

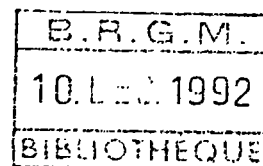


SOCIETE FRANCAISE DE DISTRIBUTION D'EAU
EXPLOITATION OUEST
Rue des Chauffours
B.P. 101
95021 CERGY CEDEX

**BILAN DES RESSOURCES DE
LA NAPPE DE LA CRAIE.
BASSINS DE LA MONTCIENT ET DE
L'AUBETTE DE MEULAN
(Val d'Oise)**

T. VILMUS

R35984
IDF 4S/92



BRGM AGENCE ILE DE FRANCE
Z.I. LA HAIE ORSELLE
27, rue du 8 Mai 1945
Boite 208
94478 BOISSY SAINT LEGER CEDEX
Tél. : 46.99.33.33
Fax. : 46.99.34.34

BILAN DES RESSOURCES DE LA NAPPE DE LA CRAIE - BASSINS DE LA MONTCIENT ET DE L'AUBETTE DE MEULAN (Val d'Oise)

RESUME

N° Rapport : R35984 IDF 4S/92

N° P.R. : 93 158 16244

A la demande de la Société Française de Distribution d'Eau (SFDE), Exploitation ouest, rue des Chauffours à Cergy, le BRGM Agence Ile de France, a établi un bilan hydrogéologique des bassins de la Montcient et de l'Aubette de Meulan (Val d'Oise).

Ce bilan, calculé à l'aide d'un logiciel de modélisation hydrologique globale (GARDENIA) met en évidence une alimentation moyenne de la nappe de la craie de l'ordre de 600 l/s, à comparer aux prélèvements maximaux de 200 l/s effectués par la SFDE. Ces prélèvements représentent donc 30 % de l'alimentation moyenne de la nappe. En cas d'année sèche (1991), les mêmes prélèvements représentent près de 55 % de l'alimentation.

Le modèle hydrologique global, par un calage pluies-niveaux, a également montré la forte corrélation entre la climatologie et le niveau piézométrique de la craie : celui-ci est donc peu influencé par les variations de débits d'exhaure des captages de la SFDE.

Le retour d'une période plus humide entraînerait une recharge plus forte et une remontée du niveau de la nappe, permettant ainsi aux captages de la SFDE de retrouver leur productivité antérieure.

SOMMAIRE

RESUME

INTRODUCTION	1
1. LOCALISATION DE LA ZONE D'ETUDE	2
2. DESCRIPTION DU LOGICIEL UTILISE	4
2.1. DONNEES D'ENTREE	4
2.2. FONCTIONNEMENT DU MODELE	4
2.3. CALAGE DU MODELE	6
3. MODELISATION	8
3.1. DONNEES D'ENTREE	8
3.2. VALEURS DE DEPART DES PARAMETRES	11
3.3. RESULTATS	12
4. CALCUL DU BILAN	17
4.1. BILAN MOYEN SUR LA PERIODE 1981-1991	17
4.2. BILAN LORS D'UNE ANNEE SECHE (1991)	17
CONCLUSION	20
BIBLIOGRAPHIE	21

FIGURES DANS LE TEXTE

Figure 1. - Domaine étudié	3
Figure 2. - Fonctionnement du modèle GARDENIA	5
Figure 3. - Données d'entrée	9
Figure 4. - Ajustement des niveaux	13
Figure 5. - Sorties du modèle	15
Figure 6. - Comparaison des niveaux et des recharges	19

INTRODUCTION

A la demande de la S.F.D.E., le BRGM, Agence Ile de France, a mis en oeuvre un modèle hydrologique global afin de calculer le bilan hydrogéologique de la fermeture des bassins de la Montcient et de l'Aubette de Meulan. Les points suivants seront tour à tour abordés :

- description du modèle,
- modélisation,
- calcul du bilan.

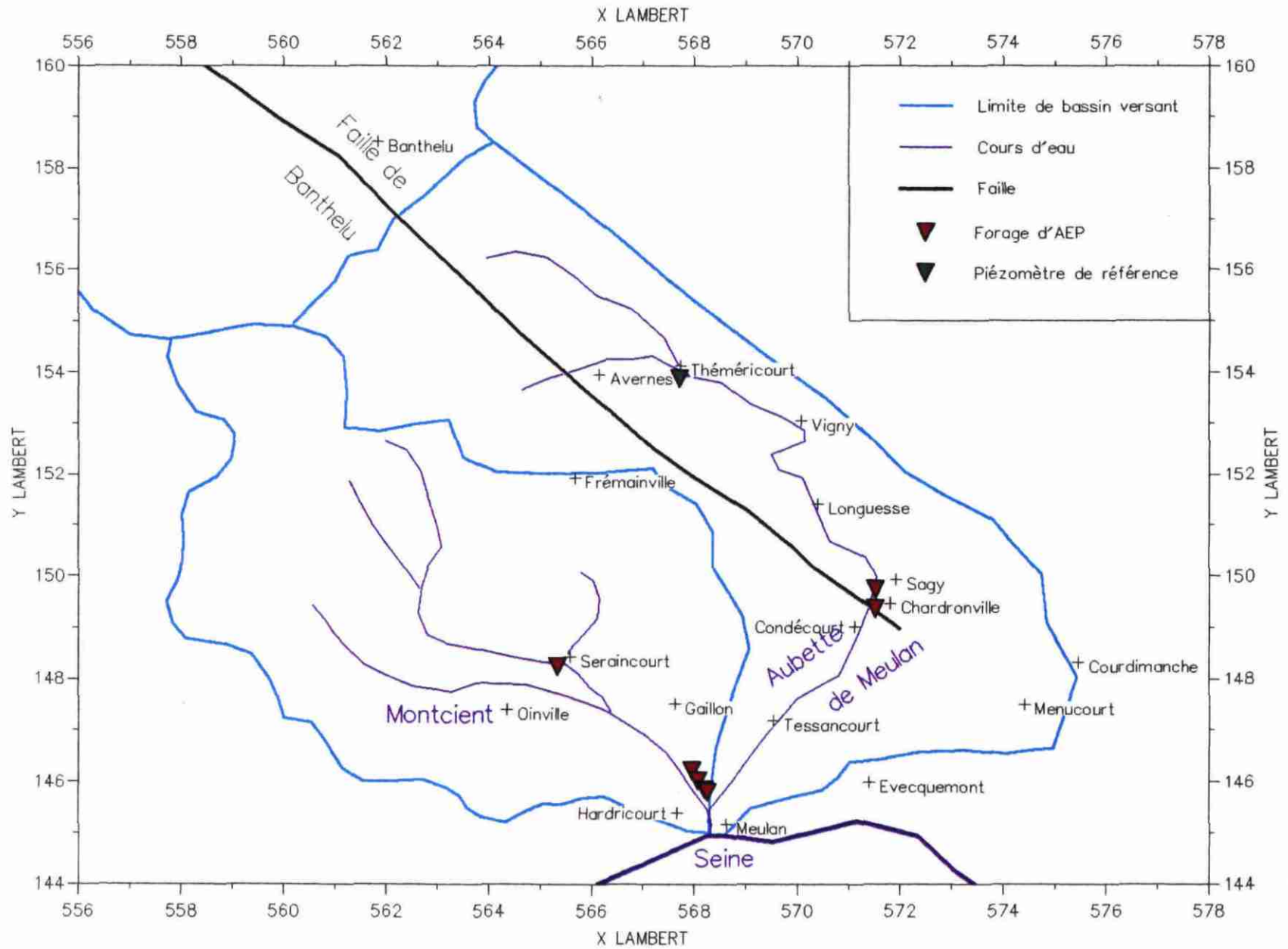
La modélisation permettra également de déterminer le moteur de la variation des niveaux de la nappe de la craie : variations climatiques ou action humaine (prélèvements).

1. LOCALISATION DE LA ZONE D'ETUDE

Les deux bassins versants étudiés se trouvent au nord de Meulan dans le département du Val d'Oise. La figure 1 montre leur extension. Les limites de bassin représentées sur cette figure sont les limites des bassins versants topographiques, qu'on suppose être également valables en profondeur.

Le bassin versant de la Montcient se situe à l'ouest et a une taille d'environ 70 km², tandis que le bassin versant de l'Aubette de Meulan occupe la partie est de la zone étudiée et a une surface d'environ 125 km². La zone d'étude a donc une superficie totale de 195 km². Ces deux bassins se ferment sur la rive droite de la Seine, à Meulan.

Figure 1. - Domaine étudié



2. DESCRIPTION DU LOGICIEL UTILISE

Le bilan a été calculé à l'aide d'une variante du modèle hydrologique global GARDENIA (modèle Global A Réservoirs pour la simulation des DEbits et des Niveaux Aquifères) du BRGM, variante permettant de modéliser à la fois le débit à l'exutoire du bassin et le niveau de la nappe en un piézomètre.

2.1. DONNEES D'ENTREE

Le bassin versant est considéré comme une entité caractérisée pour chaque pas de temps par les données globales suivantes :

- une lame d'eau (pluie + éventuellement neige),
- une évapotranspiration potentielle (ETP),
- éventuellement une température de l'air pour la prise en compte de la fonte de la neige.

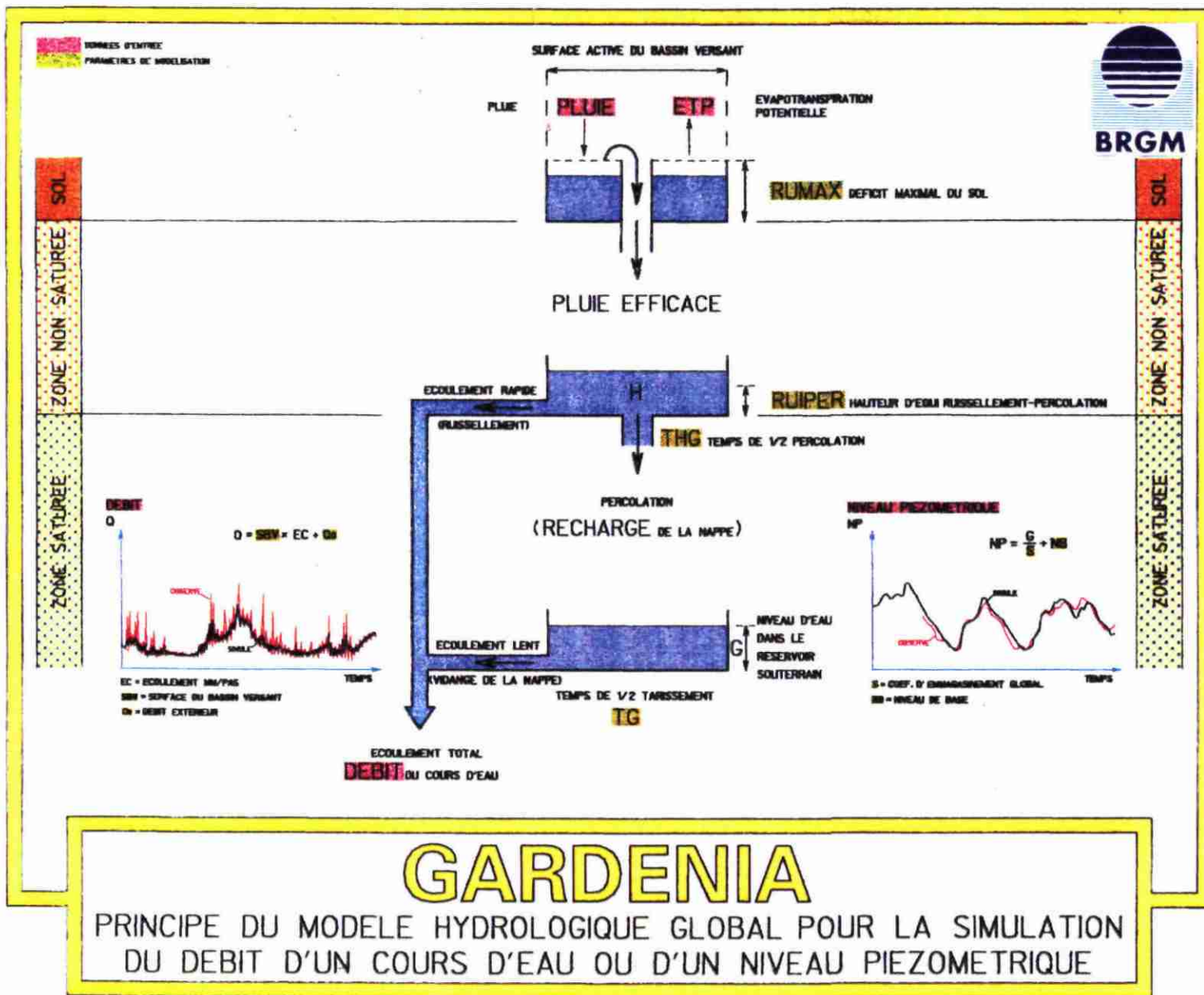
Le modèle accepte également comme entrées, des données que nous appellerons "observations" (débits observés et/ou niveaux observés) qui serviront à valider les valeurs calculées par le modèle.

2.2. FONCTIONNEMENT DU MODELE

Le modèle simule le comportement du système aquifère au moyen de trois réservoirs se vidant les uns dans les autres (voir figure 2).

Le réservoir le plus superficiel représente le sol, il est contrôlé par les paramètres RUMAX, CPLU et CETP.

Figure 2. - Fonctionnement du modèle GARDENIA



- RUMAX est la réserve maximale du sol : quand le niveau d'eau dans le réservoir superficiel (RU) est supérieur à RUMAX, il y a génération de pluie efficace (pluie efficace = RU - RUMAX si RU > RUMAX ; pluie efficace = 0 sinon), le niveau RU étant incrémenté à chaque pas de temps de la pluie et décrétementé de l'ETR (évapotranspiration réelle = ETP dans la limite du stock d'eau disponible dans la réserve superficielle),
- CCLU et CCEP sont des facteurs correctifs homothétiques de la pluie et de l'ETR, utiles quand le ou les poste(s) climatologique(s) ne se trouve(nt) pas sur le bassin versant.

Le réservoir intermédiaire représente la zone non saturée, il reçoit la pluie efficace et génère le ruissellement et la recharge. Il est contrôlé par deux paramètres : RUIPER et THG.

- RUIPER est la hauteur d'égale répartition entre ruissellement et percolation (recharge). Plus ce paramètre est élevé, plus la recharge est prépondérante par rapport au ruissellement,
- THG représente le temps de demi-montée de la recharge : il caractérise la vitesse de réponse entre une pluie efficace et un accroissement du débit souterrain.

Enfin, le réservoir le plus profond représente la nappe. Il reçoit la recharge et se vidange vers l'exutoire du bassin en générant un "écoulement lent". Un paramètre règle son niveau : TG, égal au temps de demi-tarissement souterrain : c'est le temps au bout duquel le débit souterrain est divisé par deux, en l'absence de recharge.

2.3. CALAGE DU MODELE

Les valeurs optimales des six paramètres globaux décrits ci-dessus sont déterminées par un processus itératif par recherche du meilleur ajustement entre observations et valeurs de sortie calculées par le modèle. Notons qu'il est possible de fixer un ou plusieurs paramètres, ou bien de fournir des bornes de variation.

Les séries observées et les valeurs calculées sont liées par la relation :

$$Y = AX + B + \epsilon$$

avec ϵ = écart de simulation.

Pour un calcul de débit :

- Y débit observé en m^3/s ,
- X somme des vidanges des réservoirs (ruissellement + écoulement lent)
- A surface du bassin versant,
- B débit extérieur constant.

Pour un calcul de niveau :

- Y niveau observé (en m)
- X niveau en mm dans le réservoir souterrain,
- A inverse du coefficient d'emmagasinement (divisé par 1.000),
- B niveau de base (en m).

A et B peuvent être imposés par l'utilisateur s'ils sont connus, sinon ils sont calculés par régression linéaire entre Y et X.

Une fois le calage terminé, le modèle fournit :

- les débits et/ou niveaux calculés (et offre une comparaison graphique des séries observées et calculées, ainsi qu'un coefficient d'ajustement permettant d'apprécier l'adéquation des séries calculées aux séries observées),
- les bilans mensuels avec toutes les composantes du cycle de l'eau.

Ce sont les bilans que l'on va exploiter, conséquences de l'ajustement entre séries observées et calculées.

3. MODELISATION

3.1. DONNEES D'ENTREE

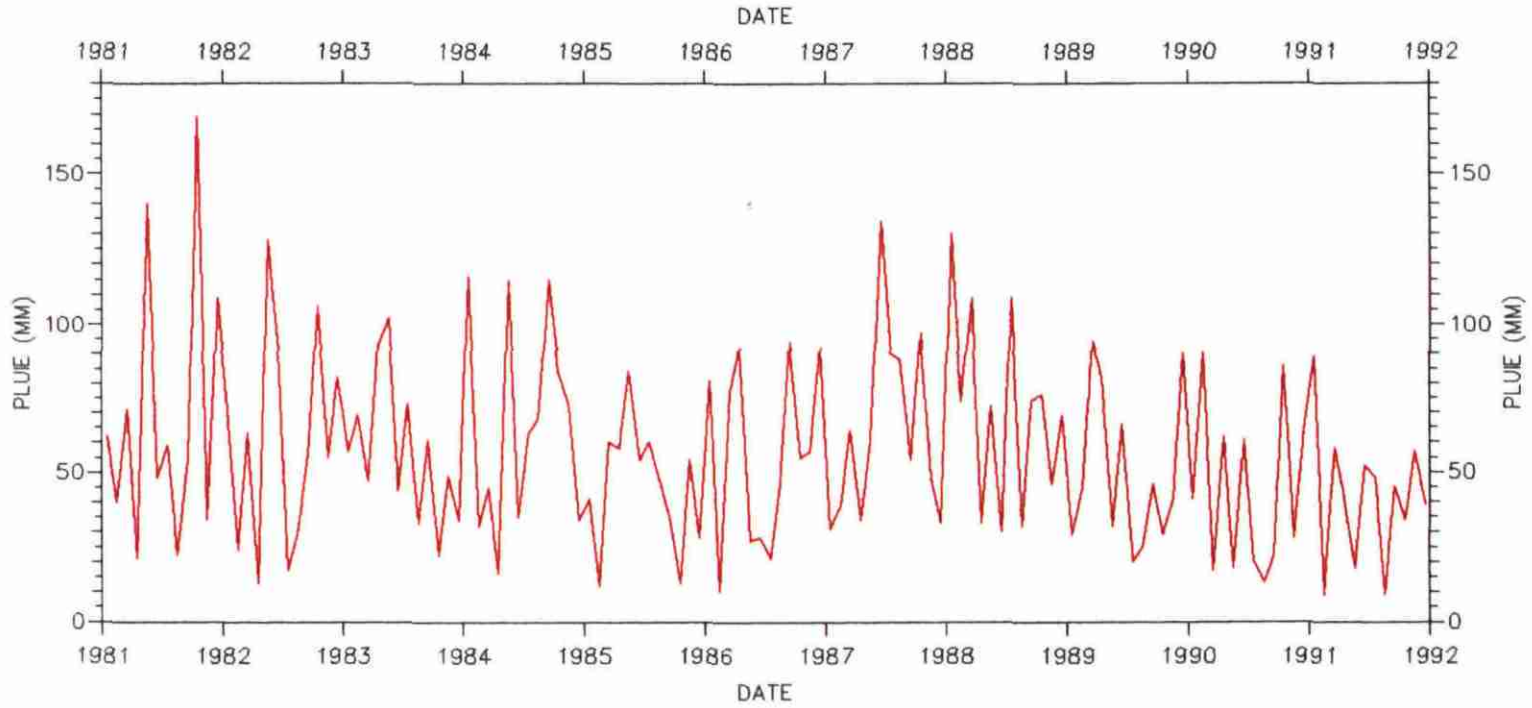
Les pluies au pas de temps décadaire ont été collectées à la station de Boissy-l'Aillerie (est de la zone d'étude) sur la période 1970-1991. Les pluies de mars 1991, manquantes, ont été reconstituées à l'aide de la moyenne mensuelle interannuelle du mois de mars pendant la période 1970-1990.

Sur la même période, nous avons recueilli les ETP décadaires à Gonesse (situé également à l'est de la zone d'étude). Les ETP des mois de janvier, février et mars 1991 ont été reconstituées à l'aide des moyennes mensuelles interannuelles de la période 1970-1990.

Le calage est effectué sur les niveaux piézométriques observés dans la nappe de la craie à Théméricourt (puits n° 0152.2X.0044) de 1981 à 1991 (voir figure 3 l'apparente corrélation de ces niveaux avec la pluie : années 1981-1982, pluie forte, hauts niveaux ; année 1986, pluie faible, bas niveaux) et sur quatre séries de jaugeages effectués sur la Montcient et l'Aubette de Meulan en 1984 et 1989, le calage complémentaire sur les quatre séries se justifiant par la faible sensibilité du paramètre RUIPER (réglant le partage de la pluie efficace en ruissellement et recharge, donc capital pour le bilan) lors de calages pluies-niveaux. En effet, tous les autres paramètres restant constants, la valeur du RUIPER pouvait varier sans dommage pour l'ajustement de 80 à 800 mm lors d'un calage préliminaire réalisé uniquement sur les niveaux piézométriques à Théméricourt.

Il aurait, à cet égard, été préférable de se caler sur une plus longue série de débits. Malheureusement, les bassins de la Montcient et de l'Aubette de Meulan ne sont pas jaugés, nous ne disposons en tout et pour tout que de ces quatre séries de mesures entre 1981 et 1991. Une solution aurait été de reconstituer les débits à l'aide de débits d'un bassin voisin jaugé, appelé bassin de référence, par exemple le bassin de l'Aubette de Magny. Malheureusement, celui-ci n'évolue pas de manière synchrone avec les bassins de la Montcient et de l'Aubette de Meulan, comme le montre le tableau ci-après :

PLUIE CORRIGEE



NIVEAUX A THEMERICOURT (0152-2X-0044)

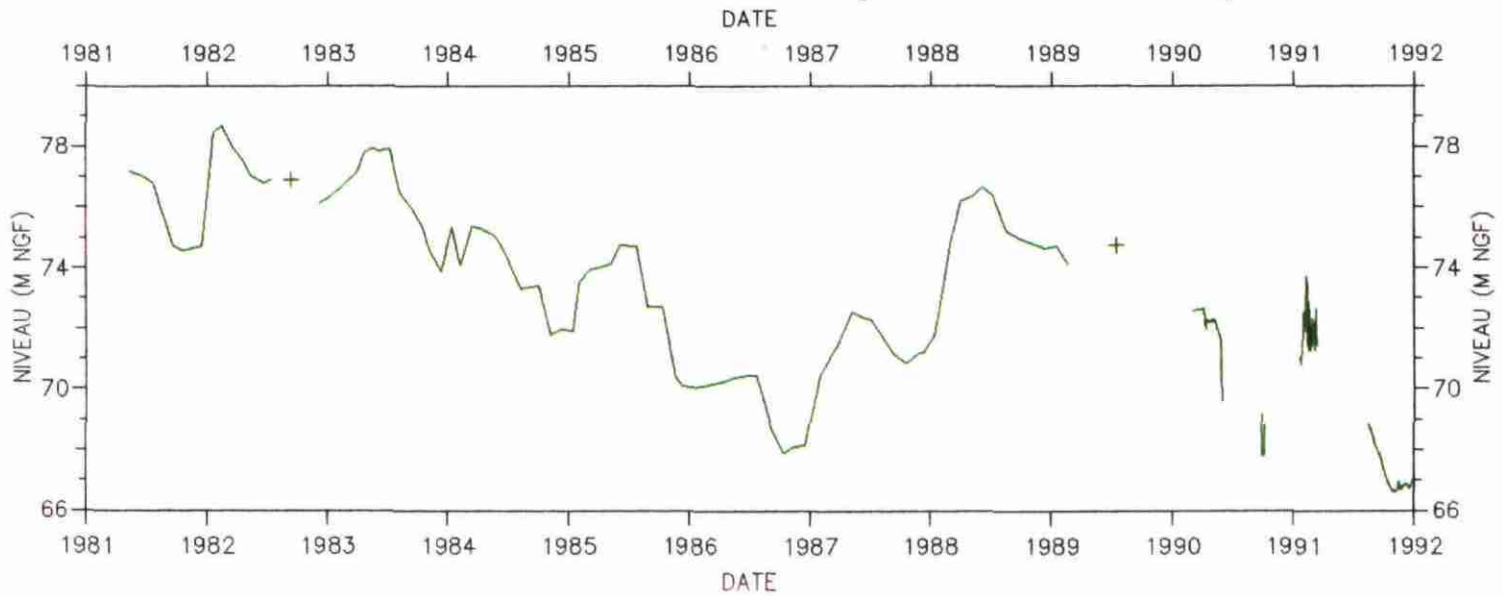


Figure 3. - Données d'entrée

	Juin 1984	Octobre 1984	Juin 1989	Octobre 1989
Aubette de Meulan à la Marêche	0,250	0,250	0,264	0,158
Montcient aux Sources	0,310	0,318	0,360	0,246
Total	0,560	0,568	0,624	0,404
Aubette de Magny à Ambleville	0,540	0,530	0,451	0,458
Rapport	1,037	1,068	1,384	0,882

Il aurait fallu connaître en théorie le débit à la fermeture des deux bassins de la Montcient et de l'Aubette de Meulan, mais la mesure de ce débit montre qu'il est influencé par les captages avoisinants (débit moins important à Meulan qu'à la Marêche sur l'Aubette de Meulan par exemple). GARDENIA modélisant des phénomènes naturels, il nous faut un débit non influencé, c'est pourquoi nous considérons que le débit à la fermeture des bassins est la somme des débits de l'Aubette de Meulan à la Marêche et de la Montcient aux Sources. Les jaugeages de 1991 ayant été réalisés trop en amont sur l'Aubette de Meulan et n'ayant pas eu lieu sur la Montcient, nous ne pourrons pas les exploiter dans notre modèle.

Nota : Les prélèvements anthropiques seront modélisés par un flux quittant l'aquifère (à l'aide du paramètre "Débit extérieur").

Afin de laisser au modèle le temps d'équilibrer les flux entre les différents réservoirs, nous choisissons une période de "démarrage" de 11 ans (1970 à 1980), période pendant laquelle les niveaux ne sont pas connus (donc pas de calage).

Nous insistons sur le caractère global de la modélisation : le logiciel va caler ses paramètres hydrologiques afin de reproduire le plus fidèlement possible les niveaux et débits observés. Les termes du cycle de l'eau (pluie efficace, ruissellement, recharge) ne sont que les conséquences de ce calage et doivent donc être considérés comme globaux : par exemple la recharge calculée est en flux moyen sur toute la surface du bassin versant. Au moment du calcul des ressources, nous devons donc tenir compte de la seule surface du bassin versant.

Vu l'hydrogéologie de la région, nous pouvons considérer que le réservoir intermédiaire simule la nappe du Tertiaire (alimentation par la pluie efficace, vidange par ruissellement et percolation dans la nappe de la craie) et que le réservoir souterrain simule la nappe de la craie, drainée par les cours d'eau.

3.2. VALEURS DE DEPART DES PARAMETRES

Dans le cas où l'on décide de laisser optimiser un paramètre, sa valeur de départ importe peu, l'algorithme d'ajustement étant assez performant pour trouver la valeur optimale, même si elle est très éloignée de la valeur de départ. Par contre, on peut décider de fixer la valeur de certains paramètres, qui ne seront alors pas optimisés (cas de la surface du bassin par exemple, qui est connue).

Le tableau suivant donne les valeurs de départ des paramètres et indique lesquels sont optimisés :

Paramètre	Abréviation	Valeur initiale	Optimisation
Correction homothétique des pluies	CPLU	0 %	oui
Correction homothétique des ETP	CETP	0 %	non
Réserve superficielle maximale	RUMAX	70 mm	oui
Hauteur ruissellement/recharge	RUIPER	300 mm	oui
Temps de demi-montée recharge	THG	3 mois	oui
Temps de demi-tarissement souterrain	TG	10 mois	oui
Niveau de base	NB	60 m NGF	oui
Emmagasinement	S	10 ⁻²	oui
Débit extérieur	QEXT	0	oui
Surface du bassin versant	SURF	195 km ²	non

soit 8 paramètres à optimiser (5 paramètres hydrologiques + 3 paramètres issus de la régression linéaire entre séries calculées et observées).

On n'optimise pas simultanément CPLU et CETP car ils sont très corrélés (négativement) : une augmentation de la pluie a le même effet sur la pluie efficace qu'une diminution de l'ETP.

Les pluies sont corrigées à la hausse pour tenir compte de la plus forte altitude des bassins étudiés par rapport au poste pluviométrique de Boissy-l'Aillerie.

3.3. RESULTATS

La figure 4 montre l'ajustement entre niveaux observés et calculés (coefficient de corrélation = 0,933). Si cet ajustement n'est pas parfait, il respecte néanmoins les variations du niveau piézométrique. De plus, avec les mêmes paramètres, le modèle s'est calé sur les quatre jaugeages effectués sur la Montcient et l'Aubette de Meulan avec comme contrainte, de respecter la surface totale des bassins versants (195 km²). Le tableau suivant montre la reconstitution de ces jaugeages aux quatre dates où ils sont connus (débits en m³/s) :

Date	Débit à la Maréche	Débit aux Sources	Débit total observé	Débit calculé
Juin 1984	0,250	0,310	0,560	0,516
Octobre 1984	0,250	0,316	0,566	0,558
Juin 1989	0,264	0,310	0,624	0,631
Octobre 1989	0,158	0,246	0,404	0,449

soit un coefficient d'ajustement entre débits observés et calculés de 0,936.

Le débit d'étiage estimé est d'environ 0,250 m³/s en année sèche. Cette valeur demande une confirmation par mesure régulière des débits.

Les paramètres résultants sont les suivants :

- CPLU 10 %
- CETP 0
- RUMAX 84 mm
- RUIPER 111 mm
- THG 1,9 mois
- TG 18,2 mois
- Niveau de base 54 m NGF
- S 1,41.10⁻²
- QEXT - 0,332 m³/s
- Surface 195 km²

Le bilan annuel moyen sur la période de calcul (1981-1991) est le suivant :

Pluie	ETR	Pluie efficace	Ruissellement	Recharge	Écoulement lent
683,6	515,7	167,9	54,2	118,5	125,7

Toutes ces valeurs sont en mm.

Pour mémoire, voici les moyennes mensuelles interannuelles de la pluie, l'ETR, la plus efficace et la recharge pendant la période 1981-1991.

AJUSTEMENT DES NIVEAUX

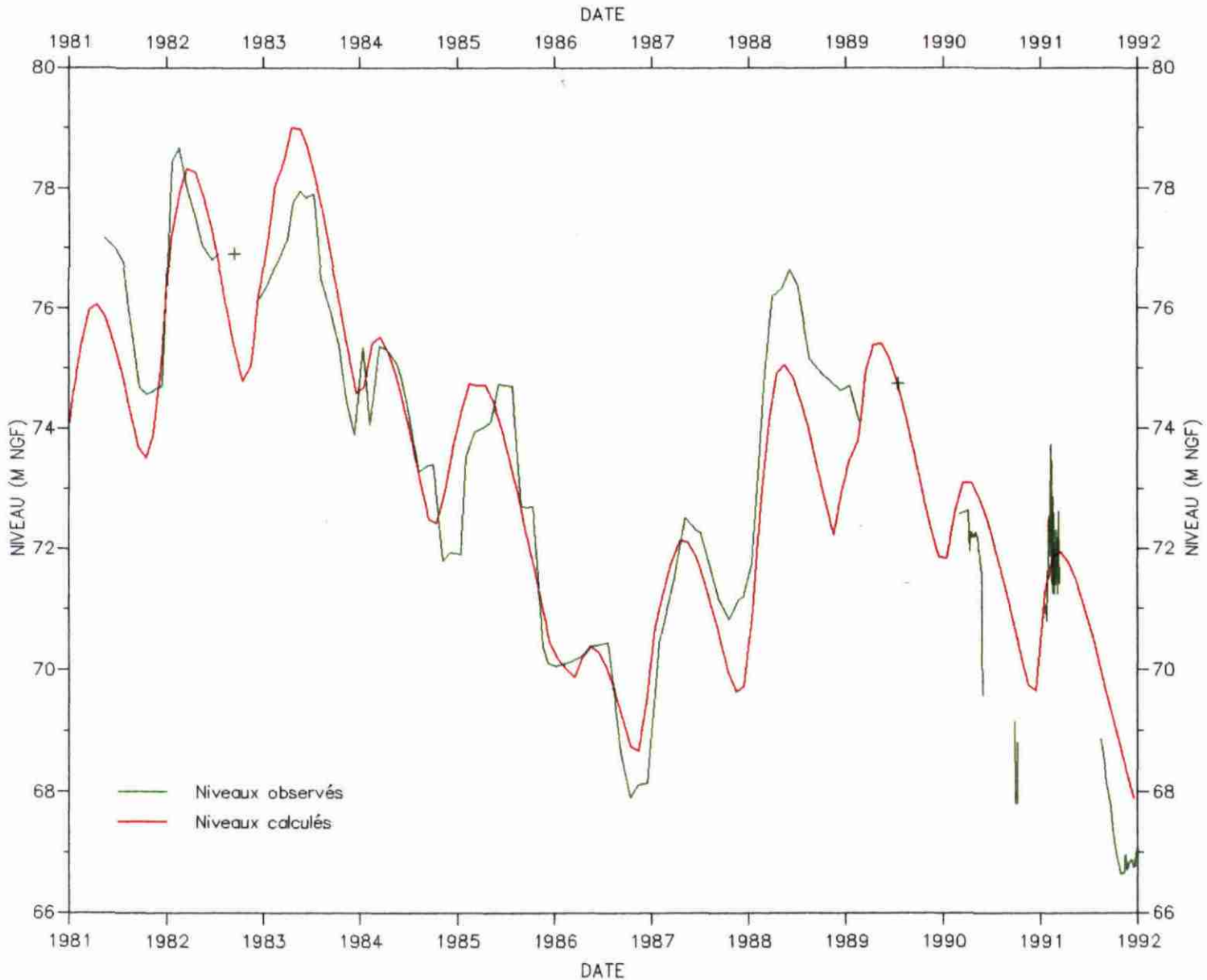


Figure 4. - Ajustement des niveaux

Bilan bassins de la Montcient et de l'Aubette de Meulan (Val d'Oise)

Pluie corrigée 1981-1991

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
68	40	64	50	72	58	53	37	60	70	49	61	683,6

ETR 1981-1991

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
14	22	47	76	88	78	57	35	44	31	14	11	515,7

Pluie efficace 1981-1991

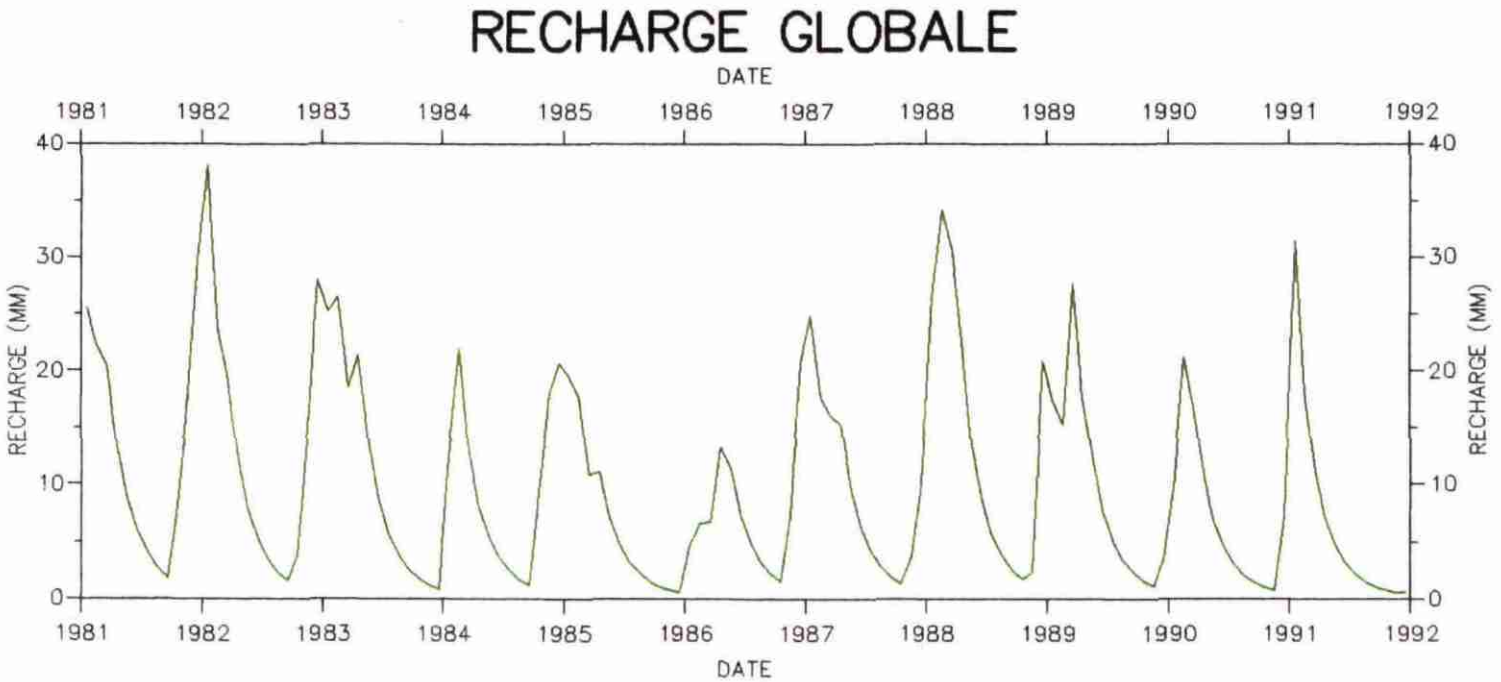
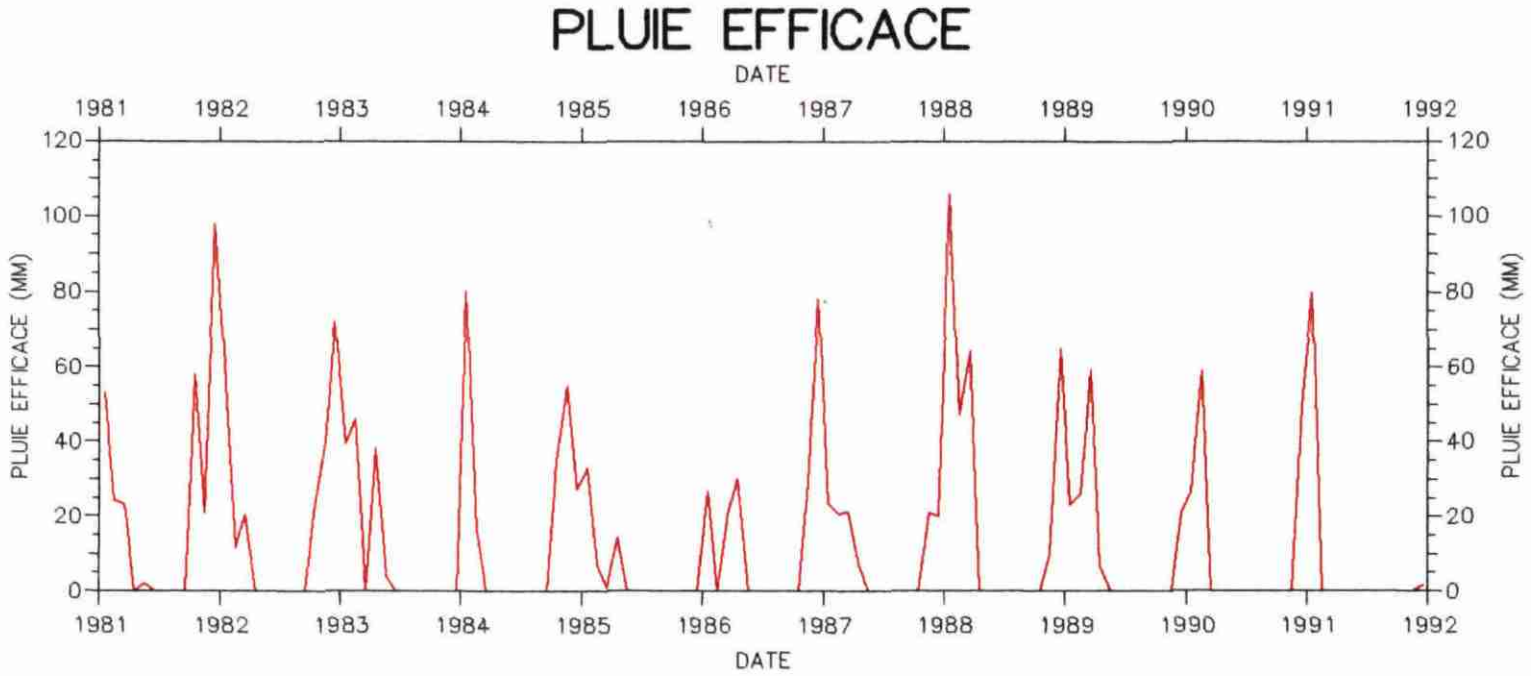
J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
50	23	19	9	0,5	0	0	0	0	11	16	39	167,9

Recharge moyenne 1981-1991

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
21	20	17	14	9	6	4	3	2	3	6	13	118,5

Les pluies efficaces et recharges calculées sont en figure 5. On note en 1990 et 1991, une forte baisse du temps où la recharge est supérieure à 10 mm. Le tableau suivant confirme que les années 1990 et 1991 ont connu un déficit d'alimentation :

Figure 5. - Sorties du modèle



Année	Recharge annuelle (mm)
1981	159
1982	161
1983	130
1984	118
1985	80
1986	90
1987	113
1988	172
1989	114
1990	84
1991	85
Moyenne	118,5

ainsi, pendant la période 1990-1991, la recharge a été deux fois moindre qu'en 1981-1982.

Remarque :il existe une recharge de quelques millimètres même les mois où la pluie efficace est nulle. En effet, la nappe de la craie peut recevoir des apports par drainance de la nappe tertiaire quand celle-ci n'est pas alimentée par la pluie efficace. Dans GARDENIA, cette alimentation est fonction du niveau de la nappe tertiaire et des paramètres RUIPER et THG.

4. CALCUL DU BILAN

4.1. BILAN MOYEN SUR LA PERIODE 1981-1991

En moyenne, sur toute la superficie des deux bassins versants (195 km²), la nappe de la craie reçoit une recharge égale à 118,5 mm/an.

Le flux d'alimentation global de la nappe de la craie est donc égal à :

$$\frac{118,5 \cdot 10^{-3} \times 195 \cdot 10^9}{365,25 \times 86400} = 732 \text{ l/s}$$

Ceci est un majorant du flux réel car le calage du modèle pluie-débit-niveau a déterminé qu'une partie de ce flux était perdu par le bassin ("débit extérieur" = - 332 l/s). Ce débit extérieur comprend à la fois les prélèvements de la SFDE et un débit souterrain s'écoulant vers les bassins voisins. Pendant la période 1980-1990, le volume maximal annuel prélevé par la SFDE est d'environ 6.400.000 m³ (années 1989-1990), soit un débit fictif continu de 203 l/s. Le flux net d'alimentation de la nappe en l'absence de prélèvement est donc égal à 732 - 332 + 203 = 603 l/s, soit un volume moyen annuel de recharge de 603.10⁻³ x 86400 x 365,25 = 1,9.10⁷ m³.

Pour une année moyenne, les prélèvements de la SFDE représentent donc 203/603 = 34 % de l'alimentation nette de la nappe de la craie

4.2. BILAN LORS D'UNE ANNEE SECHE (1991)

En 1991, la recharge globale n'a été que de 81,9 mm, ce qui donne comme flux net d'alimentation de la nappe de la craie

$$\frac{81,9 \times 195 \cdot 10^6}{365,25 \times 86400} - 332 + 203 = 377 \text{ l/s}$$

En tenant compte de la mise en service du captage de Condécourt, le flux d'alimentation de la nappe serait de : 506 - 332 + 238 = 412 l/s.

On constate donc que si le rythme des prélèvements reste identique à celui de 1989-1990, le débit prélevé représente en cas d'année sèche $203/377 = 54 \%$ de l'alimentation de la nappe, voire 58% si l'on inclut le forage de Condécourt, ce qui explique la baisse de productivité des captages, en particulier ceux de Seraincourt et de Meulan.

En effet, le niveau de la nappe semble très lié à la climatologie (recharge) comme le montrent le tableau suivant et la figure 6 : pour comparer niveaux et recharges, nous avons choisi des moyennes annuelles, les niveaux moyens annuels étant la moyenne arithmétique entre le plus haut niveau et le plus bas niveau de l'année. En 1989, nous ne disposons pas de mesure des basses eaux.

<-----Niveaux (m NGF)----->

Année	Hautes eaux	Basses eaux	Moyenne	Recharge (mm)
1981	77,17	74,57	75,87	159
1982	78,68	76,10	77,39	161
1983	77,96	73,90	75,93	130
1984	75,36	71,79	73,58	118
1985	74,73	70,10	72,42	80
1986	70,44	67,90	69,17	90
1987	72,52	70,44	71,48	113
1988	76,64	71,76	74,20	172
1989	74,75	-	-	114
1990	72,63	67,94	70,29	84
1991	72,46	66,85	69,66	82

On peut donc dire que le volume d'exhaure des captages n'a pas d'effet sur le niveau piézométrique de la nappe de la craie, donc n'est pas la cause de la baisse de leur productivité ; simplement les dernières années ont été sèches d'où un déficit d'alimentation de la nappe et un fort taux de prélèvement par rapport à cette alimentation.

Dans un passé récent, il y a déjà eu deux années de recharge faible (1985-1986) ayant entraîné une forte baisse du niveau moyen de la nappe, on constate qu'après une année moyenne (1987) et une année de forte recharge (1988), ce niveau est revenu à la valeur qui était la sienne avant la période sèche. Le retour d'une climatologie moins sèche qu'actuellement peut donc faire espérer une rapide hausse du niveau de la nappe et ainsi un retour à une meilleure productivité des ouvrages.

Ne disposant que de quatre valeurs de débit observé, on ne peut pas conclure quant à l'influence de la climatologie sèche sur la baisse de débit des cours d'eau.

COMPARAISON DES NIVEAUX ET DES RECHARGES

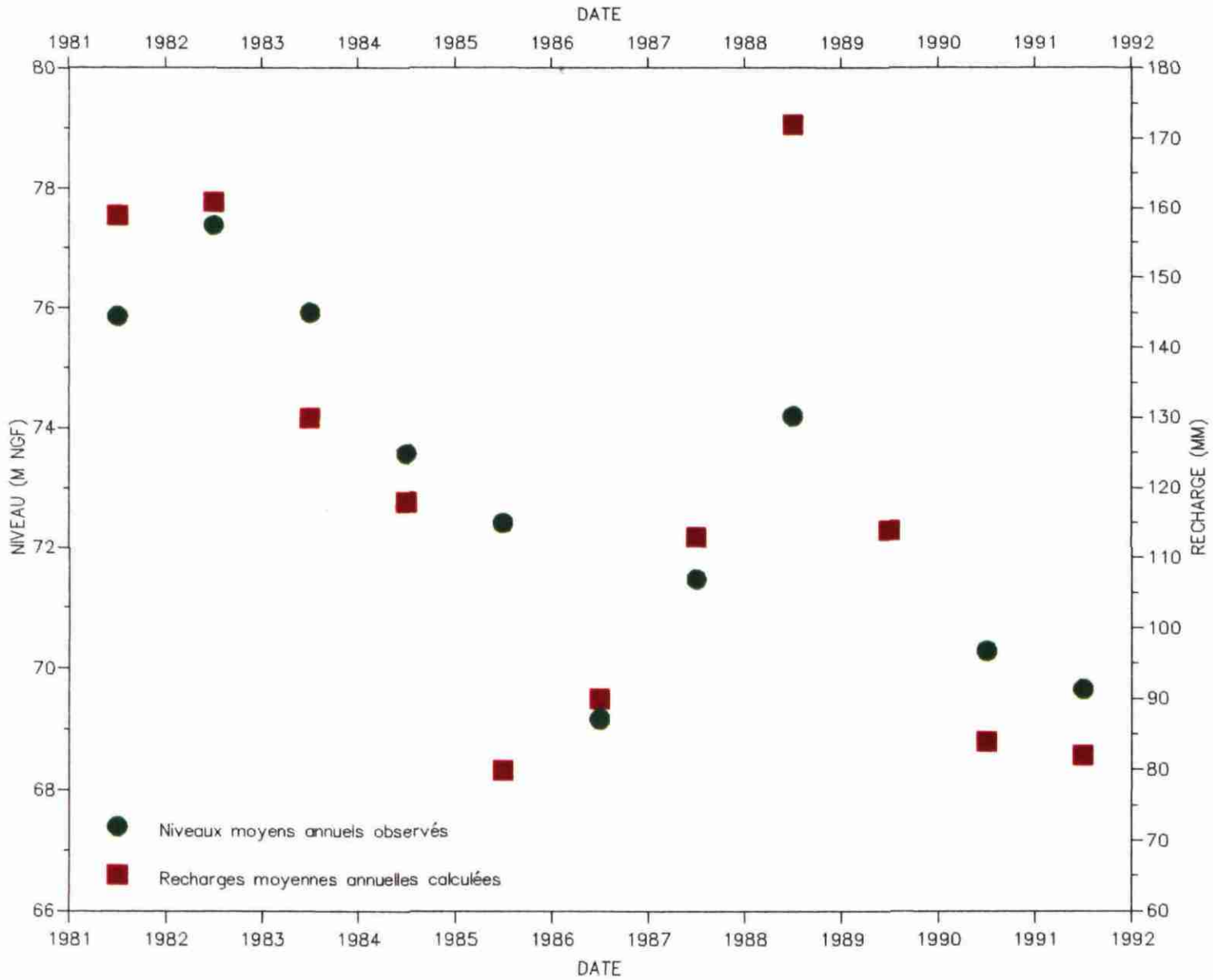


Figure 6. - Comparaison des niveaux et des recharges

CONCLUSION

La mise en oeuvre d'un modèle hydrologique global pluie-débit-niveau a permis :

- de reconstituer les niveaux de la nappe de la craie en un piézomètre,
- de calculer le bilan hydrogéologique des deux bassins.

La reconstitution des niveaux ainsi que la forte corrélation entre niveaux observés et recharges calculées montrent que ces niveaux sont contrôlés uniquement par la climatologie et non pas par les variations éventuelles des prélèvements effectués par la SFDE.

Le bilan moyen sur la période 1981-1991 montre que la nappe de la craie reçoit annuellement une recharge de $1,9 \cdot 10^7$ m³ (soit un débit fictif continu de 603 l/s) qu'on peut considérer comme le volume renouvelable de la nappe. Les prélèvements effectués par la SFDE représentent 30 à 35 % de ce volume.

Depuis 1990, nous sommes entrés dans une période de climatologie sèche, donc de recharge faible (débit fictif continu de 377 l/s seulement en 1991). Même si les prélèvements n'augmentent pas en valeur absolue, ils représentent alors 50 à 60 % du volume renouvelable de la nappe.

Néanmoins, l'arrivée d'une période à la climatologie plus conforme à la moyenne permettrait un retour à une alimentation plus importante donc une hausse de niveau piézométrique de la nappe de la craie. La productivité des forages de Meulan devrait alors s'améliorer.

BIBLIOGRAPHIE

DONNEES BRUTES

- Pluviométrie : "Banque Pluvio" du Ministère de l'Agriculture
- ETP : Météorologie Nationale
- Piézométrie : Banque du Sol et du Sous-sol du BRGM
- Hydrologie (jaugeages) : SRAE Ile de France.

OUVRAGES CONSULTES

- MEGNIEN Cl. et al.** - Atlas des nappes aquifères de la région parisienne, Edition BRGM, 1970.
- VILMUS T.** - Spatialisation d'un modèle hydrologique global, mémoire de DEA, 1990.
- BERGER G., MAGET Ph.** - Bassin crayeux de l'Aubette de Meulan. Bilan des ressources aquifères en amont de Condécourt (Val d'Oise), rapport BRGM 91 IDF 051, 1991.
- BOISSON M., THIERY D.** - Le logiciel GARDENIA, rapport BRGM R32209, 1991.

BIBLIOGRAPHIE

DONNEES BRUTES

- Pluviométrie : "Banque Pluvio" du Ministère de l'Agriculture
- ETP : Météorologie Nationale
- Piézométrie : Banque du Sol et du Sous-sol du BRGM
- Hydrologie (jaugeages) : SRAE Ile de France.

OUVRAGES CONSULTES

- MEGNIEN Cl. et al.** - Atlas des nappes aquifères de la région parisienne, Edition BRGM, 1970.
- VILMUS T.** - Spatialisation d'un modèle hydrologique global, mémoire de DEA, 1990.
- BERGER G., MAGET Ph.** - Bassin crayeux de l'Aubette de Meulan. Bilan des ressources aquifères en amont de Condécourt (Val d'Oise), rapport BRGM 91 IDF 051, 1991.
- BOISSON M., THIERY D.** - Le logiciel GARDENIA, rapport BRGM R32209, 1991.