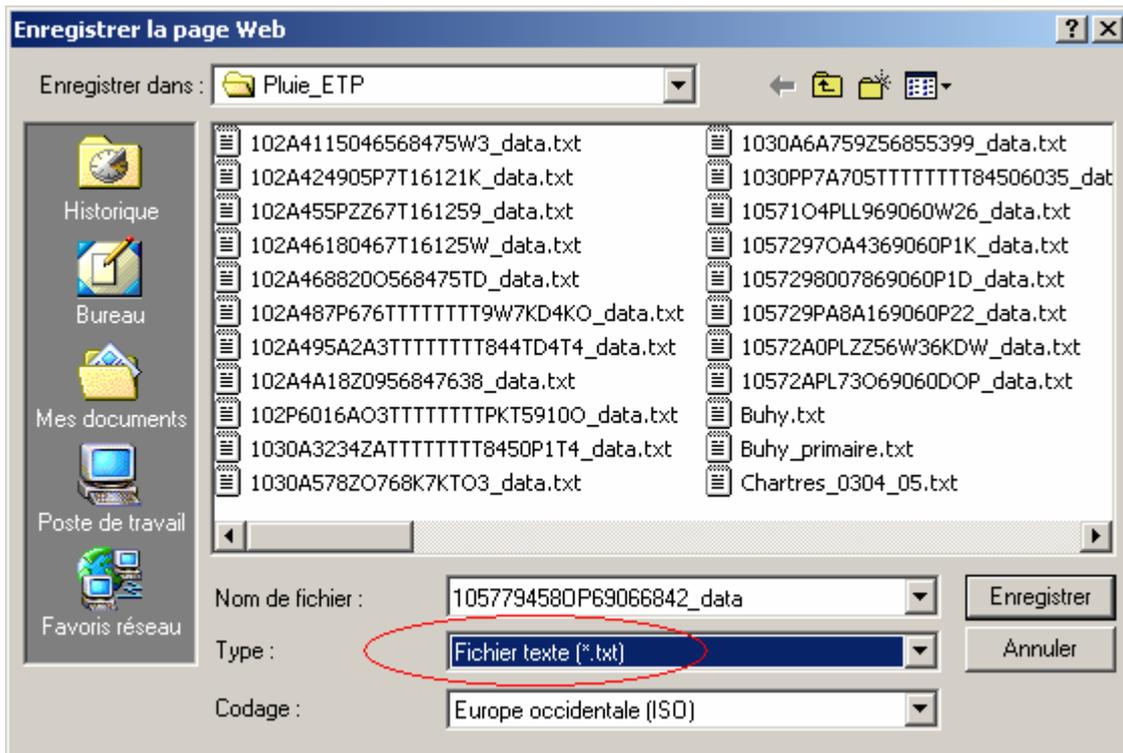


Figure 97 - Saisie des pluies depuis la climathèque (enregistrement)

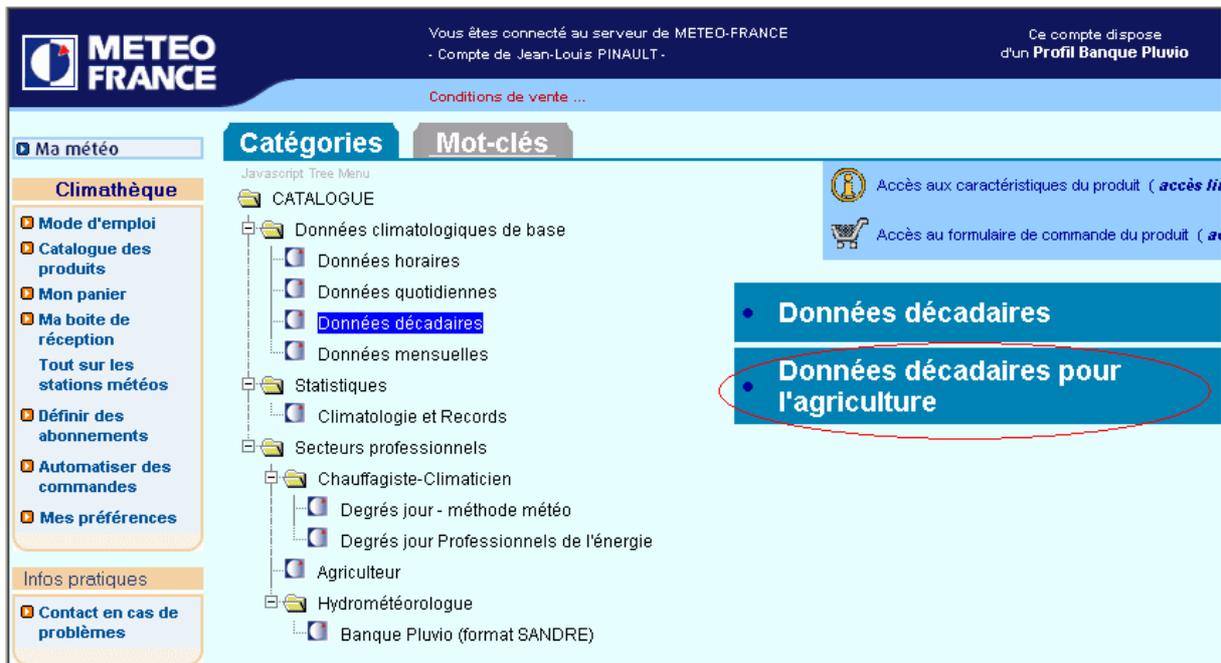


Figure 98 - Saisie de l'ETP depuis la climathèque

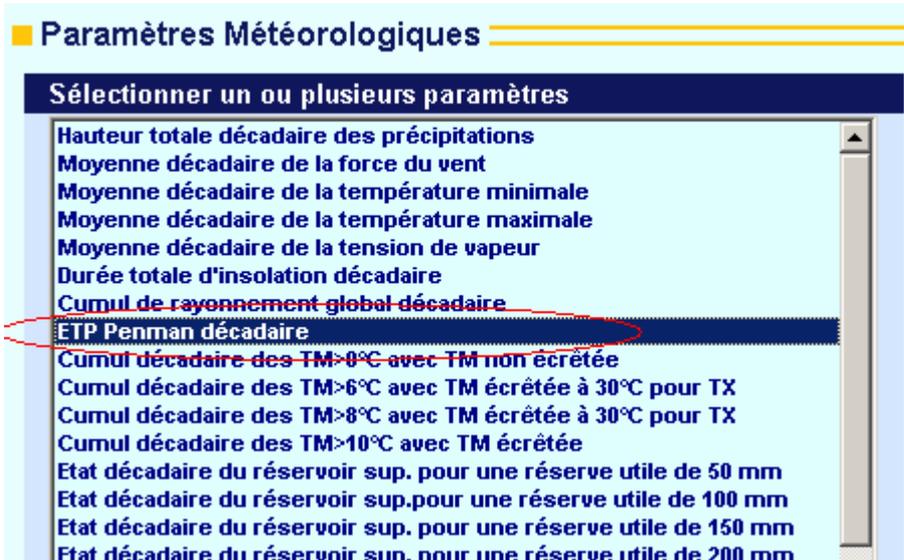


Figure 99 - Saisie de l'ETP depuis la climathèque (suite)

Les fichiers TEXTE créés sont importés dans la base de données EXCEL (Figure 100 à Figure 102).

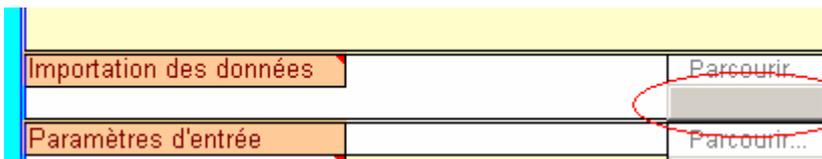


Figure 100 - Importation des données de pluie depuis Normandie.xls.

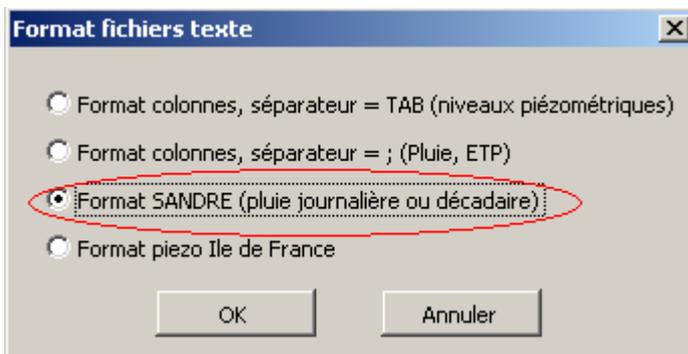


Figure 101 - Importation des données de pluie depuis Normandie.xls (choix du format)

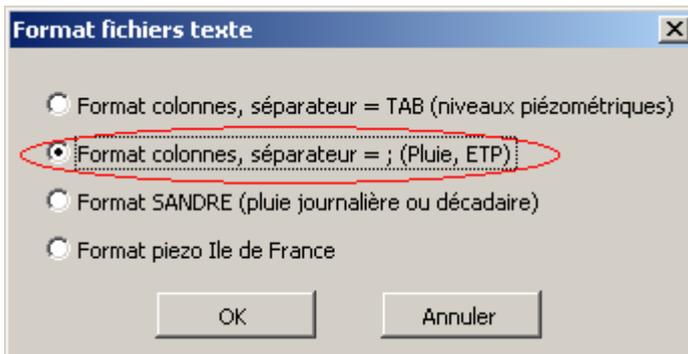


Figure 102 - Importation des données d'ETP depuis Normandie.xls (choix du format)

3) Mise à jour des données piézométriques

Les données piézométriques enregistrées en format TEXTE sont importées de la même manière (Figure 103).

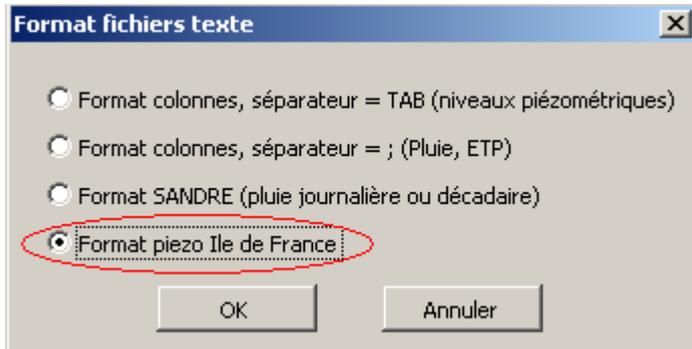


Figure 103 - Importation des données piézométriques depuis Normandie.xls (choix du format)

4) Validation ou simulation

La base de données de la feuille 'Données' étant à jour, il ne reste plus qu'à définir les références temporelles (Figure 104), puis activer la validation ou bien l'enchaînement des tâches validation et simulation (Figure 105). L'avancement des calculs (Figure 106) apparaît lors de la simulation (prévision) qui peut être interrompue à tout moment (le temps nécessaire peut quelques minutes, fonction de la fréquence d'horloge du processeur). Cette boîte de dialogue apparaît d'abord sur le fenêtre EXCEL puis disparaît pour ne réapparaître qu'en tâche de fond.

La validation consiste à visualiser les observations piézométriques et les débits ainsi que leurs modèles. La prévision aboutit à la représentation des différents quantiles.

| | | | |
|------------------------------|-------------|------------|---------|
| Début, fin validation | 1/1/1990 | 31/12/2006 | |
| Début, fin prévision | 28/6/2006 | 31/3/2012 | |
| Durée prévision (j) | 1826 | 5 ans | |
| Prévision à | Court terme | | Légende |

Figure 104 Références temporelles se la prévision: date de la fin de la validation et du début de la prévision.

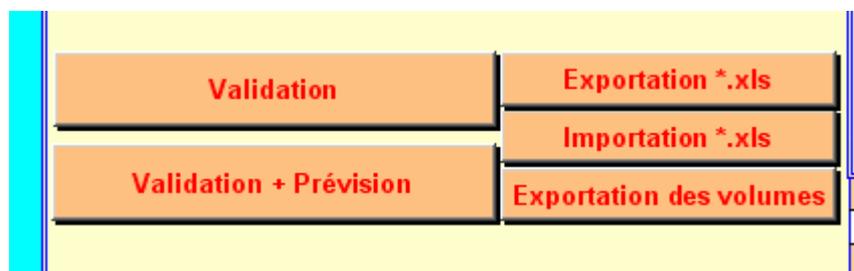


Figure 105 - Validation, simulation.

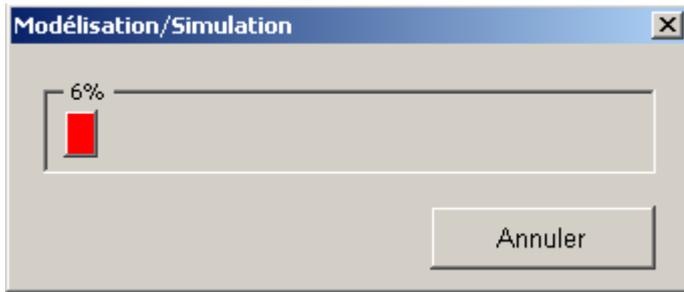


Figure 106 - Simulation: avancement des calculs

La **prévision à court terme** doit être remise à jour régulièrement, contrairement à la **prévision à long terme**, obtenue en modifiant les dates début et fin de l'échelle graphique (Figure 107), qui ne varie pas d'une simulation à l'autre (la prévision à long terme représente les niveaux d'étiage en fonction du temps pour différentes périodes de retour, a posteriori, alors que la prévision à court terme dépend des conditions initiales au moment de l'émission de la prévision).

| Graphiques | | | | Appliquer... |
|---|-----------------------------|------------|--|--------------|
| Date début, fin | 01/01/2011 | 31/12/2011 | | |
| Echelle | arrondie | | | |
| Nombre de graphiques | 8 | N=8 | | |
| Cellules (coin supérieur gauche) | A1,A17,A33,A49,A65,G1,G17,G | | | |
| Temps maximum entre 2 mesures (j) | 100 | 100 i | | |
| Continuité Observations/Prévisions | FAUX | | | |

Figure 107 – Options concernant la représentation graphique

Le changement de date de l'échelle graphique s'applique à tous les graphiques dès lors que le bouton *Appliquer...* est activé. L'échelle des ordonnées peut être arrondie ou ajustée aux valeurs minimales et maximales. La modification du nombre de graphiques revient à dupliquer le graphique modèle (Figure 83), ce qui permet de modifier et d'homogénéiser rapidement l'apparence des graphiques. Le changement d'échelle re-affecte la feuille de calcul propre à chaque graphique. La prise en compte de la continuité entre observations et prévision est obtenue en translatant verticalement le faisceau des quantiles.



Centre scientifique et technique
Service EAU
3, avenue Claude-Guillemin
BP 6009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France – Tél. : 02 38 64 34 34