



Ministère de l'Economie,
des Finances et
de l'Industrie

DOCUMENT PUBLIC

*Acquisition des données pour la gestion
de la nappe de Beauce
Géométrie des formations tertiaires*

*Création d'une base de données
des altitudes des formations géologiques*

Etude réalisée dans le cadre des actions de Service public du BRGM 97-D-509

juin 1997
R 39598



Mots clés : Nappe de Beauce, Modélisation.

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

BRGM (1997) - Acquisition des données pour la gestion de la nappe de Beauce "Géométrie des formations tertiaires". Création d'une base de données des altitudes des formations géologiques. Rap. BRGM R 39598, 59 p., 17 fig., 5 tabl.

© BRGM, 1997, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Les travaux sur la géométrie du système aquifère ont été réalisés dans le cadre de l'acquisition des connaissances comme préalable à l'élaboration d'un modèle de gestion de la nappe de Beauce. Ils ont pour objet la définition de l'extension et de l'altitude du toit des unités lithostratigraphiques majeures de la Beauce afin d'identifier clairement les niveaux aquifères, leur géométrie et leur relation spatiale ainsi que celles des corps imperméables ou semi-perméables qui les accompagnent.

Ils aboutissent à la constitution de bases de données contrôlées et validées et de cartes de présentation de la structure au toit des onze unités lithostratigraphiques majeures. Un écorché géologique de la surface anté-sables de Fontainebleau aide à la compréhension de cet ensemble assez complexe. La plupart des opérations ont été réalisées avec l'aide du logiciel GDM (© BRGM-GEOMATH).

Pour reconstituer la géométrie du système aquifère de Beauce, il était nécessaire de procéder à une reconstitution de la stratigraphie de l'ensemble des corps sédimentaires composant les formations tertiaires.

Le substratum général pour cette étude est constitué par le toit de la Craie. L'extension maximale des unités cartographiées est fixée soit par leur limite naturelle d'extension (limite paléogéographique en subsurface, limite d'érosion en surface), soit par des limites hydrauliques comme la Seine ou la Loire.

La base de données réalisée résulte de l'utilisation des informations concernant 800 forages, y compris des forages pétroliers déjà présents sous forme informatisée dans la banque de données du sous-sol (BSS) et de leur réinterprétation et de leur codification. Les données corrigées et réinterprétées ont été intégrées sur la base Oracle de la BSS ; les dossiers traités sont identifiés par la mention "BEAUCE 95".

Les données sont disponibles sous forme de fichiers "points" (x, y, z, n° de forage le cas échéant) donnant les valeurs utilisées pour chaque niveau, à partir des données d'affleurement et de forage. Les cartes d'extension et d'iso-altitudes des formations ont été réalisées niveau par niveau ; la reconstitution finale de la géométrie tridimensionnelle des aquifères par assemblage et ajustement de ces surfaces, sera l'objet de l'étape suivante : synthèse hydrogéologique de la Beauce.

Sommaire

1. Objectifs du projet.....	9
1.1. Le système aquifère de Beauce	9
1.2. Finalité de l'étude	9
1.2.1. Intérêt économique.....	9
1.2.2. Travaux antérieurs.....	9
1.2.3. Programme proposé.....	11
2. Géologie de la Beauce.....	13
2.1. Stratigraphie des formations tertiaires.....	13
2.1.1. Argile à silex et formations détritiques éocènes.....	13
2.1.2. Calcaires éocènes	14
2.1.3. Argiles vertes et marnes supra-gypseuses	16
2.1.4. Calcaire de Brie	17
2.1.5. Marnes à huitres	17
2.1.6. Sables de Fontainebleau.....	17
2.1.7. Calcaires d'Etampes	18
2.1.8. Molasse du Gâtinais	18
2.1.9. Calcaire de Pithiviers, Marnes de Blamont, Calcaire de l'Orléanais.....	19
2.1.10. Formations argilo-sableuses du Burdigalien (Miocène inférieur).....	19
2.2. Principaux traits structuraux.....	20
2.2.1. Structures hautes de bordure	20
2.2.2. Fosse d'Ingrannes-Pithiviers.....	20
3. Création d'une base de données géologiques	23
3.1. Origine des données	23
3.1.1. Données à l'affleurement.....	23
3.1.2. Données de forages	23

3.2. Actualisation des données de la BSS	23
3.2.1. Sélection des dossiers à traiter	23
3.2.2. Regroupement géographique des dossiers retenus	24
3.2.3. Analyse des documents constitutifs de chaque dossier	24
3.2.4. Interprétation et codage lithostratigraphique	25
3.2.5. Transcription sur les bordereaux de saisie BSS	25
3.3. Limites d'extension des formations de Beauce	27
3.3.1. Extension à l'affleurement	27
3.3.2. Extension en subsurface	29
3.4. Altitude du toit des formations de Beauce	29
3.4.1. Altitude à l'affleurement	29
3.4.2. Altitude en subsurface	29
3.4.3. Assemblage surface-subsurface	32
3.5. Interpolation des données, réalisation des cartes d'isohypses	32
3.5.1. Interpolation	32
3.5.2. Traitement des failles	34
3.6. Tracé des cartes	34
Conclusion	35
Bibliographie	37

Liste des illustrations

Fig. 1 -	Limites du système aquifère de la Beauce (1/1 000 000).	10
Fig. 2 -	Schéma lithostratigraphique synthétique des formations de la Beauce.	11
Fig. 3 -	Schéma d'organisation des formations géologiques de la Beauce selon une coupe SW-NE.	15
Fig. 4 -	Carte structurale schématique de la Beauce (1/1 000 000).	21
Fig. 5 -	Cartes d'extension comparée des formations géologiques de la Beauce.	28
Fig. 6 -	Vue en perspective cavalière du mode d'empilement des formations de la Beauce.	30
Fig. 7 -	Carte en isohypses du toit du Calcaire de l'Orléanais.	39
Fig. 8 -	Carte en isohypses du toit des Marnes de Blamont.	41
Fig. 9 -	Carte en isohypses du toit du Calcaire de Beauce-Pithiviers.	43
Fig. 10 -	Carte en isohypses du toit de la Molasse du Gâtinais.	45
Fig. 11 -	Carte en isohypses du toit du Calcaire d'Etampes.	47
Fig. 12 -	Carte en isohypses du toit des Sables et Grès de Fontainebleau.	49
Fig. 13 -	Carte en isohypses du toit du Calcaire de Brie.	51
Fig. 14 -	Carte en isohypses du toit des Argiles vertes et des Marnes supra-gypseuses.	53
Fig. 15 -	Carte en isohypses du toit des Calcaires éocènes.	55
Fig. 16 -	Carte en isohypses du toit des détritiques éocènes et de l'Argile à Silex.	57
Fig. 17 -	Carte en isohypses du toit de la Craie.	59

Liste des tableaux

Tabl. 1 - Formations et codes lithostratigraphiques de la Beauce.

Tabl. 2 - Cartes géologiques de la France à 1/50 000 utilisées.

Tabl. 3 - Fichiers ASCII donnant les points de contrôle de l'altitude du toit des formations.

Tabl. 4 - En-tête des fichiers d'altitude à l'affleurement.

Tabl. 5 - En-tête des fichiers d'altitude en forage.

1. Objectifs du projet

1.1. LE SYSTEME AQUIFERE DE BEAUCE

Le système aquifère de Beauce, s'étend sur quelque 9000 km² répartis sur les deux bassins hydrographiques Seine-Normandie et Loire-Bretagne et sur les régions Centre et Ile-de-France. Il constitue l'un des plus grands réservoirs d'eau souterraine en France. Il alimente les cours d'eau périphériques Loire, Loir, Essonne, Loing et Seine.

L'aquifère est essentiellement constitué par les calcaires lacustres de Beauce, et par les Sables de Fontainebleau dans sa partie nord. Ses limites, d'ordre géologique et hydraulique, sont (fig. 1) :

- au sud, la Loire qui sépare les systèmes aquifères de Beauce et de Sologne ;
- à l'ouest, le Loir, l'Eure et la limite d'affleurement de l'Argile à Silex qui sépare les deux cours d'eau ;
- au nord, la Drouette (affluent de l'Eure), la Remarde et l'Orge (affluents de la Seine), qui correspondent aux affleurements des Argiles Vertes et de la Craie ;
- au nord-est et à l'est, la Seine et le Loing ;
- au sud-est, la limite d'affleurement des formations détritiques de l'Eocène.

1.2. FINALITE DE L'ETUDE

1.2.1. Intérêt économique

Au plan économique, cette nappe aquifère représente un enjeu majeur. Sur la plus grande partie de son étendue, elle constitue en effet la ressource principale tant pour l'eau potable que pour l'irrigation agricole par prélèvements directs. L'augmentation des captages au cours de ces dernières années, conjuguée aux effets de la sécheresse de 1988 à 1992, a conduit à un fort abaissement des niveaux piézométriques. Ceux-ci ont atteint les valeurs les plus faibles qui aient jamais été enregistrées (mémoire d'homme).

Il convient donc de mettre en place un outil de gestion équilibrée de ce système aquifère, qui permette à la fois de préserver la ressource en eau souterraine et de concilier les différents usages qui existent.

1.2.2. Travaux antérieurs

Le système aquifère de Beauce a fait l'objet de nombreuses études depuis plus de trente ans (voir bibliographie). Celles-ci ont porté sur les aspects qualitatifs et quantitatifs de la nappe. La surexploitation de cette ressource d'eau souterraine de ces dernières années conduit à disposer d'un outil de modélisation et de gestion fiable. Jusqu'à présent, aucune des études faites ne se sont appuyées sur des données complètes et suffisamment

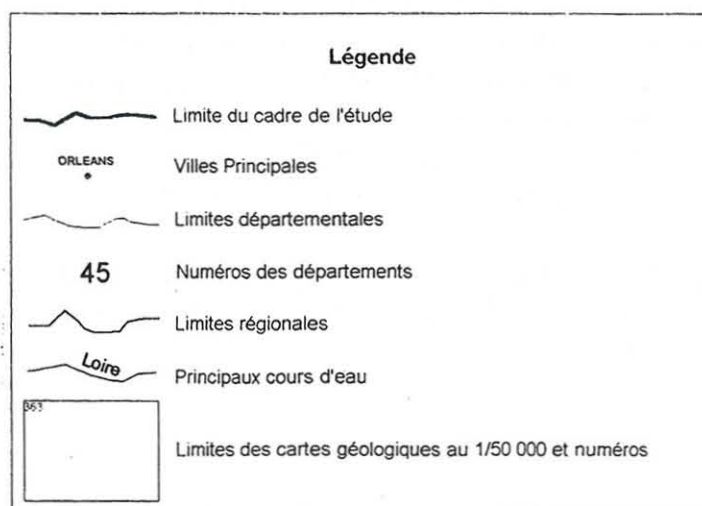
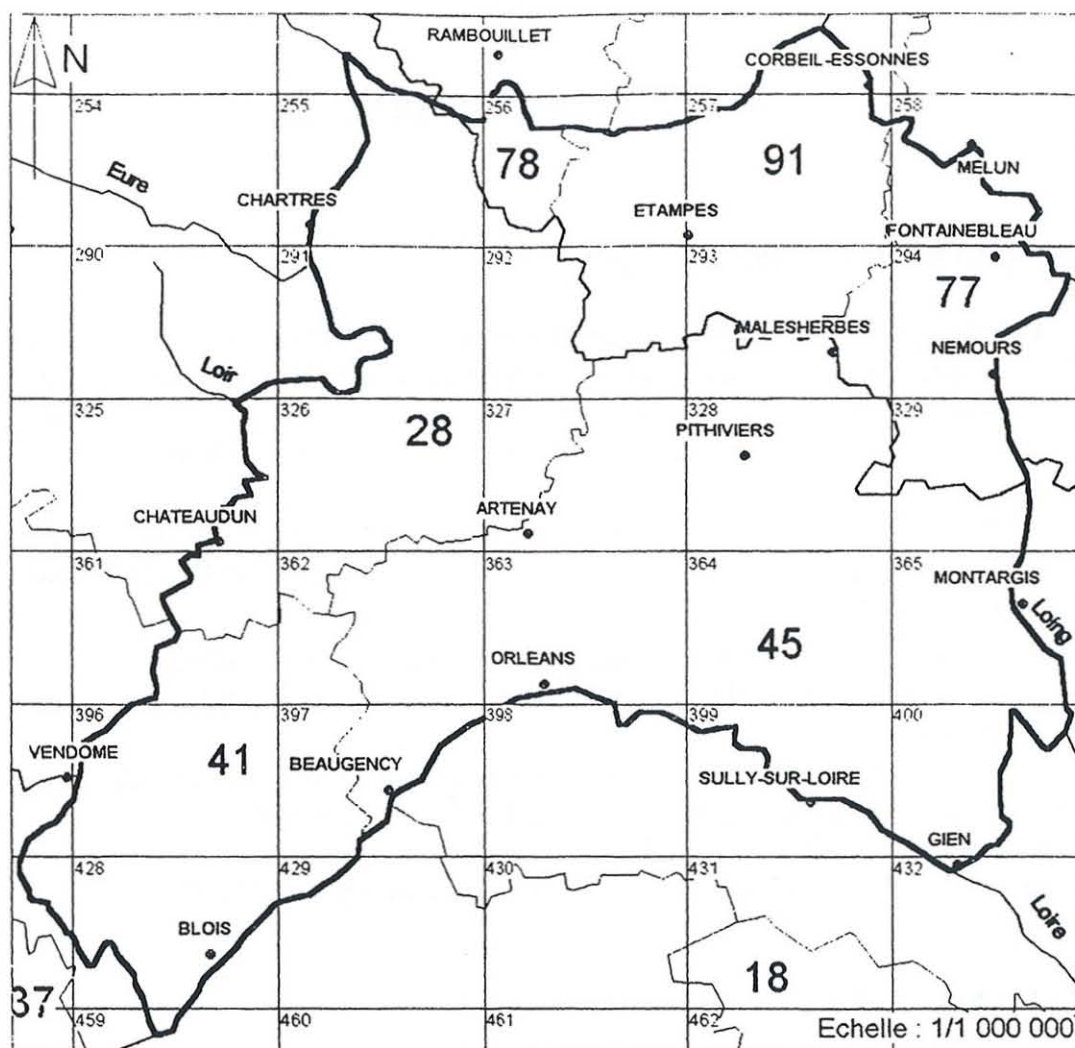


Fig. 1 - Limites du système aquifère de la Beauce (1/1 000 000) (Studer, 1995).

fiables. Pour ces raisons, un programme d'étude a été élaboré conjointement par les organismes techniques des agences de l'eau Loire-Bretagne et Seine-Normandie, des DIREN/SEMA des régions Centre et Ile-de-France et du BRGM.

1.2.3. Programme proposé

Le programme d'étude mis au point comprend les étapes suivantes :

- 1 - Réalisation d'une carte piézométrique en situation de basses eaux : réalisée en 1994 (rapport BRGM R 38572, juin 1995).
- 2 - Réalisation d'une base de données géologiques des formations constituant le système aquifère de la Beauce : objet de la présente étude.
- 3 - Etude de la recherche naturelle de la nappe par les pluies efficaces.
- 4 - Etude des relations nappe-rivière.
- 5 - Inventaire des prélèvements en nappe.
- 6 - Caractérisation hydrodynamique de l'aquifère.
- 7 - Mesures des débits des cours d'eau.
- 8 - Analyses chimiques des eaux de la nappe.
- 9 - Modélisation mathématique des écoulements.

La réalisation de ce rapport achève la deuxième phase du programme d'étude de la nappe de Beauce.

Il en découle un ensemble d'actions consistant à collecter des données en profitant notamment de la situation de basses-eaux d'octobre 1994. Ces données doivent intégrer des informations nouvelles et anciennes réputées fiables qui seront analysées, interprétées et informatisées afin de constituer une base de données homogène de bonne qualité.

En particulier, il faut pouvoir préciser les prélèvements effectués. Ceci suppose :

- la connaissance des débits sortants grâce à la régularisation administrative des pompages d'irrigation et à la modernisation du réseau des stations de jaugeage sur les cours d'eau périphériques ;
- le suivi permanent des niveaux piézométriques grâce à l'automatisation des relevés du Réseau Piézométrique Régional.

D'autre part, on déterminera, à l'aide des informations géologiques et hydrométriques, l'extension, la configuration précise et les paramètres caractéristiques de l'aquifère pour en tracer un modèle conceptuel.

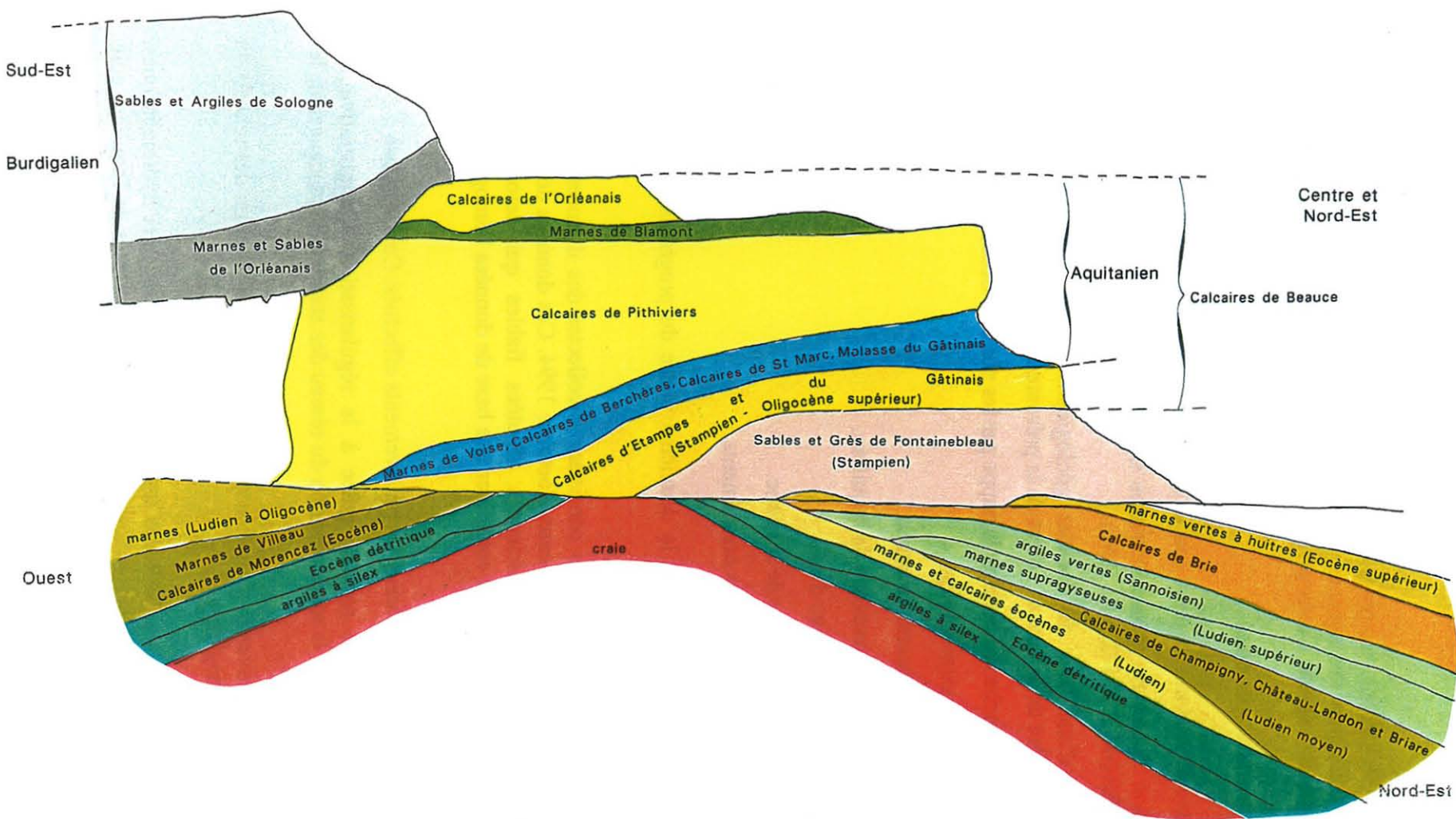


Fig. 2 - Schéma lithostratigraphique synthétique des formations de la Beauce [©BRGM, 1997].

2. Géologie de la Beauce

2.1. STRATIGRAPHIE DES FORMATIONS TERTIAIRES

Reposant en discordance au toit de la Craie, les formations constitutives du système de Beauce sont d'âge éocène à miocène inférieur (Aquitaniens). Les dépôts tantôt carbonatés, tantôt sablo-argileux correspondent à des paléo-environnements en grande partie lacustres, avec quelques incursions marines, venues de l'ouest et surtout du nord-est. Dans la zone d'étude, on distingue, au-dessus de la Craie, douze unités lithologiques décrites de bas en haut.

Ce sont, dans l'ordre stratigraphique (fig. 2) :

- 1 - Argiles à silex et formations détritiques éocènes ;
- 2 - Calcaires éocènes ;
- 3 - Argiles vertes et marnes supra-gypseuses ;
- 4 - Calcaire de Brie ;
- 5 - Marnes à huîtres ;
- 6 - Sables de Fontainebleau ;
- 7 - Calcaire d'Etampes ;
- 8 - Molasse du Gâtinais ;
- 8 - Calcaires de Beauce-Pithiviers ;
- 10 - Marnes de Blâmont ;
- 11 - Calcaire de l'Orléanais ;
- 12 - Formations argilo-sableuses du Burdigalien ou du Mio-Pliocène.

Cette succession-type n'est évidemment pas complète partout, selon l'extension des différentes unités dont la stratigraphie est complexe (fig. 3). En effet, après le dépôt des formations éocènes, dont la lithologie est très changeante et qui correspondent aussi bien à des environnements marins que continentaux, les calcaires lacustres oligocènes viennent en transgression du nord-ouest au sud-est sur le substratum éocène. Leur succession est interrompue par des intercalations de marnes d'origine lagunaire ou continentale plus ou moins continues ainsi que par le prisme transgressif des sables littoraux de Fontainebleau.

Les Marnes et Sables de l'Orléanais et les Sables et Argiles de Sologne, limités approximativement à la Forêt d'Orléans, couvrent localement les calcaires.

2.1.1. Argile à silex et formations détritiques éocènes

La série lacustre tertiaire de Beauce repose sur les formations détritiques de l'Eocène inférieur épaisses de 10 à 20 m. Des argiles à silex issues de la décalcification de la craie, assemblage de silex et d'argile blanche, sont présentes de façon discontinue à la

base. Leur succèdent des dépôts continentaux fluviatiles argilo-sableux conglomératiques. Des variations de faciès s'observent suivant les régions considérées :

- dans la partie centre et sud, des altérites à silex pris dans une matrice argileuse dominant ;
- au nord-ouest, près de Chartres, c'est le faciès sableux et gréseux qui est prépondérant ;
- au nord-est, à Etampes et à Nemours ce sont les argiles à faciès "sparnacien" qui sont majoritaires.

Dans cet ensemble, on distingue des faciès particuliers ou locaux comme : les argiles sparnaciennes, le poudingue de Nemours. L'arkose de Breuillet, formée de sables et grès, est présente à l'affleurement dans les vallées de la Remarde et de l'Orge, au sud de Rambouillet, dans la région de Dourdan. Elle a été révélée dans le nord et dans l'est de la Beauce par les forages pétroliers.

Il est très difficile et aléatoire d'établir de façon certaine une différence et une coupure entre les argiles à silex et l'Eocène détritique. Les critères de distinction sont liés aux différentes formes ou couleurs des silex. De telles précisions ne sont que très rarement accessibles dans les coupes des forages de la BSS. Aussi, lors des interprétations, nous avons le plus souvent regroupé les deux formations qui présentent des compositions relativement similaires et qui jouent de la même façon le rôle de substratum imperméable du réservoir tertiaire.

2.1.2. Calcaires éocènes

Un complexe de calcaires et marnes s'étend sur l'ensemble du bassin. Les âges varient du Lutétien au Ludien.

Calcaires marins

Les forages pétroliers ont révélé, dans le nord de la zone d'étude, des faciès calcaréo-détritiques et des calcaires à faciès marin de l'Eocène dont l'extension est semblable à celle de l'Arkose de Breuillet. Des niveaux calcaires marins sont également signalés en Sologne, Blésois et Touraine sans que l'on puisse clairement les reconnaître au nord de la Loire.

Calcaire de Morancez et Marnes de Villeau

Cet ensemble inclut des calcaires pulvérulents, des calcaires indurés et des marnes.

Premier calcaire lacustre de l'Eocène, d'âge lutétien (Eocène moyen), le calcaire de Morancez est localisé à l'ouest et au sud-ouest de la Beauce. C'est un calcaire farineux qui compte une dizaine de mètres d'épaisseur. Il est très marneux et représente ainsi un mauvais réservoir aquifère qui est peu utilisé. La nappe de la Craie est ainsi préférentiellement captée sur la bordure ouest de la Beauce.

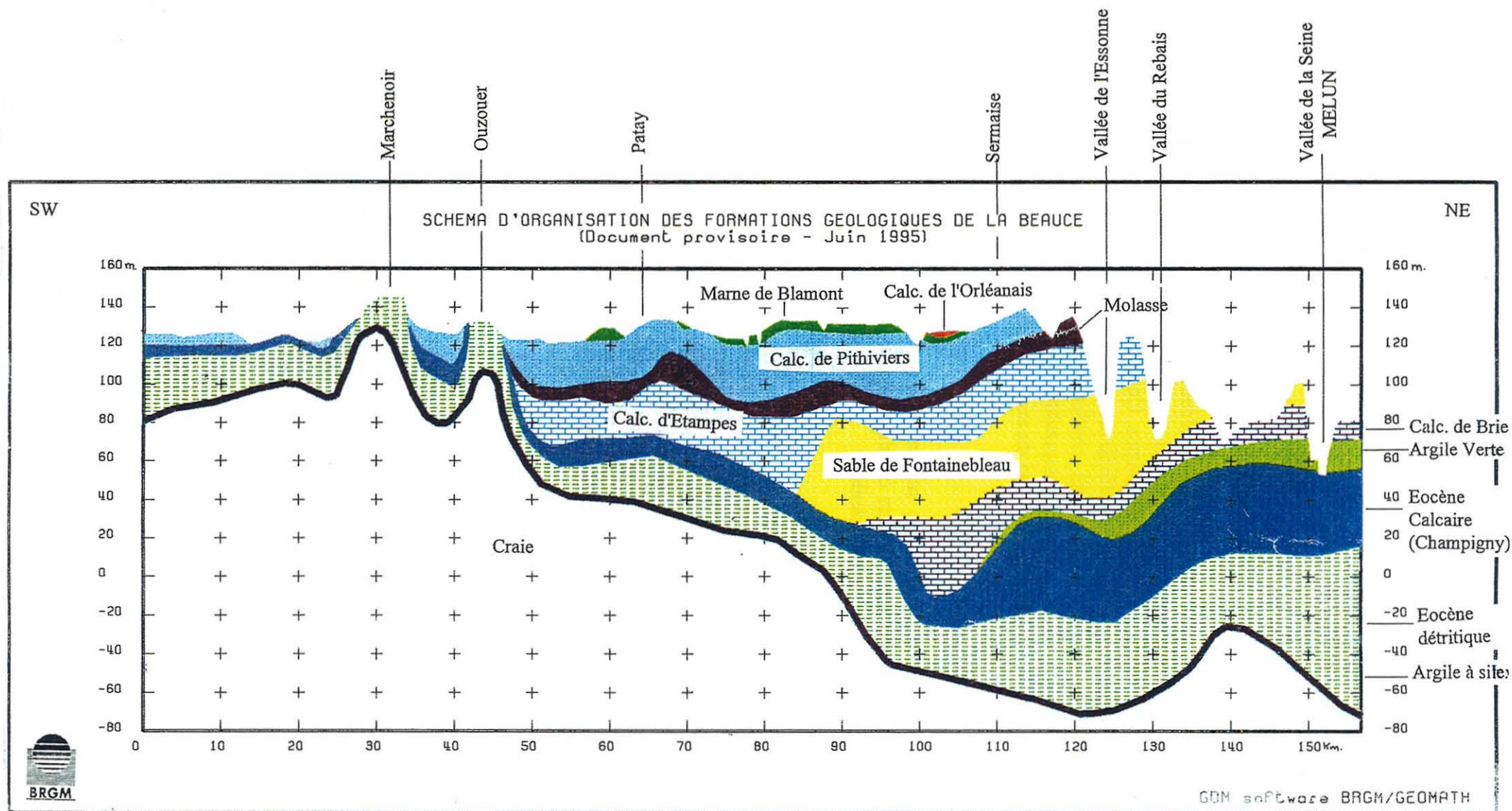


Fig. 3 - Schéma d'organisation des formations géologiques de la Beauce selon une coupe SW-NE [© BRGM, 1997].

Calcaire de Saint-Ouen

D'âge Marinésien (Priabonien, Eocène supérieur), le Calcaire de Saint-Ouen est présent dans toute la partie nord-est de la Beauce. Il s'étend ainsi sur un territoire qui s'apparente au bassin hydrogéologique Juine-Essonne. C'est un calcaire siliceux et marneux, d'une vingtaine de mètres d'épaisseur, bien mis en évidence lorsqu'il est séparé du Calcaire de Champigny susjacent par les Marnes infra-gypseuses. Ces dernières qui comptent au maximum 5 m d'épaisseur en Beauce sont difficilement repérables puisqu'elles sont intercalées entre deux ensembles calcaires qui contiennent des niveaux marneux. Néanmoins, l'identification de ces formations imperméables a pu se faire en de multiples points qui ont permis ensuite d'assurer un bon suivi du toit du Calcaire de Saint-Ouen.

Calcaires "non nommés"

Ce sont des marnes et des calcaires d'âge ludien à oligocène, sans précision. Ils représentent l'essentiel de la série des calcaires éo-oligocènes au-dessus du Calcaire de Morancez, à l'ouest du Calcaire de Château-Landon.

Calcaire de Champigny et Calcaire de Briare

Dernier calcaire de l'Eocène du système de Beauce, le Calcaire de Champigny, d'âge ludien (Priabonien, Eocène supérieur), est présent dans la partie nord de la Beauce et déborde sur le nord du Gâtinais. Son extension est comparable à l'étendue du bassin hydrogéologique Juine-Essonne. Ce calcaire possède un équivalent dans l'extrême sud-est de la Beauce, qui porte le nom de Calcaire de Briare. Ce sont des calcaires souvent siliceux, qui renferment aussi des niveaux marneux. Ils possèdent une épaisseur moyenne de 20 m, mais peuvent aller jusqu'à 60 m pour le Calcaire de Champigny au sud de Melun. Ce dernier constitue le premier niveau aquifère de la nappe "Eocène" individualisée sous les Argiles vertes et les Marnes supra-gypseuses qui existent au nord de la Beauce.

Calcaire de Château-Landon

Lorsque les calcaires lacustres de Brie (Oligocène), de Champigny et de Saint-Ouen (Eocène) forment une série continue, l'ensemble calcaire qu'ils constituent, est regroupé sous le nom de Calcaire de Château-Landon. Nous trouvons cette dénomination dans la partie est (Gâtinais) et centre de la Beauce. Elle regroupe alors de façon générale les calcaires de l'Eocène au sens large. Ce calcaire compte en moyenne 40 m de puissance.

2.1.3. Argiles vertes et marnes supra-gypseuses

Ce sont quelque 20 à 25 m de formations argileuses et marneuses imperméables d'âge sannoisien (Rupélien, Oligocène basal). Elles séparent, au nord d'une ligne est-ouest passant au nord de Pithiviers et remontant à l'ouest vers la Remarde, la nappe principale constituée par les formations de l'Oligocène et du Miocène de la nappe "Eocène".

L'horizon supérieur est représenté par quelque 5 m d'Argiles vertes. Puis c'est le domaine des Marnes supra-gypseuses avec 5 m de Marnes blanches et quelque 15 m de Marnes bleues qui sont en fait de couleur bleu-vert et qui peuvent être légèrement sableuses. Lorsque cet écran marneux disparaît, les deux nappes qu'il sépare se réunissent en une seule dans le Calcaire de Château-Landon.

2.1.4. Calcaire de Brie

Premier ensemble calcaire de l'Oligocène, identifiable lorsqu'il est recouvert par les Sables de Fontainebleau, le Calcaire de Brie, d'âge sannoisien, repose directement sur les Argiles vertes et les Marnes supra-gypseuses. Ce calcaire est présent essentiellement dans la partie Ile-de-France de la Beauce. C'est un calcaire qui compte de 10 à 20 m d'épaisseur et qui constitue, avec les Sables de Fontainebleau et le Calcaire d'Etampes, un réservoir hétérogène unique dans la partie nord et nord-est de la Beauce. Lorsqu'en l'absence des Argiles vertes et des Marnes supra-gypseuses le Calcaire de Brie n'est pas discernable du Calcaire de Champigny et du Calcaire de Saint-Ouen, il devient le seul niveau de l'Oligocène compris dans le Calcaire de Château-Landon.

2.1.5. Marnes à huîtres

Le domaine laguno-marin installé sur l'Ile-de-France se déplace au Stampien inférieur vers la Beauce en transgressant les calcaires lacustres de Brie. Les dépôts de marnes à huîtres, bien développés au nord-est de la Seine, n'ont subsisté en Beauce que sous forme de gisements peu épais et discontinus. Il est probable qu'une partie de ces argiles ait été érodée lors de la mise en place des Sables de Fontainebleau.

Cette formation imperméable argileuse discontinue ne constitue pas une barrière importante entre les aquifères calcaires sous-jacents et les sables de Fontainebleau.

2.1.6. Sables de Fontainebleau

Marquant l'extension maximale de la transgression marine du Stampien (Rupélien, Oligocène inférieur), les Sables de Fontainebleau sont localisés au nord d'une ligne passant à Château-Landon, au sud de Pithiviers et au nord d'Artenay. Ce sont des sables très fins qui peuvent être localement (entre Etampes et Fontainebleau) surmontés de bancs de grès en affleurement. Dans le bassin de la Remarde, on trouve ces sables sur les formations de l'Eocène détritique et sur la Craie. Ils sont alors chargés de silex et de graviers. C'est une formation qui peut compter jusqu'à 70 m d'épaisseur autour d'Etampes et qui représente un réservoir important mais peu capté car le sable très fin obstrue très rapidement les pompes installées au fond des forages. Le plus souvent, lorsque les forages captent le Calcaire d'Etampes situé sur les Sables de Fontainebleau, un bouchon de ciment est placé en fond de trou pour éviter un ensablement.

2.1.7. Calcaire d'Etampes

Le Calcaire d'Etampes, d'âge stampien (Rupélien), se situe entre les Sables de Fontainebleau et la Molasse du Gâtinais lorsque ceux-ci sont présents. La zone d'extension de ce calcaire est beaucoup plus vaste que celle des Sables de Fontainebleau. Ainsi, il est présent sur toute la superficie de la Beauce à l'exception des bordures. C'est un calcaire plus ou moins dur avec des passages marneux et quelques bancs de meulrières.

Lorsque les deux niveaux repères qui l'encadrent sont absents, la distinction de ce calcaire avec les autres formations lacustres n'est pas aisée. Aussi, dans ce cas de figure, la méthodologie employée pour le balayage systématique de tout le secteur d'étude s'est avérée très utile. Procédant de proche en proche, nous avons pu déterminer les limites de ces niveaux lorsque la qualité des informations pouvaient nous le permettre. Dans le Gâtinais, ce calcaire prend le nom de Calcaire du Gâtinais. Il est aussi connu de façon plus générale comme étant le Calcaire de Beauce inférieur. C'est le réservoir aquifère principal du système Beauce. Il a une épaisseur moyenne de 30 m mais peut compter plus de 50 m en plein cœur de la Beauce.

L'Oligocène supérieur (Chattien) n'a pas été identifié dans les séries de Beauce.

2.1.8. Molasse du Gâtinais

Sur le Calcaire d'Etampes, on note dans la quasi-totalité de la Beauce la présence d'une couche marneuse que l'on parvient à suivre relativement bien sur les différents forages. Cette formation de l'Aquitainien (Miocène inférieur) porte le nom de Marnes de Voise dans les bassins de la Voise et de la Conie d'Orgères. Elle est caractérisée par une assise assez compacte et sableuse. Elle compte en moyenne 5 m d'épaisseur. Dans le reste du secteur où l'on trouve cette formation marneuse, c'est sous la dénomination de Molasse du Gâtinais. Elle est représentée par des marnes sableuses qui peuvent laisser la place à des argiles vertes dans le Gâtinais sud-oriental. Son épaisseur moyenne est de 8 m mais elle atteint plus de 15 m de puissance au sud de Pithiviers. Dans le faubourg Saint-Marc d'Orléans, le Calcaire de Saint-Marc, considéré comme un équivalent latéral de la molasse ne peut être distingué de façon sûre d'après les données de la BSS ; il serait en effet à l'interface de deux horizons calcaires qui possèdent des compositions voisines.

Dans l'ouest du bassin, son identification est difficile et elle semble ne pas exister dans le sud-ouest.

Le rôle hydrodynamique joué par la Molasse du Gâtinais n'est pas clairement établi. Elle a été parfois considérée comme un écran hydraulique entre les deux systèmes aquifères de Beauce supérieur et inférieur. La piézométrie 94 n'a pas permis de mettre en évidence ce dernier point en dehors du Gâtinais où la Molasse se trouve sous un épais faciès marneux très peu perméable.

D'un point de vue chimique, il est établi que la Molasse constitue un filtre chimique des eaux. Les teneurs en nitrates mesurées au-dessus et en dessous de la Molasse le prouvent.

2.1.9. Calcaire de Pithiviers, Marnes de Blamont, Calcaire de l'Orléanais

Couvrant le centre et le sud de la Beauce jusqu'aux affleurements détritiques du nord et de l'ouest, les dernières formations calcaires de Beauce sont d'âge aquitanien (Miocène inférieur). Ce sont le Calcaire de Pithiviers et le Calcaire de l'Orléanais, aussi appelés Calcaire de Beauce supérieur. Ils sont représentés par des faciès assez variés de calcaires lacustres blanchâtres ou jaunâtres, indurés ou friables, et peuvent avoir quelque 30 m d'épaisseur en plein cœur de la Beauce.

Des bancs marneux peuvent s'intercaler entre ces calcaires qui possèdent une dizaine de mètres de puissance moyenne. Ces marnes que l'on peut trouver en sommet de formation, où elles constituent alors le faciès de Blamont, peuvent envahir toute la série. Ce changement de faciès qui se produit à l'ouest d'un axe allant de Châteauneuf-sur-Loire à Bellegarde a une influence sur les caractéristiques du réservoir aquifère. En effet, dans ce secteur du Gâtinais, la nappe aquifère, qui est libre sur tout le reste de la Beauce, devient captive sous une importante couverture du faciès Blamont qui est très peu perméable.

Le bon suivi des horizons repères que sont la Molasse du Gâtinais et les Marnes de Blamont montre que la distinction entre Calcaire de l'Orléanais et Calcaire de Pithiviers repose en fait sur la présence de l'horizon intercalaire que constituent les Marnes de Blamont. Par suite, la partie ouest des Calcaires de Beauce, dont les corrélations avec les autres séries lacustres étaient mal établies, serait en fait un équivalent du Calcaire de Pithiviers. Ainsi l'extension du Calcaire de l'Orléanais, qui constitue la phase terminale de la sédimentation lacustre en Beauce, est réduite à la région centrale de la Beauce. Il n'atteint que quelques mètres d'épaisseur.

2.1.10. Formations argilo-sableuses du Burdigalien (Miocène inférieur)

Le Calcaire de Pithiviers est recouvert dans la région où s'étend la Forêt d'Orléans, par les Marnes et Sables de l'Orléanais, puis par les Sables et Argiles de Sologne. Leur épaisseur varie de zéro à une vingtaine de mètres. Si, en Sologne cette succession est assez claire, au nord de la Loire leurs relations géométriques sont assez complexes. Elles forment en effet des épandages, des remplissages de paléo-vallées et des comblements de karsts dans les calcaires sous-jacents. On y note des imprégnations diagénétiques de carbonates.

2.2. PRINCIPAUX TRAITS STRUCTURAUX

Les grands traits de la structure d'ensemble du dispositif tertiaire sont caractérisés par deux points principaux (fig. 4) :

- des structures hautes en bordures ;
- la fosse d'Ingrannes-Pithiviers.

2.2.1. Structures hautes de bordure

La Beauce, telle qu'elle a été définie dans le cadre de cette étude est caractérisée par la présence de structures hautes :

- au nord, par un bombement d'axe est-ouest suivant le cours de la Remarde ;
- à l'ouest, par une série de plis armoricains (anticlinaux d'Ouzouer-le-Marché, de Marchenoir,...) NW-SE de faibles amplitudes (30 à 50 m) avec plongement oriental. D'autre part, on remarque la présence d'un plateau beaucoup moins subsident que dans la partie est de la Beauce au niveau du bassin de la Conie ;
- au sud, par une remontée du toit de la Craie qui constitue un bombement anticlinal NE-SW (anticlinal d'Ouzouer-sur-Loire) au passage de la Loire. Celui-ci sépare l'unité structurale de Beauce de celle de Sologne ;
- à l'est, par un bombement nord-sud dans le prolongement du système faillé de Sancerre-Château-Landon axé sur le Loing.

2.2.2. Fosse d'Ingrannes-Pithiviers

On remarque la présence d'une fosse dans la partie centre-est et nord-est de la Beauce avec une ouverture sur la vallée de la Seine. La base des calcaires lacustres s'y trouve à plus de 170 m de profondeur. La fosse est marquée par une importante influence marine (Sables de Fontainebleau) mais reste néanmoins essentiellement continentale.

C'est la fosse d'Ingrannes-Pithiviers qui est limitée :

- au nord, par le prolongement du dôme de la Remarde. Au niveau de la Seine, la fosse manifeste une remontée qui limite le bassin d'Ile-de-France, plus subsident et qui reçoit toute la sédimentation de l'Eocène marin, qui n'atteint donc pas la Beauce ;
- à l'ouest par un grand accident qui se situe dans le prolongement du système faillé de Sennely-Césarville ;
- au sud, par l'anticlinal d'Ouzouer-sur-Loire ;
- à l'est, par le bombement nord-sud axé sur le Loing.

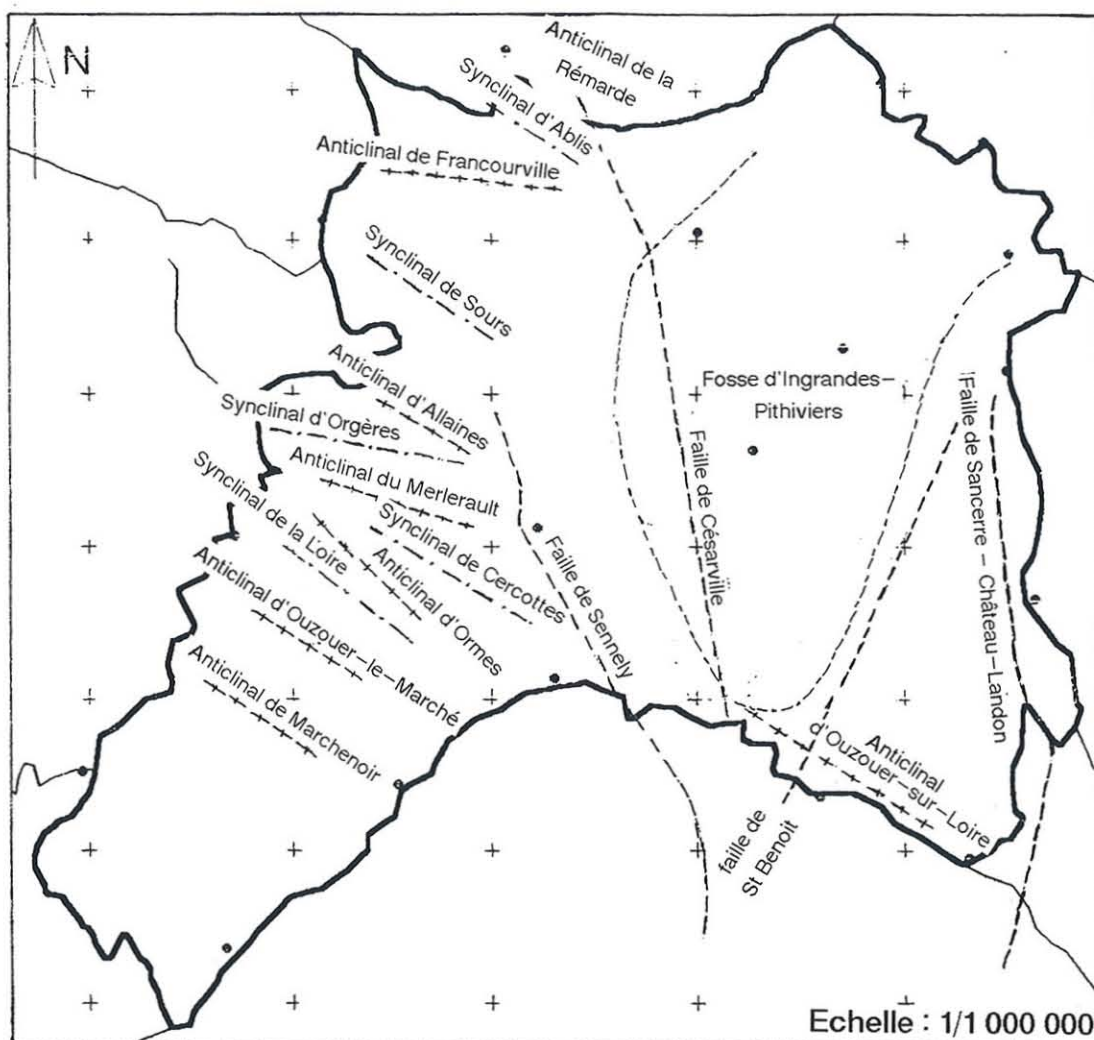


Fig. 4 - Carte structurale schématique de la Beauce (1/1 000 000) (Studer, 1995, modifiée).

3. Création d'une base de données géologiques

3.1. ORIGINE DES DONNEES

3.1.1. Données à l'affleurement

Les données nécessaires fournies par les affleurements sont :

- l'extension des unités lithologiques tirées de la carte géologique de la France à 1/50 000. Les contours géologiques extraits sont ensuite digitalisés ;
- l'altitude du toit des formations à l'affleurement.

3.1.2. Données de forages

Les données de forages proviennent de la banque de données du sous-sol (BSS), ainsi que de la réinterprétation des forages pétroliers disponibles, nécessaires notamment pour les formations les plus profondes (Eocène et Craie).

3.2. ACTUALISATION DES DONNEES DE LA BSS

Le travail réalisé s'est découpé en deux temps : l'actualisation des données de la région Centre puis celle de l'Ile-de-France. Néanmoins, la méthodologie employée est restée la même. C'était une condition nécessaire pour garantir l'homogénéité générale de la base de données finale. Nous pouvons décomposer les réalisations en 5 phases :

- choix et recherche des dossiers à examiner dans un huitième de carte donné ;
- regroupement géographique des dossiers retenus au sein d'un même huitième de carte ;
- analyse des pièces constitutives du dossier retenu ;
- interprétation et codage lithostratigraphique des coupes géologiques ;
- transcription sur les bordereaux de saisie de la Banque du Sous-Sol (BSS).

743 dossiers ont été consultés, interprétés et informatisés.

3.2.1. Sélection des dossiers à traiter

Le réseau des forages d'Alimentation en Eau Potable (AEP), qui contient des informations dont la qualité permet des interprétations lithostratigraphiques fiables, a été utilisé en premier.

Nous y avons rajouté des dossiers de forages industriels, peu nombreux en région Centre mais aptes à fournir des coupes géologiques d'une qualité comparable à celles des AEP.

Dans les zones de faible densité de population où ces informations étaient peu nombreuses, nous avons pris en compte les forages agricoles dont les informations géologiques étaient suffisantes pour garantir une interprétation sûre.

La recherche s'est faite sur l'ensemble des dossiers contenus sur chaque huitième de carte de la BSS provenant du découpage de la France à 1/50 000. En Ile-de-France, elle a été grandement facilitée par l'informatisation exhaustive des dossiers. Il n'en était pas de même pour la région Centre où ce travail d'informatisation, réalisé en totalité pour les AEP, n'a pas été aussi poussé pour les autres types d'ouvrages. Pour cette région, nous ne pouvions donc établir une sélection qu'en se référant directement aux documents originaux du Code Minier. Pour choisir convenablement les différents types de forages à retenir, nous nous sommes fiés aux indications figurant sur la couverture de chaque dossier et qui donnent en particulier la nature, l'utilisation et la profondeur de chaque ouvrage.

3.2.2. Regroupement géographique des dossiers retenus

Cette phase a consisté dans un premier temps, à chercher la localisation des ouvrages retenus sur un huitième de carte, puis, dans un deuxième temps, à grouper les forages voisins les uns des autres. Ce regroupement permettait de recouper les informations dans un premier groupe de forages avant de comparer les données acquises sur un autre groupe voisin.

Débutant par la région Centre, il convenait de commencer par une zone où la nature des terrains était connue et leur description lithologique fiable. Nous avons choisi de commencer par la feuille d'Orléans. En effet, la géologie du secteur était cernée et nous pouvions compter sur plusieurs bonnes coupes géologiques. C'est en procédant de proche en proche et en recoupant toujours les nouvelles données avec les informations précédentes que nous avons pu couvrir l'ensemble de la Beauce et garantir un suivi des différentes formations géologiques.

3.2.3. Analyse des documents constitutifs de chaque dossier

Comme nous venons de le voir, nous commençons par le groupe de forages le plus proche d'une zone déjà traitée. Pour remplir les bordereaux de saisie, il nous fallait connaître la coupe géologique établie lors de la réalisation de l'ouvrage, sa coupe technique afin de déterminer les niveaux captés et toute autre information relative à d'éventuels essais de débits pouvant permettre d'enrichir la base de données des paramètres hydrodynamiques déjà amorcée.

Il faut noter que les dossiers antérieurs aux années 50 demandent un temps d'analyse plus important que les dossiers récents. En effet, dans les premiers nous avons souvent trouvé plusieurs coupes géologiques. Il convenait alors de comparer les différentes coupes établies pour trouver une première unité au sein du dossier. Il est alors apparu

que bon nombre des coupes contenues dans ces anciens dossiers n'étaient souvent que des copies de la coupe originelle ou de multiples interprétations personnelles de cette dernière. Nous avons pu constater que ces différentes transcriptions réalisées étaient couramment entachées d'erreurs et ne correspondaient pas exactement à la coupe initiale. Ainsi les profondeurs étaient injustement reportées et les descriptions lithologiques des formations inexactes. Concernant ces coupes multiples, nous sommes arrivés à la conclusion qu'il fallait le plus possible se reporter aux coupes originales. De plus, les plus anciennes sont quelquefois difficilement lisibles à cause des supports papiers qui ont été détériorés au cours du temps. Certaines des coupes erronées étaient informatisées. Il a fallu veiller à ce que, lors de la saisie informatique, les nouvelles interprétations remplacent bien les premières, qui devaient alors être détruites.

3.2.4. Interprétation et codage lithostratigraphique

L'étape, qui suivait directement la consultation et le choix des documents contenus dans les dossiers, était celle de l'interprétation lithostratigraphique des coupes géologiques.

Ces dernières ont des qualités variables qui influent directement sur la facilité et la rapidité d'interprétation. Ainsi, il est arrivé que des dossiers ne permettent pas, pris individuellement, de réaliser une interprétation sûre. Ceci était dû soit à la nature des formations géologiques qui pouvaient présenter des compositions très voisines, soit aux informations entachées d'erreurs dont certaines étaient grossières (craie décrite comme un grès, coupe donnant des successions de rochers durs et mous,...). La méthode employée pour le balayage de la Beauce, exposée précédemment, et une consultation soigneuse des cartes géologiques concernées nous ont permis de résoudre ces problèmes.

Les codes lithostratigraphiques attribués sont choisis parmi ceux qui ont été définis spécifiquement pour les formations du bassin de Paris (tabl. 1).

3.2.5. Transcription sur les bordereaux de saisie BSS

Les bordereaux utilisés sont ceux qui servent à l'informatisation des dossiers par la BSS. Ils sont uniques pour chaque ouvrage et ont été utilisés pour procéder en parallèle de notre travail à une mise à jour d'une partie de la BSS. A cette occasion, un nom de code "BEAUCE 95" a été généré sur les dossiers traités. Celui-ci se veut être le garant pour les consultants d'une certaine qualité des interprétations lithostratigraphiques réalisées.

Les données relatives à la lithostratigraphie d'une part et à l'horizon capté d'autre part sont formulées de la manière suivante :

- la lithostratigraphie comprend le nom des formations, leur âge géologique et les codes lithostratigraphiques respectifs ;

Ensemble cartographié	Nom de formation	Code
Sables et argiles de Sologne		1211
Marnes et Sables de l'Orléanais		1220
Calcaire de l'Orléanais ¹	Aquitanien supérieur Calcaire de Beauce supérieur	1310 1312 1314 ²
Marnes de Blamont		1311
Calcaire de Beauce-Pithiviers	Aquitanien supérieur Calcaire de Beauce supérieur Calcaire du Val d'Orléans	1310 1312 1313
Molasse du Gâtinais	Aquitanien inférieur Marnes de Voise, Argile de Neuville Molasse du Gâtinais Molasse de Montargis	1320 1321 1322 1323
Calcaire d'Etampes		1411
Sable de Fontainebleau	Sables et grès de Fontainebleau <i>s.l.</i> Sables et grès de Fontainebleau sup. Sables et grès de Fontainebleau inf.	1401 1412 1421
Marnes à huitres		1422
Calcaire de Brie		1432
Argiles vertes	Argile verte <i>s.l.</i> Argile verte de Romainville Glaire à Cyrènes Marnes supra-gypseuses <i>s.l.</i> Marne blanche de Pantin, gypse Marabet Marne bleue d'Argenteuil	1430 1433 1434 2110 2111 2112
Calcaires éocènes	Calcaire de Chateau-Landon Calcaires lacustres éocènes Calcaires lacustres de l'Eocène supérieur Calcaire de Champigny et associés ³ Calcaire de Morancez, cc. et meulières lacustres Eocène marin carbonaté et calcaréo-détritique ⁴	1002 2001 2101 2120 2202 2004
Eocène détritique	Formations détritiques de l'Eocène Sables supérieurs et Arkose de Breuillet Poudingue de Gien, grès lustrés Sables et argiles sparnaciens <i>s.l.</i> Fausses glaises Sables d'Auteuil Argile plastique Conglomérat de Meudon, Poudingue de Nemours	2005 2301 2302 2320 2321 2322 2323 2324
Argile à silex		2006 ²
Craie	Craie à silex (Sénonien à Turonien) Craie (Sénonien à Turonien) Craie à silex (Sénonien) Craie à silex (Sénonien) Craie blanche campanienne	3001 3002 3100 3112 3120

Tabl. 1 - Formations et codes lithostratigraphiques de la Beauce.

¹ distingué du Calcaire de Pithiviers sur la présence des Marnes de Blamont

² nouveau code

³ Calcaires de Briare, du Loir

⁴ dans les forages pétroliers

- l'horizon capté est indiqué en utilisant les codes nappes qui sont différents pour chaque région naturelle existante. Pour cette étude les 3 régions considérées sont la Beauce, le Gâtinais et le Hurepoix.

Les bordereaux remplis ont été transmis au Groupe d'Acquisition et Gestion de l'Information du département Centre de Gestion de Données Géologiques et Géophysiques (C3G/AGIR) où ils ont été saisis sous ORACLE.

3.3. LIMITES D'EXTENSION DES FORMATIONS DE BEAUCE

3.3.1. Extension à l'affleurement

L'extension des Sables et Argiles de Sologne et des Marnes et Sables de l'Orléanais était disponible au BRGM sous forme de fichier ARCINFO.

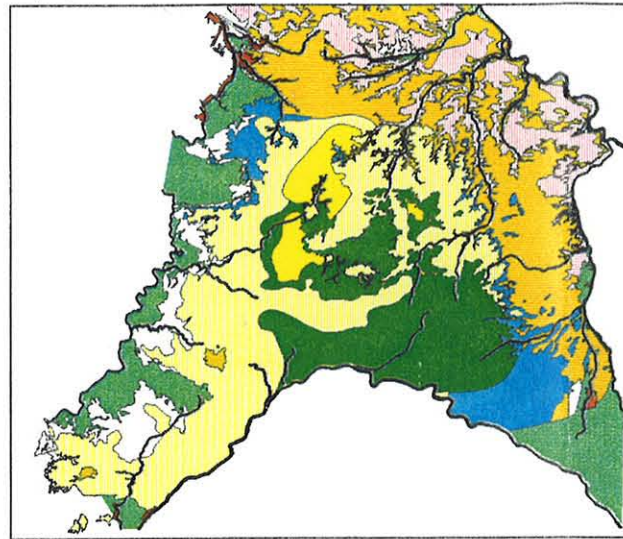
Pour les 10 autres formations, les limites ont été obtenues par compilation des cartes géologiques de la France à 1/50 000 (tabl. 2). Ceci a nécessité de résoudre cas par cas un certain nombre de problèmes d'interprétation des différents auteurs des cartes pour aboutir à un document fiable et homogène. Les notions de Calcaire de l'Orléanais, Marnes de Blamont et Calcaire de Pithiviers ont en particulier été discutées. L'option qui a été prise résulte de la cohérence cartographique.

Les contours ont été digitalisés sous MICROSTATION. Après traitement de tous les contours, on obtient la carte géologique de surface de la Beauce selon le découpage stratigraphique décidé pour la synthèse hydrogéologique.

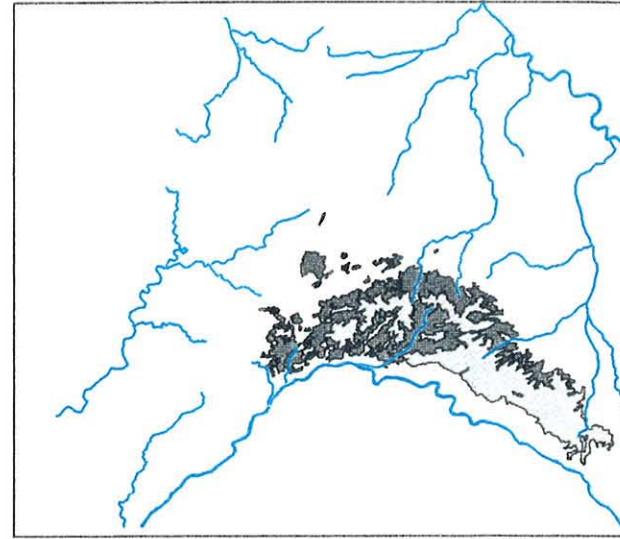
	DREUX ²¹⁶	NOGENT LE ROTROU ²¹⁷	RAMBOUILLET ²¹⁸	CORBEIL ²¹⁹		
		CHARTRES ²⁵⁵	DOURDAN ²⁵⁶	ETAMPES ²⁵⁷	MELUN ²⁵⁸	NANGIS ²⁵⁹
	ILIERIS ²⁹⁰	VOVES ²⁹¹	MEREVILLE ²⁹²	MALESHERBES ²⁹³	FONTAINEBLEAU ²⁹⁴	MONTEREAU FAUT YONNE ²⁹⁵
	CHATEAUDUN ³²⁵	ORGERES ³²⁶	NEUVILLE ³²⁷	PITHIVIERIS ³²⁸	CHATEAU LONDON ³²⁹	CHEROY ³³⁰
	CLOYES ³⁶¹	PATAY ³⁶²	ORLEANS ³⁶³	BELLEGARDE DU LOIRET ³⁶⁴	MONTARGIS ³⁶⁵	COURTENAY ³⁶⁶
VENDOME ³⁹⁵	SELOMMES ³⁹⁶	BEAUGENCY ³⁹⁷	LA FERTE St AUBIN ³⁹⁸	CHATEAUNEUF SUR LOIRE ³⁹⁹	CHATILLON COLIGNY ⁴⁰⁰	BLENEAU ⁴⁰¹
CHATEAURENAULT ⁴²⁷	BLOIS ⁴²⁸				GIENT ⁴³²	
AMBOISE ⁴⁵⁸	MONTRICHARD ⁴⁵⁹					

Tabl. 2 - Cartes géologiques de la France à 1/50 000 utilisées.

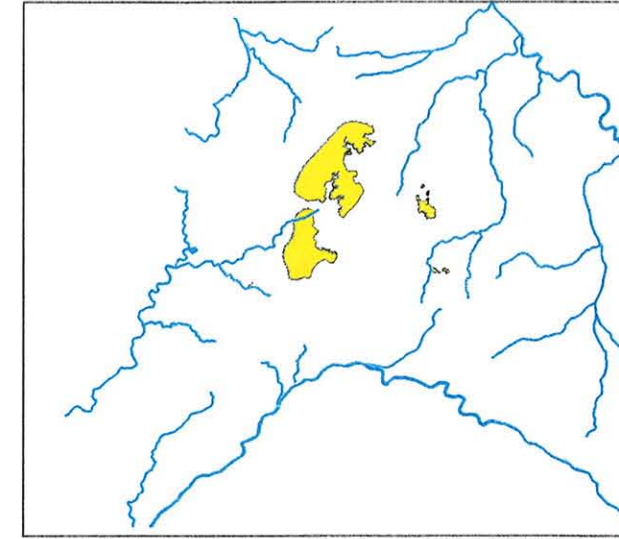
Superposition des niveaux géologiques



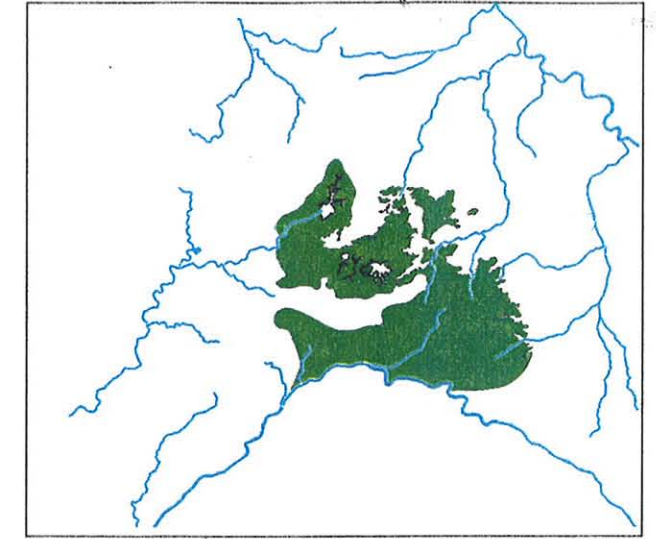
1 - Formations de Sologne



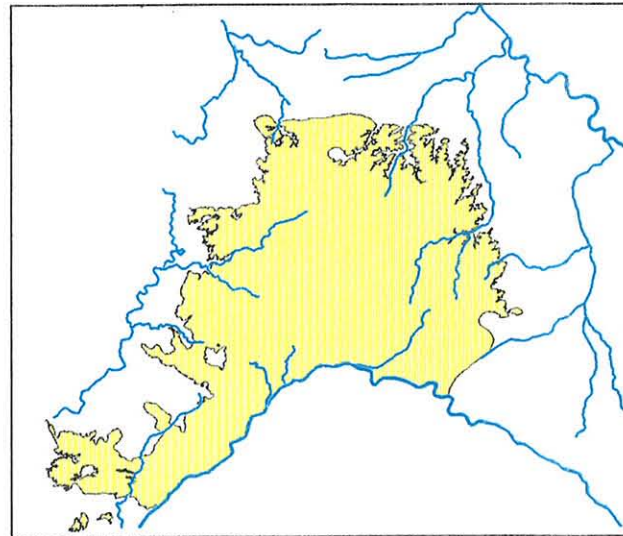
2 - Calcaires de l'Orléanais



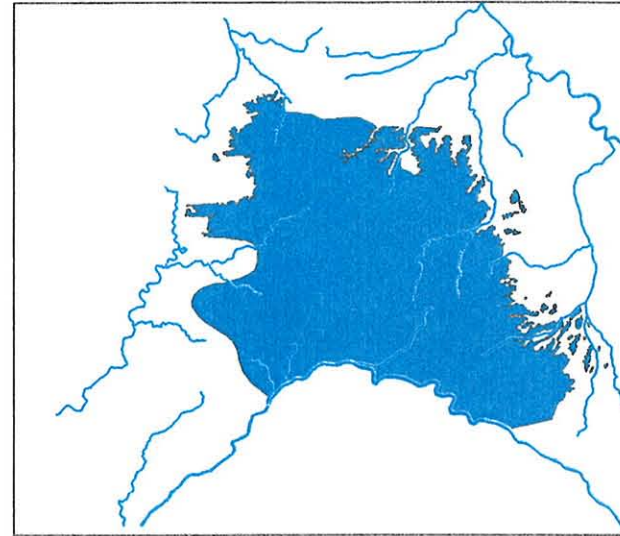
3 - Marnes de Blamont



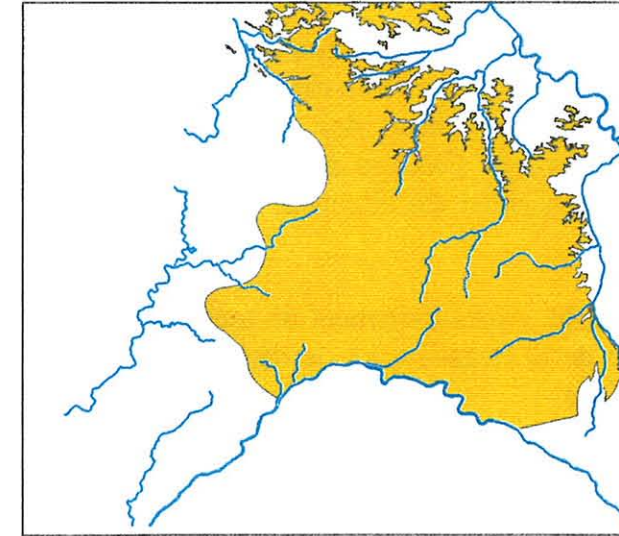
4 - Calcaires de Beauce-Pithiviers



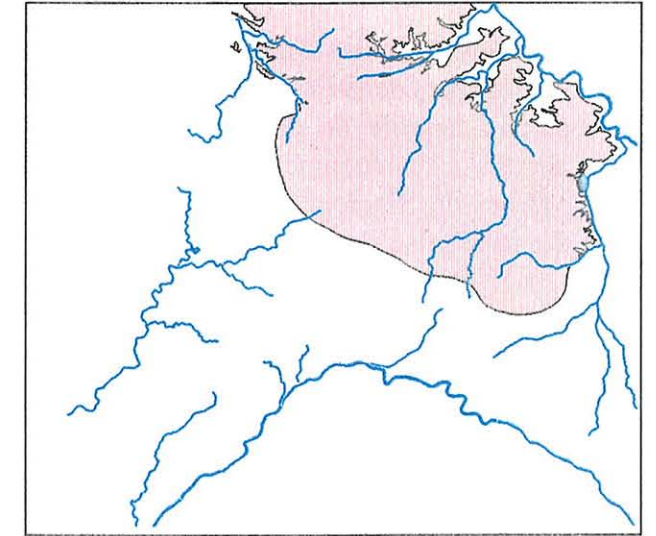
5 - Molasse du Gâtinais - Marnes de Voise



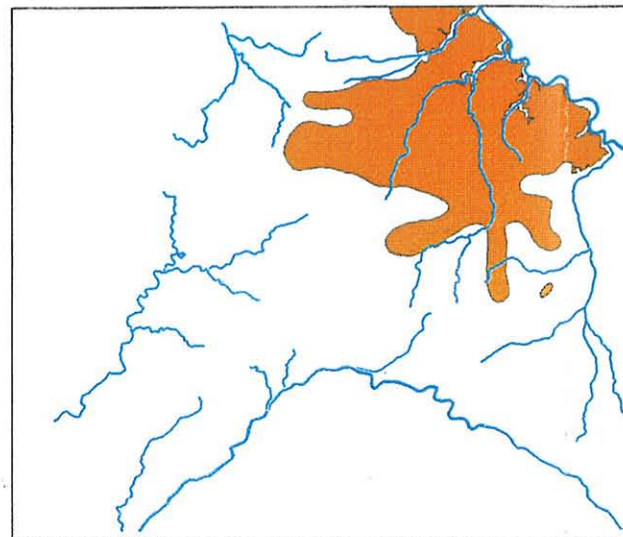
6 - Calcaires d'Etampes



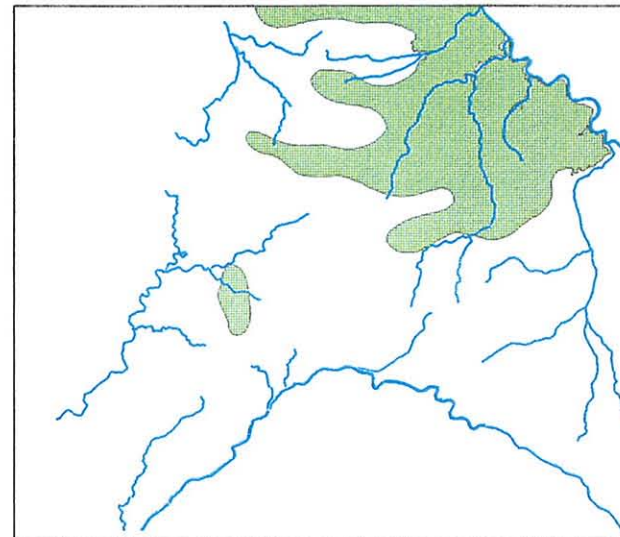
7 - Sables de Fontainebleau



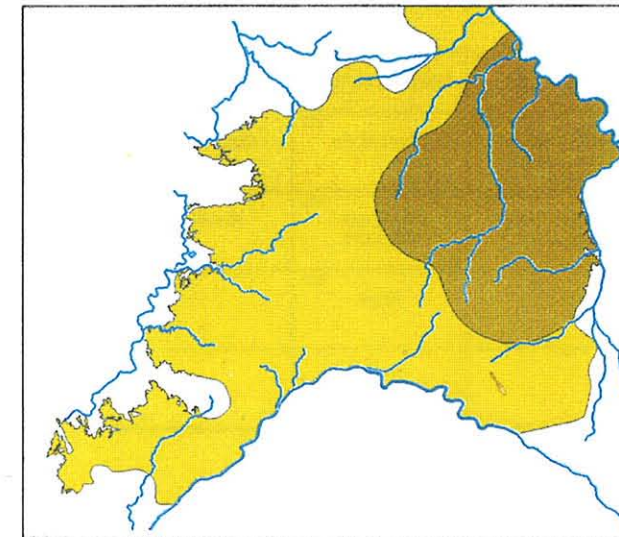
8 - Calcaires de Brie



9 - Argiles vertes et marnes supra-gypseuses



10 - Calcaires éocènes : Château Landon et Champigny



11 - Eocène détritique - Argile à silex et Craie

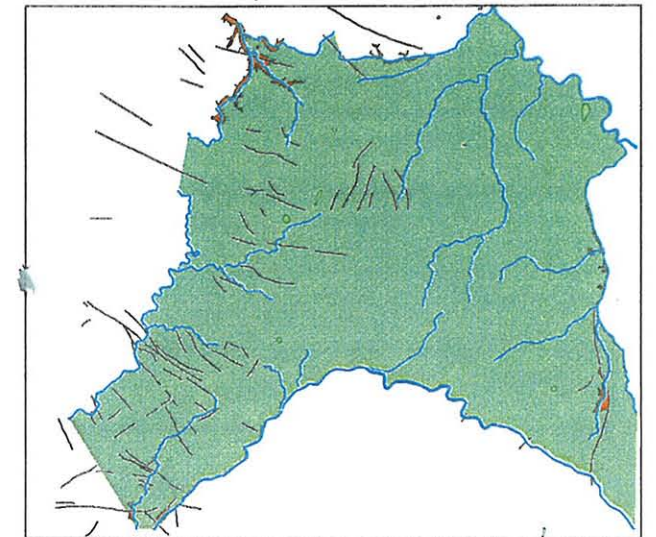


Fig. 5 - Cartes d'extension comparée des formations géologiques de la Beauce.
[© BRGM, 1997]

3.3.2. Extension en subsurface

Nous avons défini l'extension en subsurface à l'aide de cartes de répartition des forages ayant traversé la formation considérée. Plusieurs allers-et-retours ont été nécessaires avant d'obtenir les contours définitifs. En effet, il a fallu vérifier l'interprétation d'un certain nombre de forages "suspects" signalant la formation dans des situations apparemment anormales. Les mises à jour effectuées ont aussi introduit des forages supplémentaires susceptibles de modifier les contours. Dans la plupart des cas, on aboutit à une extension continue de la formation à partir de l'affleurement. Pour les Argiles vertes et Marnes supra-gypseuses toutefois, le bien-fondé de leur présence isolée en profondeur dans le sud-ouest de la Beauce a été vérifié.

La superposition des 11 formations considérées aboutit à la reconstruction de la carte géologique (fig. 5 et 6).

3.4. ALTITUDE DU TOIT DES FORMATIONS DE BEAUCE

Une série de 11 cartes, reproduites ici à l'échelle du 1/600 000, donnant l'extension et l'altitude du toit des unités majeures et considérées comme significatives sur le plan hydraulique, a été produite.

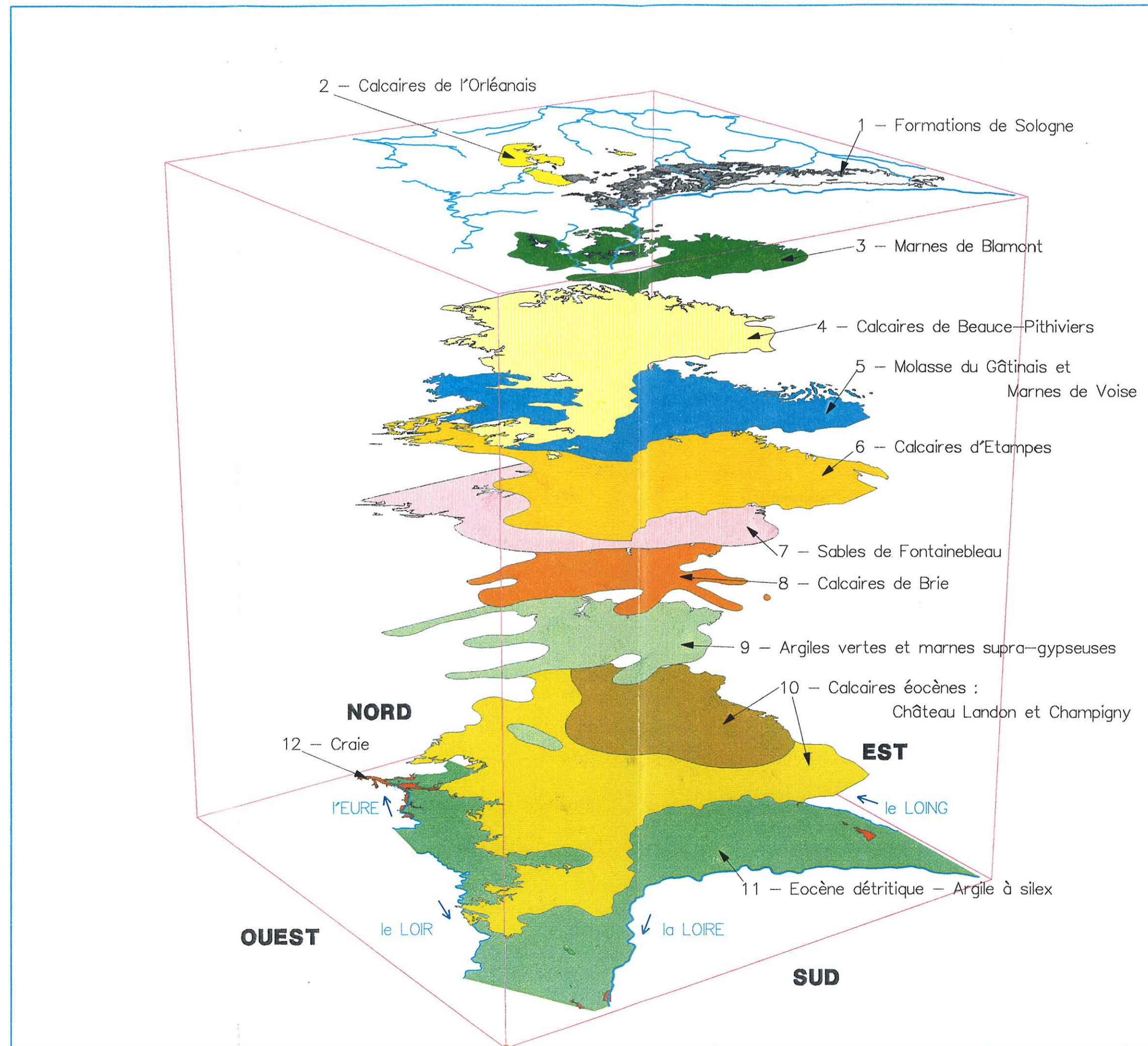
3.4.1. Altitude à l'affleurement

Elle est obtenue en sélectionnant des points du contour géologique par digitalisation et en estimant leur altitude à l'aide du Modèle Numérique de Terrain. La sélection des points est faite selon un échantillonnage qui tient compte de la répartition moyenne des données de forage et de la complexité des contours de manière à conserver une densité de points de mesure compatible avec une estimation fiable des altitudes.

3.4.2. Altitude en subsurface

Extraction à partir de la BSS

L'extraction des informations à partir de la BSS a été faite en utilisant les codes lithostratigraphiques des formations du bassin de Paris (tabl. 1). Le fichier résultant (fichiers BSSLIT1, 2, 3 au fil des mises à jour) est constitué d'une série d'enregistrements sélectionnés dans la base de données forages de BSS pour lesquels le code lithostratigraphique correspond à l'un de ceux des formations de la Beauce y compris la craie. Chaque enregistrement contient au moins l'identificateur BSS du forage (10 caractères), les coordonnées Lambert II étendues, l'altitude au sol, le code lithostratigraphique, la profondeur début et la profondeur fin du niveau, accessoirement, la lithologie et l'étage. Plusieurs enregistrements successifs peuvent correspondre au même forage ou à des forages différents.



Création des fichiers de données pour chaque niveau

Une deuxième sélection est ensuite faite à partir de cette base générale de la Beauce afin d'isoler chacun des 11 niveaux préalablement cités. Elle consiste à regrouper par leur code des formations stratigraphiquement et lithologiquement équivalentes dans des fichiers séparés. Après avoir éliminé les enregistrements surnuméraires pour ne conserver que la première apparition (de haut en bas) de chaque unité lithologique, on calcule ensuite l'altitude du toit ($z_{\text{toit}} = z_{\text{-prod}}$) seule utilisée par la suite.

Pour le cas particulier des Calcaires de Beauce-Pithiviers et des Calcaires de l'Orléanais, l'altitude du toit n'est pas connue directement. En effet, le codage utilisé en forage les regroupe au sein des "Calcaires de Beauce supérieurs" et il est fait appel à des critères géométriques pour les distinguer :

- partout où existent les marnes de Blamont, on appelle Calcaires de l'Orléanais, la formation située au-dessus, et Calcaires de Pithiviers, celle qui est située au-dessous ;
- ailleurs, ce sont les Calcaires de Beauce supérieurs.

Nous considérons donc la stratigraphie suivante, bas en haut :

- Calcaires de Beauce-Pithiviers ;
- Marnes de Blamont ;
- Calcaires de l'Orléanais.

La définition de l'extension des formations, et les calculs d'altitudes utilisent ce raisonnement.

Analyse critique et mise à jour des données

Une première cartographie de la localisation des forages, des valeurs d'altitude et des courbes d'isovaleurs a été faite à l'échelle du 1/250 000, afin de :

- vérifier la couverture du domaine étudié ;
- détecter les erreurs, de saisie ou d'interprétation ;
- connaître l'extension des formations en subsurface.

Les premiers résultats ont montré :

- des lacunes dans le codage et la saisie des dossiers du Code Minier ;
- des erreurs d'interprétation lithostratigraphiques ;
- des erreurs ou des oublis dans les coordonnées ;
- l'absence de données pour la partie centrale de la zone, spécialement pour l'Eocène et la Craie.

Ces défauts ont été éliminés après plusieurs navettes entre les dossiers de forage et la cartographie des altitudes, en ajoutant la réinterprétation et le codage des forages pétroliers pour la zone centrale. Ce travail, très fastidieux, représente l'essentiel, obligatoire, du temps consacré à la mise au point des bases.

3.4.3. Assemblage surface-subsurface

L'extension des formations en subsurface a été tout d'abord grossièrement définie en fonction de données de forages, puis affinée, au fur et à mesure des modifications apportées à ces dernières. On a donc été amené selon les cas à corriger l'extension en profondeur pour respecter les nouvelles données de sondage, ou à éliminer des forages dont l'interprétation s'est avérée erronée. Cette limite est ensuite digitalisée et complétée par la limite à l'affleurement pour définir une enveloppe fermée. Les fichiers donnant l'altitude du toit de chaque niveau à l'affleurement et en subsurface (tabl. 3) ont été alors fusionnés, pour ne constituer qu'une seule base "points" par niveau.

3.5. INTERPOLATION DES DONNEES, REALISATION DES CARTES D'ISOHYPSES

3.5.1. Interpolation

L'interpolation des données est faite à partir des bases "points" pour chaque niveau. Pour les Calcaires de Beauce-Pithiviers et de l'Orléanais des ajustements supplémentaires ont été faits après interpolation afin de corriger le toit des calcaires de Beauce conformément à celui des Calcaires de Pithiviers ou d'isoler les calcaires de l'Orléanais.

La discrétisation des données a été faite selon une grille dont les caractéristiques sont les suivantes :

x min. : 490 000 km x max. : 640 000 km
y min. : 2 280 000 km y max. : 2 410 000 km
Premier point de la grille : x : 490,5 ; y : 2280,5
Taille d'une maille : 2 km
Nombre de mailles en x, y : 76 x 66

Pour le modèle hydrogéologique, une maille de 1 km pourra être ultérieurement adoptée sur la même base.

Nom de fichier	Taille	Date	Heure	Nom de la formation
<i>Altitude du toit des formations à l'affleurement</i>				
ZAFLCORL.PRT	7 313	21.06.97	20:41	Calcaires de l'Orléanais
ZAFLMBLA.PRT	16 781	21.06.97	20:40	Marnes de Blamont
ZAFLCBEA.PRT	27 145	21.06.97	20:39	Calcaires de Pithiviers
ZAFLIMP1.PRT	16 109	21.06.97	20:37	Molasse du Gâtinais
ZAFLCETA.PRT	30 339	21.06.97	20:35	Calcaire d'Etampes
ZAFLSFON.PRT	14 456	21.06.97	20:38	Sables de Fontainebleau
ZAFLCBRI.PRT	6 249	21.06.97	20:36	Calcaire de Brie
ZAFLIMP2.PRT	5 689	21.06.97	20:39	Argiles vertes
ZAFLCEOC.PRT	13 896	21.06.97	20:41	Calcaires éocènes
<i>Altitude du toit des formations en forage</i>				
TOICORL .PRT	868	21.06.97	20:03	Calcaires de l'Orléanais
TOIBLAM .PRT	5 212	21.06.97	20:05	Marnes de Blamont
TOIBEPI .PRT	32 816	21.06.97	20:07	Calcaires de Pithiviers
TOIIMP1 .PRT	14 840	21.06.97	20:09	Molasse du Gâtinais
TOIETAM .PRT	31 169	21.06.97	20:11	Calcaire d'Etampes
TOIBLEAU.PRT	41 662	21.06.97	20:13	Sables de Fontainebleau
TOIBRIE .PRT	69 833	21.06.97	20:12	Calcaire de Brie
TOIIMP2 .PRT	65 687	21.06.97	19:58	Argiles vertes
TOIEOCE .PRT	77 174	21.06.97	20:15	Calcaires éocènes
TOIIMP3 .PRT	39 021	21.06.97	20:17	Eocène détritique
TOICRAIE.PRT	45 084	21.06.97	20:16	Craie

Tabl. 3 - Fichiers ASCII donnant les points de contrôle de l'altitude du toit des formations.

Page	1BRGM	Geological Data Management	Date	21-Jun-97	at	20:40:59
XXXX YYYY ZEST						
566.389 2348.476 129.79						

XXXX,YYYY : coordonnées Lambert 2 étendu en Km

ZEST : altitude en m estimée à partir du MNT

Tabl. 4 - En-tête des fichiers d'altitude à l'affleurement.

L'interpolation des altitudes est réalisée par krigeage selon un variogramme linéaire sans dérive. Le domaine à kriger inclut tous les points de données, qu'ils soient situés à l'intérieur ou à l'extérieur du domaine hydrodynamique précédemment défini, de manière à estimer au mieux l'altitude de la surface à traiter. Les limites du domaine sont celles de la grille.

Page	1BRGM	Geological Data Management	Date	21-Jun-97	at	20:03:37
INDC	XXXX	YYYY	ZZZZ	PROD	ZTBE	
02922X0002	566.744	2373.160	151.00	0.00	151.00	

INDC : identificateur complet du forage dans la BSS

XXXX,YYYY : coordonnées Lambert 2 étendu en Km

ZZZZ : altitude au sol en m

PROD : profondeur du toit de la formation

ZT** : altitude du toit de la formation (** 2 caractères désignant la formation)

Tabl. 5 - En-tête des fichiers d'altitude en forage.

Une grille de structure identique à la précédente est générée à partir des contours de chaque formation. Elle contient dans chaque maille une variable indicatrice de l'extension de ladite formation.

Une troisième grille est alors générée à partir des deux premières où seules les mailles incluses dans les limites de la formation sont valorisées. Les courbes d'isovaleurs sont tracées à partir de cette grille.

3.5.2. Traitement des failles

Les failles ont été considérées comme importantes pour la structure au toit de la Craie et sont déduites des cartes géologiques de surface. Tracées puis digitalisées, elles ont été introduites dans le krigeage de l'altitude du toit de la craie où elles interviennent comme des discontinuités et dans le tracé des courbes isovaleurs avec lesquelles elles sont représentées.

Elles aident à mettre en évidence les différentes structures (cf. & 2.2.).

3.6. TRACE DES CARTES

Les cartes, produites à l'échelle du 1/600 000 (fig. 8 à 18) comprennent :

- l'extension en surface et subsurface de la formation considérée ;
- les courbes d'isoaltitude du toit ;
- les points de données en forage ;
- un habillage sommaire avec le réseau hydrographique principal.

Conclusion

La précision finale de l'étude que l'on peut attendre est directement fonction de la qualité des documents consultés et de leur utilisation. Nous pouvons penser que, du point de vue du découpage des formations géologiques, nous sommes arrivés à une bonne fiabilité des informations. Ces dernières ont été traitées avec une rigueur optimale.

Avec plus de moyens financiers, on aurait pu penser que la consultation et l'interprétation des dossiers du Code Minier puisse être étendue à tous les forages figurant en banque pour affiner le maillage de l'interprétation géologique. Ceci n'aurait pas nécessairement eu l'effet escompté. En effet, nous avons consulté les documents qui sont les plus susceptibles de fournir une information de bonne qualité. Une consultation supplémentaire des coupes géologiques figurant dans les autres classes que celles qui ont été sélectionnées n'aurait sûrement pas apporté de nouveaux éléments suffisamment précis et fiables pour la détermination des ensembles géologiques.

Pour ce qui concerne la caractérisation des faciès lithologiques dans les calcaires lacustres aquifères, il conviendra de sélectionner les forages recoupant les niveaux souhaités et de les renseigner plus particulièrement sur les paramètres indicateurs de porosité par une nouvelle consultation des archives.

La valorisation de ce travail préliminaire appartient maintenant au module : "Synthèse hydrogéologique de la Beauce", inscrit dans le Programme Beauce, mais pas encore financé.

Il sera possible ultérieurement d'affiner encore les estimations d'altitude en intégrant quelques valeurs supplémentaires dans les bases de données de plusieurs niveaux et en définissant pour chaque niveau un modèle géostatistique propre.

Bibliographie

- BRGM (1980) - Synthèse du bassin de Paris, publiée sous la direction de Claude Mégrien, en 3 vol. *Mémoires du BRGM*, n° 101, 102, 103.
- Caudron M., Desprez N., Martins Cl., Rampon G. (1973) - Mise en valeur et exploitation des données acquises sur la nappe des Calcaires de Beauce en vue de la réalisation d'un modèle mathématique de simulation en régime transitoire. Rap. BRGM 73 SGN 365 BDP, 30 p., 6 pl., 5 annexes.
- Caudron M., Desprez N., Martins Cl., Rampon G., Vandenbeusch M. (1975) - Elaboration et exploitation d'un modèle de gestion de la nappe des Calcaires de Beauce. Rap. BRGM 75 SGN 166 BDP, 38 p., 14 pl., 8 annexes.
- Caudron M., Desprez N., Rampon G., Rousselot D., Viot A. (1971) - Mise en valeur et exploitation des données acquises sur la nappe des Calcaires de Beauce. Première phase : réalisation d'un modèle mathématique de simulation des écoulements bidimensionnels en milieu poreux, en régime permanent. Rap. BRGM 71 SGN 331 BDP, 26 p., 12 pl., 4 annexes.
- Desprez N. (1967) - Etude hydrogéologique des Calcaires de Beauce (Petite Beauce). Rap. BRGM DSGR 67 A7, 21 p., 5 pl., 5 annexes.
- Desprez N. (1967) - Etude hydrogéologique du Calcaire de Beauce. Inventaire des bassins de la Conie, de l'Aigre et du Rû d'Ecoman (Haute et Basse Beauce). Rap. BRGM DSGR 67 A11, 23 p., 6 pl., 6 annexes.
- Desprez N. (1967) - Etude hydrogéologique du Calcaire de Beauce. Inventaire du bassin des Mauves. Rap. BRGM DSGR 67 A30, 21 p., 5 pl., 3 annexes.
- Desprez N. (1967) - Etude hydrogéologique du Calcaire de Beauce. Inventaire du bassin versant de la Loire en amont d'Orléans. Rap. BRGM DSGR 67 A86, 24 p., 6 pl., 4 annexes.
- Desprez N., Dupré J. (1968) - Etude hydrogéologique du Calcaire de Beauce. Inventaire du bassin de la Voise et de la Roguenette. Rap. BRGM 68 SGL 27 BDP, 22 p., 7 pl., 6 annexes.
- Desprez N., Martins Cl. (1968) - Etude hydrogéologique du Calcaire de Beauce. Inventaire du bassin de la Juine, de l'Essonne et du Loing. Rap. BRGM 68 SGL 68 BDP, 38 p., 7 pl., 4 annexes.
- Desprez N., Mégrien Cl. (1964) - Etude synthétique préliminaire sur la nappe de Beauce. Rap. BRGM DSGR 64 A 27, 13 p., 7 pl., 3 annexes.

- Desprez N., Mégnien Cl. (1975) - Atlas hydrogéologique de la Beauce. 71 p., 2 pl., 1 annexe.
- EDF (1969) - Etude hydrogéologique du Calcaire de Beauce. Rap. BRGM 68 SGL 149 BDP.
- Gély J.P., Lorenz C. (1991) - Analyse séquentielle de l'Eocène et de l'Oligocène du Bassin Parisien (France). *Revue de l'Institut Français du Pétrole*, vol. 46, n° 6, novembre-décembre 1991, pp. 713-745, 20 fig., ref. bib.
- Maget Ph. (1995) - Piézométrie du système aquifère de Beauce. Basses eaux 1994. Rap. BRGM R 38572, 33 p., 8 fig., 1 tabl., 3 annexes, 2 pl.
- Mégnien Cl. (1979) - Hydrogéologie du centre du Bassin de Paris. *Mémoire BRGM* n° 98.
- Ménillet F. (1980) - Les lithofaciès des Calcaires de Beauce (Stampien supérieur et Aquitanien) du bassin de Paris (France). *Bulletin du BRGM* (deuxième série), section IV, n° 1, 1980-81, pp. 15-55, 16 fig., 5 pl. photo.
- Seguin J.J. (1987) - Teneurs en nitrates dans la nappe des calcaires de Beauce. Rapport BRGM 87 SGN 192 EAU, 99 p., 25 fig., 18 tabl.
- Studer H. (1995) - Nappe de Beauce : acquisition des données préalables à la constitution d'un outil de gestion. 29 p., 3 annexes.

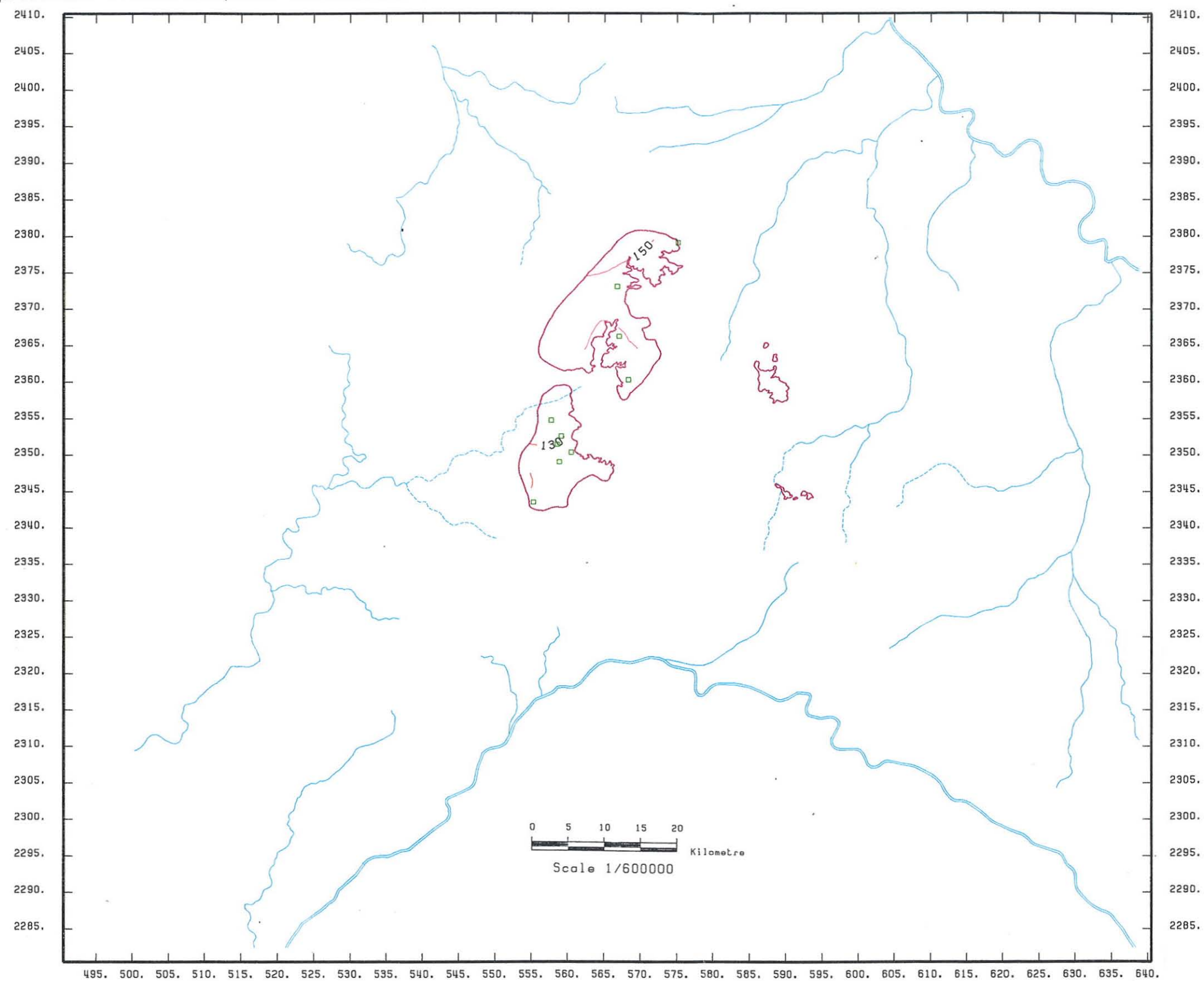


Fig. 7 - Carte en isohypses du toit du Calcaire de l'Orléanais. (coordonnées Lambert II)

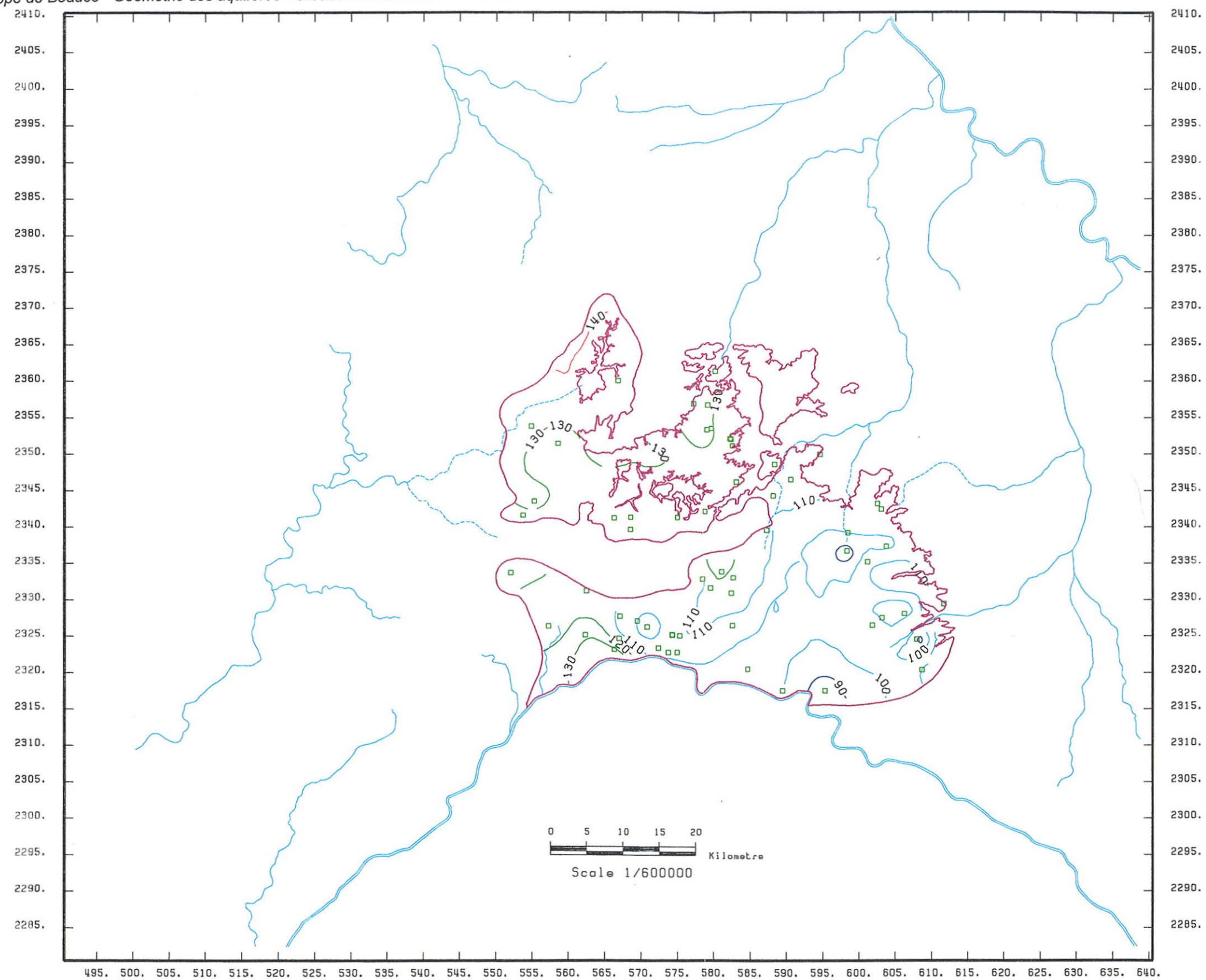


Fig. 8- Carte en isohypses du toit des Marnes de Blamont. (coordonnées Lambert II)

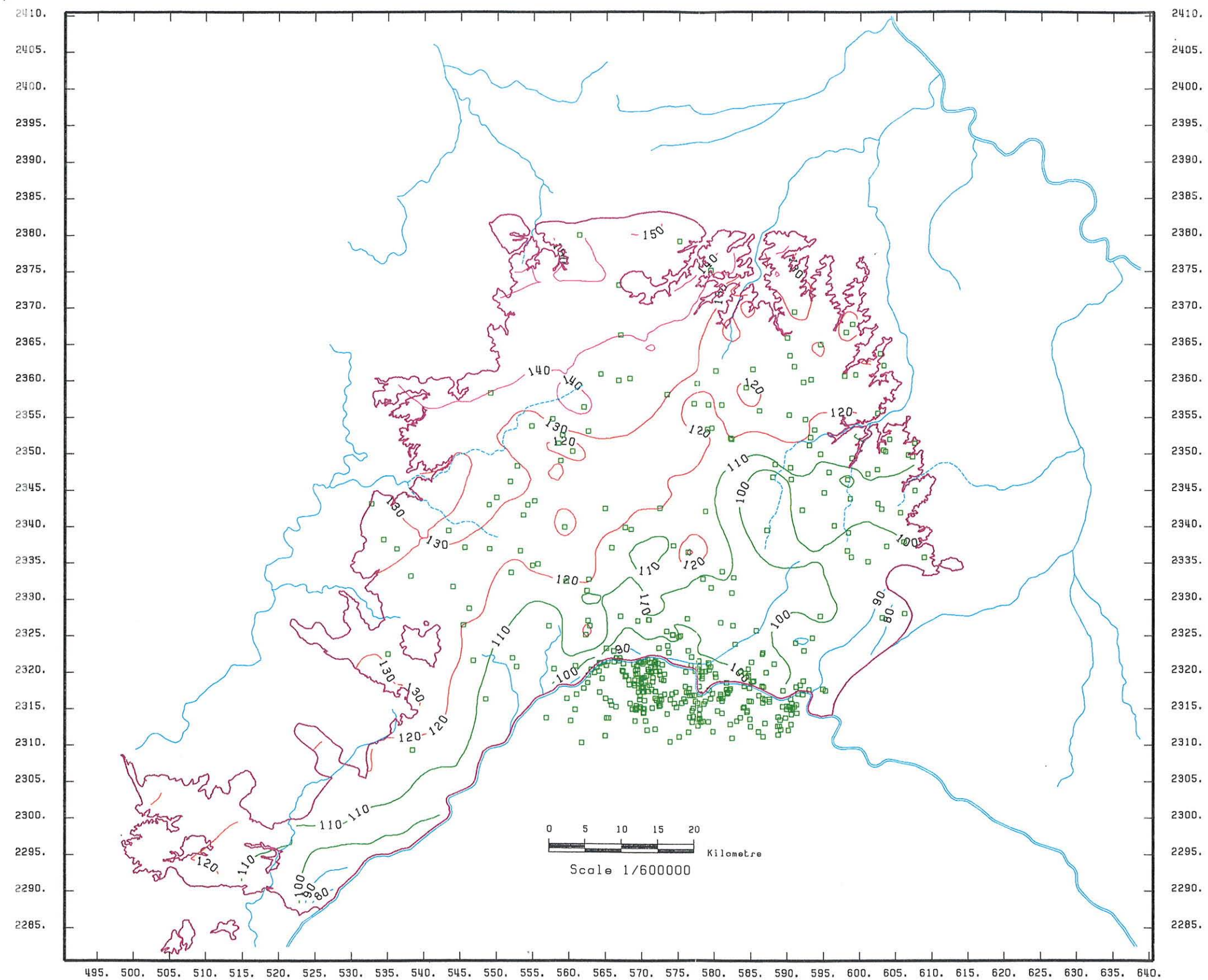


Fig. 9 - Carte en isohypses du toit du Calcaire de Beauce-Pithiviers. (coordonnées Lambert II)
Rapport BRGM R 39598

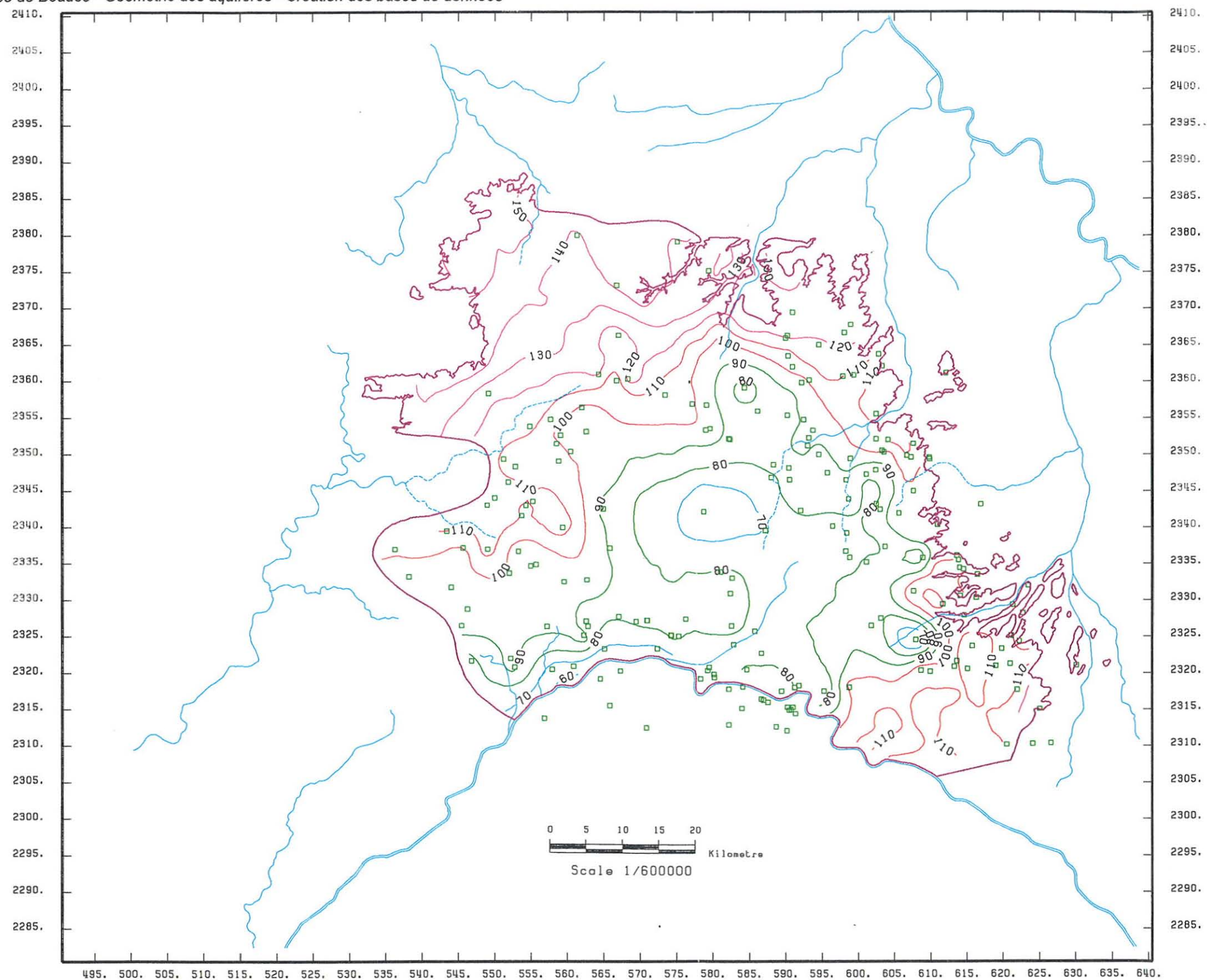


Fig. 10 - Carte en isohypses du toit de la Molasse du Gâtinais. (coordonnées Lambert II)

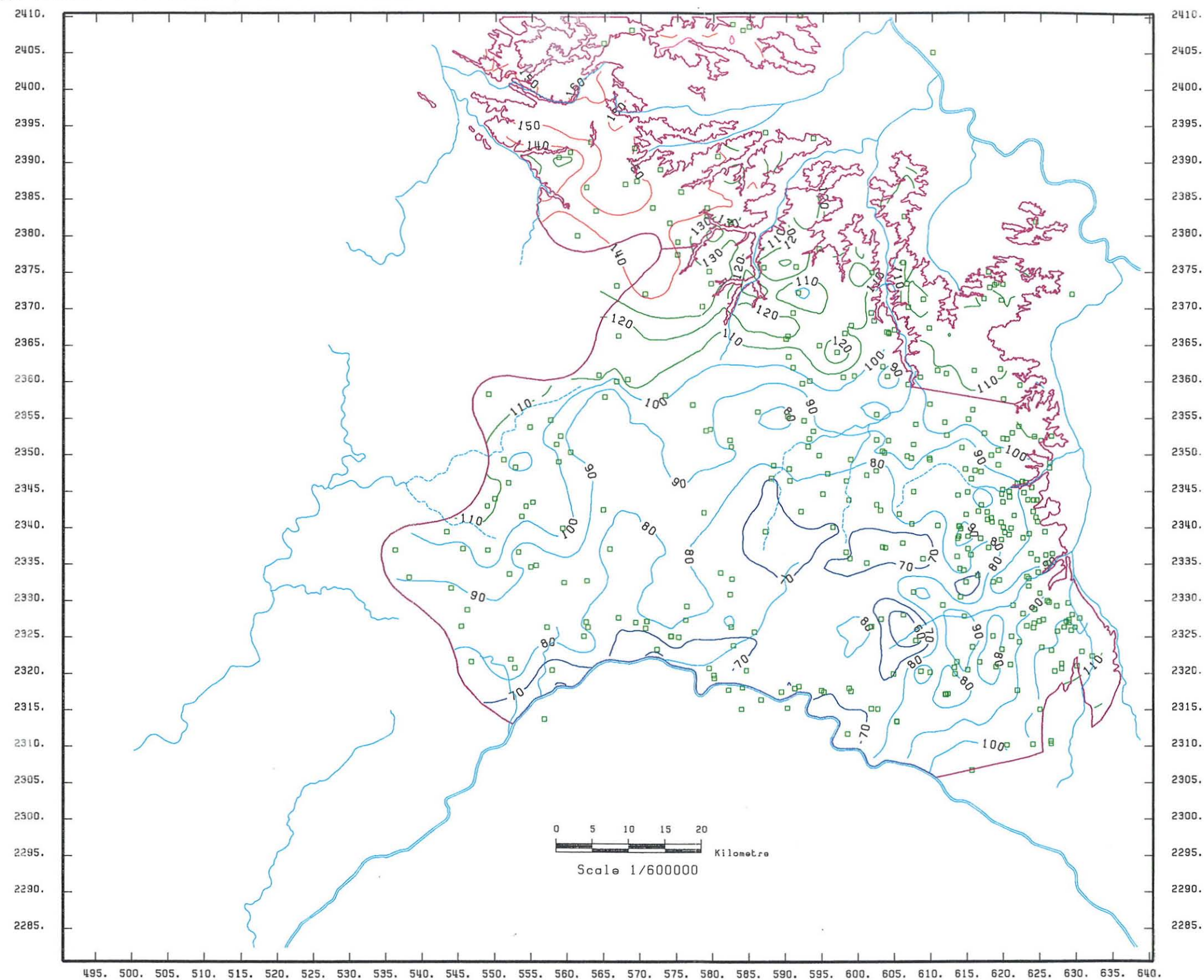


Fig. 11 - Carte en isohypses du toit du Calcaire d'Etampes. (coordonnées Lambert II)

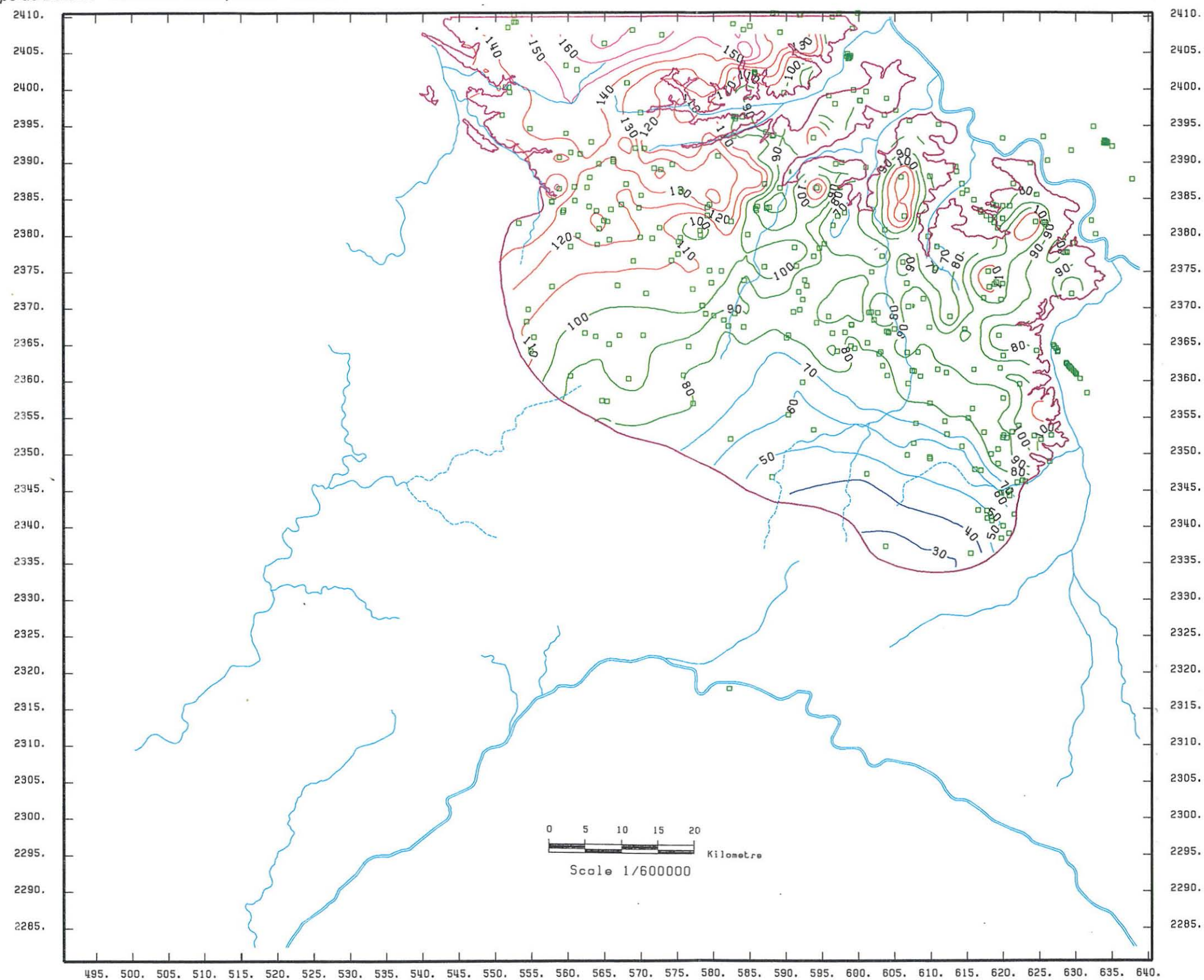


Fig. 12 - Carte en isohypses du toit des Sables et Grès de Fontainebleau. (coordonnées Lambert II)

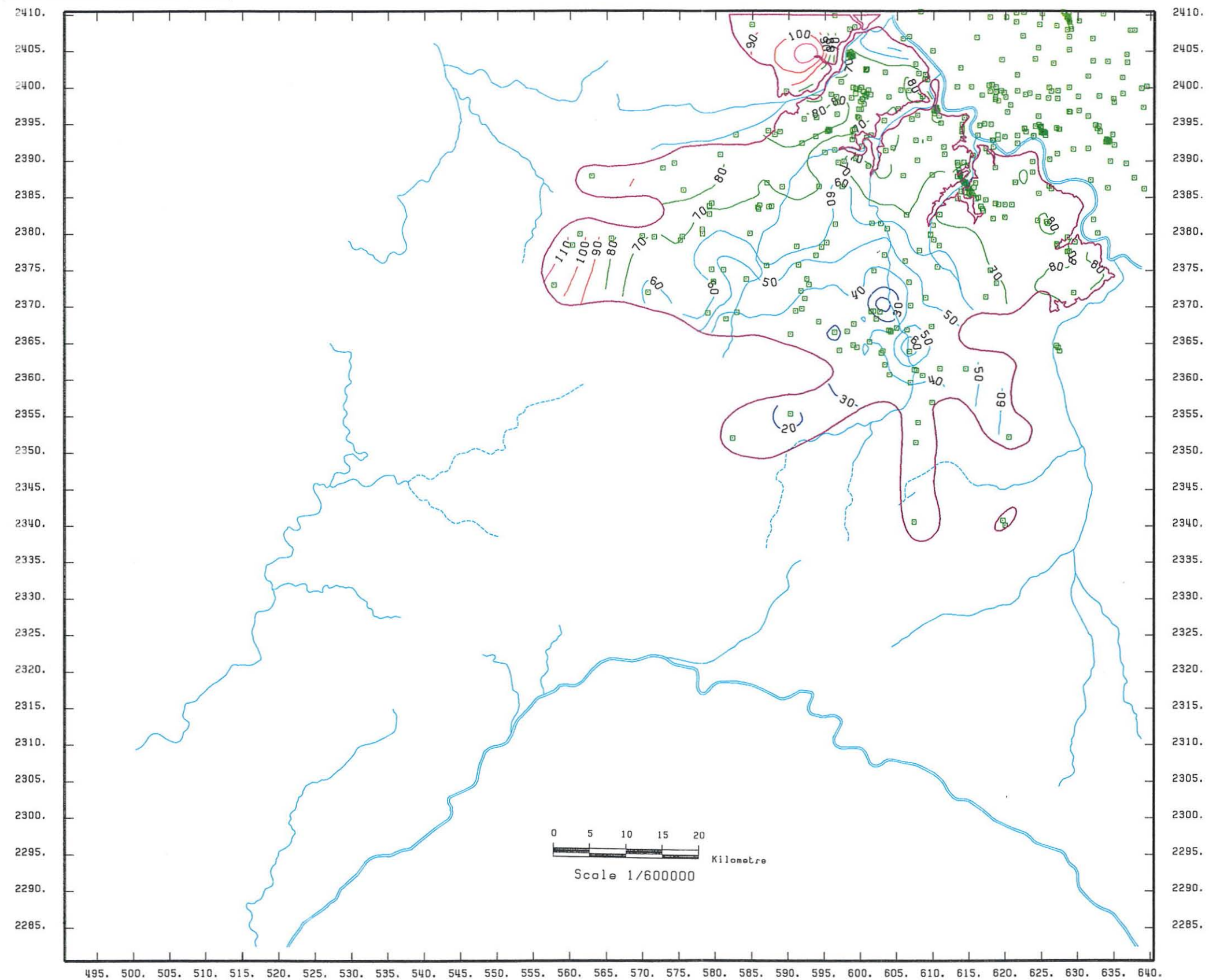


Fig. 13 - Carte en isohypses du toit du Calcaire de Brie. (coordonnées Lambert II)

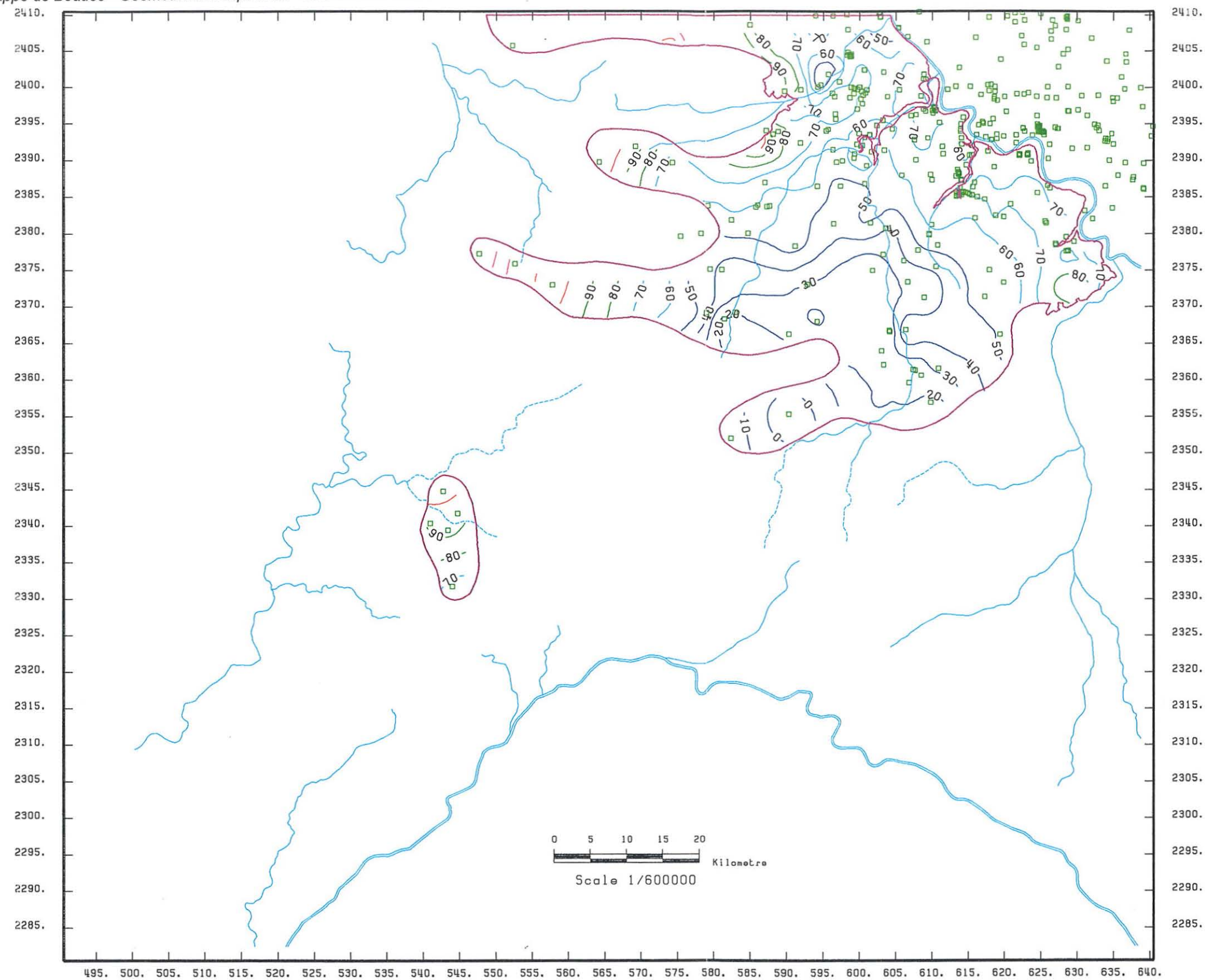


Fig. 14 - Carte en isohypses du toit des Argiles vertes et des Marnes supra-gypseuses. (coordonnées Lambert II)

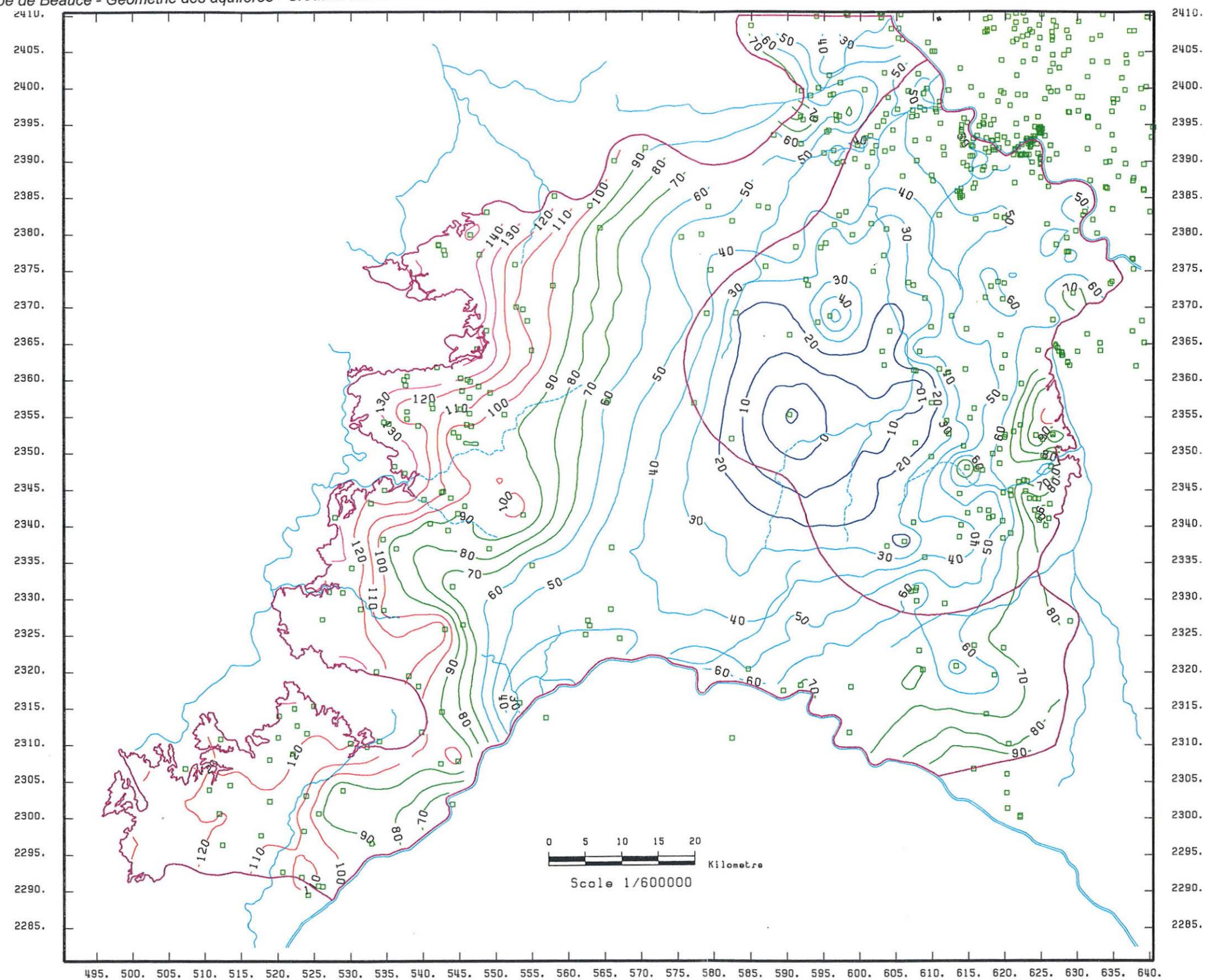


Fig. 15- Carte en isohypses du toit des Calcaires éocènes. (coordonnées Lambert II)

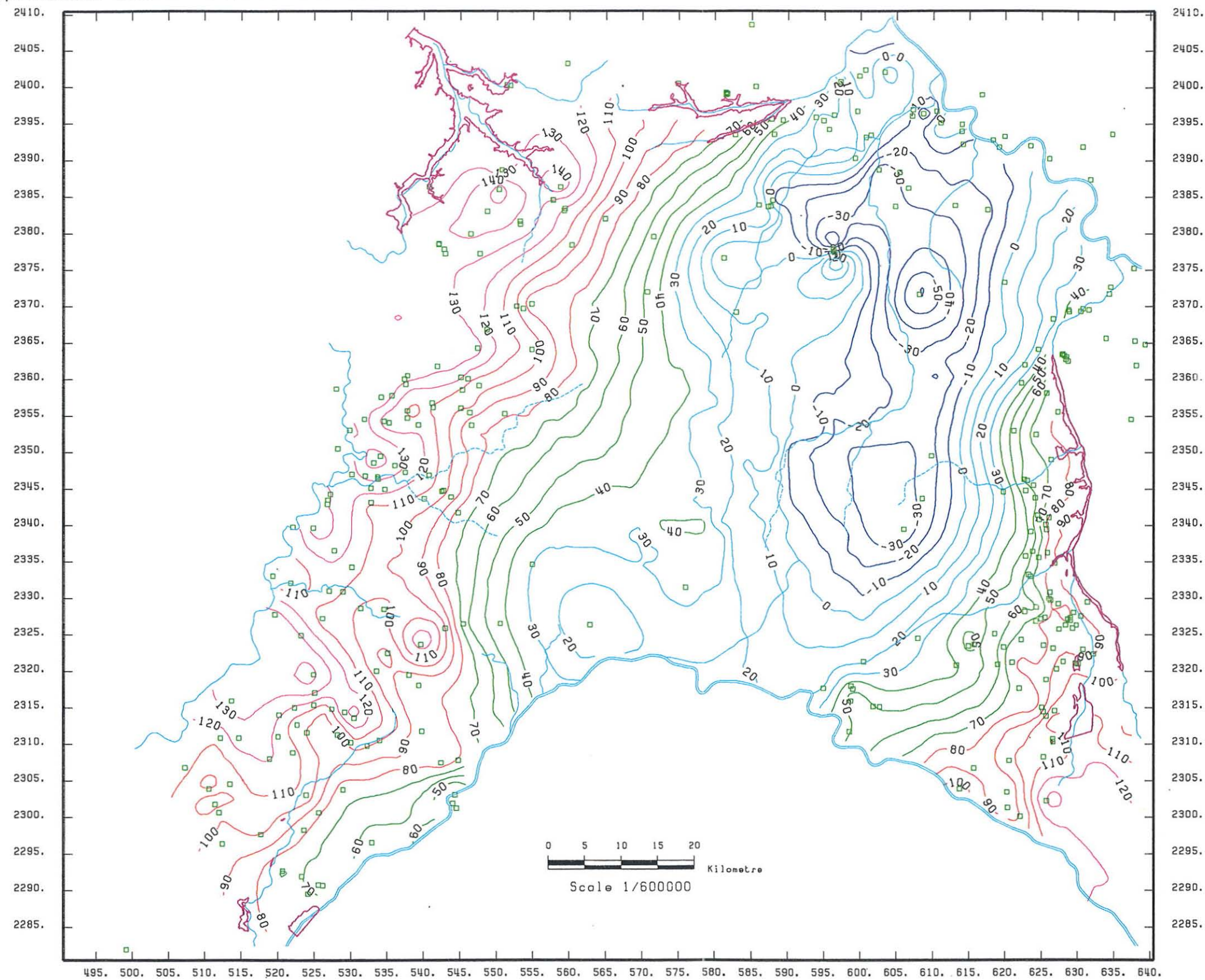


Fig. 16- Carte en isohypses du toit des détritiques éocènes et de l'Argile à Silex. (coordonnées Lambert II)

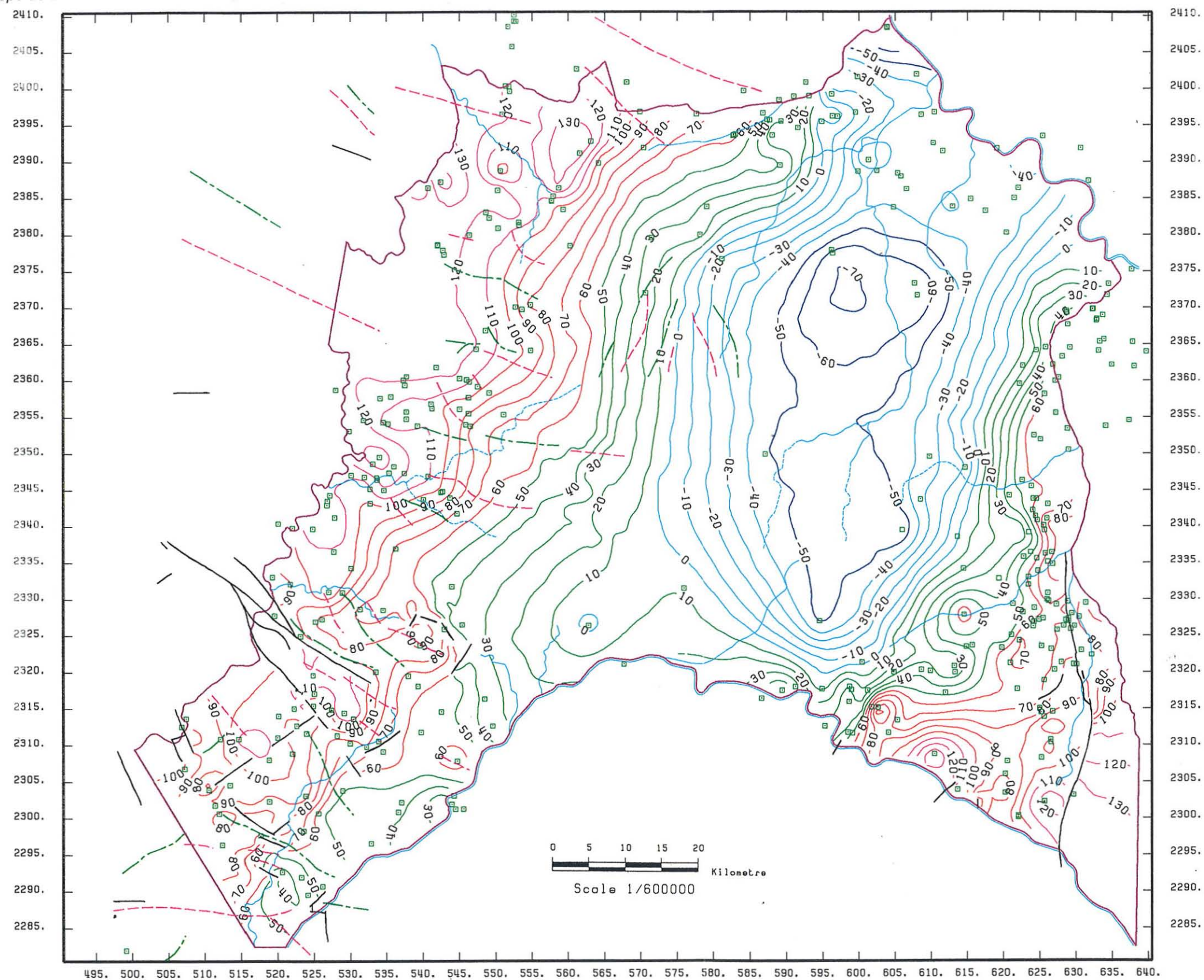


Fig. 17- Carte en isohypses du toit de la Craie. (coordonnées Lambert II)