



Nappe de Beauce Piézométrie hautes eaux 2002



ISBN N° 2-11-094172-3
Octobre 2003

Mots clés : nappe de Beauce, piézométrie, hautes eaux.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :
Nappe de Beauce – Piézométrie hautes eaux 2002
DIREN Centre et Ile-de-France
Verley F., Brunson F., Verjus Ph., Cholez M. – octobre 2003
53 pages, 7 figures, 5 tableaux, 6 planches, 6 annexes.

ISBN N° 2-11-094172-3

© DIREN 2003, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation express des DIREN Centre et Ile-de-France.

Synthèse

Le système aquifère multicouche de Beauce communément appelé « nappe de Beauce », s'étend sur deux régions, Centre et Ile-de-France, entre la Loire et la Seine. Il est l'un des plus importants aquifères libres de France. Cette formation est constituée d'une succession de couches géologiques alternativement perméables, semi-perméables et imperméables délimitant ainsi plusieurs réservoirs aquifères plus ou moins continus pouvant être en relation les uns avec les autres.

On distingue principalement les niveaux aquifères contenus dans les formations géologiques suivantes :

- les calcaires de Pithiviers,
- les calcaires d'Etampes,
- les sables de Fontainebleau,
- les calcaires de Brie,
- les calcaires éocènes (calcaires de Morancez, de Château-Landon et de Champigny).

L'alimentation de ce complexe aquifère est assurée par les précipitations efficaces, produites généralement d'octobre à avril.

Une recharge quasi continue depuis 1999, conséquence des pluies excédentaires enregistrées sur cette période, et une diminution des prélèvements pour l'irrigation ont permis de retrouver au printemps 2002 des niveaux de nappe comparables à ceux les plus hauts connus de juillet 1983.

Cette situation exceptionnelle de hautes eaux a motivé la réalisation par les DIREN Centre et Ile-de-France d'une campagne piézométrique d'envergure au printemps 2002 sur l'ensemble du complexe aquifère (mesures synchrones du niveau d'eau dans des puits et forages).

La campagne de mesure s'est déroulée du 15 mars au 6 avril, avant le démarrage de l'irrigation. La zone étudiée couvre environ 9000 km², elle est délimitée par les cours d'eau de la Voise et de l'Orge au Nord, la Seine et le Loing à l'Est, la Loire au Sud et le Loir et l'Eure à l'Ouest.

Les mesures ont été réalisées par trois bureaux d'études (Antéa, Géohyd et Safege) et la DIREN Centre. Au total, 915 mesures piézométriques ont été effectuées, 890 ont été validées. Chaque point d'eau mesuré a été caractérisé et photographié. Chaque repère de mesure a été nivelé avec une précision de ± 5 cm et géoréférencé.

Un certain nombre de mesures de débit des cours d'eau - exutoires de la nappe de Beauce - ont été réalisées conjointement à la campagne piézométrique dans le but d'évaluer par bassin versant la part des débits sortant dans le bilan de la nappe en situation de hautes eaux.

L'ensemble des informations récoltées au cours de cette opération a été bancarisé.

L'exploitation des mesures de terrain a permis de réaliser plusieurs cartes :

- une piézométrie de l'ensemble du système Beauce en situation de hautes eaux,
- une comparaison avec la piézométrie réalisée en 1994 en période de basses eaux,
- une piézométrie de l'aquifère des calcaires de Pithiviers,
- une piézométrie des aquifères connectés captifs sous les molasses du Gâtinais, (aquifères des calcaires d'Etampes, des sables de Fontainebleau, des calcaires de Brie et une partie des calcaires éocènes),
- une piézométrie de l'aquifère des calcaires éocènes captifs sous les argiles vertes,
- une piézométrie de l'aquifère de la craie dans les secteurs Sud-Est et Ouest.

Les principaux enseignements fournis sont les suivants :

- le déplacement de la crête piézométrique séparant les bassins Loire-Bretagne et Seine-Normandie,
- le « plateau piézométrique » observé en 1994 est légèrement plus étendu en 2002, son niveau est plus élevé de 5 m en moyenne,
- l'importance de la partie captive de la nappe de Beauce sur la dynamique des écoulements,
- le drainage de la nappe de Beauce par les cours d'eau est plus marqué en période de hautes eaux,
- la limite Nord du système, non explorée dans cette étude, semble se situer plus au Nord, au niveau du cours d'eau la Remarde, affluent de rive gauche de l'Orge,
- la forte variabilité spatiale des perméabilités au sein de la formation de Beauce,
- la mise en évidence localement de la continuité entre la nappe de Beauce et celle de la Craie en limite du système,
- la forte variabilité de la répartition des débits drainés par les cours d'eau – exutoires de la nappe – entre les situations de hautes eaux et de basses eaux.

Sommaire

Synthèse	2
Liste des figures	6
Liste des annexes	6
Liste des planches	7
Introduction	8
1 Présentation du système aquifère multicouche de Beauce	11
1.1 Définition de la zone d'étude	11
1.2 Contexte géographique	11
1.2.1 Topographie	11
1.2.2 Réseau hydrographique	12
1.3 Géologie du système Beauce	12
1.3.1 Contexte structural	12
1.3.2 Contexte lithologique	13
1.4 Hydrogéologie du système aquifère multicouche	16
2 Situation de hautes eaux du printemps 2002	18
2.1 Pluviométrie	18
2.2 Pluies efficaces	19
2.3 Evolution de l'indicateur Beauce en fonction des pluies et des pluies efficaces	21
3 Campagne piézométrique	24
3.1 Méthodologie	24
3.2 Préparation de la campagne piézométrique	24
3.3 Campagne de mesures sur le terrain	26
3.4 Traitements et exploitation des données	26
4 Piézométrie générale de la nappe de Beauce	28
5 Comparaison des piézométries réalisées en hautes eaux et basses eaux	32
5.1 Isovariations des niveaux piézométriques hautes eaux – basses eaux	32
6 Piézométrie de l'aquifère des calcaires de Pithiviers	34
6.1 Données	34
6.2 Commentaires	34

7 Piézométrie des nappes captives sous la molasse du Gâtinais (aquifères des calcaires d'Etampes, des sables de Fontainebleau, des calcaires de Brie et des calcaires éocènes)	35
7.1 Données	35
7.2 Commentaires	35
7.3 Analyse critique	36
8 Piézométrie de l'aquifère des calcaires éocènes captif sous les argiles vertes	37
8.1 Données	37
8.2 Commentaires	37
8.3 Comparaison avec la piézométrie de basses eaux	37
9 Piézométrie de la nappe de la Craie en limite d'extension du système Beauce	38
9.1 Nappe de la Craie dans la partie Sud-Est du système Beauce	38
9.2 Nappe de la Craie sur la bordure Ouest du système Beauce	38
10 Débits aux exutoires – bilan des flux sortant	39
Conclusion	42
Bibliographie	45
Annexes	46

Liste des figures

FIGURE 1 : Localisation du système aquifère de Beauce, zone d'étude

FIGURE 2 : Contexte géologique de la Beauce

FIGURE 3 : Indicateur de la nappe de Beauce et pluviométrie à Bricy de 1975 à 2002

FIGURE 4 : Localisation des points de mesure et aquifères captés

FIGURE 5 : Carte générale de la piézométrie hautes eaux

FIGURE 6 : Isovariations hautes eaux 2002 – basses eaux 1994

FIGURE 7 : Mesures de débits des cours d'eau exutoires de la nappe

Liste des annexes

ANNEXE 1 : Fiche de terrain renseignée

ANNEXE 2 : Histogrammes des pluies à Bricy, Chartres, Châteaudun et Blois de 1962 à 2002

ANNEXE 3 : Histogrammes des pluies efficaces à Bricy, Chartres, Châteaudun et Blois de 1962 à 2002

ANNEXE 4 : Pluies, pluies efficaces, normales en 2002 à Bricy, Chartres, Châteaudun et Blois

ANNEXE 5 : Chroniques piézométriques à Vitry-aux-Loges (Loiret)

ANNEXE 6 : Mesures de débit sur les exutoires de la nappe de Beauce

Liste des planches

PLANCHE 1 : Piézométrie hautes eaux - nappe de Beauce – carte générale

PLANCHE 2 : Piézométrie hautes eaux – nappe des calcaires de Pithiviers

PLANCHE 3 : Piézométrie hautes eaux – nappes captives (calcaires d'Etampes, sables de Fontainebleau, calcaires de Brie et calcaires éocènes sous la molasse du Gâtinais)

PLANCHE 4 : Piézométrie hautes eaux – nappe des calcaires éocènes captive sous les argiles vertes

PLANCHE 5 : Piézométrie hautes eaux – nappe de la craie – secteur Sud-Est du domaine d'étude

PLANCHE 6 : Piézométrie hautes eaux – nappe de la craie – secteur Ouest du domaine d'étude

Introduction

Le système aquifère multicouche de Beauce communément appelé « nappe de Beauce », s'étend sur deux régions, Centre et Ile-de-France, entre la Loire et la Seine. Il est l'un des plus importants aquifères libres de France. Cette formation est constituée d'une succession de couches géologiques alternativement perméables, semi-perméables et imperméables délimitant ainsi plusieurs réservoirs aquifères plus ou moins continus pouvant être en relation les uns avec les autres.

On distingue principalement les niveaux aquifères contenus dans les formations suivantes :

- les calcaires de Pithiviers,
- les calcaires d'Etampes,
- les sables de Fontainebleau,
- les calcaires de Brie,
- les calcaires éocènes (calcaires de Morancez, de Château-Landon et de Champigny).

L'alimentation de ce complexe aquifère est assurée par les précipitations efficaces, produites généralement d'octobre à avril.

Une recharge quasi continue depuis 1999, conséquence des pluies excédentaires enregistrées sur cette période, et une diminution des prélèvements pour l'irrigation ont permis de retrouver au printemps 2002 des niveaux de nappe comparables à ceux les plus hauts connus de juillet 1983.

Cette situation exceptionnelle de hautes eaux a motivé la réalisation par les DIREN Centre et Ile-de-France d'une campagne piézométrique d'envergure au printemps 2002 sur l'ensemble du complexe aquifère (mesures synchrones du niveau d'eau dans des puits et forages).

La campagne de mesure s'est déroulée du 15 mars au 6 avril, avant le démarrage de l'irrigation. La zone étudiée couvre environ 9000 km² et est délimitée par les cours d'eau de la Voise et de l'Orge au Nord, la Seine et le Loing à l'Est, la Loire au Sud et le Loir et l'Eure à l'Ouest.

Les mesures ont été réalisées par trois bureaux d'études (Antéa, Géohyd et Safege) et la DIREN Centre. Au total, 915 mesures piézométriques ont été effectuées, 890 ont été validées. Chaque point d'eau mesuré a été caractérisé et photographié. Chaque repère de mesure a été nivelé avec une précision de ± 5 cm et géoréférencé.

L'ensemble des informations récoltées au cours de cette opération a été bancarisé.

Les mesures de terrain ont permis de réaliser :

- . une piézométrie de l'ensemble du système Beauce en situation de hautes eaux,
- . une comparaison avec la piézométrie réalisée en 1994 en période de basses eaux,
- . une piézométrie de l'aquifère des calcaires de Pithiviers,

- . une piézométrie des aquifères connectés captifs sous les molasses du Gâtinais, (aquifères des calcaires d'Etampes, des sables de Fontainebleau, des calcaires de Brie et une partie des calcaires éocènes),
- . une piézométrie de l'aquifère des calcaires éocènes captifs sous les argiles vertes,
- . une piézométrie de l'aquifère de la Craie dans les secteurs Sud-Est et Ouest.

Par ailleurs, un certain nombre de mesures de débit des cours d'eau - exutoires de la nappe de Beauce - ont été réalisées conjointement à la campagne piézométrique dans le but d'évaluer par bassin versant la part des débits sortant dans le bilan de la nappe en situation de hautes eaux.



Limites de la zone étudiée



DIREN Centre
Service de l'Eau et des Milieux Aquatiques
5, avenue Buffon BP 6407
45064 Orléans Cedex 2



DIREN Ile de France
Service des Milieux Aquatiques
18, avenue Carnot
94234 CACHAN

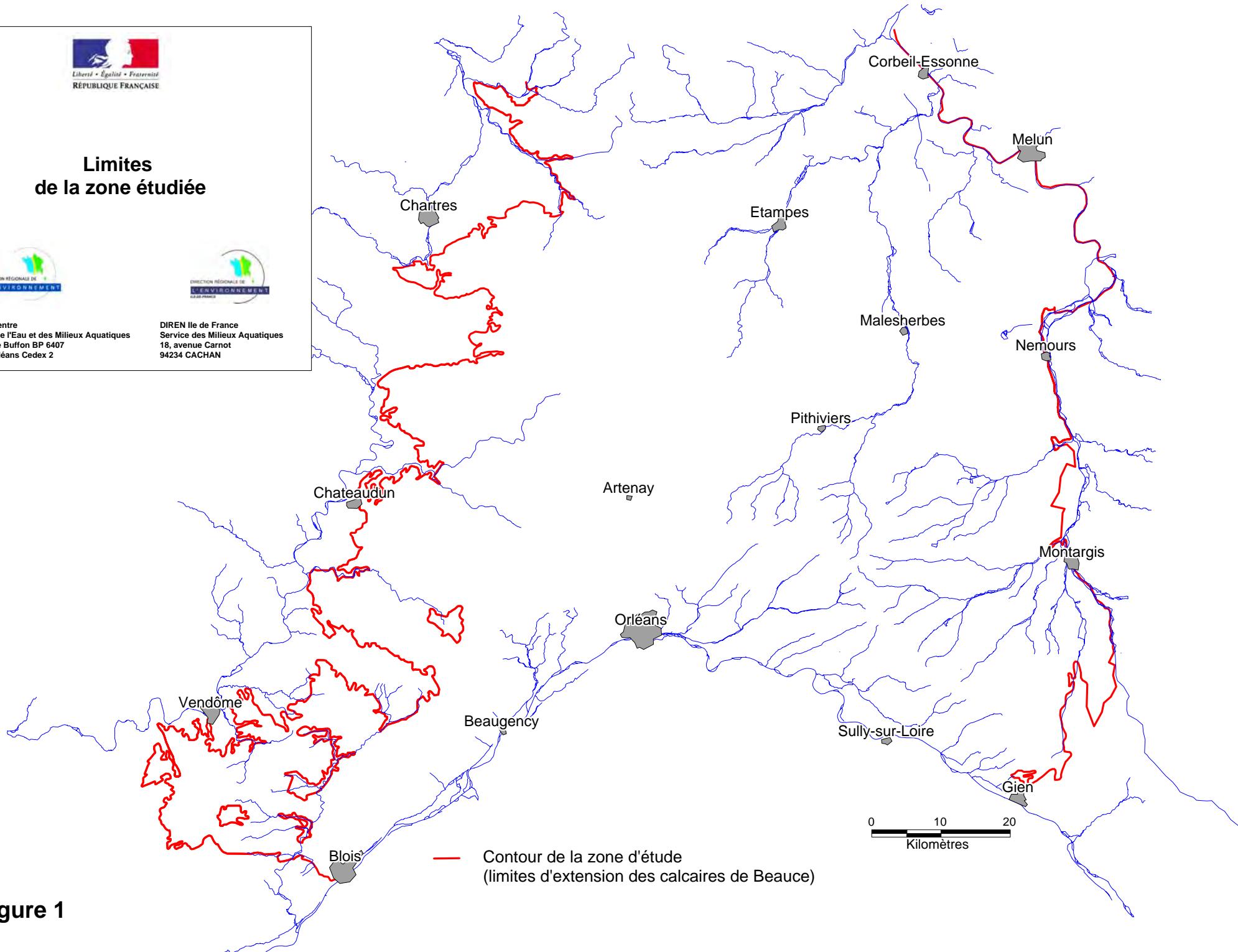


Figure 1

1 Présentation du système aquifère multicouche de Beauce

1.1 Définition de la zone d'étude

Les limites choisies pour réaliser la piézométrie de l'aquifère de Beauce (figure 1) sont les limites naturelles du système, qui influencent directement son comportement hydraulique.

Elles correspondent soit à des cours d'eau, soit à des limites d'extension des formations géologiques.

Le secteur d'étude est borné par :

- la Drouette (affluent de l'Eure), la Remarde et l'Orge (affluent de la Seine), au Nord,
- le Loing puis la Seine, à l'Est,
- la Loire, au Sud,
- le Loir puis l'Eure à l'Ouest.

Ce domaine s'étend sur environ 9000 km².

Il intéresse les deux régions Centre et Ile-de-France et six départements : l'Eure-et-Loir (28), le Loir-et-Cher (41), le Loiret (45), la Seine-et-Marne (77), les Yvelines (78) et l'Essonne (91).

1.2 Contexte géographique

1.2.1 Topographie

Cinq régions topographiquement distinctes sont identifiables sur le périmètre d'étude :

- Le « plateau de Beauce », large zone plane au centre du système. Ce plateau culmine à plus de 150 mètres NGF aux environs de Sours, au Nord-Ouest, et s'incline progressivement vers le Sud - Sud-Est jusqu'à atteindre 110 mètres NGF près d'Orléans, il correspond à la majeure partie de la surface étudiée.
- Le secteur Nord-Est de la zone étudiée, correspondant à l'Hurepoix, la Bierre et le Gâtinais Français où le relief est plus marqué. Le plateau est entaillé par les cours d'eau la Remarde, l'Orge, la Juine, l'Essonne et l'Ecole, tous affluents rive gauche de la Seine. L'altitude varie de 150 mètres NGF à 40 mètres NGF en fond de vallées, à proximité de la Seine.
- Les « collines » de la forêt d'Orléans qui se développent en forme d'arcs de cercles. Le relief est de plus en plus marqué de l'Ouest vers l'Est : de 120 mètres NGF au Nord-Est d'Orléans à 160 mètres NGF au Nord-Ouest de Gien.
- La zone du Gâtinais, en bordure du Loing. Elle se compose de butes témoins (bute jaune près de Bromeilles) et d'une zone plus plane entaillée par les cours d'eau du Fusain et de la Rolande. La topographie varie de 110 mètres NGF à 80 mètres NGF dans les vallées.

- L'extrême Sud-Est de la zone d'étude, entre les cours d'eau du Loing et de la Loire, où l'altitude atteint plus de 150 mètres NGF.

1.2.2 Réseau hydrographique

On a coutume de distinguer les cours d'eau internes qui drainent la nappe et dont l'alimentation d'étiage est essentiellement dépendante de cette dernière : la Juine, l'Essonne, l'Ecole, le Fusain, le Huillard, la Cisse, l'Aigre et la Conie. Les autres cours d'eau de bordure du système ne sont que partiellement dépendant de la nappe : la Remarde, l'Orge, la Seine, le Loing, la Loire, le Loir, l'Eure et son affluent la Drouette.

1.3 Géologie du système de Beauce

1.3.1 Contexte structural

Le système Beauce correspond à un bassin sédimentaire dont l'épaisseur peut atteindre 200 mètres.

Cet ensemble sédimentaire repose en discordance sur son substratum crayeux du Crétacé.

On distingue 3 grandes phases de mise en place du système :

- la première correspond aux dépôts d'âge éocène composés de mélanges de sables, d'argiles et de calcaires. Ces formations drapent le toit de la Craie. Leur puissance est fortement influencée par le jeu des failles de Sennely et de Beaune-la-Rolande. Une zone de subsidence se met alors en place, centrée à l'Est de Pithiviers et dirigée vers le Nord : la fosse de Pithiviers. La fosse, qui correspond à une gouttière ouverte sur l'Ile-de-France, se remplit. Sa partie Nord s'affaisse davantage et cette zone sera le siège d'une importante sédimentation, alors que la partie Ouest sera davantage marquée par l'érosion.
- la seconde phase correspond à des dépôts transgressifs, d'âge Eocène Supérieur-Oligocène. Ces dépôts composés d'argiles, de calcaires, de marnes et de sables, comblient la zone Nord-Est et se terminent en biseau selon une ligne Sud-Est – Nord-Ouest au centre de la zone étudiée. A l'issue de ces dépôts, les failles jouent à nouveau, entraînant une déformation des dépôts et une discordance datée de l'Oligocène Supérieur.
- la dernière phase correspond à la mise en place du bassin lacustre principal, au Sud de la fosse de Pithiviers. Ce bassin devient le centre géométrique du bassin de Paris. Les dépôts y sont de type molasses et calcaires et présentent une extension moindre que les dépôts éocènes.

Enfin, sur cet ensemble, des marnes, des sables, des argiles et des calcaires miocènes se déposent de façon éparses.

1.3.2 Contexte lithologique

Les formations qui constituent le système de Beauce correspondent à des dépôts essentiellement d'origine lacustre marqués sporadiquement par des influences marines. Les treize unités géologiques qui le composent sont d'âge Eocène à Miocène Inférieur (Aquitainien). Les dépôts se composent essentiellement d'une alternance de calcaires et de marnes, avec quelques passages de sables et d'argiles.

La figure 2 représente les formations géologiques qui composent le complexe de Beauce.

La séquence géologique dans l'ordre stratigraphique de la formation la plus ancienne à la plus récente est la suivante :

- la craie présente sous l'ensemble du système.
- les formations détritiques de l'Eocène

Elles sont composées essentiellement d'argile (dont les argiles à silex et celles à faciès sparnacien), avec quelques passages de poudings et de sables. Ces formations se sont déposées sur l'ensemble du système. Elles ont drapé et lissé la surface de la Craie en présentant un épaississement au niveau des horsts de Marchenoir et d'Ouzouer-le-Marché, et quelques lacunes ponctuelles.

- les arkoses de Breuillet

C'est une formation détritique de composition sablo-argileuse, qui s'étend de la Seine jusqu'au Nord-Est de la fosse de Pithiviers, dans l'ouverture du golfe sur l'Ile-de-France. Ces dépôts se sont faits à la faveur de chenaux et sont discontinus.

- les calcaires éocènes

Ils sont composés essentiellement de calcaires francs qui, dans la partie Nord-Est, reposent sur des formations plus marneuses. Ils sont présents sur l'ensemble du système.

- les argiles vertes et les marnes supra-gypseuses

Cette formation s'est déposée en demi-cuvette au Nord-Est de Pithiviers.

- les calcaires de Brie

Ils se sont déposés sensiblement aux mêmes endroits que les argiles vertes, avec une extension légèrement plus importante. Ils présentent des passées marneuses plus marquées au Sud et à l'Ouest.

- les marnes à huîtres et les molasses d'Etrechy

Ces dépôts ont une forme de cuvette tronquée, située entre Dourdan et Beaune-la-Rolande.



Contexte géologique



LÉGENDE LITHO-STRATIGRAPHIQUE

	Marnes et sables de l'Orléanais et de Sologne
	Calcaire de l'Orléanais
	Marnes de Blamont
	Calcaire de Pithiviers
	Molasse du Gâtinais
	Calcaire d'Etampes
	Sables de Fontainebleau
	Marnes à huîtres
	Calcaire de Brie
	Argiles vertes
	Calcaires éocènes
	Arkose de Breuillet
	Eocène détritique et argile à silex
	Craie

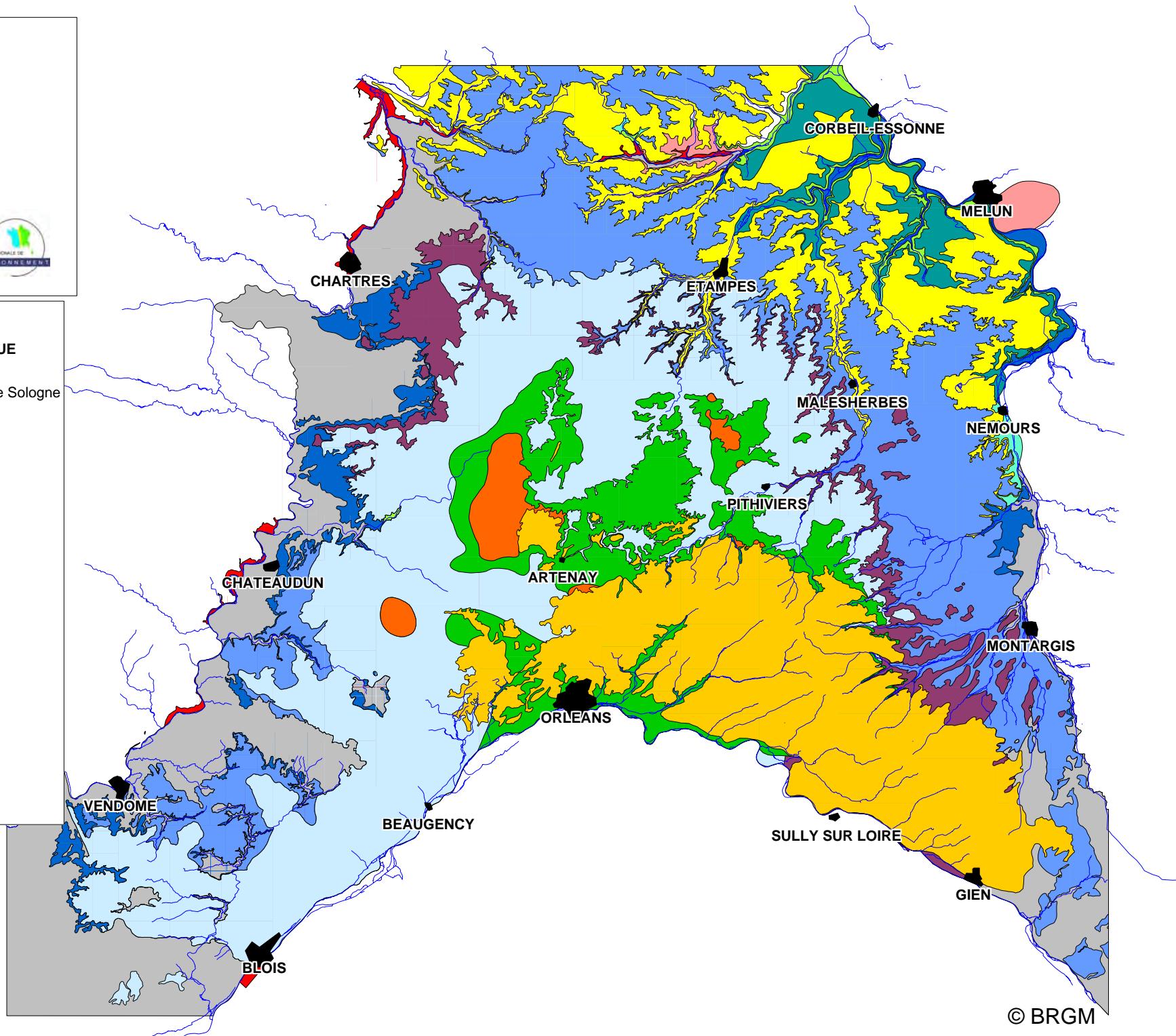


Figure 2

➤ les sables de Fontainebleau

Ces dépôts sont discordants sur les marnes qu'ils ont érodées. Leur extension se limite au tiers Nord-Est du système. Cette formation correspond à un cordon dunaire d'axe Rambouillet-Nemours. Les sables présentent des passées argileuses.

➤ les calcaires d'Etampes

Ils sont répartis de façon assez homogène sur l'ensemble du système jusqu'au Nord-Est d'une ligne Etampes - Malesherbes où ils sont érodés. Cette formation est composée de différents faciès de calcaires, de marnes, et présente une base argilo-marneuse sans doute discontinue.

➤ la molasse du Gâtinais

Cette formation est composée d'argiles et de marnes. Son épaisseur est très variable. Son extension est légèrement moindre au Nord que les calcaires sous-jacents. La formation présente une lacune centrale assez étendue et axée sur Pithiviers. Dans cette zone les composés sont de différents types calcaires et ont été reliés aux calcaires de Pithiviers.

➤ les calcaires de Pithiviers

Les dépôts se trouvent essentiellement au centre du système, et s'étendent en direction du Sud jusqu'à la Loire, entre Chateauneuf-sur-Loire et Blois. Ces calcaires sont hétérogènes avec des niveaux argilo-marneux de plus en plus importants en direction du Nord-Est.

➤ les marnes de Blamont

Ces argiles et calcaires marneux ont une extension moindre que celle des calcaires de Pithiviers et leur épaisseur est maximale au droit de la fosse de Pithiviers.

➤ les calcaires de l'Orléanais

Ces calcaires purs sont présents sur les marnes de Blamont et leur épaisseur reste modeste (inférieur à 10 m).

➤ les formations détritiques de l'Orléanais et de Sologne

Ces dépôts fluviatiles relativement imperméables se situent dans la partie Sud - Sud-Est du système. Leur épaisseur est variable.

1.4 Hydrogéologie du système aquifère multicouche

Le système aquifère de Beauce communément appelé « nappe de Beauce », est l'un des plus importants aquifères libre de France. L'étude de la géométrie du réservoir réalisée par le BRGM en 1999 a permis de préciser la lithologie, la stratigraphie et la représentation spatiale du système multicouche. Cette étude a également permis d'avancer sur la connaissance des relations probables entre les différents horizons aquifères qui le composent.

Les principales formations aquifères du système se superposent comme suit de haut en bas :

➤ les calcaires de Pithiviers

Il est libre et affleure sur la majeure partie du système. Ce sont des calcaires soumis à la fracturation et la dilution. Sa transmissivité moyenne est de l'ordre de 10^{-2} m²/s, avec une augmentation à 10^{-1} m²/s au Nord d'Orléans, où les calcaires sont karstifiés. Son épaisseur varie de 0 à 40 m.

➤ les calcaires d'Etampes

Lorsqu'il n'affleure pas, son toit est composé des Molasses du Gâtinais discontinues. C'est un aquifère composé de différents faciès de calcaires. Il présente à sa base une couche argilo-marneuse, de faible épaisseur et sans doute discontinue qui constituerait une semi-barrière hydraulique aux écoulements. La transmissivité moyenne de l'aquifère est d'environ 10^{-2} m²/s, légèrement plus faible que celle des calcaires de Pithiviers. On observe une augmentation à 10^{-1} m²/s, due à une karstification plus importante des calcaires dans la zone Nord d'Orléans, à proximité de la lacune dans la molasse du Gâtinais. La puissance de cette formation varie de 0 à 70 m.

➤ les sables de Fontainebleau

Cet aquifère est directement sous-jacent aux calcaires d'Etampes. Les sables, repartis en cordons dunaires, présentent des passées argileuses pouvant provoquer des semi-barrières hydrauliques à l'écoulement de la nappe. La transmissivité de cette formation est estimée à 10^{-3} m²/s, elle est inférieure à celles des aquifères calcaires qui composent le système. Son épaisseur varie de 0 à 70 m.

➤ les calcaires de Brie

C'est un aquifère composé de calcaires indurés, fortement fracturés, avec des passées marneuses dans les parties Ouest et Sud de la formation. Son toit est composé des marnes à huîtres et des molasses d'Etangny, et son mur est constitué des argiles vertes et des marnes supra-gypseuses. Dans sa partie Nord, il est en contact direct avec les sables de Fontainebleau. Dans ses parties extrêmes Sud et Ouest, il est en contact avec les sables de Fontainebleau sus-jacents et les calcaires éocènes sous-jacents. Sa transmissivité moyenne est de 10^{-2} m²/s et son épaisseur varie de 0 à 30 m (Ouest de Milly-la-Forêt).

Les trois formations aquifères précédentes ne forment le plus souvent qu'un seul et même réservoir aquifère.

➤ les calcaires éocènes

C'est l'aquifère qui présente la plus grande extension du système. Il est composé de différents faciès calcaires avec, dans sa partie Est, une plus forte composante argilo-marneuse. Son toit est composé des argiles vertes localisées essentiellement dans la partie Nord-Est du système, ce qui permet ailleurs un contact direct avec les aquifères des calcaires de Brie, les sables de Fontainebleau et les calcaires d'Etampes. Les Arkoses de Breuillet et les formations détritiques de l'Eocène forment son mur. Ces formations imperméables présentent des lacunes ponctuelles qui permettraient un contact avec l'aquifère de la Craie sous-jacent. Les calcaires sont parfois fracturés et la transmissivité varie de 10^{-2} m²/s vers l'Ouest, à 10^{-3} m²/s à l'Est. Son épaisseur peut atteindre 90 m.

Les accidents structuraux, comme les failles de Beaune-la-Rolande, Sennely et le horst de Nogent-sur-Vernisson dans le secteur Sud-Est du système et les dômes de Marchenoir et d'Ouzouer au Sud-Ouest, peuvent permettre des communications directes entre la Craie et les horizons aquifères du système de Beauce.

2 Situation de hautes eaux du printemps 2002

Les évolutions du niveau de la nappe de Beauce, aquifère très capacitif sont étroitement liées aux variations saisonnières des paramètres qui conditionnent le bilan hydrologique de la nappe, à savoir la recharge par les pluies efficaces et les prélèvements.

2.1 Pluviométrie

L'analyse de la pluviométrie s'appuie sur les données fournies par 4 stations gérées par Météo-France implantées sur les communes de Bricy (45), Chartres, Châteaudun (28) et Blois (41). La synthèse des cumuls annuels de pluies et pluies efficaces pour ces quatre stations est reprise aux annexes 2 et 3.

Le climat de la Beauce est de type océanique avec une nuance continentale marquée.

La pluviométrie moyenne annuelle est inférieure à la moyenne nationale établie à 700 mm.

Cette région agricole se caractérise par une forte hétérogénéité spatiale et temporelle des pluies et donc de la recharge des nappes libres par les pluies efficaces.

La station de Bricy est en général la station la plus arrosée au contraire des stations de Châteaudun et Chartres caractéristiques de la partie Est de la nappe de Beauce. Les normales calculées sur la période 1961-1990 confirment cette tendance avec 8 % de pluviométrie et 20 % de pluies efficaces de plus à Bricy qu'à Chartres.

L'année 2002 est la quatrième année excédentaire consécutive en pluviométrie puisque l'année 1999 avait dépassé les normales de 34 %, l'année 2000 de 26 %, puis l'année 2001 de 38 %.

L'année 2002 fait donc suite à une année 2001 très arrosée, c'est une année humide et contrastée. La moyenne annuelle des précipitations relevées sur les 4 stations (Chartres, Châteaudun, Bricy et Villefrancoeur) en 2002 est de 835 mm pour une moyenne des Normales de 609 mm, soit un dépassement de 33 %. Cette situation est néanmoins contrastée car le dépassement de la pluviométrie en 2002 par rapport aux Normales (1961-1990) varie de + 1% à + 21% selon les stations (tableau 1).

	Pluviométrie 2001 (mm)	Pluviométrie 2002 (mm)	Normales (mm) (1961-1990)	Pluviométrie 2002/Normales
BRICY	929	775	637	+21%
CHARTRES	806	623	580	+7%
CHATEAUDUN	786	618	611	+1%
BLOIS	798	687	N.R	N.R

Tableau 1 : Tableau comparatif de la pluviométrie

Le tableau 2 reprend en trois périodes la pluviométrie enregistrée sur les 4 stations en comparant les résultats obtenus aux Normales ainsi qu'aux cumuls de l'année 2001.

	1/10/N-1 au 30/04/N			1/5 au 30/9			1/10 au 31/12		
	2000/ 2001	2001/ 2002	Normales	2001	2002	Normales	2001	2002	Normales
CHARTRES	573	322	339	344	244	242	162	220	159
CHATEAUDUN	611	275	351	349	219	254	140	240	161
BRICY	667	347	378	399	316	262	170	283	172
BLOIS	665	336	N.R	293	246	N.R	153	259	N.R

Tableau 2 : Tableau comparatif de la pluviométrie par période

Les valeurs apparaissant en **rouge** dans les colonnes 2002 mettent en évidence une pluviométrie supérieure aux Normales pour la même période, en **noire** des valeurs inférieures à ces mêmes Normales.

Les valeurs en **bleu** représentent la pluviométrie de l'année 2001, année durant laquelle grâce à des pluviométries exceptionnelles les nappes ont la plupart du temps atteint des niveau records.

Les valeurs obtenues à la station de Blois en 2002 ne peuvent être comparées à aucune Normale du fait de l'absence de 30 ans de données consécutives.

Le tableau 2 permet de constater que :

Pendant la période de recharge 2001-2002 (du 1/10/2001 au 30/4/2002) la pluviométrie sur l'ensemble des stations a été à peu près équivalente à la moitié de la pluviométrie enregistrée à la même époque un an auparavant, mais proche des Normales.

Du 1/5/2002 au 30/9/2002, bien que 2 stations sur 4 aient enregistré des pluviométries supérieures aux Normales, elles se situent encore de 50 à 100 mm sous les cumuls connus à la même époque en 2001.

Par contre pendant la troisième période (du 1/10/2002 au 31/12/2002) la pluviométrie est supérieure de 60-120 mm à celle connue en 2001 et nettement supérieure à la Normale.

2.2 Pluies efficaces

Les précipitations efficaces qui représentent la part de la pluie qui n'a pas été évaporée et participe à la recharge des nappes, ont été calculées à partir du modèle Agronoé de Météo-France avec les hypothèses suivantes :

Réserve utile : 100 mm

Réservoir supérieur : 40 mm

Réservoir profond : 60 mm

Culture : Prairie

La pluie efficace calculée avec des coefficients uniques pour ces quatre stations, ne peut donner qu'une indication sur les valeurs de la pluie efficace réelle. On prendra donc la précaution d'utiliser ces résultats uniquement comme ordre de grandeur de la recharge potentielle des nappes.

La pluie efficace moyenne de l'année 2002 calculée sur les 4 stations est de 200 mm, soit 29,6 % des précipitations totales en 2002.

	Pluies efficaces 2001 (mm)	Pluies efficaces 2002 (mm)	Normales P E (1961-1990) (mm)	P.E 2002/Normales
BRICY	332	250	148	+69%
CHARTRES	254	170	123	+38%
CHATEAUDUN	254	169	134	+26%
BLOIS	232	211	N.R	-

Tableau 3 : Tableau comparatif des Pluies Efficaces (P E) et des Normales

	1/10/N-1 à 30/04/N			1/5 au 30/9			1/10 au 31/12		
	2000/ 2001	2001/ 2002	Normales	2001	2002	Normales	2001	2002	Normales
CHARTRES	300	146	154	19	0	1,5	63	88	64
CHATEAUDUN	331	100	148	27	0	2	26	93	59
BRICY	369	168	149	36	0	1,5	77	160	60
BLOIS	363	211	N.R	0	0	NR	21	116	NR

Tableau 4 : Tableau comparatif des Pluies Efficaces (P E)
et des Normales par période

N.R : Non Renseigné.

Les valeurs apparaissant en **rouge** dans les colonnes 2002 mettent en évidence des pluies efficaces supérieures aux Normales pour la même période, en **noir** des valeurs inférieures à ces mêmes Normales.

Les valeurs en **bleu** représentent pour les mêmes périodes les pluies efficaces durant l'année 2001.

Les valeurs obtenues à la station de Blois ne sont comparées à aucune Normale du fait de l'absence de données.

Les tableaux 3 et 4 mettent en évidence le caractère exceptionnel des pluies efficaces obtenues sur la période 2000/2001 :

- 3 fois supérieures à celles de 2001/2002 pour la période du 1/10/01 au 30/4/02,
- une production inhabituelle pendant le mois de juillet sur 3 des 4 stations.

Ces éléments expliquent en grande partie les remontées importantes observées en 2001 sur la majorité des piézomètres en nappes libres et de façon plus discrète sur ceux en nappes captives.

On constate par contre qu'en fin d'année 2001, les pluies efficaces sont très proches des Normales (quand on a pu les calculer) et vraisemblablement nettement inférieures aux Normales à la station de Blois.

Le début de d'année 2002 jusqu'à fin avril est relativement sec, la situation à l'issue de la première période (1/10/2001 à 30/04/2002) avant le début de l'irrigation se situe ainsi sous les Normales, ce qui a entraîné sur certaines stations piézométriques l'absence de recharge fin 2001 début 2002.

La période allant de début mai à fin septembre est relativement proche des Normales.

C'est en fin d'année et particulièrement au cours des mois de novembre et de décembre que nous avons connu un épisode pluvieux supérieur aux Normales et aux cumuls de la fin d'année 2001, qui a permis de constater à fin décembre une recharge sensible des nappes libres et de se rapprocher du niveau enregistré un an auparavant.

2.3 Evolution de la courbe de référence de Beauce en fonction de la pluviométrie et des pluies efficaces

Créé en 1995 en concertation entre l'administration et la profession agricole, l'indicateur de référence de la nappe de Beauce est issu de la moyenne pondérée de 9 piézomètres télétransmis suivis depuis au moins 1974.

La pondération de chacun de ces points est fonction de sa représentativité dans la carte piézométrique reconstituée à partir de mesures réalisées entre 1966 et 1968.

Cet indicateur est considéré comme étant le reflet général des fluctuations piézométriques de l'ensemble de l'aquifère.

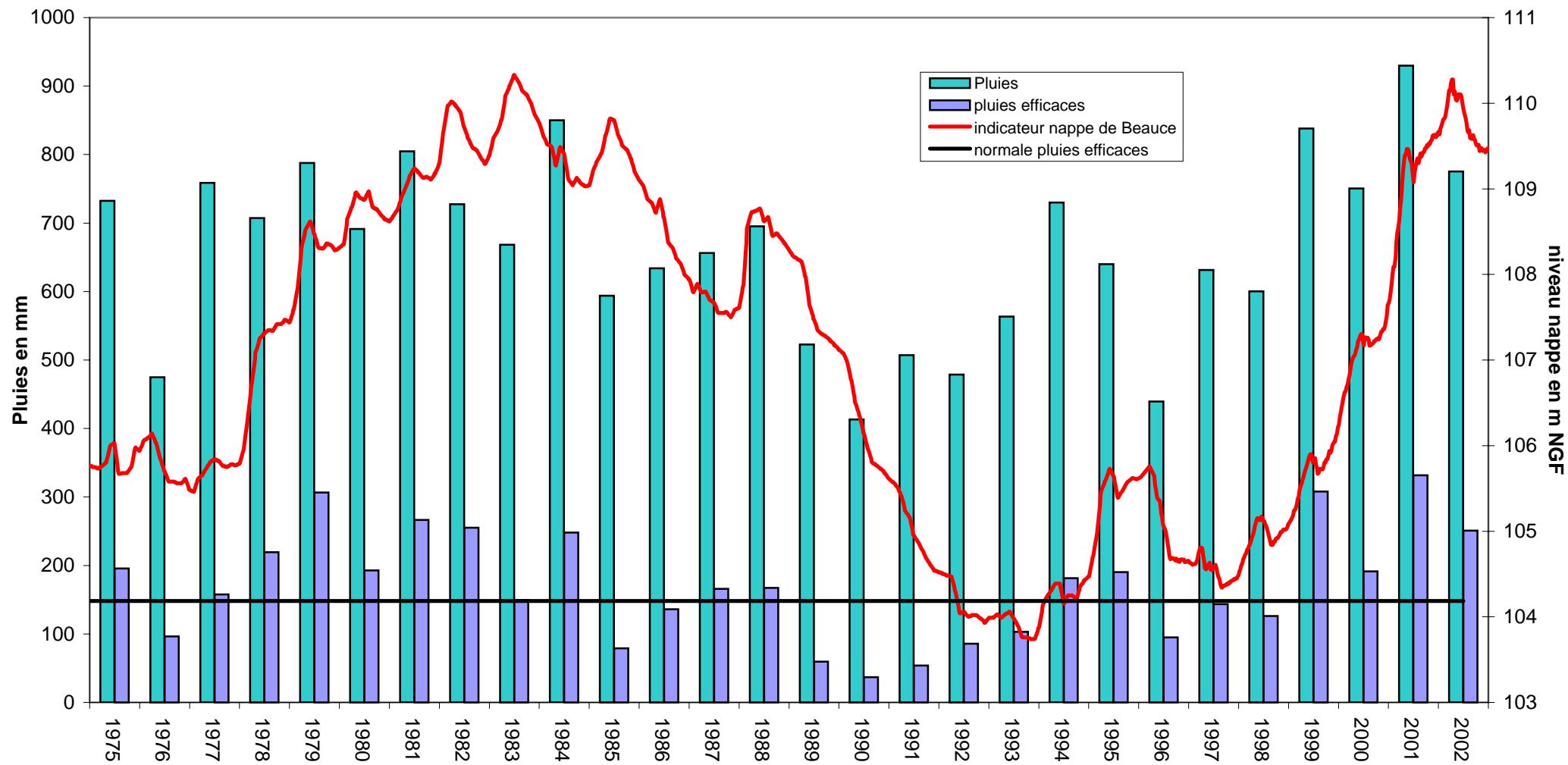
C'est un outil essentiel de la gestion de cet aquifère. Il est mis à jour chaque semaine, le mardi et est consultable sur Internet à l'adresse suivante :

http://www.environnement.gouv.fr/centre/nappe_de_beauce.htm

La superposition de la courbe de référence de Beauce et de la normale des pluies efficaces (148 mm) sur l'histogramme des pluies et pluies efficaces de la station météo de Bricy (figure 3) met en évidence les éléments suivants :

- Les fluctuations de la nappe sont étroitement liées à la recharge par les pluies efficaces.
- Quand les pluies efficaces sont inférieures à la normale le niveau moyen de la nappe accuse une baisse qui est perceptible sur une durée d'un an.
- Quand elles sont très inférieures aux normales plusieurs années de suite (1989-1993) le niveau moyen de la nappe chute de façon spectaculaire.

Superposition de la courbe de référence de Beauce, de la normale des pluies efficaces et des histogrammes de pluies et de pluies efficaces à Bricy de 1975 à 2002



- Quand elles sont proches des normales (1977 – 1997) le niveau de la nappe reste stable ou progresse lentement.
- Quand elles sont supérieures à la normale, une hausse d'amplitude variable (dépendante de la quantité de pluie efficace produite) est enregistrée sur l'année qui suit.

La figure 3 illustre cette analyse, on peut ainsi depuis 1975 établir une relation étroite entre la pluviométrie, les pluies efficaces produites et les fluctuations de la courbe de référence de Beauce.

Il faut cependant garder en mémoire que :

La courbe de référence de Beauce est réalisée à partir de 9 piézomètres auxquels sont affectés des coefficients de pondération. Pris individuellement, ces piézomètres présentent des comportements différents les uns des autres. La courbe de référence donne cependant une indication globale des évolutions du niveau de la nappe.

La pluviométrie varie de façon sensible d'un secteur à l'autre de la Beauce.

Tout comme la pluviométrie et les pluies efficaces, les prélèvements, leur importance et leur répartition dans le temps, conditionnent les évolutions du niveau de la nappe des Calcaires de Beauce ; il existe une véritable synergie entre ces trois paramètres.

3 Campagne piézométrique en période de hautes eaux

3.1 Méthodologie

La réalisation de la piézométrie repose sur 3 étapes :

- la préparation de la campagne de mesures avec notamment la sélection des ouvrages à mesurer,
- les mesures de terrain, notamment les mesures du niveau d'eau et le niveling des repères de mesures,
- la validation, la bancarisation, l'exploitation des données et la cartographie des résultats.

3.2 Préparation de la campagne piézométrique

La sélection des points de mesures s'est appuyée sur :

- une identification et une récupération dans la banque de données du sous-sol (BSS) des ouvrages (puits et forages) captant la nappe des Calcaires de Beauce ou celle de la Craie dans le périmètre d'étude.
- l'exploitation des données issues de la campagne piézométrique réalisée en 1994.

Seuls les ouvrages dont la profondeur était connue ont été retenus, afin d'identifier pour chacun d'eux l'horizon aquifère atteint.

Ce travail s'est appuyé sur le modèle décrivant la géométrie de l'aquifère des Calcaires de Beauce réalisé par le BRGM en 1999.

L'ensemble de ces ouvrages (5019 au total) a été reporté sur des fonds de carte IGN (correspondant aux coupures des cartes géologiques) au 1/40.000^e, le niveau aquifère atteint par chaque ouvrage étant repéré d'une couleur distincte.

Une présélection des ouvrages à mesurer en priorité a été définie par la DIREN, afin d'obtenir une répartition spatiale optimale de ces derniers sur la nappe dans son ensemble, mais également sur chacun des horizons aquifères.

913 points ont ainsi été retenus.

Les documents de terrain suivants ont été remis à chaque bureau d'étude :

- les extraits de carte IGN au 1/40.000^e avec la localisation des points à mesurer. Si ces derniers s'avéraient ne pas être accessibles, la localisation de points de mesures de substitution, captant le même aquifère (code couleur identifiant l'horizon atteint par chaque ouvrage pré sélectionné).
- une fiche reprenant une partie des informations disponibles à la BSS (indice BSS, type d'ouvrage, département, commune, coordonnées Lambert II, propriétaire, utilisation de l'ouvrage, profondeur de l'ouvrage, lithologie, horizon atteint, ...) à compléter par les mesures de terrain.



Localisation des ouvrages mesurés et aquifères captés



DIREN Centre
Service de l'Eau et des Milieux Aquatiques
5, avenue Buffon BP 6407
45064 Orléans Cedex 2



DIREN Ile de France
Service des Milieux Aquatiques
18, avenue Carnot
94234 CACHAN

Points de mesure

- ▲ calcaires de Pithiviers (233 points)
- calcaires d'Etampes (244 points)
- ★ sables de Fontainebleau (55 points)
- ◆ calcaires de Brie (30 points)
- calcaires éocène (107 points)
- ▼ craie (200 points)
- ? indéfini (21 points)

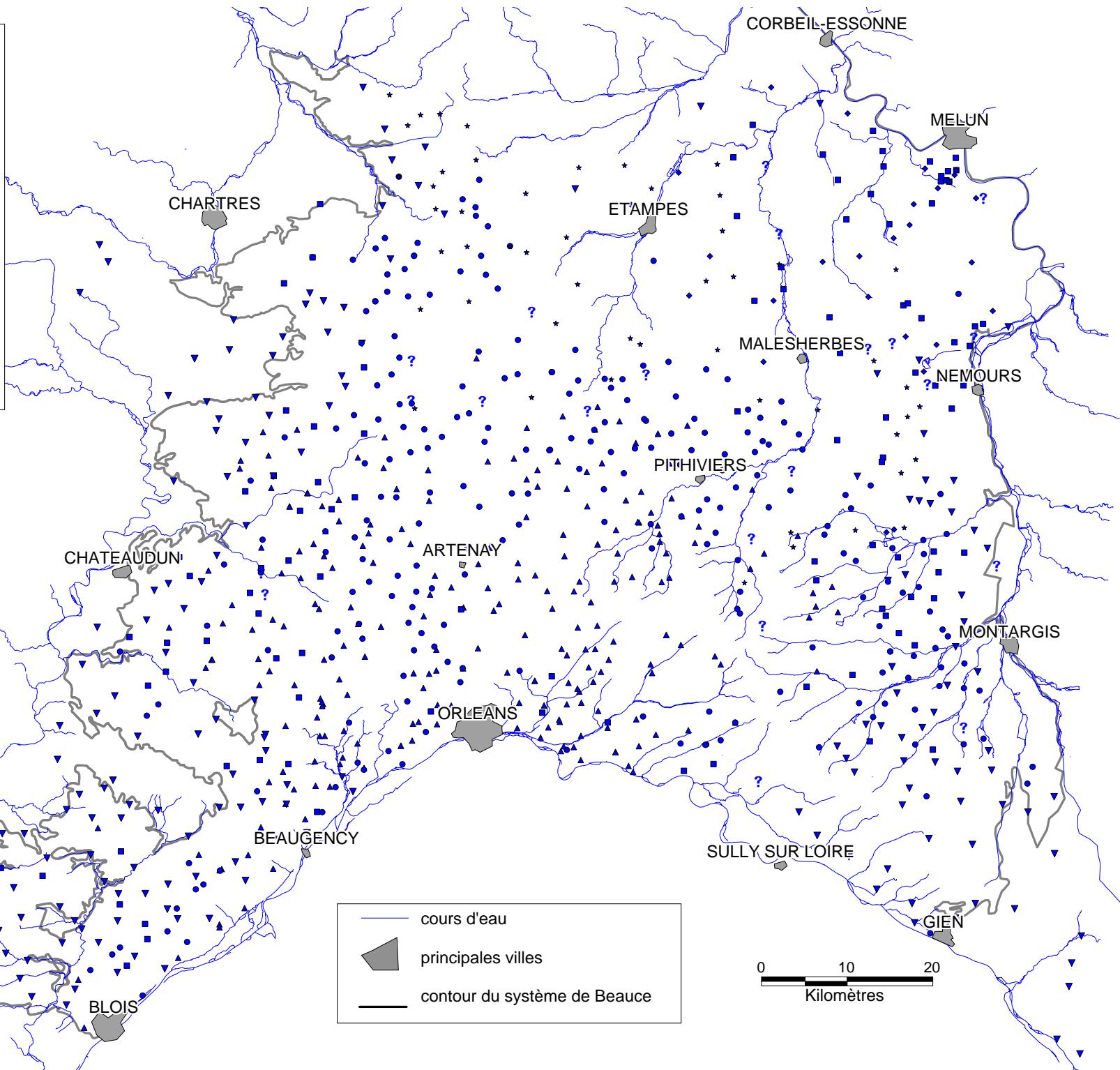


Figure 4

3.3 Campagne de mesures sur le terrain

Les bureaux d'études étaient chargés de :

- mesurer précisément (au centimètre près) le niveau piézométrique de la nappe à partir d'un repère, la hauteur du repère par rapport au sol et enfin, la profondeur totale de l'ouvrage.
- matérialiser, photographier, niveler et géoréférencer (avec une précision de ± 5 cm) le repère choisi.
- photographier chaque ouvrage dans son environnement.
- renseigner les fiches de terrain.

L'annexe 1 présente une fiche de terrain renseignée.

La DIREN a par ailleurs prospecté les secteurs où la densité de points de mesures s'avérait être insuffisante (forêt d'Orléans par exemple).

Plus de 130 mesures ont ainsi complété les informations récoltées par les bureaux d'études.

Les mesures piézométriques ont eu lieu entre le 15 mars et le 6 avril 2002, avant le démarrage de l'irrigation.

Au total, les niveaux d'eau de 915 ouvrages ont été mesurés.

La figure 4 présente la localisation des ouvrages mesurés ainsi que les horizons captés.

3.4 Traitement et exploitation des données

Les mesures ont fait l'objet d'une validation permettant d'évincer les données aberrantes suite à :

- une erreur dans la prise du niveau,
- une erreur dans le niveling,
- une mesure du niveau d'un ouvrage captant une nappe perchée ou isolée,
- un apport d'eaux parasites dans l'ouvrage,
- une mesure d'un niveau dynamique.

Au final, 889 mesures ont été retenues et exploitées pour la cartographie.

L'ensemble des données collectées sur le terrain a été bancarisé.

7 cartes ont ainsi été réalisées :

- une piézométrie générale de la nappe de Beauce sur l'ensemble de la zone d'étude,
- les isovariations piézométriques entre les périodes de basses eaux (1994) et de hautes eaux (2002),
- une piézométrie de l'aquifère des calcaires de Pithiviers,
- une piézométrie des aquifères captifs sous la molasse du Gâtinais correspondant aux calcaires d'Etampes, aux sables de Fontainebleau, aux calcaires de Brie, ainsi qu'à une partie des calcaires éocènes,
- une piézométrie de l'aquifère des calcaires éocènes captifs sous les argiles vertes,
- une piézométrie de la nappe de la Craie dans le secteur Sud-Est de la zone d'étude,
- une piézométrie de la nappe de la Craie dans la partie Ouest de la zone d'étude.

Le tracé des courbes isopièzes s'est déroulé en 2 étapes.

La première s'appuie sur un traitement automatique par la méthode d'interpolation du krigage (logiciel Surfer 7.0). Elle a permis de déterminer l'allure générale des courbes isopièzes.

Ensuite chaque courbe piézométrique a été affinée manuellement afin de prendre en compte :

- . la topographie,
- . le drainage des cours d'eau,
- . les lignes de sources,
- . les lignes d'eau,
- . les limites d'extension des aquifères,
- . les limites des imperméables entre chaque aquifère,
- . les connaissances acquises dans la bibliographie et sur le terrain.

4 Piézométrie générale du système aquifère Beauce

Figure 5 page suivante et planche 1 en annexe

Cette carte a été réalisée à partir de 593 mesures correspondant à l'ensemble des horizons aquifères qui compose le système Beauce, mais néanmoins une très forte proportion d'ouvrages (puits et forages) atteignant les calcaires de Pithiviers et d'Etampes. Un certain nombre de mesures effectuées sur des sources et des cours d'eau vient compléter les mesures piézométriques.

Points de mesures	Nombre de points mesurés
calcaires de Pithiviers	193
calcaires d'Etampes	214
cables de Fontainebleau	46
calcaires de Brie	26
calcaires éocènes	53
indéfinis	24
sources	32
cours d'eau	5

Cette carte permet d'avoir une vision d'ensemble du système Beauce en période de hautes eaux. Elle reproduit l'altitude et la morphologie du toit de la nappe. Elle permet de déduire les sens d'écoulement, les crêtes piézométriques et les gradients hydrauliques.

La restitution cartographique au 1/200.000^e s'appuie sur le fond IGN Région au 1/250.000^e. Les courbes isopièzes sont exprimées en mètres NGF.

L'équidistance retenue pour le tracé des courbes est de 5 mètres, hormis dans la partie centrale de la nappe où le pas de 1 mètre est appliqué.

Dans les secteurs Nord, Sud-Est et Sud-Ouest, les courbes isopièzes sont supposées par manque de points de mesure.

Le tracé des principaux axes de drainage a également été réalisé.

Le tracé des bassins versants souterrains, hormis la crête piézométrique séparant les bassins Loire-Bretagne et Seine-Normandie, n'a pas été retenu car trop aléatoire dans les secteurs de très faible gradient ou densité de points.

Enfin, la piézométrie générale n'a pas été tracée sur l'ensemble de la zone étudiée :

- dans le secteur Nord-Est, par manque de points de mesures,
- dans les parties Sud-Est et Sud-Ouest, qui correspondent à la partie terminale du système aquifère de Beauce, secteurs où les calcaires sont peu épais et susceptibles d'être dénoyés. De nombreux points rattachés au système Beauce dans ce secteur présentent des niveaux comparables à ceux de la craie. Des échanges entre ces aquifères sont vraisemblables.

Nappe de Beauce
Piézométrie en hautes eaux
carte générale
mars 2002



DIREN Centre
Service de l'Eau et des Milieux Aquatiques
5, avenue Buffon BP 6407
45064 Orléans Cedex 2



DIREN Ile-de-France
Service Régional des Milieux Aquatiques
18, avenue Carnot
94234 CACHAN Cedex

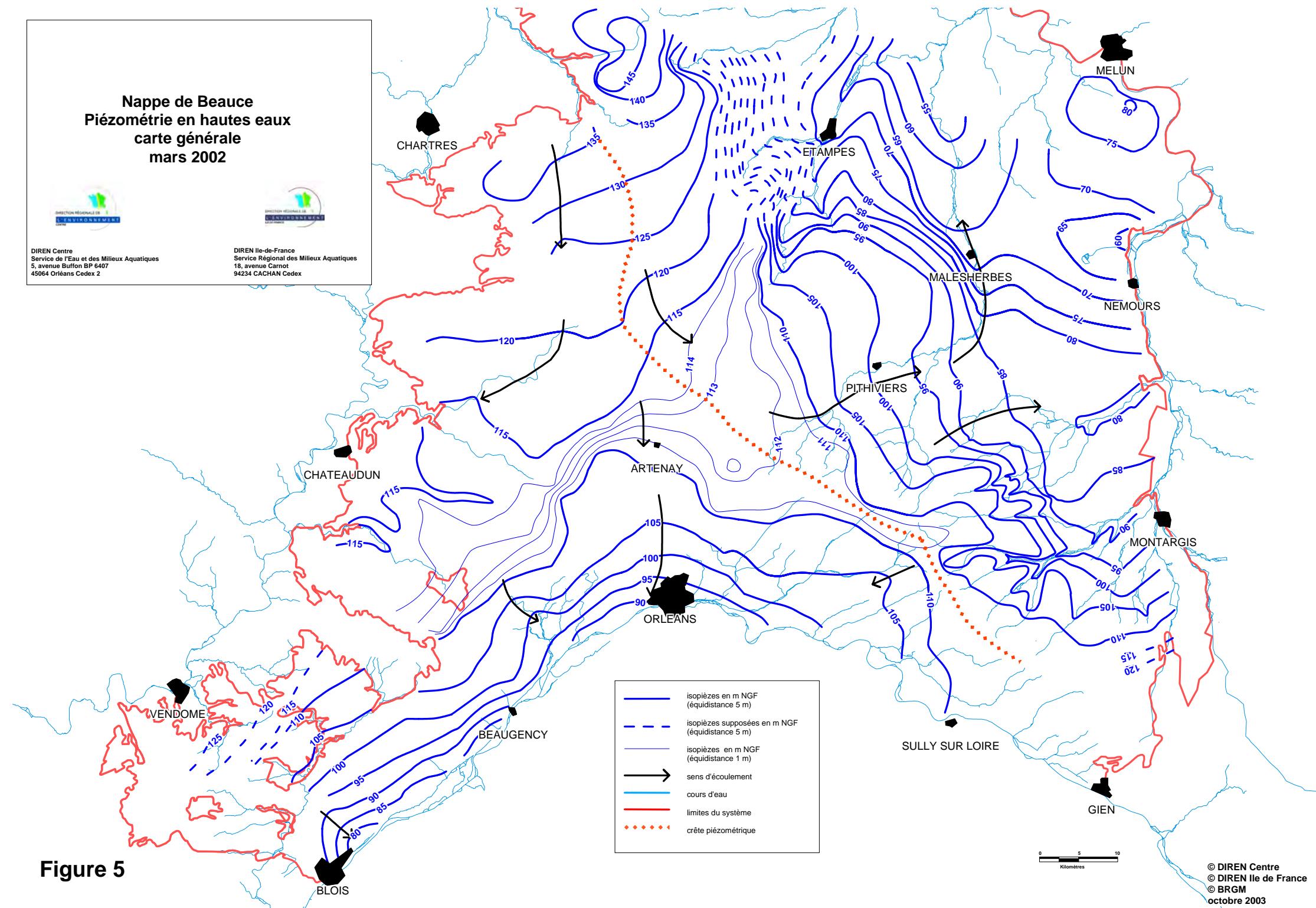


Figure 5

Les principaux enseignements fournis sont les suivants :

Des niveaux piézométriques extrêmes sont observés aux altitudes suivantes :

- . 148 mètres NGF au Nord-Ouest de la zone d'étude à proximité de la confluence de la Voise et de la Drouette,
- . 51 mètres NGF à proximité de la confluence entre la Juine et l'Essonne.

Dans la partie Nord du domaine d'étude, on constate un déplacement vers l'Ouest de la crête piézométrique séparant les bassins Loire-Bretagne et Seine-Normandie par rapport au tracé réalisé en basses eaux.

On constate par ailleurs un fort développement vers le Nord et l'Est du bassin versant souterrain de la Conie par rapport à la situation connue en 1994. D'une surface d'environ 250 km² à cette époque, il passe à près de 900 km² en hautes eaux, soit une augmentation de plus de 250%.

Ces évolutions, les plus marquantes, s'effectuent au détriment des bassins versants alimentant la Loire.

La carte met également en évidence l'existence d'un vaste plateau dans la partie centrale de la nappe. Délimitée par les communes d'Angerville (91), Artenay et Chilleurs-aux-Bois (45), cette zone présente un gradient très faible de l'ordre de 0,01 % (entre Toury (28) – Neuville-aux-Bois (45) par exemple), signe de très fortes perméabilités.

Ce secteur correspond à celui déjà identifié par la DIREN Centre (voir annuaires 2000 et 2001 de la nappe des calcaires de Beauce) comme présentant la plus forte inertie pour retrouver les plus hauts niveaux connus au début des années 80.

On constate également l'influence de la partie captive de la nappe sur les écoulements dans le secteur de la forêt d'Orléans.

Depuis les niveaux piézométriques les plus hauts dans la partie amont du bassin de la Voise, la nappe présente un écoulement général vers le Sud et participe ainsi, d'une part, à l'alimentation du bassin de la Conie et, d'autre part, à l'alimentation du vaste plateau central.

A partir de ce dernier, au droit de la bordure Ouest de la forêt d'Orléans (sous laquelle la nappe des calcaires de Beauce devient captive), les écoulements s'orientent d'une part en direction de la Loire (principalement à l'aval d'Orléans) et d'autre part vers le bassin de la Seine, principalement via les bassins de la Juine et de l'Essonne.

Cette divergence des écoulements est attribuable au fait que la nappe, ici captive, présente un très faible écoulement sous la forêt d'Orléans.

Le rôle de la partie captive de la nappe - sous les formations sablo-argileuses du Burdigalien (sous la forêt d'Orléans) - sur la dynamique des écoulements semble aussi primordial dans la forte stabilité spatiale et temporelle de la ligne de partage des eaux entre les bassins Loire-Bretagne et Seine-Normandie.

Dans le bassin de la Juine dans son ensemble et ainsi que dans celui de l'Essonne aval, la piézométrie est marquée par un très fort drainage des cours d'eau. Cette zone correspond par ailleurs à l'apparition des sables de Fontainebleau à l'affleurement.

Dans la partie Sud-Ouest du domaine d'étude correspondant à la Petite Beauce et à la Beauce Blésoise, la nappe présente un écoulement général en direction de la Loire et est marquée par un fort drainage des Mauves (Mauves de Meung et Mauves de St Ay).

Au Nord de la forêt de Marchenoir, la nappe se caractérise par un gradient très faible de l'ordre de 0,025 %. A l'opposé, au Sud, dans un secteur où la nappe des calcaires est en liaison étroite avec celle de la craie, le gradient apparaît comme quatre fois plus élevé (de l'ordre de 0,1 %).

Enfin, dans le Sud-Est du domaine d'étude correspondant aux bassins versants des affluents en rive gauche du Loing, la piézométrie est marquée par un fort drainage par les cours d'eau et un gradient hydraulique élevé, caractéristique de la faible perméabilité des calcaires dans ce secteur.

5 Comparaison des piézométries réalisées en hautes eaux et basses eaux

Les cartes piézométriques réalisées en période de basses et hautes eaux présentent un certain nombre de similitudes. On note cependant que :

- La zone centrale présente le même plateau piézométrique, de surface comparable mais dont le niveau piézométrique s'est globalement élevé de 5 mètres.
- Le drainage par les cours d'eau est davantage marqué en période de hautes eaux.
- Dans la partie Nord-Ouest de la zone d'étude, la limite entre les bassins hydrogéologiques de la Loire et de la Seine s'est sensiblement déplacée vers l'Ouest.

5.1 Isovariations des niveaux piézométriques hautes eaux – basses eaux

La réalisation d'une carte des isovariations permet de comparer les piézométries réalisées en période de hautes eaux (2002) et de basses eaux (1994). Cette carte s'appuie sur les différences de niveaux piézométriques calculées aux intersections entre les isopièzes de hautes eaux et celles de basses eaux ainsi qu'au droit des ouvrages mesurés au cours des deux campagnes piézométriques (carte 6 page suivante).

Cette carte montre que :

Sur 39 % de la surface d'étude, soit 2950 km², le niveau piézométrique s'est élevé de 5 à 7,5 mètres. Cette zone correspond dans sa majeure partie au « plateau de Beauce » et aux points hauts.

Les secteurs soumis à des potentiels imposés par les cours d'eau, ou des limites de débordement (affleurement de la nappe) ont gardé un niveau piézométrique relativement stable. Ce niveau s'est élevé de 0 à 2,5 mètres. Ce secteur correspond à 37 % de la surface d'étude, soit 2850 km².

Enfin, sur 20 % de la surface d'étude, soit 1440 km², le niveau piézométrique a augmenté de 2,5 à 5 mètres.

Les zones dont les niveaux piézométriques ont le plus augmenté (entre 7,5 et 12,5 mètres de plus en période de hautes eaux) correspondent à 4 % de la surface étudiée (environ 300 km²).



Nappe de Beauce isovariations hautes eaux - basses eaux



DIREN Centre
Service de l'Eau et des Milieux Aquatiques
5, avenue Buffon BP 6407
45064 Orléans Cedex 2



DIREN Ile de France
Service des Milieux Aquatiques
18, avenue Carnot
94234 CACHAN

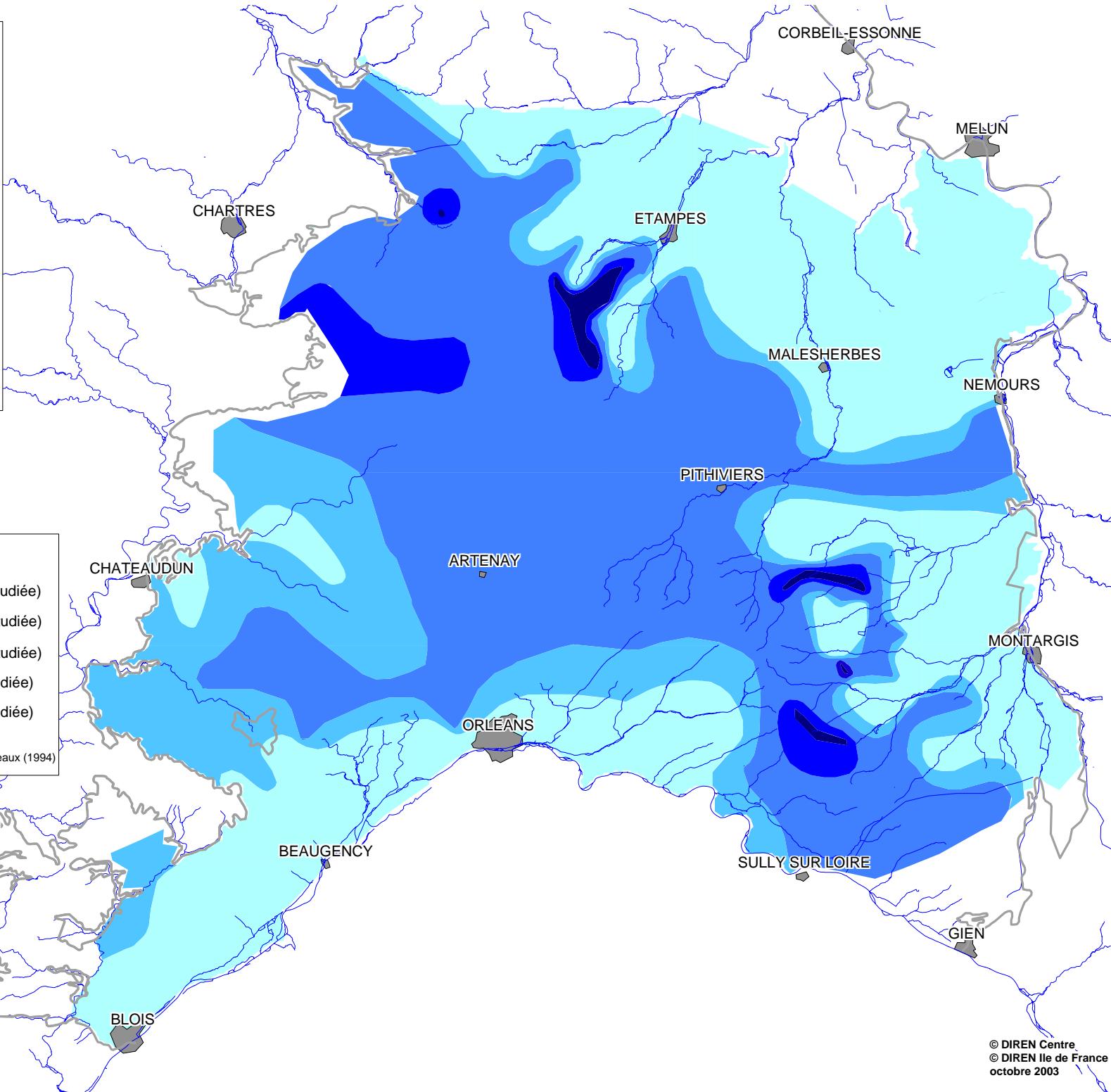


Figure 6

6 Piézométrie de l'aquifère des Calcaires de Pithiviers

Cette carte piézométrique (planche 2 en annexe) est la première consacrée exclusivement à l'aquifère des calcaires de Pithiviers sur toute son extension.

6.1 Données

Les calcaires de Pithiviers s'étendent sur 4633 km², presque exclusivement en région Centre (exception faite pour sa bordure Nord-Est débordant sur le département de l'Essonne).

La piézométrie de l'aquifère des calcaires de Pithiviers a été réalisée à partir de 193 mesures sur des ouvrages captant exclusivement cet aquifère permettant le tracé d'isopièzes d'équidistance 5 mètres et 1 mètre. L'échelle de restitution cartographique est le 1/150.000^e.

La différence entre le niveau topographique du toit de la Molasse (c'est-à-dire le mur de l'aquifère des calcaires de Pithiviers) et le niveau piézométrique a permis de déterminer les hauteurs mouillées pour chaque ouvrage et d'en déduire la zone de dénoyage des calcaires de Pithiviers (correspondant à une hauteur d'eau nulle dans l'horizon aquifère).

La carte représente enfin la lacune existante au sein des molasses du Gâtinais, dans ce secteur, les calcaires de Pithiviers et ceux d'Etampes sous-jacents sont en communication directe.

6.2 Commentaires

On constate que les calcaires de Pithiviers ne sont aquifères en situation de hautes eaux que sur 65 % de leur surface, soit environ 3000 km².

On y retrouve les grandes tendances déjà décrites pour la carte piézométrique générale. Les principaux enseignements sont :

- des niveaux piézométriques qui varient de 80 mètres NGF (rive droite de la Loire, à l'aval de Beaugency à un peu plus de 120 mètres NGF dans le secteur d'Allaines,
- la persistance du plateau dans la partie centrale de la nappe, centré sur la lacune dans la molasse du Gâtinais,
- un drainage important de la nappe des calcaires de Pithiviers par les Mauves (de Meung et Saint-Ay), l'Essonne à l'amont de Pithiviers, et également en direction de la Loire vers Orléans et La Chapelle-St-Mesmin.

7 Piézométrie du système aquifère captif sous la molasse du Gâtinais (aquifères des calcaires d'Etampes, des sables de Fontainebleau, des calcaires de Brie et des calcaires éocènes)

La planche 3 en annexe présente la piézométrie de la nappe captive sous la molasse du Gâtinais. Cet ensemble correspond aux aquifères des calcaires d'Etampes, des sables de Fontainebleau, des calcaires de Brie et des calcaires éocènes.

L'échelle de restitution est le 1/200.000^e.

L'équidistance retenue pour le tracé des courbes est de 5 mètres.

7.1 Données

Les ouvrages retenus et identifiés comme captant ces aquifères dans leur partie captive sont au nombre de 175 répartis comme suit :

149 aux calcaires d'Etampes,
13 aux sables de Fontainebleau et aux calcaires de Brie,
13 aux calcaires éocènes.

La limite du tracé piézométrique correspond à l'extension de la molasse du Gâtinais, avec au centre sa lacune caractéristique mettant en contact les calcaires de Pithiviers et d'Etampes.

7.2 Commentaires

La piézométrie du sous-système calcaires d'Etampes, sables de Fontainebleau, calcaires de Brie et calcaires éocènes, présente la même allure que la piézométrie générale et que celle des calcaires de Pithiviers.

La piézométrie présente également un plateau centré sur la lacune dans la molasse du Gâtinais. Elle met en évidence deux zones où les niveaux piézométriques sont élevés : l'une au Nord-Ouest, l'autre au Sud-Est.

La présence de la Molasse ne semble pas influencer la piézométrie dans la partie Ouest. Dans ce secteur, le tracé piézométrique est superposable à celui de la carte générale.

La piézométrie se distingue de celle réalisée pour la nappe des calcaires de Pithiviers essentiellement dans la partie où cette dernière est captive sous les formations de Sologne. On peut mettre en évidence, dans la partie centrale de la forêt d'Orléans, des différences de charge importantes entre la nappe des calcaires de Pithiviers et celle des calcaires d'Etampes.

Dans ce secteur correspondant à la forêt domaniale d'Orléans, la piézométrie reste cependant mal connue, conséquence du faible nombre de points mesurables.

La DIREN Centre a installé fin 2001 deux piézomètres sur la commune de Vitry-aux-Loges (Loiret) : l'un atteignant l'aquifère des calcaires d'Etampes (niveau à 100,5 mètres NGF fin mars 2002), l'autre, celui des calcaires de Pithiviers (102,5 mètres NGF à la même date). Les deux aquifères sont ici captifs.

Depuis le début de leur suivi, on constate une différence de niveau de 2 mètres en moyenne entre les deux aquifères.

Ces éléments confirment l'indépendance des deux aquifères dans ce secteur.

7.3 Analyse critique

Cette carte a été réalisée à partir de mesures effectuées sur des ouvrages atteignant l'aquifère des calcaires d'Etampes selon la méthode décrite au chapitre 3.2.

Il peut donc exister des incertitudes dans l'identification de l'horizon capté, celui-ci l'ayant été exclusivement à partir de la profondeur de l'ouvrage mesuré, les informations sur les coupes techniques des ouvrages étant généralement peu nombreuses.

Les similitudes de cette carte avec la piézométrie générale et la piézométrie de l'aquifère des calcaires de Pithiviers, en particulier dans le secteur Ouest, peuvent laisser supposer que de nombreux ouvrages captent simultanément les eaux des calcaires d'Etampes et celles des aquifères sus-jacents.

On peut également envisager que localement dans les secteurs où la molasse est de faible épaisseur, cette dernière perde une partie de ses propriétés d'horizon imperméable favorisant l'équilibre entre les deux horizons aquifères.

8 Piézométrie de l'aquifère des calcaires éocènes captifs sous les argiles vertes

8.1 Données

Dans la partie Nord-Est du système de Beauce, l'aquifère des calcaires éocènes est dissocié du reste du système par la présence d'argiles vertes – horizon imperméable qui forme alors le toit de l'aquifère.

La piézométrie a été tracée à partir de 41 mesures effectuées sur des ouvrages captant exclusivement l'aquifère des calcaires éocènes (planche 4). L'échelle de restitution est le 1/200.000^e.

Les isopièzes sont représentées au pas de 5 m, un bon nombre d'entre elles sont supposées par manque de points de mesures.

8.2 Commentaires

La piézométrie indique un écoulement orienté Sud-Ouest – Nord-Est en direction de la Seine.

L'allure piézométrique est homogène et présente un gradient décroissant de l'amont vers l'aval. Dans le secteur situé au Nord-Ouest du marais de Larchant, la piézométrie accuse un léger exhaussement. Le marais correspond lui même à une zone de drainage de la nappe de l'Oligocène.

8.3 Comparaison avec la piézométrie réalisée en basses eaux

L'allure des deux piézométries est sensiblement la même, présentant toutes les deux un écoulement principal vers la Seine.

Les niveaux piézométriques en hautes eaux sont plus hauts d'environ 5 mètres.

9 Piézométrie de l'aquifère de la Craie en limite d'extension du système Beauce

Afin de mieux comprendre le comportement du système Beauce dans ses limites d'extension Ouest et Sud-Est, des mesures piézométriques ont été réalisées sur des ouvrages atteignant la nappe de la craie, de manière synchrone avec celles réalisées sur la nappe des calcaires de Beauce.

Dans ces secteurs, la nappe de la craie est sous-jacente aux calcaires et séparée de ces derniers par l'argile à silex.

9.1 Nappe de la craie dans la partie Sud-Est du système Beauce

Cette carte (planche 5 en annexe) s'appuie sur 56 mesures, les isopièzes sont représentées avec une équidistance de 5 mètres. L'échelle de restitution est le 1/200 000^e.

Elle indique un point haut à l'extrême Sud-Est du secteur d'étude à la cote 179,5 mètres NGF.

L'écoulement général est Sud-Ouest – Nord-Est, un interfluve de même direction se dessine dans le prolongement de celui du système Beauce.

Des points de mesures rattachés au système Beauce présentent des niveaux comparables à ceux de la piézométrie de la craie. L'ensemble de ces éléments tend à démontrer les relations étroites entre les deux aquifères et l'alimentation du système Beauce par la nappe sur la craie dans sa frange Sud-Est entre le Loing et la Loire. L'étude de la géométrie du système Beauce laissait supposer de tels échanges à la faveur notamment des grands accidents structuraux.

9.2 Piézométrie de la craie sur la bordure Ouest du système Beauce

Cette carte (planche 6) est réalisée à partir de 134 mesures, les isopièzes sont représentés avec une équidistance de 5 mètres. L'échelle de restitution est le 1/300 000^e.

La piézométrie apparaît comme beaucoup plus complexe dans ce secteur, le Loir, la Loire, la Voise, la Drouette et l'Eure, sont les exutoires de l'aquifère de la craie.

Un interfluve de direction Sud-Ouest – Nord-Est traversant la forêt de Marchenoir se distingue nettement. De part et d'autre de cet axe, deux bassins hydrogéologiques se dessinent : l'un dont les écoulements se font vers le Sud-Est en direction de la Loire, l'autre vers le Nord-Ouest en direction du Loir.

On remarque l'importance du drainage de la Voise, des affluents du Loing et de la Loire (Cisse) sur la nappe.

Des points identifiés comme appartenant au système Beauce présentent des niveaux similaires à ceux de la nappe de la craie, ce qui semble indiquer localement des communications entre ces deux systèmes aquifères.

10 Débits aux exutoires – bilan des flux sortant

Un certain nombre de mesures de débit des cours d'eau - exutoires de la nappe de Beauce - ont été réalisées conjointement à la campagne piézométrique du printemps 2002, ceci dans le but d'évaluer par bassin versant la part des débits sortant dans le bilan de la nappe en situation de hautes eaux. Ces jaugeages ponctuels sont complétés par les mesures de débits fournies par les stations hydrométriques permanentes (Annexe 6 figure 7 et tableau page suivante).

L'ensemble des cours d'eau n'ayant pu être jaugé, certains débits sont estimés pour établir le bilan.

Ces débits sont comparés aux modules interannuels (issus de l'étude préalable à la réalisation d'un modèle de gestion de la nappe de Beauce – volet hydrométrie – hydrologie – CACG juin 1999).

Le total des débits sortant du système Beauce en situation de hautes eaux via les cours d'eau exutoires et les flux diffus (notamment vers la Loire) peut être estimé à environ 53 m³/s, correspondant à une augmentation de plus de 60 % du module interannuel.

On constate à la lecture du résultat du bilan la quasi équivalence des flux drainés vers la Loire (Loir et Val de Loire) 25,9 m³/s et la Seine (Seine et Loing) 25 m³/s.

On note également pour le bassin du Loing, le très faible écart entre le module interannuel et les flux drainés en situation de hautes eaux (+18 %) au contraire de celui constaté pour le bassin Juine Essonne, + 85 % et surtout de la Conie, + 180 %.

En effet, le débit des affluents du Loing n'est pas seulement lié aux variations piézométriques de l'aquifère de Beauce, une part importante du débit étant apportée par le ruissellement superficiel.

Au contraire de la Juine, l'Essonne et la Conie qui se caractérisent par une très forte corrélation entre leurs débits et la piézométrie.

C'est également pour la Conie, le cours d'eau dont le bassin versant souterrain a le plus bénéficié de la situation de hautes eaux de la nappe de Beauce au détriment des bassins alimentant la Loire.



Nappe de Beauce
Mesures de débits sur les exutoires
de la nappe de Beauce
mars 2002



DIREN Centre
Service de l'Eau et des Milieux Aquatiques
5, avenue Buffon BP 6407
45064 Orléans Cedex 2



DIREN Ile-de-France
Service Régional des Milieux Aquatiques
18, avenue Carnot
94234 CACHAN Cedex

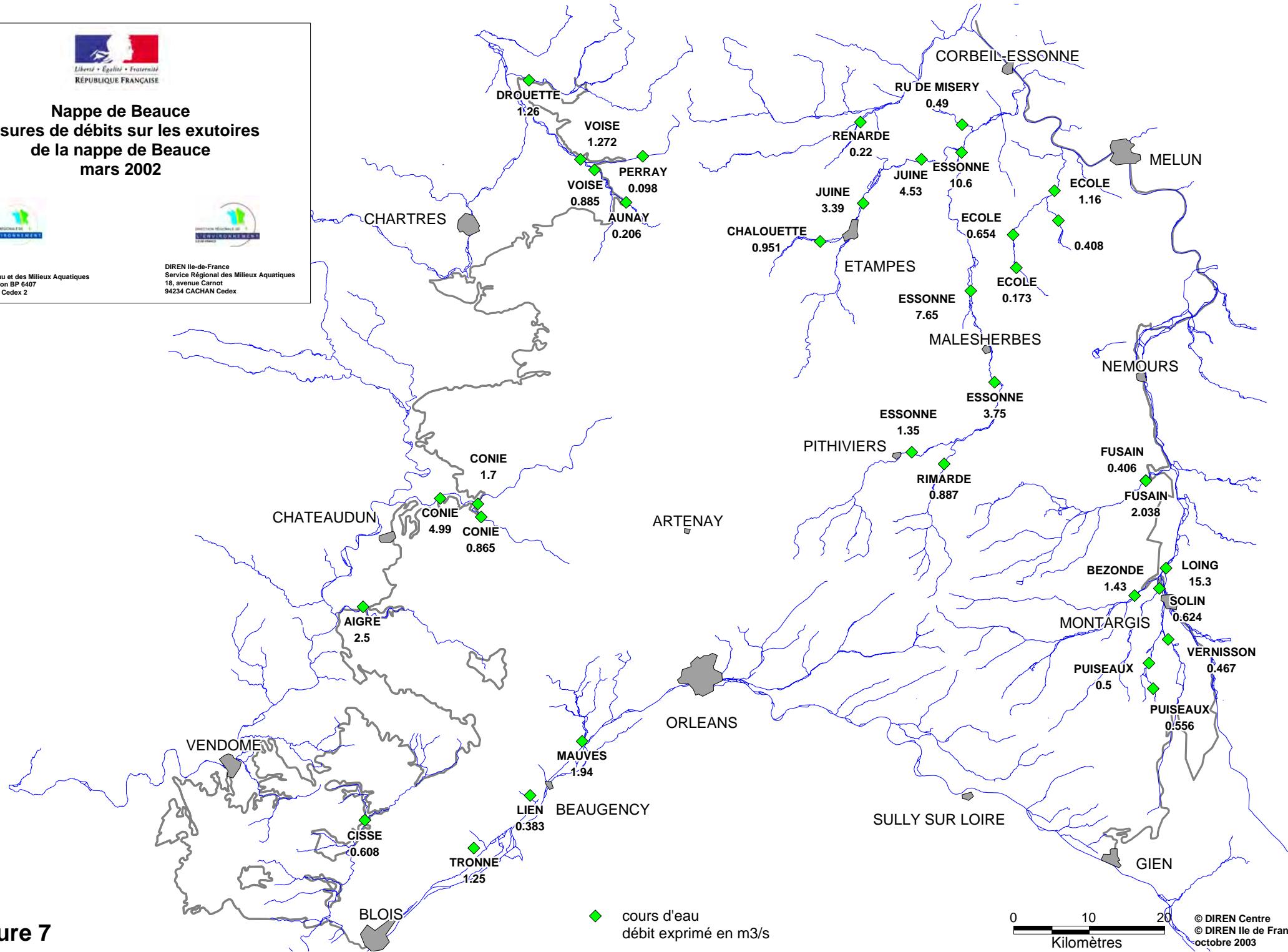


Figure 7

Bassin	Sous-bassins	module interannuel (m3/s)	Débit (m3/s) mars 2002	remarques
Eure	Drouette rive gauche	0,32	0,46	jaugeage
	Voise	0,87	1,27	jaugeage
	Reste (sud Chartres)	0,32	0,46	estimé par (Q Voise mars/module Voise) x module reste sud Chartres
Sous-total		1,51	2,2	
Loir	vallée de la Boncé	0,46	0,83	estimé par (Q Aigre mars/module Aigre) x module Boncé
	Conie	1,76	4,99	jaugeage
	Aigre	1,39	2,5	jaugeage
	Ru d'Ecoman	0,25	0,45	estimé par (Q Aigre mars/module Aigre) x module ru d'Ecoman
	Réveillon, Houzée (Sud du horst)	0,36	0,65	estimé par (Q Aigre mars/module Aigre) x module
Sous-total		4,22	9,4	
Loire	Tronne + Blois	0,91	1,25	estimé par (Q Mauves mars/module Mauves) x module
	Cisse	1,28	2	estimé par (Q Mauves mars/module Mauves) x module
	Mauves de Meung	1,22	1,94	jaugeage
	reste du secteur central (Lien, Beaugency, Baule, Mauve de St Ay,	0,64	1	estimé par (Q Mauves mars/module Mauves) x module
	Forêt d'Oléans, Chapelle St Mesmin)	4,36	7	estimé
	Amont Orléans (Bionne, Oussance, Bonnée, autres)	2,83	3,3	estimé par (Q Fusain mars/module Fusain) x module
Sous-total		11,24	16,5	
Loing	Puiseaux	0,54	0,55	jaugeage
	Bezonde	1,49	1,43	jaugeage
	Fusain	1,27	1,5	jaugeage
	Solin	0,51	0,63	jaugeage
	rive gauche Vernisson	-	0,46	jaugeage
	plateau	0,78	0,8	estimé par (Q Fusain mars/module Fusain) x module
Sous-total		4,59	5,4	
Seine	Ecole	0,90	1,16	jaugeage
	Essonne à la confluence avec la Juine	8,18	10,6	jaugeage
	Juine à la confluence avec l'Essonne		4,53	jaugeage
	Forêt de Fontainebleau, Essonne aval	0,81	1,5	estimé par (Q Juine-Essonne mars/module Juine-Essonne) x module
	Orge rive droite et Remarde	1,01	1,8	estimé par (Q Juine-Essonne mars/module Juine-Essonne) x module
Sous-total		10,90	19,6	
Total		32,46	53,1	

Bilan des débits aux exutoires, comparaison avec les modules interannuels

Conclusion

Le système aquifère multicouche de Beauce communément appelé « nappe de Beauce », s'étend sur deux régions, Centre et Ile-de-France, entre la Loire et la Seine. Il est l'un des plus importants aquifères libres de France. Cette formation est constituée d'une succession de couches géologiques alternativement perméables, semi-perméables et imperméables délimitant ainsi plusieurs réservoirs aquifères plus ou moins continus pouvant être en relation les uns avec les autres.

On distingue principalement les niveaux aquifères contenus dans les formations suivantes :

- les calcaires de Pithiviers,
- les calcaires d'Etampes,
- les sables de Fontainebleau,
- les calcaires de Brie,
- les calcaires éocènes (calcaires de Morancez, de Château-Landon et de Champigny).

L'alimentation de ce complexe aquifère est assurée par les précipitations efficaces, produites généralement d'octobre à avril.

Une recharge quasi continue depuis 1999, conséquence des pluies excédentaires enregistrées sur cette période, et une diminution des prélèvements pour l'irrigation, ont permis de retrouver au printemps 2002 des niveaux de nappe comparables à ceux les plus hauts connus de juillet 1983.

Afin de mieux comprendre le comportement du système aquifère multicouche de Beauce en période de hautes eaux, les DIREN Centre et Ile-de-France ont réalisé une campagne piézométrique sur l'ensemble du système au printemps 2002.

La campagne de mesures s'est déroulée du 15 mars au 6 avril 2002, avant le démarrage de l'irrigation.

La zone étudiée couvre environ 9000 km², elle est délimitée par les cours d'eau de la Voise et de l'Orge au Nord, la Seine et la Loing à l'Est, la Loire au Sud et le Loir et l'Eure à l'Ouest.

Les mesures de terrain ont été réalisées par trois bureaux d'études (Antéa, Géohyd et Safege) et la DIREN Centre.

Au total, 915 mesures piézométriques ont été effectuées et 890 ont été validées.

Chaque repère de mesure a été nivelé avec une précision de ± 5 cm, géoréférencé et photographié dans son environnement.

A partir de l'étude de la géométrie du système Beauce réalisée en 1999 par le BRGM et des informations disponibles sur la profondeur des ouvrages, les aquifères captés par les ouvrages mesurés ont pu être déterminés.

Par ailleurs, un certain nombre de mesures du débit des cours d'eau - exutoires de la nappe de Beauce - ont été réalisées conjointement aux mesures piézométriques afin d'évaluer par bassin versant la part des débits sortant dans le bilan de la nappe en situation de hautes eaux.

L'ensemble des informations issues de cette campagne de mesure a été bancarisé.

7 cartes ont été réalisées.

La piézométrie générale du système de Beauce s'appuie sur l'ensemble des mesures réalisées sur le système beaucéen sans distinction de l'aquifère capté. Elle permet d'avoir une vision d'ensemble de la piézométrie du système en situation de hautes eaux.

Elle présente certaines similitudes avec celle réalisée en 1994 en période de basses eaux.

On observe :

- des points hauts au Nord-Ouest, au Sud-Est et dans la partie Sud-Ouest,
- un plateau piézométrique de très faible gradient au centre de la nappe dans un secteur où les aquifères des calcaires de Pithiviers et d'Étampes sont en communication,
- des secteurs fortement drainés par les cours d'eau : la Juine, le Fusain, ... ,
- un interfluve principal d'axe Nord - Nord-Ouest – Sud - Sud-Est. De part et d'autre de ce dernier, un écoulement vers le Nord-Est, en direction de la Seine et du Loing, et un écoulement vers le Sud - Sud-Ouest, en direction de la Loire.

Les niveaux piézométriques n'ont pas fluctué de manière homogène entre la période de basses eaux de 1994 et celle de hautes eaux de 2002. La carte des isovariations met en évidence les caractéristiques suivantes :

- à proximité des cours d'eau et sur les coteaux, les niveaux piézométriques soumis à des potentiels imposés ont peu augmenté (entre 0 et 2,5 mètres). Ces zones représentent 37 % de la zone d'étude.
- le plateau piézométrique présente une augmentation moyenne de niveau de 5 à 7,5 mètres. Cette gamme d'amplitude correspond à 39 % du domaine d'étude.
- les bassins hydrogéologiques ont sensiblement évolué entre la période des basses eaux de 1994 et celle hautes eaux de 2002. La surface du bassin hydrogéologique de la Seine a augmenté et s'étend davantage au Nord-Est au détriment de celui de la Loire.

La piézométrie de l'aquifère des calcaires de Pithiviers dans son ensemble, a été tracée en prenant en compte la zone de dénoyage des calcaires. Cette zone est située principalement au Nord de la formation. La piézométrie présente une allure très similaire à la piézométrie générale, avec un point haut situé au Nord-Est, un plateau piézométrique au centre et un drainage marqué par la Loire et l'Essonne. Le plateau piézométrique est centré sur la lacune dans la molasse du Gâtinais. Dans ce secteur, les calcaires de Pithiviers se trouvent être en contact direct avec l'aquifère des calcaires d'Étampes sous-jacents.

La piézométrie des nappes captives sous la molasse du Gâtinais concerne les aquifères des calcaires d'Etampes, des sables de Fontainebleau, des calcaires de Brie et des calcaires éocènes. Elle se différencie de celle réalisée pour la nappe des calcaires de Pithiviers dans le secteur de la forêt d'Orléans où cette dernière est également captive.

La piézométrie de la nappe des calcaires éocènes captifs sous les argiles vertes a légèrement évolué entre les périodes de basses et de hautes eaux. Les niveaux ont augmenté de 5 mètres en moyenne.

Enfin, les piézométries de l'aquifère de la Craie ont été tracées aux limites Ouest et Sud-Est du système de Beauce. Elles semblent indiquer localement l'existence de communications avec la nappe de Beauce.

Cette étude a également permis de déterminer les flux drainés par le réseau hydrographique.

Le total des débits sortant du système Beauce en situation de hautes eaux via les cours d'eau exutoires et les flux diffus (notamment vers la Loire) peut être estimé à environ 53 m³/s, ce qui correspond à une augmentation de plus de 60 % du module interannuel.

On constate également la quasi équivalence des flux drainés vers la Loire (Loir et Val de Loire) 25,9 m³/s et la Seine (Seine et Loing) 25 m³/s.

Cette étude vient compléter et préciser les nombreuses connaissances déjà acquises sur la nappe de Beauce. Ces dernières sont indispensables à la mise en œuvre des actions de gestion en cours ou à venir sur une ressource en eau stratégique en liaison étroite avec les milieux aquatiques.

Bibliographie

Desprez N., Mégnien Cl. (1975) – Atlas hydrogéologique de la Beauce.

Maget Ph. (1995) – Piézométrie du système aquifère de Beauce. Basses eaux 1994. Rap. BRGM R 38572.

BRGM (1999) – Piézométrie de la nappe de Beauce. Bilan du réseau piézométrique. Etat corrigé de hautes eaux 1986. Rap. BRGM R 40379.

BRGM (1999) – Etudes préalables à la réalisation d'un modèle de gestion de la nappe de Beauce. Géométrie du réservoir et limites de la nappe de Beauce. R 40571.

DIREN Centre – SEMA (2001) – Variations piézométriques de la nappe des Calcaires de Beauce. Annuaire 2001. ISBN n°2-11-093395-X.

CACG - juin 1999 - Etudes préalables à la réalisation d'un modèle de gestion de la nappe de Beauce – volet hydrométrie – hydrologie.

Liste des annexes

ANNEXE 1 : Fiche de terrain renseignée

ANNEXE 2 : Histogrammes des pluies à Bricy, Chartres, Châteaudun et Blois de 1962 à 2002

ANNEXE 3 : Histogrammes des pluies efficaces à Bricy, Chartres, Châteaudun et Blois de 1962 à 2002

ANNEXE 4 : Pluies, pluies efficaces, normales en 2002 à Bricy, Chartres, Châteaudun et Blois

ANNEXE 5 : Chroniques piézométriques à Vitry-aux-Loges (Loiret)

ANNEXE 6 : Mesures de débit sur les exutoires de la nappe de Beauce

FICHE "POINT DE MESURE"

Prestataire

GEOHYD

Identifiant	INDICE BSS	DESIGNATION
4559	04291X0043	P

DPT	Code INSEE	COMMUNE
41	41252	SUEVRES

Coordonnées géographiques Lambert II (en m)	X : 532810
	Y : 2296325

Lieu-dit
FLEURY

Nature	Propriétaire
PUITS	COMMUNE

Etat	Exploitant
NON-EXPLOITE, MESURE.	Non défini

Utilisation	Profondeur Travaux
Non définie	

Année de création

Code nappe	Horizon
	calcaires de Pithiviers

Lithologie
Non définie

Stratigraphie
Non définie

campagne 1994 :

Repérage G.P.S.	X : 532736,9
	Y : 2296412
Système géographique :	

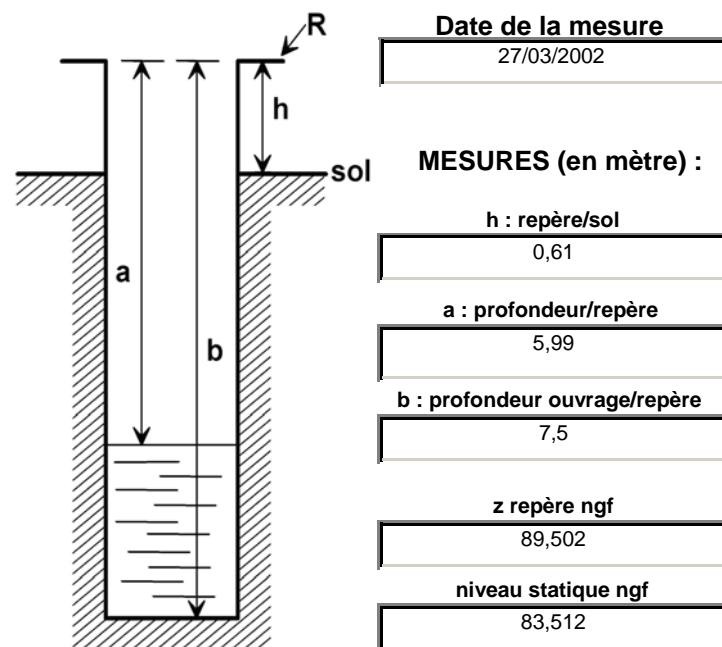
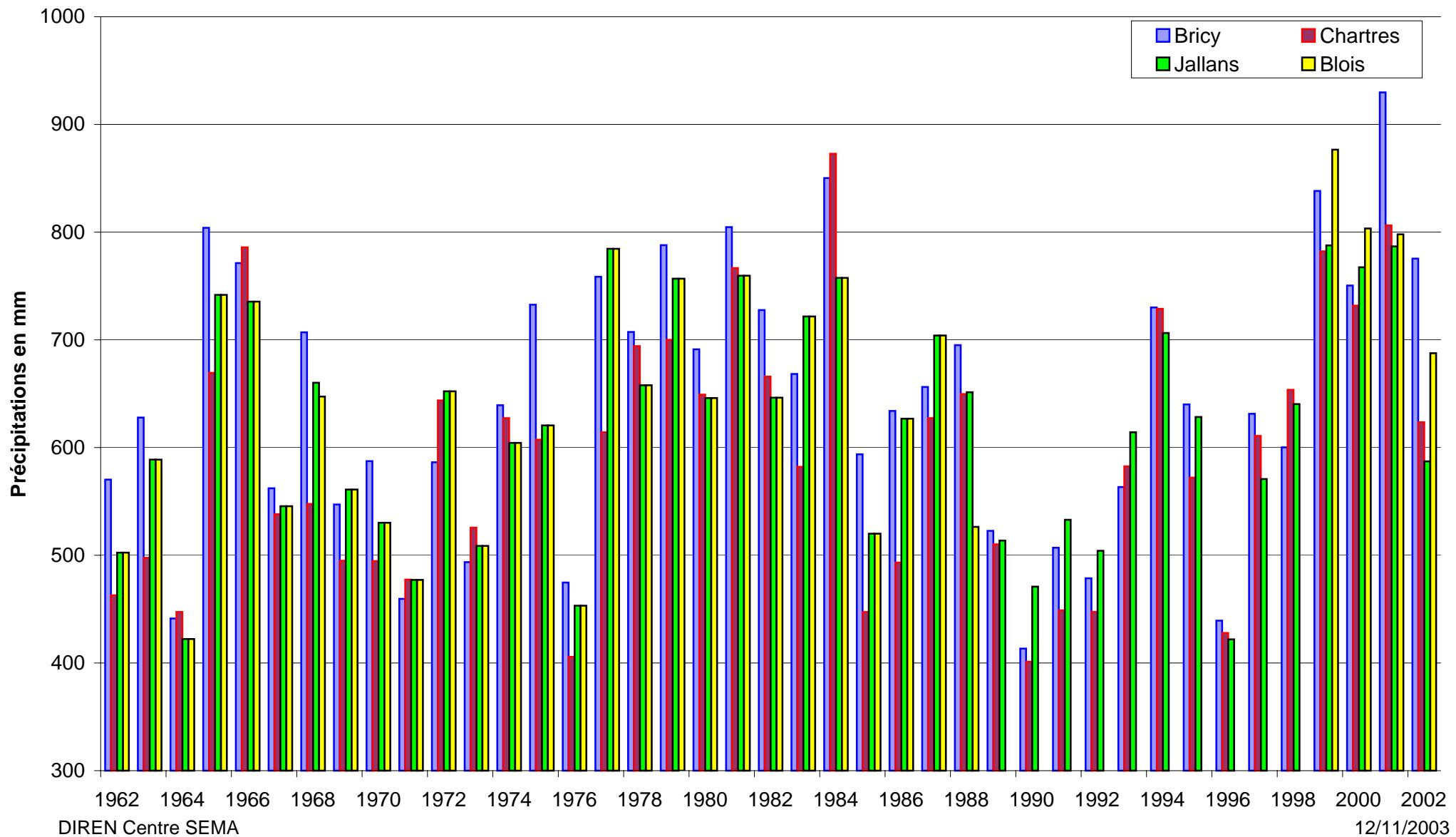


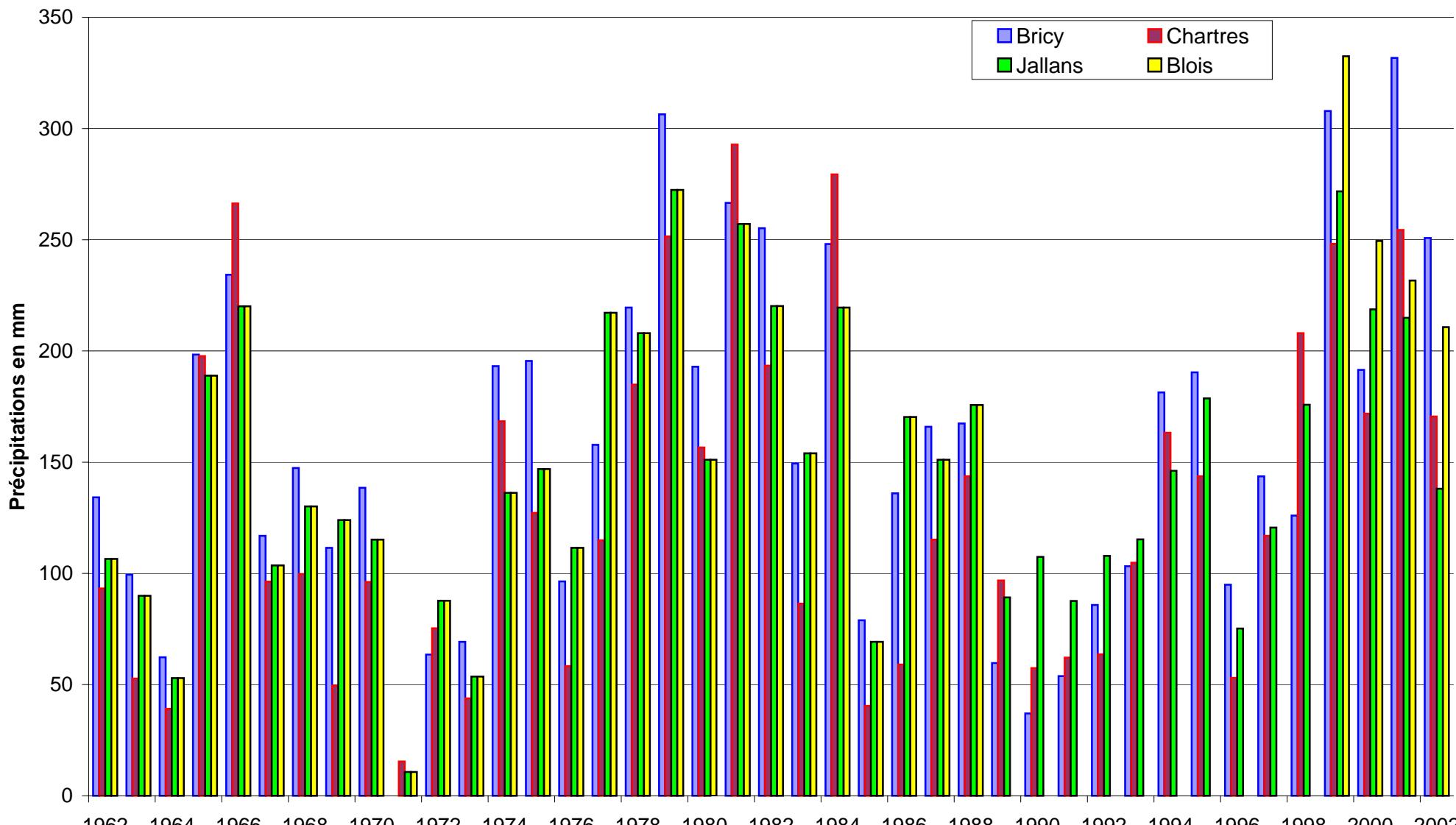
Schéma général

Observations
R=MARGELLE PUIT

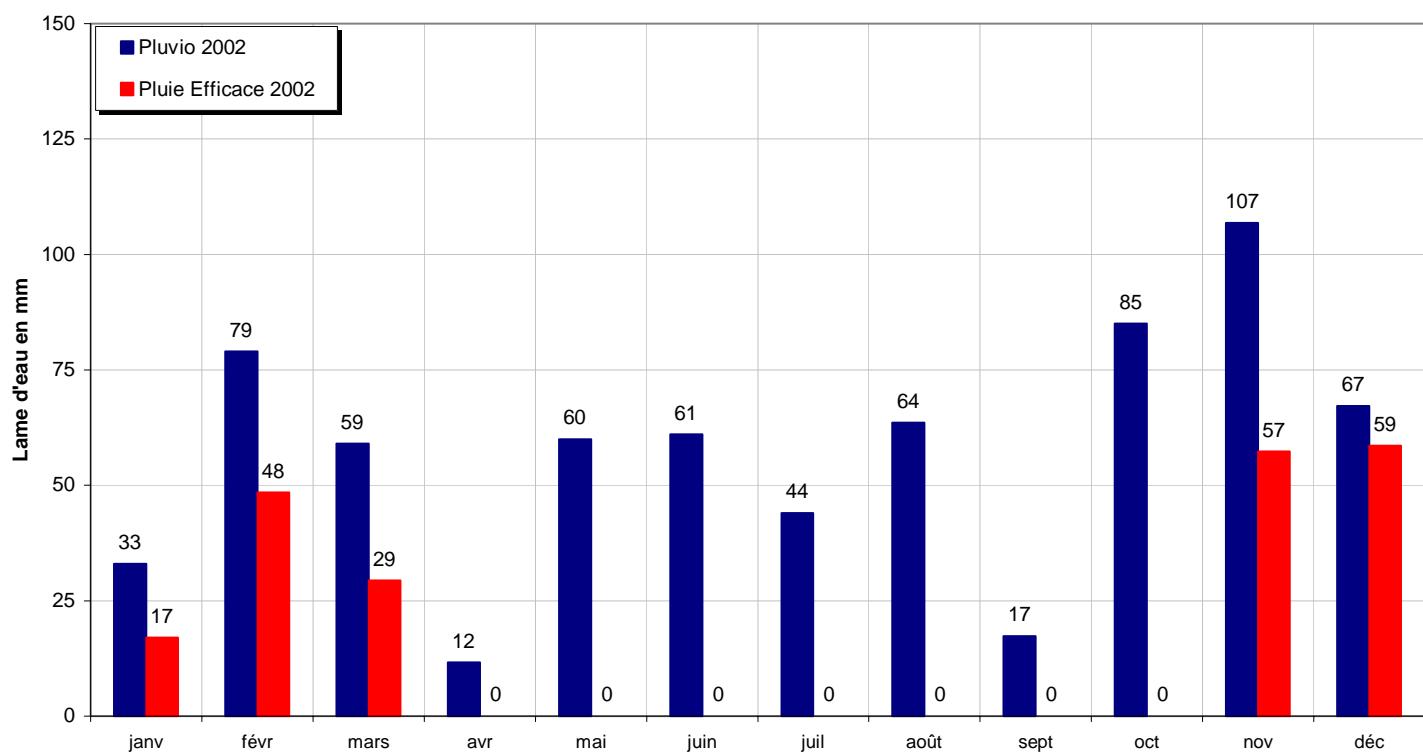
Histogramme des pluviométries enregistrées sur les stations de Bricy, Chartres, Chateaudun et Blois de 1962 à 2002



Histogramme des pluies efficaces enregistrées sur les stations de Bricy, Chartres, Chateaudun et Blois de 1962 à 2002

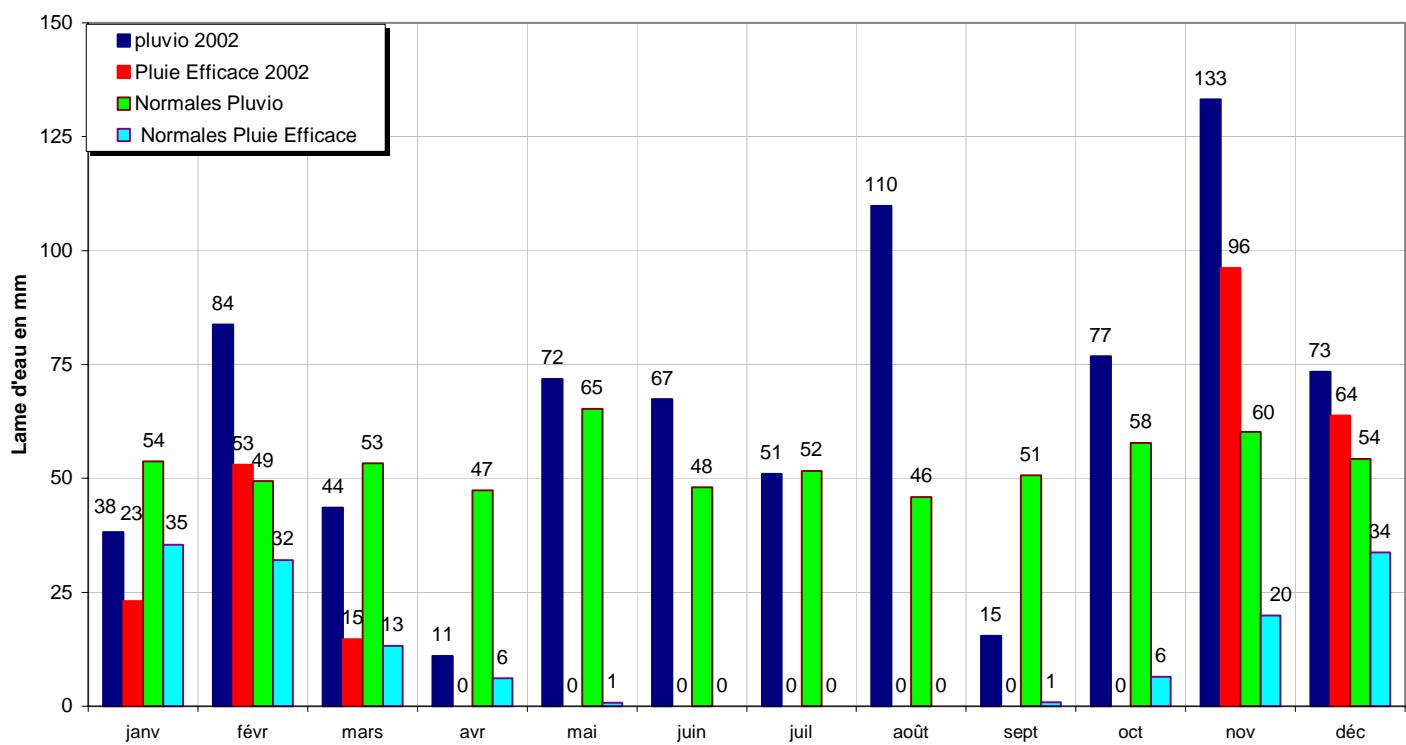


Année 2002 - Station de Blois (41)



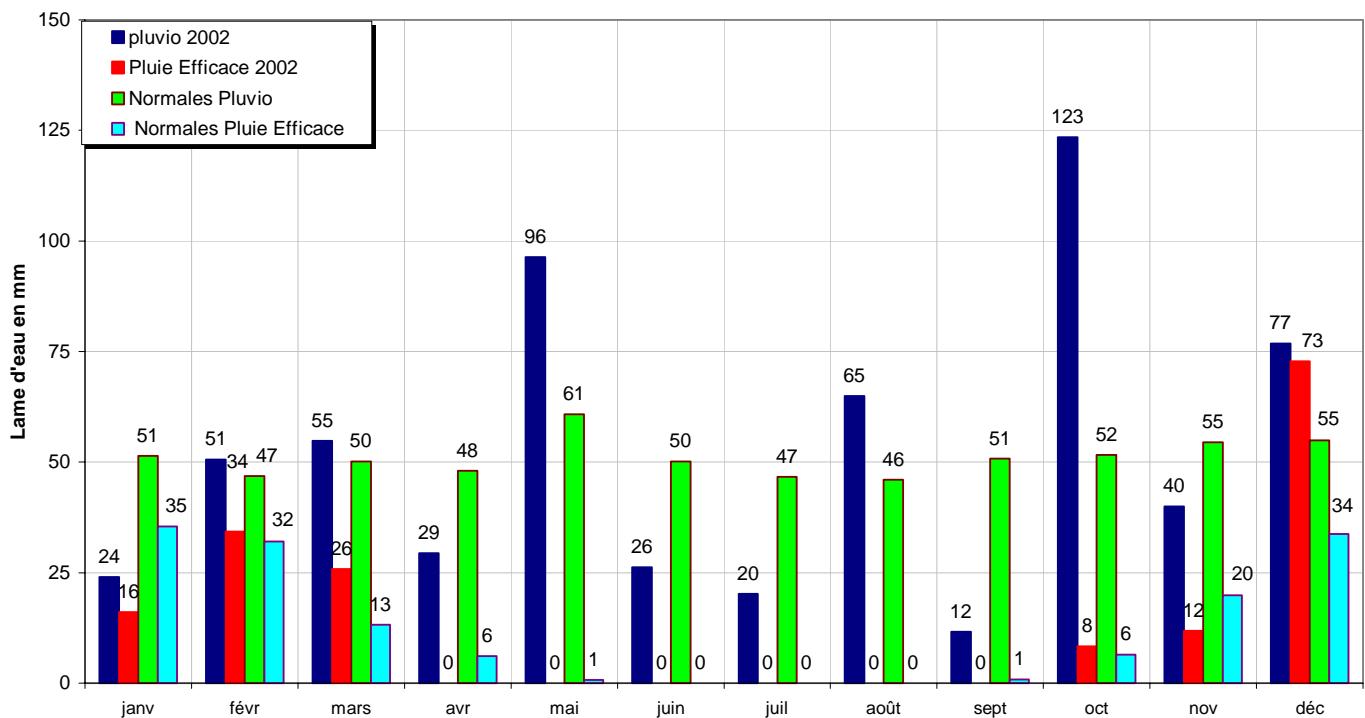
Histogramme des Pluies et des Pluies Efficaces 2002

Année 2002 - Station de Bricy (45)



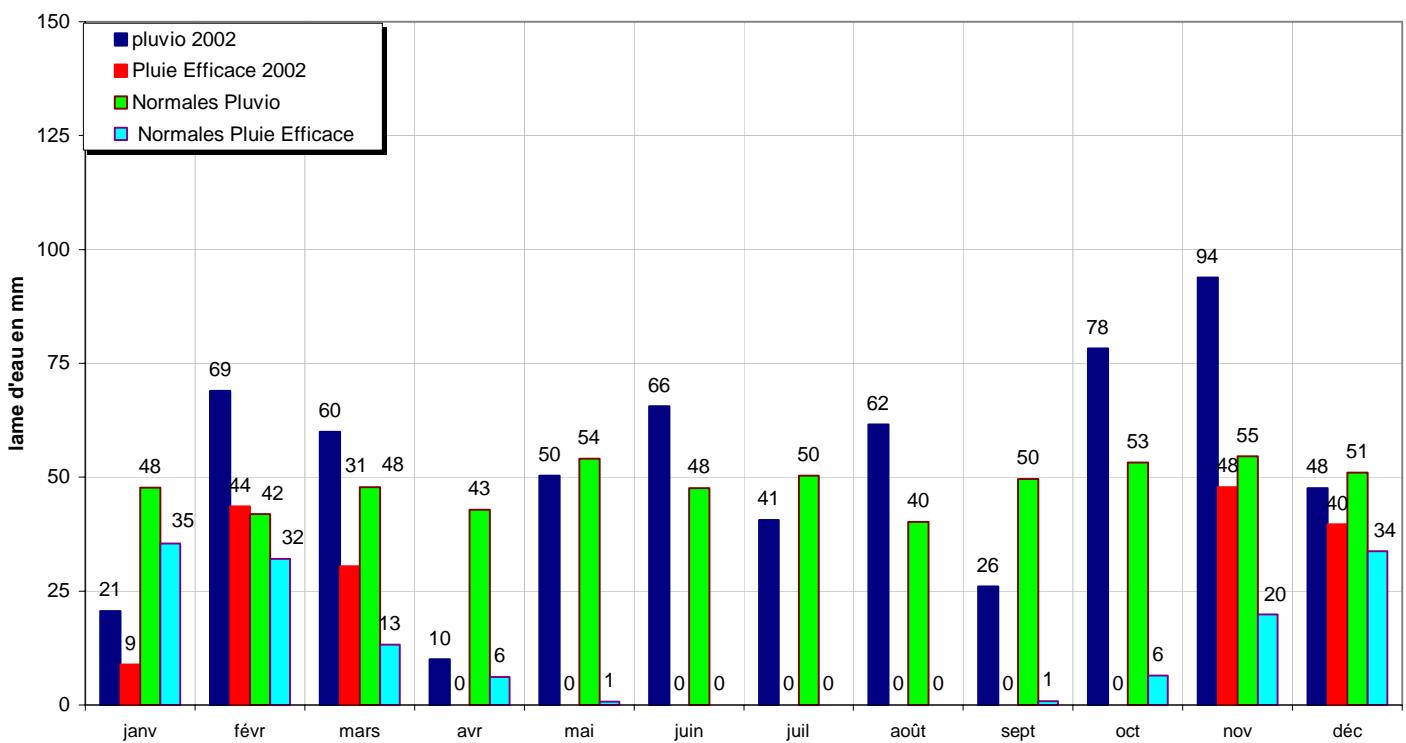
Histogramme des Pluies, Pluies Efficaces 2002 et des Normales

Année 2002 - Station de Chateaudun (28)



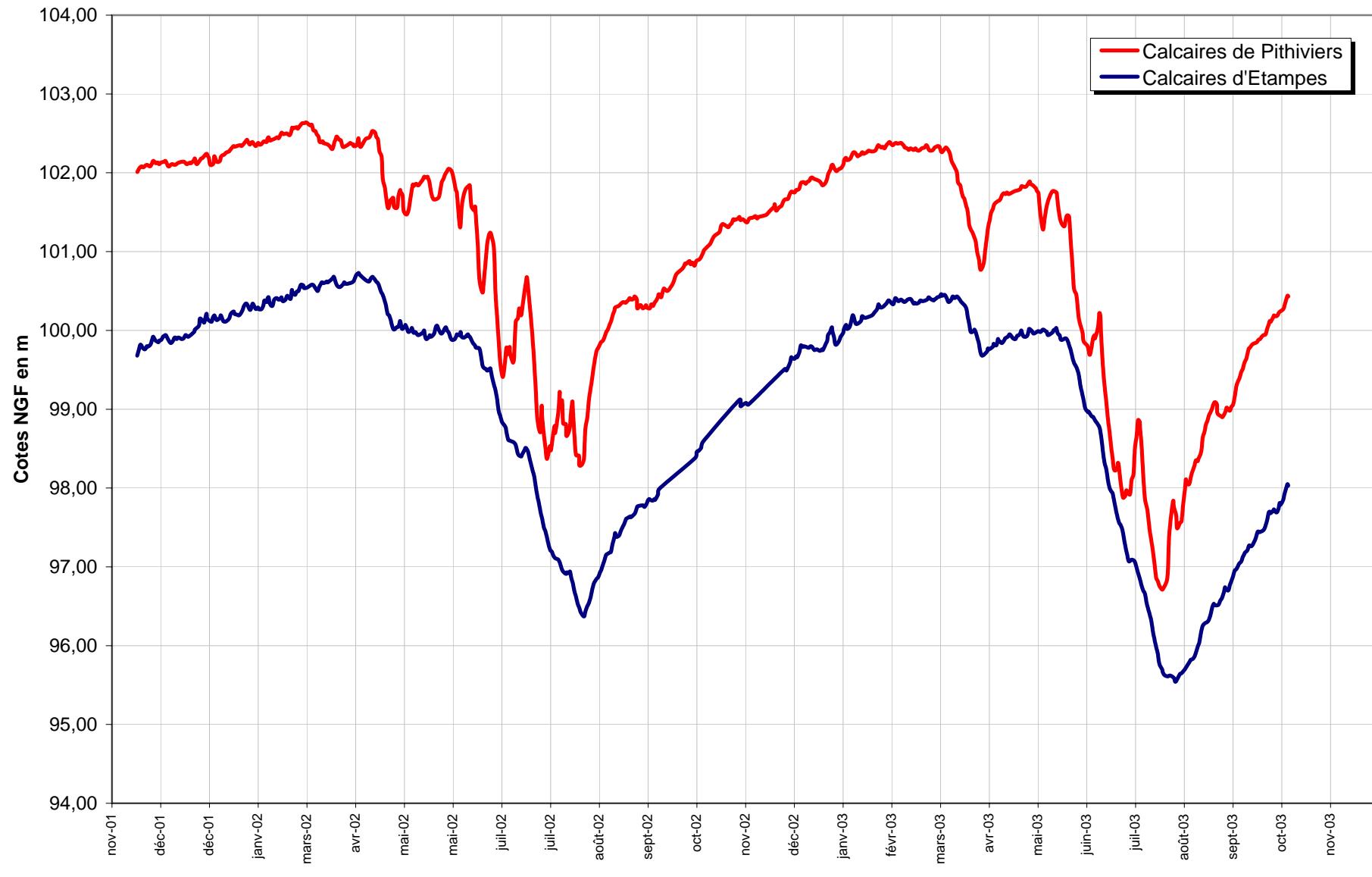
Histogramme des Pluies, Pluies Efficaces 2002 et des Normales

Année 2002 - Station de Chartres (28)



Histogramme des Pluies, Pluies Efficaces 2002 et des Normales

Suivis piézométriques de la nappe des Calcaires de Pithiviers et de celle des Calcaires d'Etampes sur les deux piézomètres de Vitry aux Loges -45-



ANNEXE 5

BASSIN	SOUS-BASSIN	RIVIERE	COMMUNE	DEBIT (m3/s)	TYPE STATION
EURE	DROUETTE	DROUETTE	ST MARTIN DE NIGELLES	1,26	hydro
	VOISE	AUNAY	AUNEAU	0,206	jaugeage
	VOISE	PERRAY	PRUNAY EN YVELINES	0,098	jaugeage
	VOISE	VOISE	YMERAY	0,885	jaugeage
	VOISE	VOISE	GALLARDON	1,272	jaugeage
LOING	BEZONDE	BEZONDE	PANNES	1,43	hydro
	FUSAIN	FUSAIN	CHATEAU LANDON	2,038	jaugeage
	FUSAIN	FUSAIN	CHATEAU LANDON	0,406	jaugeage
	LOING	LOING	CHALETTE SUR LE LOING	15,30	jaugeage
	PUISEAUX	PUISEAUX	ST HILAIRE SUR PUISEAUX	0,556	jaugeage
	PUISEAUX	PUISEAUX	ST HILAIRE SUR PUISEAUX	0,50	jaugeage
	SOLIN	SOLIN	CHALETTE SUR LOING	0,624	jaugeage
	VERNINSON	VERNINSON	MORMANT	0,467	jaugeage
LOIR	AIGRE	AIGRE	ROMILLY SUR AIGRE	2,50	jaugeage
	CONIE	CONIE	NOTTONVILLE	1,70	jaugeage
	CONIE	CONIE	VARIZE	0,865	jaugeage
	CONIE	CONIE	CONIE MOLITARD	4,99	jaugeage
SEINE	ECOLE	ECOLE	ONCY SUR ECOLE	0,173	jaugeage
	ECOLE	ECOLE	LA PLANCHE	1,16	jaugeage
	ECOLE	ECOLE	MOIGNY SUR ECOLE	0,654	jaugeage
			FLEURY EN BIERE	0,408	jaugeage
	ESSONNE	ESSONNE	BUNO BONNEVAUX	7,65	jaugeage
	ESSONNE	ESSONNE	BOULANCOURT	3,75	hydro
	ESSONNE	ESSONNE	BONDAROY	1,35	hydro
	ESSONNE	ESSONNE	BALLANCOURT SUR ESSONNE	10,60	hydro
	JUINE	JUINE	BOURRAY SUR JUINE	4,53	jaugeage
	JUINE	RIMARDE	YEVRE LE CHATEL	0,887	jaugeage
		RU DE MISERY	VERT LE GRAND	0,49	jaugeage
	JUINE	CHALOUETTE	ETAMPES	0,951	jaugeage
	JUINE	JUINE	MORIGNY CHAMPIGNY	3,39	jaugeage
	RENARDE	RENARDE	ST YON	0,22	jaugeage
LOIRE	CISSE	CISSE	CONAN	0,61	jaugeage
	MAUVES	MAUVES	MEUNG S/LOIRE	1,94	jaugeage
	LIEN	LIEN	TAVERS	0,38	jaugeage
	TRONNE	TRONNE	MER	1,25	jaugeage

mesures de débit sur les exutoires de la nappe de Beauce

Annexe 6

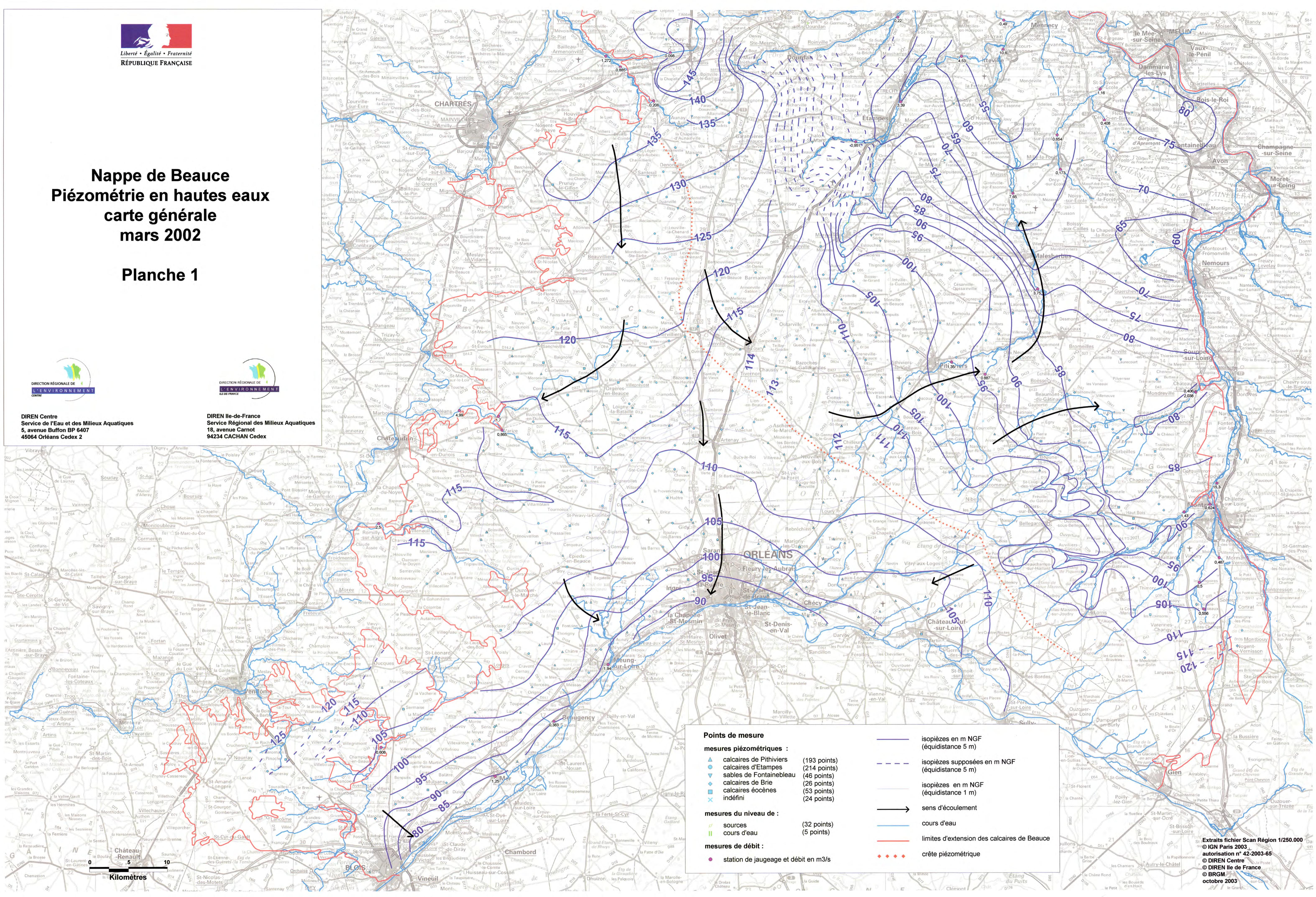
Nappe de Beauce Piézométrie en hautes eaux carte générale mars 2002

Planche 1



DIREN Centre
Service de l'Eau et des Milieux Aquatiques
5, avenue Buffon BP 6407
45064 Orléans Cedex 2

DIREN Ile-de-France
Service Régional des Milieux Aquatiques
18, avenue Carnot
94234 CACHAN Cedex





Nappe de Beauce Piézométrie hautes eaux calcaires de Pithiviers mars 2002

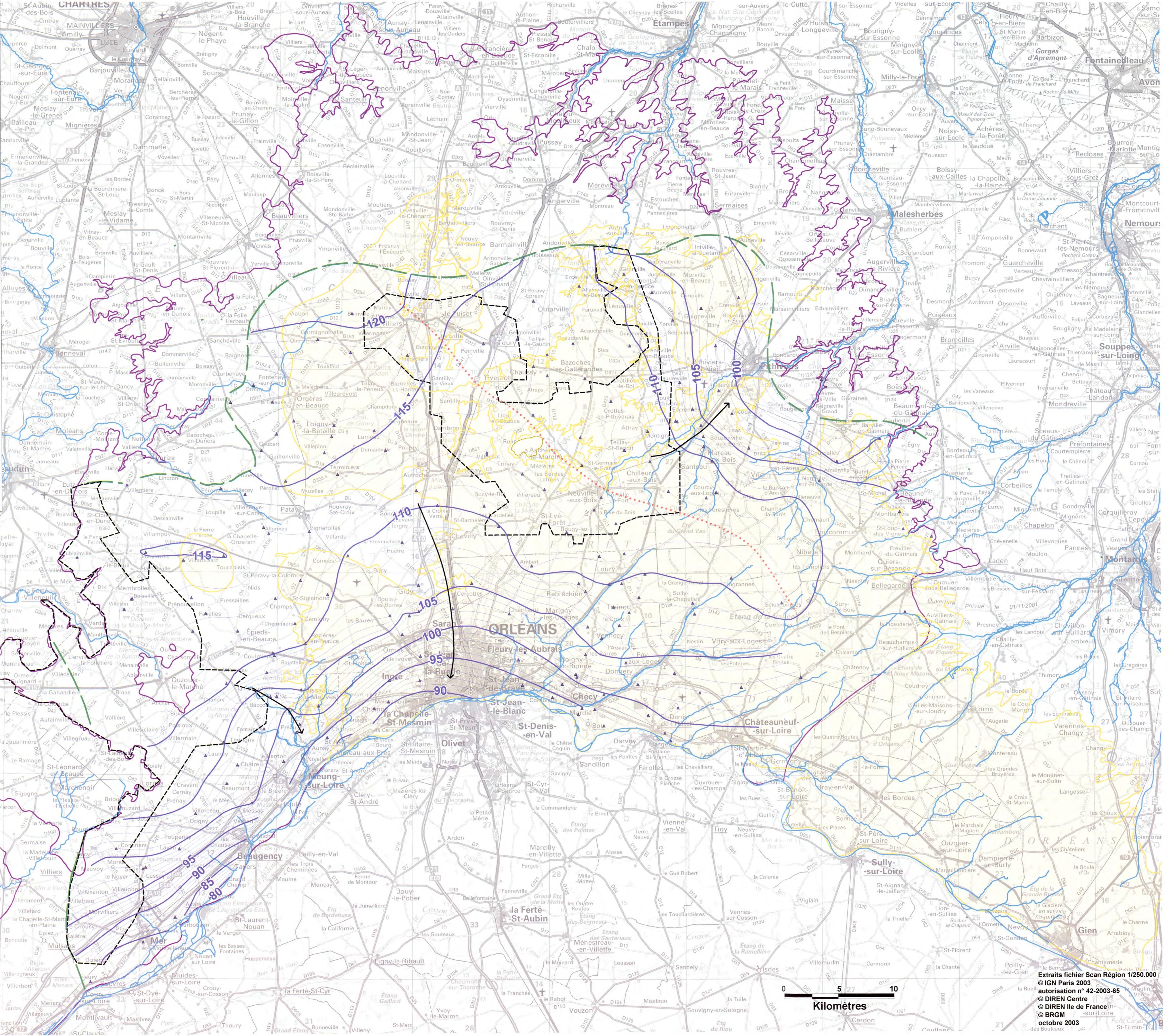
Planche 2



DIREN Centre
Service de l'Eau et des Milieux Aquatiques
5, avenue Buffon BP 6407
45064 Orléans Cedex 2

DIREN Ile de France
Service Régional des Milieux Aquatiques
18, avenue Carnot
94234 CACHAN Cedex

- points de mesure (193)
- isopiezés en m NGF (équidistance 5 m)
- isopiezés en m NGF (équidistance 1 m)
- limites de dénoyage des calcaires de Pithiviers
- limite d'extension des calcaires de Pithiviers
- lacune de la molasse du Gâtinais
- extension des marnes de Blamont et des formations de Sologne
- crête piézométrique
- sens d'écoulement
- cours d'eau





Nappe de Beauce Piézométrie hautes eaux des nappes captives

calcaires d'Etampes, sables de Fontainebleau
et calcaires éocènes
captifs sous la molasse du Gâtinais

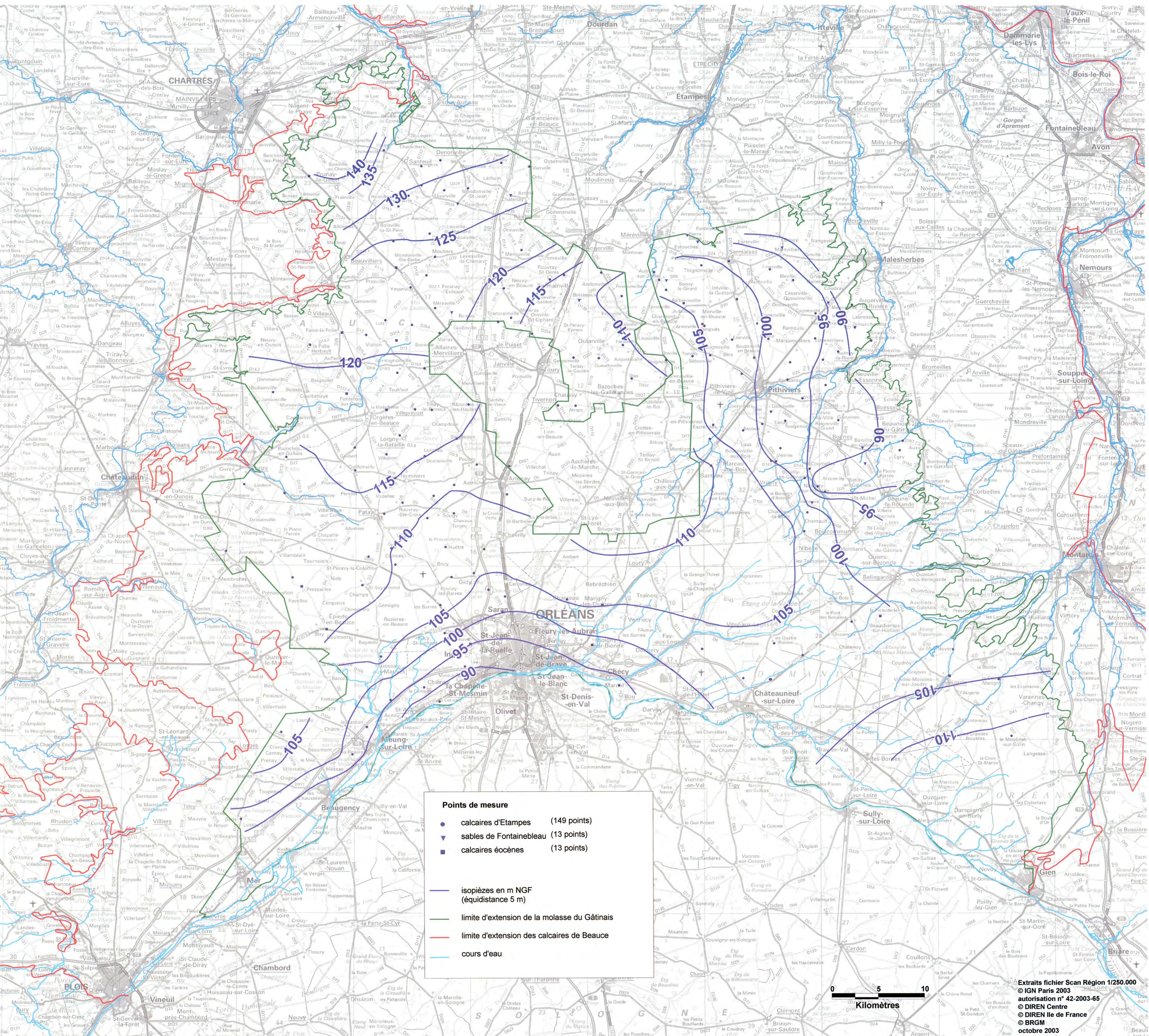
mars 2002

Planche 3



DIREN Centre
Service de l'Eau et des Milieux Aquatiques
5, avenue Buffon BP 6407
45064 Orléans Cedex 2

DIREN Ile de France
Service des Milieux Aquatiques
18, avenue Carnot
94234 CACHAN Cedex





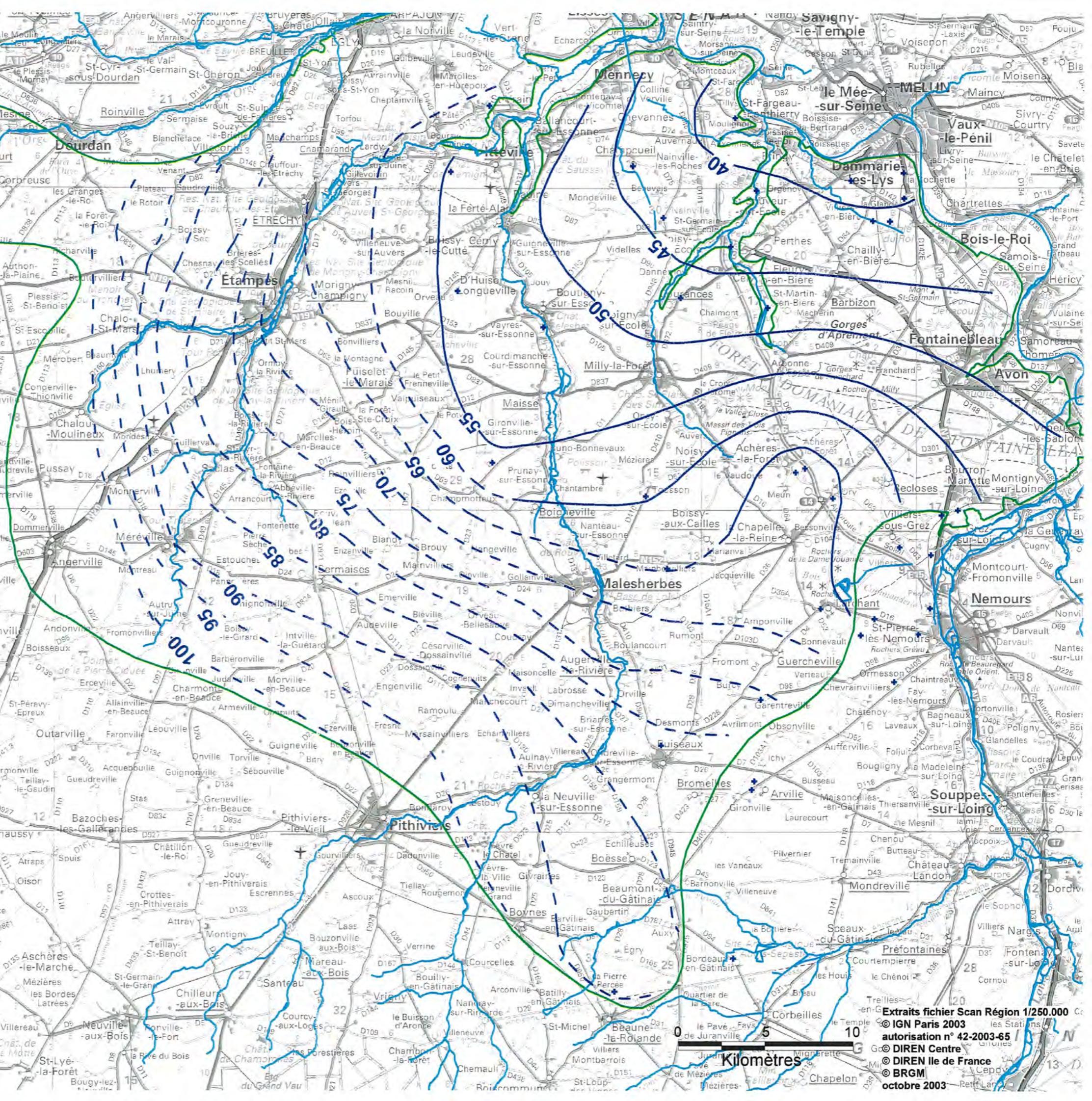
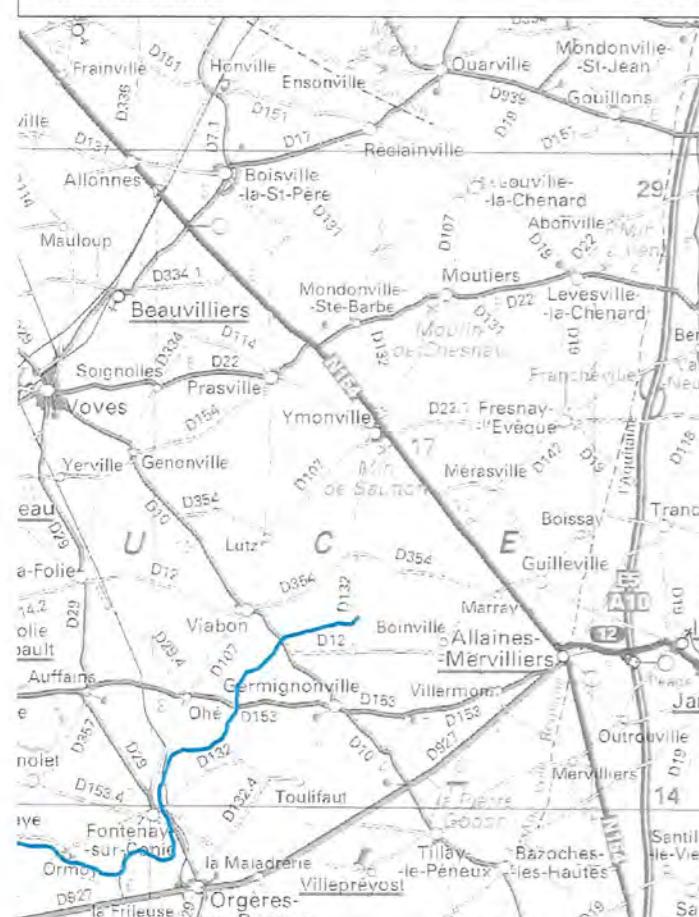
Nappe captive des calcaires éocènes Piézométrie hautes eaux mars 2002

Planche 4



DIREN Centre
Service de l'Eau et des Milieux Aquatiques
5, avenue Buffon BP 6407
45064 Orléans Cedex 2

DIREN Ile de France
Service des Milieux Aquatiques
18, avenue Carnot
94234 CACHAN Cedex



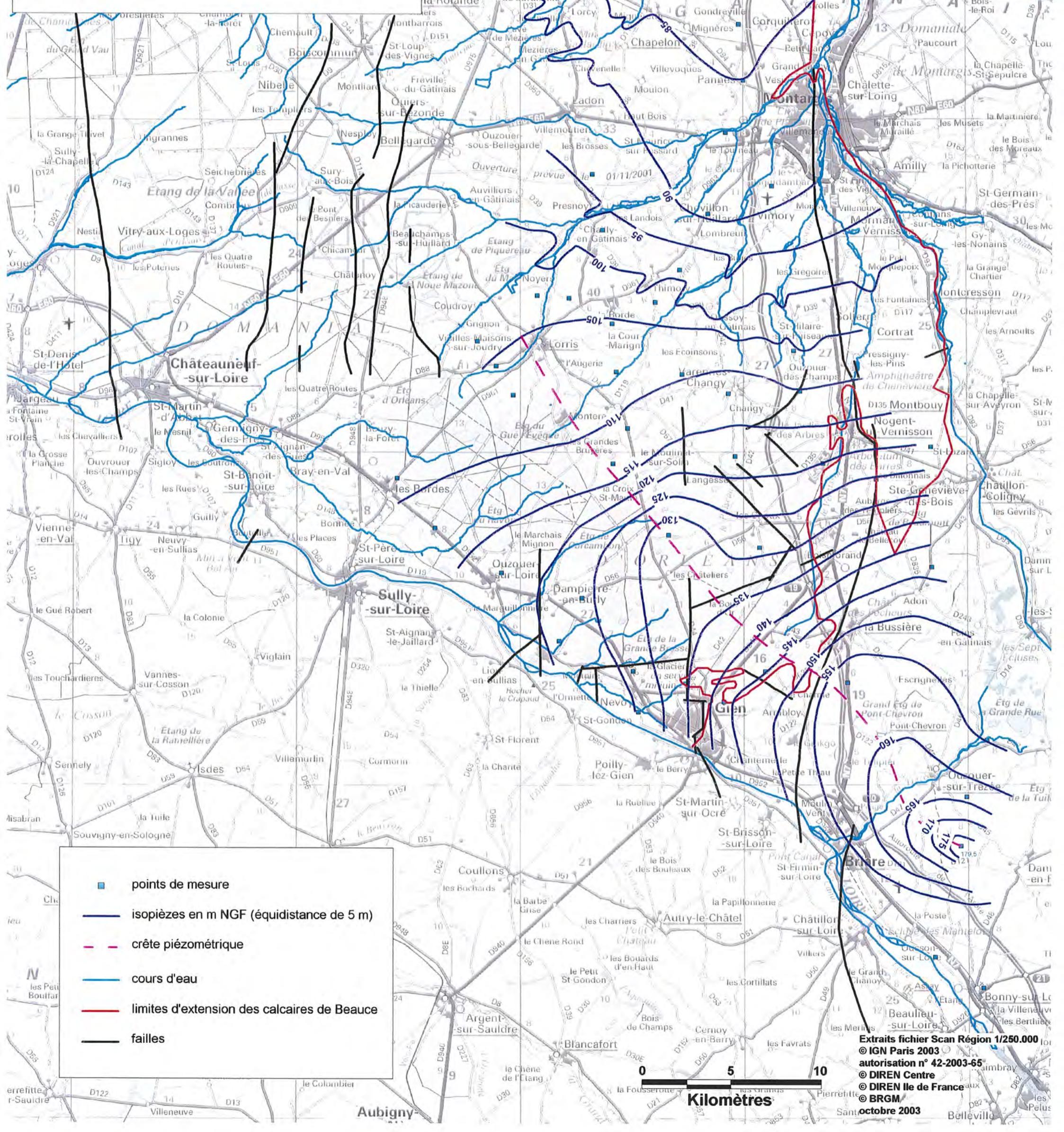
Nappe de la craie Piézométrie hautes eaux mars 2002

Planche 5



DIREN Centre
Service de l'Eau et des Milieux Aquatiques
5, avenue Buffon BP 6407
45064 Orléans Cedex 2

DIREN Ile de France
Service des Milieux Aquatiques
18, avenue Carnot
94234 CACHAN Cedex



Nappe de la craie Piézométrie hautes eaux mars 2002

Planche 6

