

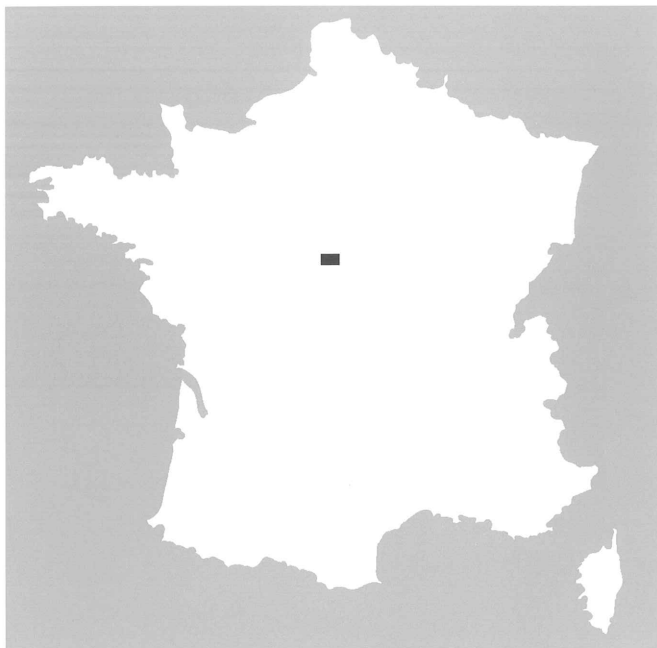
**CARTE  
GÉOLOGIQUE  
DE LA FRANCE  
À 1/50 000**

# LAMOTTE- BEUVRON

par

S. DEBRAND-PASSARD, D. GIOT (coord.), D.  
CRUZ MERMAY (coord.),  
J.-J. MACAIRE, P. MAGET, Y. GROS,  
F. CHARNET, H. DELÉTANG





## LAMOTTE-BEUVRON

La carte géologique à 1/50 000  
LAMOTTE-BEUVRON est recouverte  
par les coupures suivantes  
de la Carte géologique de la France à 1/80 000  
à l'Ouest : BLOIS (N° 108)  
à l'Est : GIEN (N° 109)

Beaugency	La Ferté- Saint-Aubin	Châteauneuf- sur-Loire
Bracieux	LAMOTTE- BEUVRON	Argent- sur-Sauldre
Romorantin	Salbris	Aubigny- sur-Nère

BRGM  
SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL

**COMITÉ DE LA CARTE GÉOLOGIQUE  
DE LA FRANCE**

*Président* : J.-M. LARDEAUX ; *Vice-Président* : P. GUENNOC ;  
*Secrétaire Général* : D. JANJOU ; *Membres* : P. BARBEY,  
Y. CALLEC, D. CASSARD, J.-L. DURVILLE, M. FAURE, D. GIBERT,  
P. GIGOT, F. GUILLOCHEAU, L. JOLIVET, S. LALLIER, D. MARQUER,  
P. NEHLIG, E. PALVADEAU, R. POLINO, F. QUESNEL, P. ROSSI,  
A. SCHAFF, K. SCHULMANN, Y. SIMÉON, D. TESSIER, P. THIERRY,  
C. TRUFFERT

**NOTICE EXPLICATIVE DE LA FEUILLE  
LAMOTTE-BEUVRON À 1/50 000**

**par**

**S. DEBRAND-PASSARD, D. GIOT (coord.),  
D. CRUZ MERMAY (coord.), J.-J. MACAIRE, P. MAGET,  
Y. GROS, F. CHARNET, H. DELÉTANG**

**2010**

**BRGM Éditions  
Service géologique national**

**Références bibliographiques.** Toute référence en bibliographie à ce document doit être faite de la façon suivante :

– *pour la carte* : FLEURY R., DEBRAND-PASSARD S., GIOT D., CRUZ MERMERY D. (2010) – Carte géol. France (1/50 000), feuille Lamotte-Beuvron (314). Orléans : BRGM. Notice explicative par Cruz-Mermy D. (coord.), Giot D. (coord.), Debrand-Passard S., Macaire J.-J., Maget P., Gros Y., Delétang H., Charnet F. (2010), 139 p.

– *pour la notice* : DEBRAND-PASSARD S., GIOT D. (coord.), CRUZ MERMERY D. (coord.), MACAIRE J.J., MAGET P., GROS Y., CHARNET F., DELÉTANG H. (2010) – Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Lamotte-Beuvron (314). Orléans : BRGM, 139 p. Carte géologique par Fleury R., Debrand-Passard S., Giot D., Cruz Mermy D. (2010).

© BRGM, 2010. Tous droits de traduction et de reproduction réservés. Aucun extrait de ce document ne peut être reproduit, sous quelque forme ou par quelque procédé que ce soit (machine électronique, mécanique, à photocopier, à enregistrer ou tout autre) sans l'autorisation préalable de l'éditeur.

ISBN : 978-2-7159-1314-1

## SOMMAIRE

<b>RÉSUMÉ</b>	7
<b>ABSTRACT</b>	8
<b>INTRODUCTION</b>	11
<i>PRÉSENTATION DE LA CARTE</i>	11
<i>SITUATION GÉOGRAPHIQUE</i>	11
<i>CADRE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL</i>	13
<i>TRAVAUX ANTÉRIEURS - CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DE LA CARTE</i>	17
<b>DESCRIPTION DES TERRAINS NON AFFLEURANTS</b>	19
<i>SOCLE CRISTALLIN ET TERRAINS SÉDIMENTAIRES PRIMAIRES</i>	20
<i>TERRAINS SECONDAIRES OU MÉSOZOÏQUES</i>	23
<i>TERRAINS SÉDIMENTAIRES TERTIAIRES</i>	27
<b>DESCRIPTION DES TERRAINS AFFLEURANTS</b>	55
<i>SUBSTRATUM SÉDIMENTAIRE</i>	55
<i>FORMATIONS QUATERNAIRES ET SUPERFICIELLES</i>	61
<b>STRUCTURATION ET DÉFORMATION MÉSO-CÉNOZOÏQUE RÉGIONALE</b>	86
<i>GRANDS TRAITES DE L'ÉVOLUTION GÉODYNAMIQUE DU SUD DU BASSIN PARISIEN</i>	86
<i>STRUCTURATION ET GÉODYNAMIQUE TERTIAIRE DU BASSIN DE SOLOGNE – ANALYSE DES DONNÉES DE SUB-SURFACE</i>	96
<i>MANIFESTATIONS TECTONIQUES DANS LE PÉRIMÈTRE DE LA FEUILLE À 1/50 000 LAMOTTE-BEUVRON</i>	103
<b>GÉOLOGIE DE L'ENVIRONNEMENT</b>	109
<i>HYDROGÉOLOGIE ET RESSOURCES EN EAU</i>	109
<i>GÉOTHERMIE</i>	112
<i>SUBSTANCES UTILES, CARRIÈRES</i>	115
<i>SOLS ET VÉGÉTATION</i>	115
<i>RISQUES NATURELS</i>	122
<i>ÉLÉMENTS ARCHÉOLOGIQUES SUR LE TERRITOIRE DE LA CARTE</i>	124
<i>BIBLIOGRAPHIE</i>	128

## LISTE DES FIGURES

- Fig. 1 - Schéma structural du socle du Bassin parisien d'après A. Autran *et al.* (1994) et J. Chantraine *et al.* (1996) modifié par Guillocheau *et al.* (1999) 14
- Fig. 2 - Interprétation de la structuration et de la lithologie du socle d'après J. Corpel *in* Fleury *et al.*, 1997, modifié par D. Cruz Mermey *et al.*, (2007) 22
- Fig. 3 - Coupe géologique de la Sologne (BRGM, rapport 88SGN110CEN)
- Fig. 4 - Report des températures (interpolations ou extrapolations) et cartes isothermes pour le centre de la France. Lamotte-Beuvron est indiqué par une étoile. D'après le rapport BRGM 78SGN284GTH **Hors texte**

## LISTE DES CARTES

- Carte 1 - Cadre géographique de la carte de Lamotte-Beuvron d'après le MNT de la France BdAlti 50 m de l'IGN et la BD Carthage de l'IGN 12
- Carte 2 - Localisation des forages profonds étudiés sur la carte de Lamotte-Beuvron et courbes isobathes interpolées du socle sous la Sologne 18
- Carte 3 - Isohypses du toit des formations crétacées crayeuses 28
- Carte 4 - Carte de l'épaisseur cumulée des Argiles à silex et de l'Éocène détritique 30
- Carte 5 - Carte isopaque de l'Éocène détritique, en blanc les zones dépourvues de dépôts 32
- Carte 6 - Carte des isohypses du toit de l'Éocène détritique 33
- Carte 7 - Carte des isopaques des marnes et calcaires lacustres de l'Éocène moyen à supérieur 34
- Carte 8 - Carte isohypse du toit des calcaires éocènes 36
- Carte 9 - Carte isopaque du calcaire d'Étampes *s.l.* (Rupélien) 38
- Carte 10 - Carte isohypse du toit des calcaires rupéliens (Calcaires d'Étampes) 39
- Carte 11 - Carte isopaque de la Molasse du Gâtinais (Base Aquitanien) 40
- Carte 12 - Carte isohypse du toit de la Molasse du Gâtinais 41
- Carte 13 - Carte isopaque du Calcaire de Pithiviers 42
- Carte 14 - Carte isohypse du toit du Calcaire de Pithiviers 44

Carte 15 - Carte isopaque des Marnes et Calcaires de l'Orléanais	<b>46</b>
Carte 16 - Carte isopaque des Marnes et sables de l'Orléanais ( <i>s.s.</i> )	<b>50</b>
Carte 17 - Carte de répartition des maxima d'épaisseur des formations de l'Orléanais	<b>51</b>
Carte 18 - Carte isopaque de Marnes et sables de l'Orléanais <i>s.l.</i>	<b>52</b>
Carte 19 - Carte des isohypses du toit des Marnes et Sables de l'Orléanais <i>s.l.</i> , avec en surimposition les zones d'épaisseur supérieures à 15 m (zones noircies) et les sillons principaux (tiretés épais)	<b>53</b>
Carte 20 - Carte isopaque des Sables et argiles de Sologne	<b>56</b>
Carte 21 - Carte de l'isohypse de la base des Sables et argiles de Sologne	<b>57</b>
Carte 22 - Évolution du positionnement des fosses structurales au toit de l'Éocène détritique et de l'Éocène calcaire	<b>98</b>
Carte 23 - Évolution du positionnement des fosses structurales au toit de l'Éocène calcaire et du Calcaire d'Étampes	<b>99</b>
Carte 24 - Évolution du positionnement des fosses structurales au toit du Calcaire d'Étampes et du Calcaire de Pithiviers	<b>100</b>
Carte 25 - Évolution du positionnement des fosses structurales au toit du Calcaire de Pithiviers et des Marnes de l'Orléanais	<b>101</b>
Carte 26 - Schéma structural du bassin de Sologne	<b>104</b>

### LISTE DES TABLEAUX

Tabl. 1 - Équivalences morphologique et lithologique possibles des systèmes fluviatiles solognots et ligériens (Debrand-Passard <i>et al.</i> , 1998, modifié)	<b>62</b>
Tabl. 2 - Comparaison des notations des systèmes alluviaux solognots et ligériens, révisés 2	<b>64</b>
Tabl. 3 - Comparaison des notations des systèmes alluviaux solognots	<b>66</b>





## RÉSUMÉ

La feuille de Lamotte-Beuvron, première édition, est la dernière carte géologique à 1/50 000 du bassin de Paris à être éditée. Malgré l'apparente monotonie de la Sologne, elle révèle l'histoire et le développement de la dernière grande subsidence du Bassin parisien, passant d'un bassin lacustre endoréique à un large sillon continental préligérien ouvert sur l'ultime incursion marine miocène de la mer des Faluns. Ce dernier, alimenté par les grands fleuves charriant les éléments arrachés au Massif central, verra se développer un puissant corps fluviodeltaïque à l'origine des spécificités de la Sologne actuelle.

En plus d'éclairer une partie des derniers événements tectonosédimentaires tertiaires de la région, la carte de Lamotte-Beuvron est également représentative de la géodynamique quaternaire du bassin ligérien, marquée par les incisions et l'encaissement des cours d'eau depuis le Pléistocène inférieur jusqu'aux temps les plus modernes.

La géologie de ce territoire se caractérise par la prédominance des dépôts miocènes des Sables et argiles de Sologne, remodelés par les incisions alluviales quaternaires.

Les Sables et argiles de Sologne se sont probablement déposés entre le Langhien et le Zancéen selon un système chenalisé en incisant les Marnes et sables de l'Orléanais. Pouvant atteindre 65 m de puissance, l'épaisseur de cette formation diminue progressivement vers l'Ouest. L'étude de la morphologie du mur de la formation met en évidence une subsidence plus importante dans la partie méridionale de la Sologne, au pied de l'escarpement de la Sologne berrichonne. La subsidence aurait continué bien après la mise en place de ces dépôts fluvio-deltaïques comme l'atteste la surrection relative d'un seuil NNW-SSE bordant le bassin solognot à l'Ouest.

Avec ses dénivelés de près de 50 m, les incisions des terrasses quaternaires sont morphologiquement bien exprimées depuis le dépôt pléistocène des Cailloutis culminants formant la très haute terrasse alluviale FuL. Les dépôts des terrasses sont souvent résiduels mais morphologiquement bien marqués.

L'interprétation des cartes en isohypses des toits des formations a permis de préciser l'évolution géodynamique régionale et le contrôle structural des zones subsidentes depuis l'Éocène jusqu'au Burdigalien. Ainsi à la fin de l'Éocène, la fosse subsidente est localisée au Nord-Est, sur la carte de Lamotte-Beuvron, et s'étale progressivement vers le Sud-Ouest puis la fosse des Calcaires d'Étampes gagne toute la Sologne. Avec le Calcaire de Pithiviers, l'élargissement s'accroît, la fosse de Vouzon subsiste mais plusieurs fosses secondaires apparaissent au Sud et à l'Ouest. À partir du Burdigalien, la notion de fosse disparaît mais la subsidence restera active au moins jusqu'au Pliocène.

L'étude des données de subsurface a permis de mettre en évidence que le bassin de Sologne, limité à l'Est par la faille subméridienne de Sennely, est principalement contrôlé par un système de failles à directions principales N40-60 et N140, de type armoricain. La fosse principale est limitée par une conjugaison de failles majeures (Sennely) et de seuils (flexures et failles sur l'axe de la Loire (N40), l'axe Mur – Souvigny (N60) et l'axe Blois – Soings (N140) d'autres structures sub E-W se dessinent dans le paysage mais restent encore mal identifiées. Par ailleurs la multiplicité des terrasses alluviales suggère une subsidence de la Sologne au cours du Quaternaire.

### ABSTRACT

This first edition of the Lamotte-Beuvron sheet is the last 1:50,000-scale geological map of the Paris Basin to be published. The probable reason for this late appearance may be the, apparent, monotony of this map area in the Sologne region.

However, the area reveals the history and development of the last major subsidence of the Paris Basin, which passed from an endorheic lacustrine basin into a great continental pre-Ligerian depression that was open to the final Miocene marine incursion of the Faluns sea. This sea, fed by great rivers transporting material eroded from the Massif Central, was gradually filled by a vast fluvio-deltaic body that is at the origin of the present-day geological specifics of the Sologne region.

The Lamotte-Beuvron map area not only clarifies part of these last Tertiary tectono-sedimentary events that affected the region, but is also representative for the Quaternary geodynamics of the Ligerian Basin that was marked by incision and the development of steep river banks from Early Pleistocene times onward until the present.

The geology of the map area is characterized by the predominant Sologne Sand and Clay of Miocene age, remodeled by Quaternary alluvial incision.

The Sologne Sand and Clay formation was probably deposited between the Langhian and the Zanclean, in a channeled system that incised the Orleans Marl and Sand. This formation can be as much as 65 m thick, but thins progressively to the west. Study of the footwall of the formation shows increasing subsidence in the southern part of Sologne, at the foot of the Berry Sologne escarpment. This subsidence would have continued well after deposition of the fluvio-deltaic sediments, as is shown by the relative uplift of a NNW-SSE trending high that borders the Sologne Basin to the west.

Incision of the Quaternary terraces is morphologically well expressed by elevation differences that can be close to 50 m, with the Pleistocene “Cailloutis culminants” (Culminating Pebble deposits) forming the highest alluvial FuL terrace. Such terrace deposits are commonly residual in nature, but well marked in a morphological sense.

The interpretation of contour maps of the formation tops has enabled definition of the regional geodynamic evolution of the area, as well as providing a structural control of areas that were subject to subsidence from Eocene until Burdigalian times. By the end of the Eocene, the subsiding area was located in the north-east of Sologne, in the Lamotte-Beuvron map area, but over time increased progressively to the south-west until the Etampes Limestone basin covered all of Sologne. This enlargement was accentuated by deposition of the Pithiviers Limestone, whereby the Vouzon low remained but several subsidiary lows appeared in the south and west as well. From the Burdigalian onward, the low areas as such disappeared, but subsidence remained active until at least the Pliocene.

Study of subsurface data has shown that the Sologne Basin, bounded to the east by the sub-north-south Sennely fault, is mainly controlled by a N040-060 and N140 fault system of the Armorican type. The main basin is bounded by a conjugate set of major faults (Sennely), and flexures and faults along the N040 Loire, N060 Mur-Souvigny, and N140 Blois-Soings axes. Other sub-east-west structures were noted in the landscape but remain as yet poorly identified. In addition, the large number of alluvial terraces suggests further subsidence of the Sologne area during the Quaternary.



## INTRODUCTION

### *PRÉSENTATION DE LA CARTE*

La carte géologique de Lamotte-Beuvron se situe au cœur de la Sologne, ultime zone subsidente néogène du Bassin parisien accueillant le bassin lacustre de Beauce-Sologne, dont la mise en place s'étale de l'Éocène moyen à la base du Burdigalien. Conséquence de l'orogénèse alpine, à l'origine du soulèvement et du rajeunissement du Massif central, associés à la dernière grande subsidence du Bassin parisien méridional, le bassin endoréique passera à un large sillon continental préligérien ouvert sur l'ultime incursion marine miocène de la mer des Faluns. Ce dernier, alimenté par les grands fleuves charriant les éléments arrachés au Massif central, verra se développer un puissant corps fluviodeltaïque à l'origine des spécificités de la Sologne actuelle.

Le territoire est caractérisé par l'affleurement ubiquiste d'un substrat sédimentaire sablo-argileux correspondant aux dépôts fluviodeltaïques miopliocènes de la formation des Sables et argiles de Sologne.

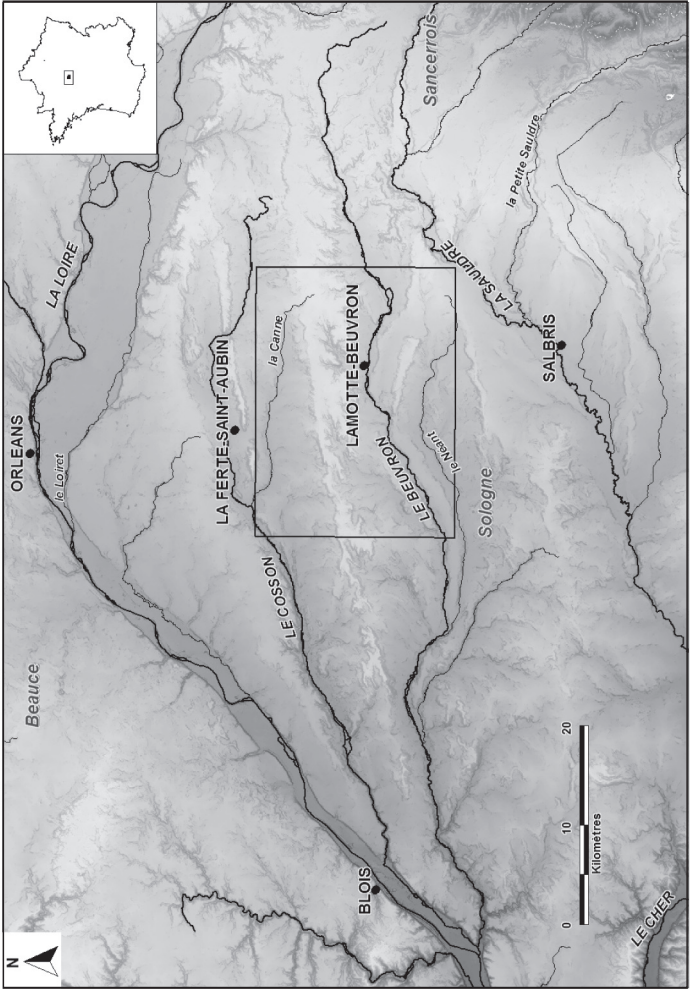
Des dépôts pléistocènes des Cailloutis culminants très haute terrasse alluviale de la Loire (FuL) aux alluvions des lits majeurs des rivières solognotes, les incisions des terrasses quaternaires sont morphologiquement bien exprimées, traduisant l'empreinte forte de la géodynamique quaternaire sur le bassin ligérien moyen rythmée d'une part par les glaciations et les baisses des niveaux marins qu'elles entraînent (Gras, 1983 ; Gigout *et al.*, 1972 ; Macaire, 1981 ; Debrand-Passard *et al.*, 1998) mais également de mouvements verticaux contrôlant subsidence et surrection du bâti régional (Macaire, 1984 ; Debrand-Passard *et al.*, 1998 ; Larue et Étienne, 2001 ; Larue, 2003).

### *SITUATION GÉOGRAPHIQUE*

La feuille de Lamotte-Beuvron est située dans le Sud du Bassin parisien, au centre de la Sologne (carte 1), à une vingtaine de kilomètres au Sud d'Orléans.

La carte couvre, partiellement ou en totalité, les territoires de 17 communes dont 12, au Sud, sont rattachées au département du Loir-et-Cher, 4 au Nord appartiennent au département du Loiret et Brinon-sur-Sauldre à l'Est est l'unique commune du Cher.

La région de Lamotte-Beuvron est caractérisée par un relief peu marqué dessiné par les vallées subparallèles E-W du Beuvron et de son affluent le Néant, du Cosson et de son affluent la Canne. Ces deux vallées s'articulent de part et d'autre de la crête des Cailloutis culminants marquant un axe de même direction au centre de la carte.



Carte 1 - Cadre géographique de la carte de Lamotte-Beuvron d'après le MNT de la France BdAlti 50 m de l'IGN et la BD Carthage de l'IGN

Les altitudes extrêmes varient de 145-147 m sur la bordure orientale de la feuille à un peu plus de 90 m sur la bordure ouest. Une cinquantaine de mètres séparent donc les points les plus hauts à l'Est des plus bas à l'Ouest.

Les terrains sablo-argileux, mal drainés en hiver mais souvent secs en été, ont fait de la Sologne une région relativement pauvre, au couvert forestier abondant mais de qualités diverses suivant son implantation. La population peu nombreuse est dispersée dans les fermes, châteaux et résidences isolés sur de grands domaines, elle se rassemble pour partie dans les quelques villes et villages. Des étangs souvent artificiels, voués à la pisciculture et à la chasse au gibier d'eau, complètent les ressources agricoles traditionnelles.

### *CADRE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL*

Le territoire de la feuille Lamotte-Beuvron est localisé en Sologne, dans la partie sud du bassin de Beauce-Sologne lui-même inscrit dans le Sud du bassin de Paris.

Le Bassin parisien tient son origine à sa structuration profonde (fig. 1), constituée de plusieurs blocs séparés par de grands accidents, hérités de l'orogénèse hercynienne. Ces grands accidents, dont la faille subméridienne de Sennely, située sur la bordure orientale de la feuille de Lamotte-Beuvron, contrôlent la sédimentation depuis le Permien jusqu'à l'aube du Quaternaire en générant des bassins subsidents.

D'après la carte de F. Guillaucheu *et al.*, (1999) (fig. 1) la feuille de Lamotte-Beuvron est située sur la bordure sud-est du bloc cadomien, à cheval sur la faille de Sennely (faille de la Seine) séparant le bloc cadomien de la Zone centre armorique.

Un bassin permo-carbonifère est présent sur une large partie de la Sologne, limité à l'Est par la faille de Sennely dont le rejeu occasionne la remontée d'un socle granitique.

Faisant suite à la pénéplanation permienne, la sédimentation triasique débute avec la série du Keuper. Elle est relativement importante au droit de la Sologne, avec une puissance totale de 500 m de dépôts essentiellement continentaux à lagunaires (conglomérats et grès) (Hamon et Merzeraud, 2005).

Au Jurassique, les transgressions marines se succèdent et s'étendent à l'ensemble du Bassin parisien dès le Lias inférieur. La sédimentation devient progressivement carbonatée et l'accumulation des dépôts reste contrôlée par la faille de Sennely. À l'Ouest de cet accident, dans les zones les plus subsidentes,



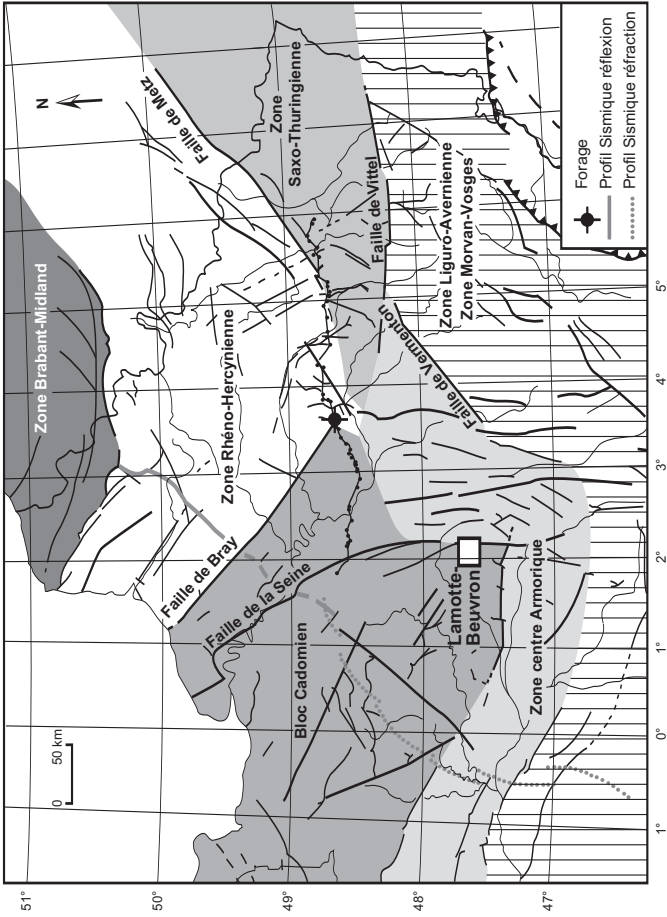


Fig. 1 - Schéma structural du socle du Bassin parisien d'après Autran *et al.*, (1994) et Chantraine *et al.*, (1996) modifié par Guillocheau *et al.*, (1999)

les dépôts s'accumulent sur plus de 1 000 m d'épaisseur contre 800 sur les compartiments orientaux.

La mer se retire au Portlandien (Tithonien), laissant des dépôts marins lagunaires.

Le Crétacé inférieur n'est représenté que par des dépôts fluviatiles « wealdiens » au Nord du bassin de Paris et des altérites latéritiques sur les bordures. Cette période correspond à une phase d'émersion majeure du bassin de Paris au cours de laquelle les bordures du bassin s'exhaussent et sont intensément tronquées par l'érosion.

Le retour des incursions marines crétacées se réalise progressivement à partir de la Téthys par la Bourgogne, elles atteignent le centre de la Sologne à l'Hauterivien et s'étendent au Bassin parisien à l'Albien (Sables verts et Argiles du Gault).

La transgression se généralise au Cénomaniens en déposant d'abord des sédiments littoraux argilo-détritiques puis essentiellement détritiques en particulier sur l'Armorique (Sables du Maine et du Perche), la Touraine (Sables de Vierzon) et le Nord Berry.

Au centre du bassin de Paris, alors ouvert sur le domaine nordique, les craies prédominent.

Au Turonien, la mer de la craie montre, en Touraine, un faciès littoral particulier : les tuffeaux, mélange de dépôts carbonatés et détritiques siliceux.

À la fin du Sénonien, la mer se retire et les terrains soumis à l'émersion subissent une érosion et une altération importante, donnant naissance aux Argiles à silex et à des carapaces ferrugineuses (altérites fersialitiques et latérites, faciès sidérolithiques).

À l'Éocène inférieur et moyen, la compression sud-nord, induite par la phase pyrénéenne fait rejouer de nombreuses structures profondes et crée des ondulations sub Est-Ouest à l'origine de synformes et d'antiformes comme l'anticlinal de Chémery (carte de Romorantin). Parallèlement, des bassins subsidents se créent (Bresse, Limagne, ...) et de larges épandages fluviatiles s'étalent du Massif central à l'Île-de-France. Les dépôts fluviatiles sont hétérogènes, sablo-conglomératiques et argileux, ils remanient les altérites pénécontemporaines formées sur le socle et les différents termes de la couverture sédimentaire mésozoïque. En dehors des plaines alluviales, des altérites puissantes se développent : carapaces sidérolithiques sur le socle cristallin, profiles latéritiques à pisolithes de fer dans le bassin. Le domaine marin est présent dans le Nord de la France et en Île-de-France.

À l'Éocène moyen, des bassins lacustres calcaires apparaissent localement dans le bassin de Moulins, en Brenne et plus largement en Beauce alors qu'en Île-de-France se développe un large golfe marin « Nummulitique » ouvert sur la Manche. Les lacs se généralisent à l'Éocène supérieur, en particulier dans le bassin de Beauce-Sologne où les dépôts calcaires sont répartis sur l'ensemble du territoire. Des incursions marines sont signalées vers Sennely où des foraminifères ont été décrits. Les dépôts sont des marnes et calcaires, parfois siliceux, tendres ou fortement indurés, de couleur beige, verte, brune. Les épaisseurs varient de 5 à 10 m sur l'ensemble de la carte de Bracieux, passent de 5 à 15 m sur le Sud de la carte Lamotte-Beuvron et atteignent 20 m au Nord-Est, en bordure d'un sous-bassin axé sur l'Orléanais.

À l'Oligocène, au Rupélien inférieur, la régression marine s'amorce en Île-de-France, les Sables de Fontainebleau littoraux et dunaires atteignent un maximum de développement dans le Nord-Est de la Beauce. Des sables coquilliers parviennent jusqu'à Orléans. Au Stampien supérieur, le lac du Calcaire d'Étampes, bien développé sur la Beauce et la Sologne, gagne l'Île-de-France, marquant la fin des dépôts marins dans le bassin de Paris.

À l'Aquitainien (Miocène inférieur), le lac du Calcaire de Pithiviers succède au lac du Calcaire d'Étampes. L'aire d'extension se déporte vers le Sud abandonnant l'Île-de-France et le Nord de la Beauce. Les aires subsidentes quittent l'Île-de-France et migrent en Beauce et Sologne créant un bassin endoréique accidenté de fosses le long de la faille de la Seine-Sennely.

Au Miocène moyen, la surrection du Massif central, associé au basculement du bloc armoricain et à de la subsidence en Sologne engendre la création d'un bassin ligérien ouvert sur la Manche. De grands cours d'eau en provenance du Massif central alimentent la dépression solognote et déposent dans une plaine d'inondation et dans un delta les Marnes et sables de l'Orléanais et du Blésois puis les Sables et Argiles de Sologne. Parallèlement, la mer des faluns transgresse depuis la Manche jusque dans la gouttière ligérienne et dépose des sables coquilliers dont les termes les plus orientaux parviennent jusqu'à Blois.

Au Miocène terminal, le soulèvement du bloc armoricain chasse définitivement la mer de la région. Au Pliocène, la surrection des reliefs méridionaux se poursuit et les volcans d'Auvergne, en particulier le Mont-Dore sont le siège d'une forte activité. Un fleuve « Pré-Loire », débouchant des Limagnes et avec des écoulements vers la Touraine et l'Atlantique et temporairement vers la Manche.

Par la suite, au cours du Quaternaire, le bassin ligérien se stabilise vers l'Atlantique et le paysage solognot acquiert ses caractères. Enregistrant les alternances glaciaire-interglaciaire combinées à des mouvements épirogéniques, les cours d'eau s'encaissent. La surface la plus élevée, fortement résiduelle

aujourd'hui, correspondant à la surface pléistocène de la Pré-Loire est incisée par de multiples vallées, la Loire et le Cosson au Nord et le Beuvron au Sud et abandonnent les dépôts des hautes, moyennes et basses terrasses.

### TRAVAUX ANTÉRIEURS - CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DE LA CARTE

La carte géologique à 1/80 000, édition 1940, présentait la Sologne comme un ensemble monolithique, de teinte vieux rose. Sur la feuille Gien étaient reconnus quelques placages d'alluvions anciennes, en bordure de la Sauldre et de ses affluents, et quelques lambeaux culminants de terrasses ligériennes attribués au Pliocène récent. Sur la feuille Blois, la cartographie distinguait les Marnes et sables du Blésois des Sables de Sologne.

Indépendamment et plus ponctuellement, divers travaux et publications s'attachaient à décrypter les formations de Sologne (Gauchery, 1892, de Grossouvre qui dès 1897 signale la présence de Cailloutis culminants pliocènes ; Denizot, 1927 ; Denizot, 1959 ; Le Houerou, 1961 ; Gigout *et al.*, 1972) et plus spécifiquement les alluvions de la Loire (Horemans, 1961 ; Macaire, 1981).

La première carte à 1/50 000 concernait le Nord de la Sologne (La Ferté-Saint-Aubin, 1970 ; Châteauneuf-sur Loire ; feuille Beaugency, 1974). Les Cailloutis culminants y sont cartographiés sous l'appellation Fv. Hors de la vallée de la Loire, les auteurs distinguaient également un ensemble lessivé FN, appelés Sables morts ou Sables à lapins, qui regroupaient les alluvions anciennes des bas et moyens niveaux.

Les levés de terrain modernes de la Sologne ont été entrepris en 1986. Ils ont été exécutés par R. Fleury, géologue au service géologique national (BRGM). La feuille Lamotte-Beuvron est la dernière de ce programme et complète ainsi la couverture cartographique de la Sologne. Les observations de surface se révélant difficile suite à la monotonie des sols sableux ou sablo-caillouteux et au couvert végétal important, un soin particulier a été apporté à l'étude photo géologique et morphologique. Ces travaux complétés par des observations de terrain et la réalisation de forage tarières spécifiques ont permis de reconstituer les différents alluvionnements quaternaires et de reconnaître les Sables et argiles de Sologne. Ils sont aussi à la base de la découverte de phénomènes périglaciaires (*hydrolaccolites* ou dépressions elliptiques peu profondes, vestiges probables de la fusion de lentilles de glace). Des précisions sur un rejeu récent du faisceau de failles de Sennely (*néotectonique*) ont également pu être acquises grâce à ces levés.

Parallèlement, une synthèse de l'ensemble des données de forages est réalisée de 1998 à 2005 par D. Giot (géologue au BRGM). L'étude traite essentiellement



les séries tertiaires jusqu'à présent fort mal connues. Bien que n'affleurant pas, les dépôts tertiaires développés sous les Sables et argiles sont identifiés et une lithostratigraphie est établie. L'approche régionale, traduite sous formes de cartes d'isovaleurs et présentée dans la notice permet d'aborder par formation l'extension du bassin (carte isopaque) et sa structuration (carte isohypse du toit).

En 2009, une dernière phase de contrôle terrain, par des sondages à la tarière à main sur la moitié orientale de la carte a permis à D. Cruz Mermy (géologue au BRGM) d'affiner les contours des placages alluvionnaires, de préciser leur origine et de s'assurer de leur épaisseur suite à la découverte de leur état particulièrement résiduel lors du levé de la carte voisine de Bracieux.

Cette notice fait en outre la synthèse entre les résultats acquis par R. Fleury sur les alluvions quaternaires de Sologne et ceux de J.-J. Macaire sur les alluvions de la Loire en Touraine. L'ensemble, homogénéisé à l'échelle de la région Centre (Giot, 1998-2005 : programme de cartes géologiques harmonisées départementales et régional) apparaît maintenant comme un tout cohérent au prix, il est vrai, de quelques changements de notations par rapport aux cartes à 1/50 000 déjà éditées.

## DESCRIPTION DES TERRAINS NON AFFLEURANTS

Les données présentées sont empruntées à des sondages profonds régionaux proches hors carte (carte 2) :

- 396-3-3 Contres 1, carte à 1/50 000 Romorantin-Lanthenay. Implanté à 4 km au Nord de Chémery (X = 535,640 ; Y = 2 265,047 ; Z = + 131,0 NGF ; profondeur = 2 623 m) arrêt dans le Permo-Trias détritique ;
- 396-3-3 Marchenoir 1, carte à 1/50 000 Selommes. Implanté à Viévy-le-Rayé (X = 524,873 ; Y = 2 319,637 ; Z = + 145,06 m NGF ; profondeur = 973,44 m) arrêt dans le socle granitique ;
- 428-5-1 Herbault 5-1, carte à 1/50 000 Blois. Implanté sur la commune d'Herbault – Bois-Guérin (X = 509,975 ; Y = 2 290,110 ; Z = 138,4 ; profondeur = 304,95 m) arrêt supposé dans le Kimméridgien ;
- 399-5-6 Sennely 2, carte à 1/50 000 Châteauneuf-sur-Loire. Implanté à Sennely (X = 588,319 ; Y = 2 300,129 ; Z = + 126 m NGF ; profondeur = 1 545 m) arrêt dans le socle granitique reconnu à partir de 1 418 m de profondeur ;
- 428-5-2 Herbault 5-2, carte à 1/50 000 Blois. Implanté sur la commune d'Herbault – Bois-Guérin (X = 509,347 ; Y = 2 289,982 ; Z = 129,3 ; profondeur = 175,3 m) arrêt dans le Cénomaniens ;
- 428-6-1 Orchaie 1, carte à 1/50 000 Blois. Implanté sur la commune d'Herbault – Bois-Guérin (X = 5 149,280 ; Y = 2 288,720 ; Z = 138 ; profondeur = 180,85 m) arrêt dans le Cénomaniens ;

– 430-4-6 Sennely 1, carte à 1/50 000 Lamotte-Beuvron. Implanté à Souvigny (X = 586,167 ; Y = 2 296,805 ; Z = + 139 m NGF ; profondeur = 2 149,15) arrêté dans le Permo-Trias détritique ;

– 431-1-4 Sennely 301, carte à 1/50 000 Argent-sur-Sauldre. Implanté à 3 km au Nord de Souvigny-en-Sologne (X = 587,103 ; Y = 2 296,628 ; Z = + 134,5 m NGF ; profondeur = 2 144,5 m) arrêté dans un granite à biotite, reconnu à partir de 1 990 m de profondeur ;

– 461-6-3 La Ferté-Imbault 1, carte à 1/50 000 Salbris. Implanté à La Ferté-Imbault (X = 571,240 ; Y = 2 266,050 ; Z = + 100,5 NGF ; profondeur = 1 891,3 m) arrêté dans le socle probablement ordovicien (Quartzophyllades) ;

– 460-8-19 Villefranche-sur-Cher 3, carte à 1/50 000 Romorantin-Lanthenay. Implanté à Romorantin-Lanthenay (X = 552,737 ; Y = 2 261,012 ; Z = + 93,0 NGF ; profondeur = 1 427 m) arrêté dans le Trias détritique et carbonaté.

### *SOCLE CRISTALLIN ET TERRAINS SÉDIMENTAIRES PRIMAIRES*

Très peu d'informations sont acquises directement par forages sur la carte : un granite (granite de Blancafort et de Rebréchien) a été reconnu à la cote - 1 419 m au sondage Sennely 2 (399-5-6, feuille Châteauneuf-sur-Loire) et - 1 990 m à Sennely 301 (431-1-4, feuille Argent-sur-Sauldre) situé à proximité immédiate. À la hauteur de Sennely 1 (430-4-6), son toit serait à une profondeur supérieure à 2 200 m. Au toit du socle, le rejet apparent de la faille de Sennely (courbure de la coupole sommitale du granite non prise en compte) serait donc de l'ordre de 800 m.

Des forages plus lointains et des études géophysiques permettent une reconstitution du toit des terrains paléozoïques dont l'interpolation des cotes est transcrite sur la carte 2.

D'après la carte du socle du bassin de Paris (Debégliia, *in* Mégnien 1980 ; Weber, 1973) qui n'est pas reprise dans la présente notice, la feuille Lamotte-Beuvron serait située essentiellement au droit des formations permo-carbonifères du bassin de Contres-Bourges sur toute la moitié sud de la carte. Ce même bassin s'étendrait également sous la moitié nord du territoire de la feuille Lamotte-Beuvron, selon un triangle équilatéral dont l'apex se situerait aux environs de la Ferté-Saint-Aubin au Nord, et les deux autres points étant grossièrement situés au milieu des cotés est et ouest de la carte. Le socle au coin nord-ouest de la carte serait du substrat briovérien ou paléozoïque indifférencié et des roches cristallophyliennes acides. À l'angle nord-est de la feuille, le substratum présente une signature géophysique proche de roche granitique -nature confirmée par les sondages profonds indiqués dans les paragraphes précédents- y compris sous un appendice du bassin Permo-carbonifère Contres-Bourges. Le socle granitique s'étendrait à l'Ouest de la faille de Sennely.

Au Centre-Ouest et au coin sud-ouest de la feuille, le socle présenterait une signature géophysique proche des roches magmatiques basiques.

Ces mêmes données gravimétriques, acquises entre 1951 et 1955 par le BRGM et la CGG, ont été réinterprétées par J. Corpel (*in* Fleury *et al.*, 1997) avec des outils de traitement améliorés afin de préciser la nature du socle dans cette région (fig. 2). Cette interprétation est basée sur une analyse automatique des gradients horizontaux et verticaux du champ gravimétrique (Castaing et Debégliá, 1992). Le schéma résultant fait apparaître les principaux ensembles lithologiques dont les densités contrastent de manière importante par rapport à la densité moyenne du socle et les accidents qui les affectent.

Sur cette réinterprétation, le socle granitique s'étendrait uniquement à l'Ouest de la faille de Sennely. L'essentiel du socle dans l'emprise de la carte serait rattaché au bassin Permo-carbonifère Contres-Bourges marqué au Centre de la carte par un pointement de roche basique ou une remontée du socle. Deux structures orientées NE-SW traversent le bassin de Contres-Bourges dans la moitié nord de la feuille.

L'**Ordovicien** (Sapin, 1967) a été signalé entre - 1 830 et - 1 891 m de profondeur au sondage La Ferté 1 (461-6-3, feuille Salbris) sous forme d'argilites vertes à noires, à lits silto-gréseux ou finement gréseux reposant sur des quartzophyllades gris verdâtre. Les premières ont été parallélisées avec les Schistes d'Angers et les seconds avec les Grès armoricains sous-jacents.

Le **Dévonien** et le **Carbonifère** n'ont pas été reconnus en forage.

Le **Permien** a été touché à - 1 309 m au sondage pétrolier de Contres I (460-5-1, commune de Chémery, feuille 1/50 000 Romorantin-Lanthenay). Son épaisseur y est supérieure à 1 183 m, la base de l'étage n'a pas été atteinte lorsque le forage fut arrêté à la cote 2 491 m. D'après S. Sapin (1967), l'épaisseur maximale du Permien dans le bassin Contres-Bourges pourrait atteindre 2 600 m.

Dans la partie reconnue, l'étage est constitué d'argiles schisteuses, sableuses et micacées, généralement rouges à verdâtres, localement anhydritiques. Les huit cents mètres supérieurs montrent la prédominance de grès et de sables fins à grossiers. Les passées évaporitiques sont rares.

Le Permien ne serait pas présent au droit du forage Sennely 1 mais existerait immédiatement plus à l'Ouest (Debegliá, pl. S1, 1980).



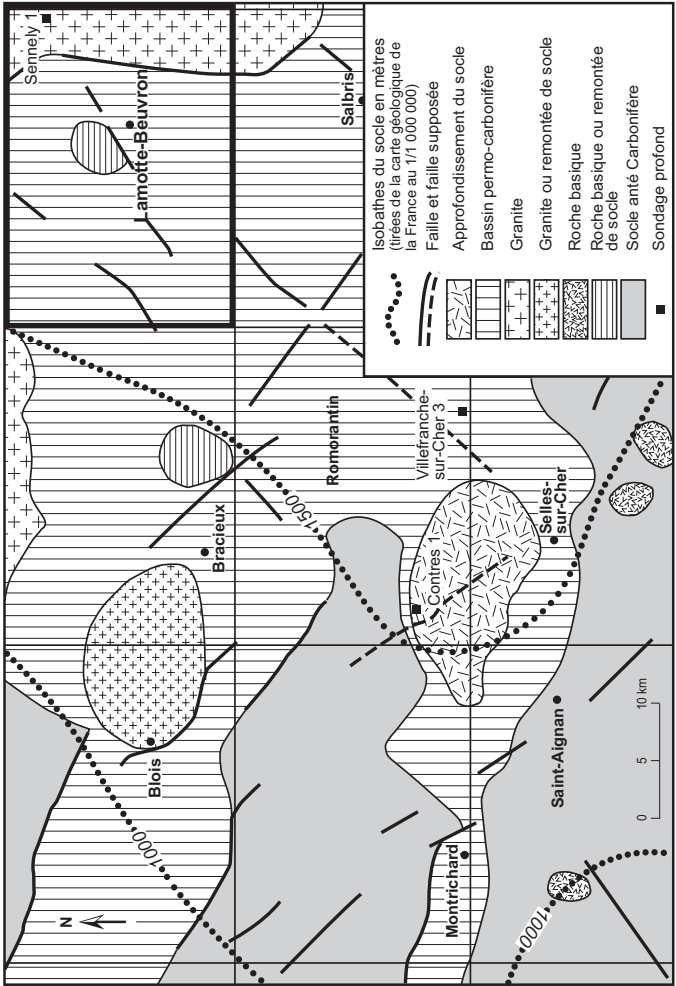


Fig. 2 - Interprétation de la structuration et de la lithologie du socle d'après J. Corpel *in* Fleury *et al.*, (1997), modifié par Cruz Mermey *et al.*, (2007)

## TERRAINS SECONDAIRES OU MÉSOZOÏQUES

Le territoire couvert par la carte à 1/50 000 Lamotte-Beuvron occupe une position particulière au droit de la faille de Sennely, accident majeur du Bassin parisien, qui a joué d'une manière quasi constante au cours de la sédimentation mésozoïque et cénozoïque. La puissance des dépôts varie donc très rapidement de part et d'autre de cet accident de direction méridienne. Par suite d'un phénomène de compensation (Debrand-Passard, 1980/82), le maximum de la subsidence se situe tantôt à l'Ouest, tantôt à l'Est. Au final, le panneau occidental, Zone Intermédiaire, est celui qui accueille la plus grande épaisseur de sédiments.

Sur la carte, une coupe d'interprétation de profil sismique illustre le contrôle de la faille de Sennely sur la sédimentation mésozoïque.

### **Trias ; grès argile, évaporites : épaisseur 250 à 500 m**

L'épaisseur du Trias est maximum dans la fosse (Zone Intermédiaire) à l'Ouest de la faille de Sennely. Elle serait de l'ordre de 500 m à Sennely 1 et légèrement inférieure à La Ferté 1 (461-6-3). Au-delà, vers l'Ouest elle dépasse encore 400 m à Villebourgeon 1 (430-5-1) mais se réduit fortement à Contres 1 (460-5-1) au-delà de la Zone Intermédiaire. À l'Est, sur le sous-bloc Biturige, à Sennely 2 (399-5-6) son épaisseur est de 250 m.

Le Trias de Sologne (sondage La Ferté 1, Sapin, 1967) est représenté à la base par un ensemble gréseux (Grès inférieurs : 242 m) où alternent des microconglomérats et des grès grossiers à ciments argileux rouges, des grès blancs mal consolidés et des argiles bariolées silteuses. Un ciment dolomitique peu abondant s'observe à la partie supérieure. Ce dernier a été interprété par Y. Hamon et G. Merzeraud (2005) comme un paléosol intra-norien correspondant à un événement majeur du Bassin parisien, qui pourrait être son basculement vers l'WNW lié à la rupture de la Pangée.

Ces grès sont surmontés par des argiles bariolées (Argiles à anhydrite : 50 m), silteuses. Des passées de grès à ciment argileux occupent la partie médiane.

Un nouvel ensemble gréseux (Grès supérieurs : 134 m), essentiellement constitué d'alternances de grès blancs à rosés, rarement microconglomératiques, à ciment dolomitique et d'argiles rouges silteuses couronne les Argiles à anhydrite. Les Argiles rhétiennes (60 m) avec fines passées de grès à la base terminent cet ensemble.

### **Lias ou Jurassique inférieur ; calcaire, marne : épaisseur 150 à 400 m**

D'Est en Ouest, il présente les mêmes variations de puissance, mais avec des épaisseurs moindres que le Trias. Sa puissance maximum est à Sennely 1 (398 m). Elle se réduit ensuite très rapidement vers l'Ouest, 224 m à La Ferté 1. À Contres 1, elle est inférieure à 150 m. Vers l'Est, les épaisseurs décroissent très rapidement à proximité de la faille de Sennely avant de s'accroître en direction du fossé de la Loire.

Le Lias inférieur est représenté par des calcaires subrécifaux, oolitiques, graveleux, à ciment cristallin, beige à gris qui, à la base (Hettangien), incluent quelques niveaux marneux (92 m). Le Lotharingien ou Sinémurien supérieur, calcaire ou marno-calcaire (environ 60 m), à Sennely 1 paraît plus argileux au sondage La Ferté 1 (52 m).

Le Lias supérieur débute avec le Pliensbachien. Il est plus épais à Sennely 1 (140 m) qu'à La Ferté 1 où il est réduit à une quarantaine de mètres si les corrélations sont exactes. Toutefois les faciès restent assez semblables. Le Toarcien débute par 10 à 15 m d'argile calcaire, brune, schisteuse que l'on peut paralléliser avec les Schistes cartons *s.l.* Au-dessus, sur 95 m à Sennely 1 et sur 80 m à La Ferté 1, se développent des argiles grises, noires, silteuses, parfois micacées au sein desquelles s'intercalent, dans leur partie médiane, quelques petits bancs de calcaire argileux peut-être discontinus.

### **Dogger ou Jurassique moyen ; calcaire, marne : épaisseur 65 à 260 m**

Schématiquement, le Dogger apparaît constitué de bas en haut, de trois barres calcaires inégales, séparées par deux intervalles marneux. Le forage La Ferté 1 fournit une bonne coupe de référence (Sapin, 1967) :

– **barre calcaire inférieure** (35 m contre 56 m à Sennely 1) : calcaire gris-beige, microcristallin à gravelles éparées, légèrement gréseux, argileux à la base ;

– **première unité marneuse** (64 m ; 83 m à Sennely 1) : marnes à ostracées *s.l.* Elles sont gris clair à verdâtre, plus ou moins calcaires et riches en débris d'huîtres (*Ostrea acuminata*) et incluent une discontinuité majeure (Dubois et Yapaudjian, 1980) ;

– **barre calcaire médiane** (70 m ; 78 m à Sennely 1) : calcaires cristallins à microcristallins, graveleux et bioclastiques avec des passées oolitiques. On note la présence de silicifications ;

- **seconde unité marneuse** (30 m ; 23 m à Sennely 1) : marnes supérieures. Elles sont gris foncé à verdâtre, sableuses et montrent des intercalations de calcaires argileux, finement gréseux, à nombreux débris organiques ;
- **barre calcaire supérieure**. Réduite à un banc métrique dans le forage La Ferté 1, elle atteint une quinzaine de mètres à Sennely 1.

L'épaisseur du Dogger, 258 m au sondage Sennely 1, est maximum dans la Zone Intermédiaire, immédiatement à l'Ouest de la faille de Sennely. Plus à l'Ouest, elle se réduit fortement (199 m à La Ferté 1 ; 148 m à Contres 1 ; 65 m à Ciran 1). Les mêmes réductions s'observent, en direction de l'Est, sur le sous-bloc Biturige.

Les datations de ces niveaux sont imprécises et résultent de corrélations plus ou moins lointaines. La barre calcaire inférieure et la première unité marneuse sont attribuées à l'Aalénien-Bajocien. La barre calcaire médiane, la deuxième unité marneuse et la barre calcaire supérieure pourraient correspondre au Bathonien. Les niveaux calcaréo-marneux sous-jacents à l'oolite ferrugineuse (père à l'échelle du bassin de Paris) caractériseraient un Callovien réduit.

### **Malm ou Jurassique supérieur ; marne, calcaire : épaisseur 650 m**

Grâce aux études détaillées effectuées lors des levés cartographiques de la Champagne berrichonne (Debrand-Passard *et al.*, 1980/82), le Jurassique supérieur du Sud du bassin de Paris est maintenant bien connu. Nous avons donc tenté une réinterprétation de la série du Jurassique supérieur de Sennely 1. Elle pourrait s'établir de la base au sommet :

- L'*Oxfordien* marno-calcaire (310 m) subdivisé ainsi :
- marnes oxfordiennes : 23 m ;
- marnes à spongiaires : 16 m ;
- calcaires lités inférieurs : 126 m ;
- calcaires de Von (équivalents latéraux des Calcaires crayeux de Bourges) : 56 m ;
- calcaires de Montierchaume : 44 m ;
- calcaires de Levroux inférieurs : 45 m.

Le *Kimméridgien* débute par des faciès à tendance sub-récifale qui précède la transgression des Marnes de Saint-Doulchard :

- calcaires de Levroux supérieurs : 63 m ;
- calcaires de Buzançais : 60 m ;
- marnes de Saint-Doulchard : 134 m ;

– calcaires de Saint-Martin-d'Auxigny (partie basale).

Le *Tithonien* débute au sein de la formation précédente :

- calcaires de Saint-Martin-d'Auxigny (partie principale) : 40 m ;
- calcaires bréchoïdes : 63 m.

La partie supérieure du *Tithonien* est caractérisée par un faciès laguno-continental, le Purbéckien : 19 m.

Au total, l'épaisseur du Jurassique supérieur est voisine de 690 m.

### **Crétacé inférieur ; argile, sable, marne : épaisseur 40 à 55 m**

La fin du Jurassique est marquée par le retrait de la mer, aux faciès lagunaires succèdent des altérites continentales. De très fortes érosions sont connues sur l'ensemble du bassin de Paris. La transgression marine se réalise par la Bourgogne en provenance du domaine téthysien. Sous la Sologne, on note une lacune du Crétacé basal (Berriasien, Valanginien), les premiers dépôts crétacés marins débutent à l'Hauterivien.

#### *Hauterivien-Barrémien*

Au sondage Sennely 301, l'Hauterivien est représenté par 6,5 m d'argile gris-noir sableuse et glauconieuse et le Barrémien par 9,5 m de sables fins et moyens à niveaux de lignite. Ces niveaux sont inconnus au sondage Sennely 1 à l'Ouest de la faille de Sennely.

#### *Albo-Aptien*

Des marnes glauconieuses à petites chailles roulées, épaisses à Sennely 1 d'une vingtaine de mètres, et un ensemble glauconieux représenté par des grès, des argiles sableuses et des sables, de même épaisseur, caractérisent cet ensemble. Il n'est pas certain que l'Aptien soit présent à l'Ouest de la faille de Sennely.

### **Crétacé supérieur ; craie, marne, sable : épaisseur 210 à 240 m**

#### *Cénomannien*

À l'Est de la faille de Sennely, l'épaisseur du Cénomannien est de 84 m (sondage Sennely 301). Elle atteint 112 m à Sennely 1 puis diminue progressivement vers l'Ouest. De bas en haut, trois formations ont été reconnues (les épaisseurs sont celles mesurées à Sennely 1) :

– **marnes inférieures, gaize (37 m)**. Les marnes ou des argiles à foraminifères, de teinte gris foncé à noirâtre, sont silteuses, irrégulièrement consolidées, parfois pyriteuses, plus souvent glauconieuses. Des calcaires tendres, gris-jaune à verdâtres, plus ou moins sableux, et des faciès « gaize » de couleur blanc-gris verdâtre leurs sont associés ;

– **sables de Vierzon (18 m)**. Ils sont quartzeux, fins à moyens, assez classés, avec une fraction argileuse d'importance variable, plus ou moins glauconieuse. Des carbonates sont parfois présents. Les sables sont fréquemment silicifiés donnant des grès de dureté variable.

Les Sables de Vierzon, les Marnes inférieures et la gaize caractérisent le Cénomaniens inférieur.

– **marnes à ostracées (32 m)**. Elles sont de couleur blanche à beige grisâtre, plus rarement gris foncé noirâtre et renferment une fraction sableuse irrégulièrement glauconieuse et de rares chailles roulées. Ces marnes sont parfois interstratifiées dans des argiles (essentiellement des smectites) de couleur vert clair, toujours légèrement glauconieuse. Une macrofaune abondante accompagne généralement ces niveaux. **Une craie argileuse à foraminifères (10 m)**, dépourvue de silex, termine l'étage.

#### *Turonien-Sénonien*

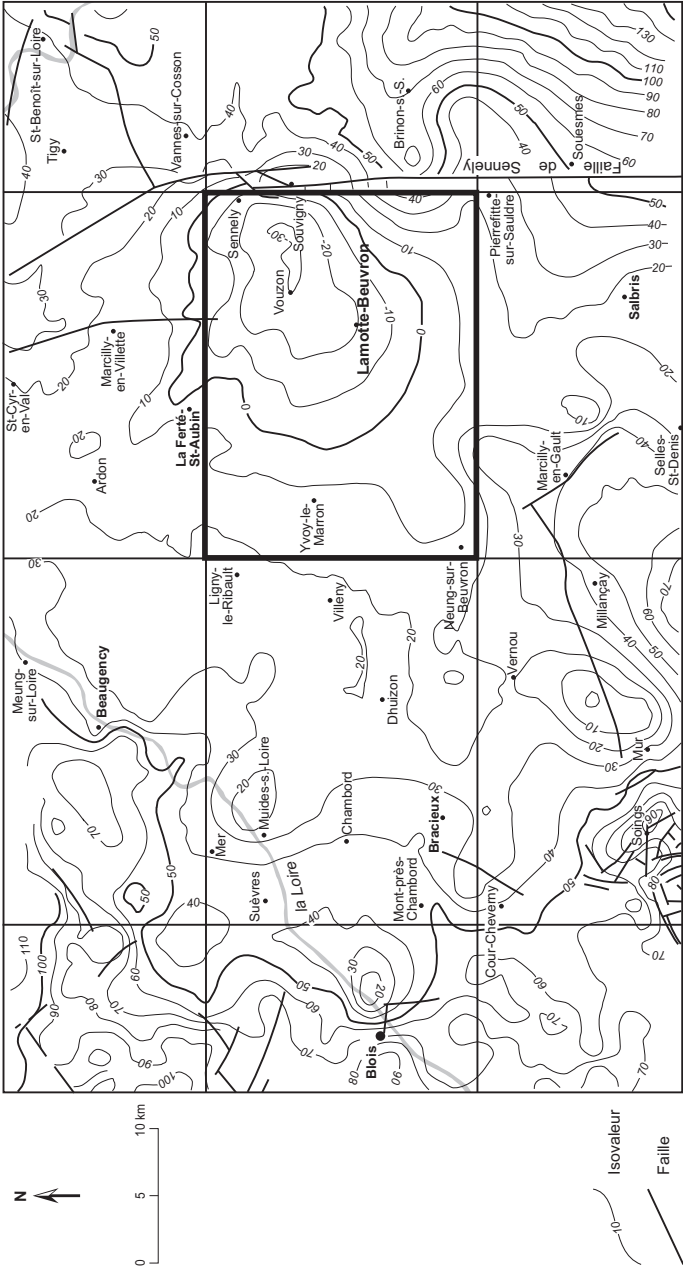
L'ensemble débute par une craie marneuse, à silex noduleux, riche en foraminifères, épaisse d'une trentaine de mètres à Sennely 1. Au-dessus, la craie paraît pétrie de bryozoaires et les silex en lits deviennent de plus en plus fréquents vers le sommet (128 m).

Par décalcification, ces faciès crayeux donnent les argiles à silex qui sont réduites à quelques mètres à Sennely 1.

### *TERRAINS SÉDIMENTAIRES TERTIAIRES*

Ils incluent tout ou partie des Argiles à silex bien que la formation de celles-ci ait très probablement débuté, avec l'émersion de la région, sans doute avant la fin des temps crétacés. L'analyse des données de forage permet de bien localiser le contact entre la craie non altérée et les formations décalcifiées attribuables aux argiles à silex et/ou aux dépôts détritiques paléogènes. Une carte en isohypses (carte 3), montre la structure actuelle développée au toit du Crétacé calcaire.

Le tracé est établi avec un nombre limité de forages et à partir d'une interpolation automatique, il doit être pris pour ses grandes tendances et non pas dans le détail. Le tracé des failles est repris d'informations fiables, géophysiques et cartographiques. Il en est de même pour toutes les cartes suivantes.



Carte 3 - Isohypses du toit des formations crétacées crayeuses

Le bassin, dans cette présentation, cumule tous les événements développés au Tertiaire. Il apparaît très clairement comme asymétrique avec une profondeur maximum à la cote - 30 m entre Vouzon et Sennely ce qui équivaut à une épaisseur de dépôts de l'ordre de 170 m. En bordure ouest de la carte, la cote se situe vers + 15 m correspondant à une épaisseur de dépôts de 120 m.

### **Paléocène-Éocène inférieur ; argiles à silex, argile, sable : épaisseur entre 0 et 27 m**

Le faciès argile à silex, produit dérivé d'une altération continentale de type latéritique (sidérolithique) formé essentiellement des produits insolubles de la craie ou des tuffeaux à silex, sans remaniement, n'est pas dissociable en forage des dépôts fluviatiles constitués des mêmes éléments. Cette entité compréhensive détritique est définie par le toit des calcaires crétacés et la base des marnes ou calcaires tertiaires.

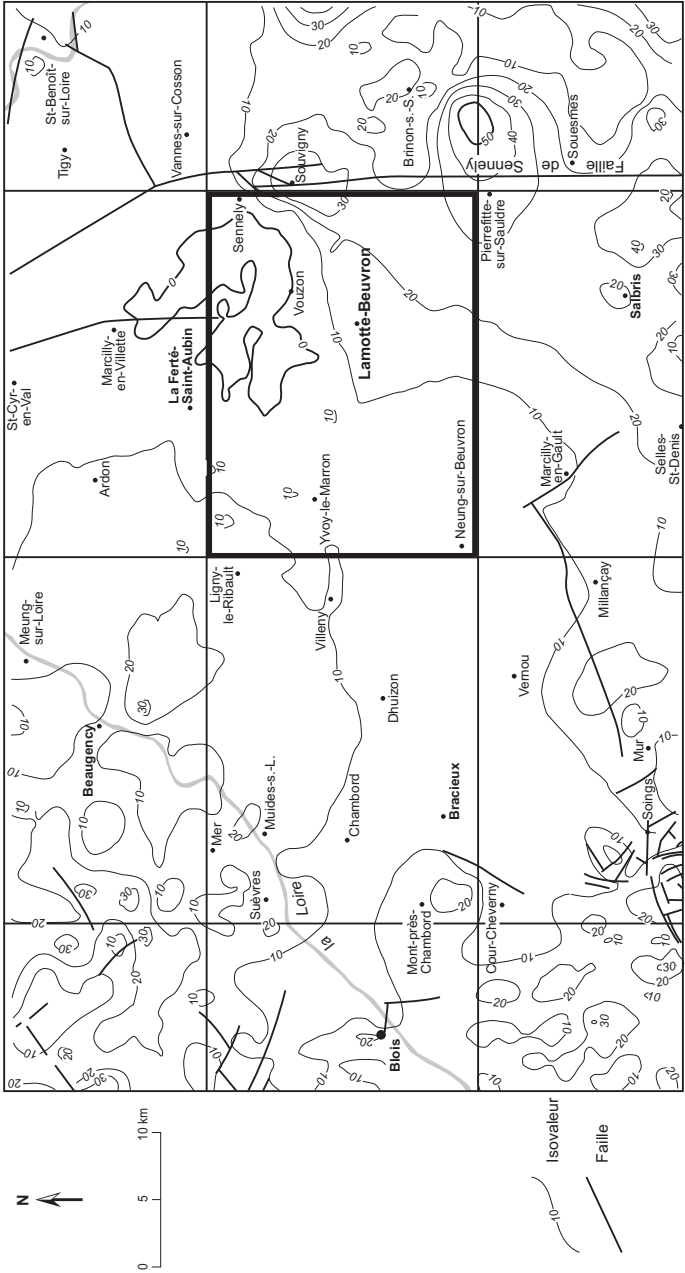
Sur la feuille de Romorantin, où sont les plus proches affleurements, les Argiles à silex (altérites non remaniées) sont régulièrement recouvertes d'un dépôt détritique grossier, caillouteux, dont les blocs peuvent atteindre 30 cm. Ces dépôts ont un caractère fluviatile dominant, souvent affectés d'altération de type fersialithique (paléosol à concentration de fer et silice). Les plus gros éléments sont souvent mal roulés, il s'agit de grès silicifiés empruntés aux Argiles à silex. Les principaux éléments sont des silex à cortex gris-noir et à cœur brun, très bien roulés et de la taille des graviers (4 à 8 cm), marqués de nombreuses traces de chocs. La matrice est un sable hétérométrique et une argile bariolée. Des sédiments détritiques argilo-sableux y sont associés ou superposés. Des grès à silex, silicifiés par un ciment de calcédoine sont parfois reconnus (perrons, silcrètes), très localement le ciment est ferrugineux. Ces dépôts ne recèlent aucun élément de datation, ils sont considérés comme anté-Lutétien.

Dans le bassin, ces dépôts se rencontrent dans nombre de sondages avec des épaisseurs souvent très modestes quelquefois inférieures à 1 m mais pouvant atteindre 10 m. Sur les bordures du bassin, les épaisseurs augmentent aux alentours de 20 m.

Sur la carte Lamotte-Beuvron, l'épaisseur reste probablement faible dans le bassin (rares informations au Sud-Ouest). De très fortes variations sont notées au voisinage de la faille de Sennely ou des valeurs de 35 m s'observent localement alors qu'à Sennely 1, ces dépôts sont absents ou très réduits.

La carte d'isopaques (carte 4) de la totalité des faciès silico-argileux obtenue par interpolation des valeurs notées aux forages, donne une variation de 20 m à l'Est jusqu'à 10 m à l'Ouest.





Carte 4 - Carte de l'épaisseur cumulée des Argiles à silex et de l'Éocène détritique

La seconde carte (carte 5), obtenue en traitant par différence la surface du toit de l'Éocène détritique avec le toit de la Craie, met en évidence des zones de lacune dans le bassin et visualise plus nettement les fortes épaisseurs développées sur les bordures.

Le toit de l'Éocène détritique (carte 6) passe d'une altitude voisine de + 50 m sur la bordure sud-est de la feuille à environ + 20 m dans l'angle nord-ouest.

La carte des isohypses du toit de l'Éocène détritique dessine une fosse NE-SW s'approfondissant vers le Nord-Est où le maximum atteint la cote de - 20 m à l'Ouest de la faille de Sennely, vers Vouzon (carte 6).

À noter sur la bordure nord-ouest de la carte de Bracieux, la chute rapide du toit de cette formation selon une direction SW-NE, passant de près de + 65 m d'altitude à moins de + 30 m. Cet alignement, en partie faillé au niveau de Blois, est interprété en flexure de Suèvres à Beaugency. Cette structure tronque le « plateau nord » structuré par les failles armoricaines (horsts et grabens NW-SE) (carte 6).

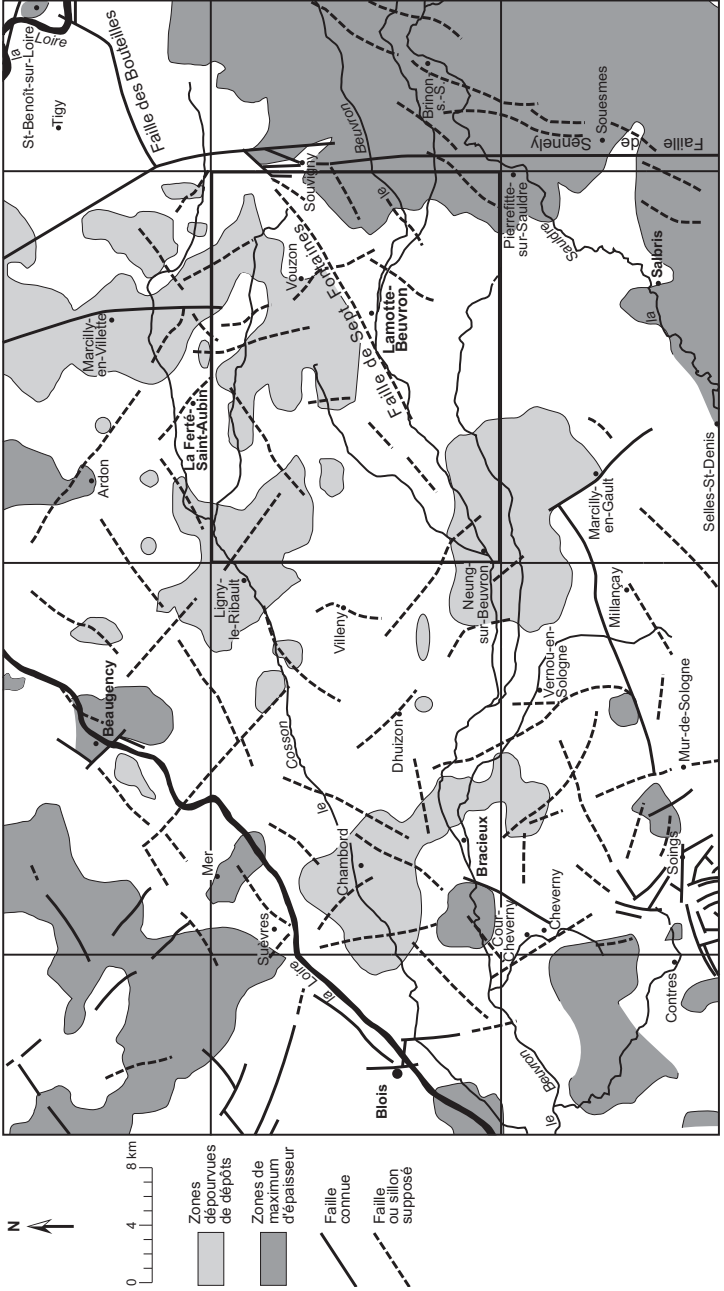
Le cadre tectonique du bassin tertiaire n'est que partiellement reconnu, principalement sur ses bordures où les accidents majeurs sont orientés N20° à N45° et N-S.

### **Éocène moyen et supérieur ; Calcaires et Marnes lacustres : épaisseur 5 à 20 m**

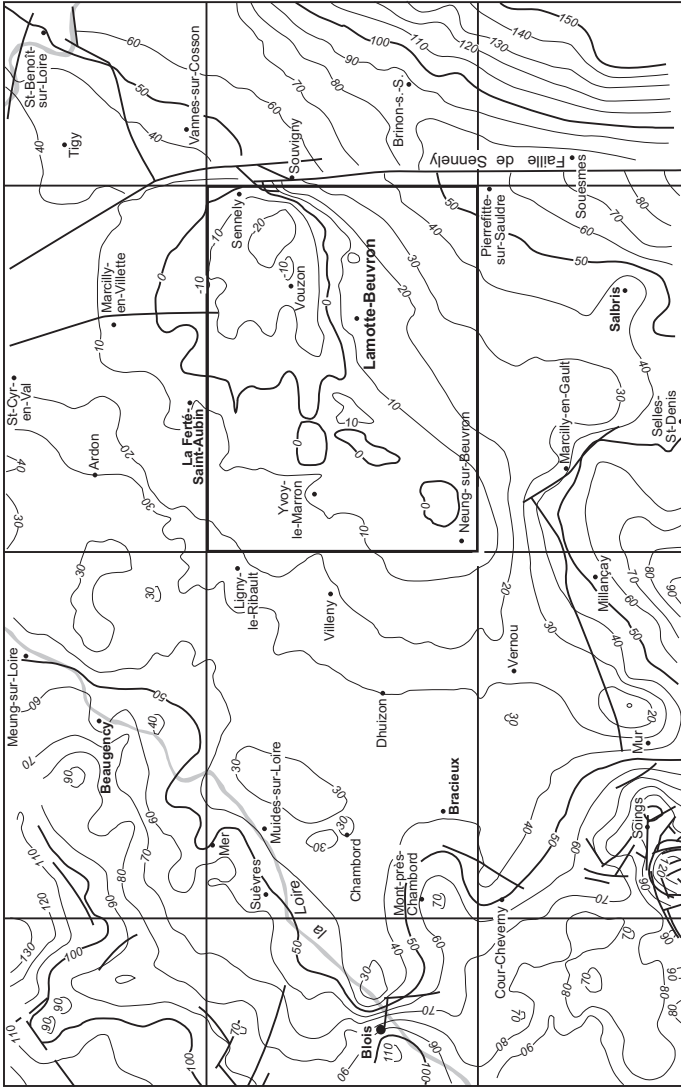
Sur la carte de Lamotte-Beuvron, une trentaine de sondages atteint ou traverse des marnes et calcaires lacustres attribués à l'Éocène. Les faciès reconnus rappellent des faciès décrits plus au Nord en petite Beauce (argiles vertes à concrétions calcaires) et vers Villeau (calcaire poudreux daté de l'Éocène moyen) et Morancez (calcaire dur) ou prennent des faciès de calcaire souvent sombres (brun ou gris) parfois fortement siliceux.

Sur l'ensemble de la Sologne, le bassin subsident est situé au Nord, un maximum de 30 m d'épaisseur est noté vers Saint-Cyr-en-Val. En bordure sud, l'épaisseur varie de 5 à 10 m (carte 7).

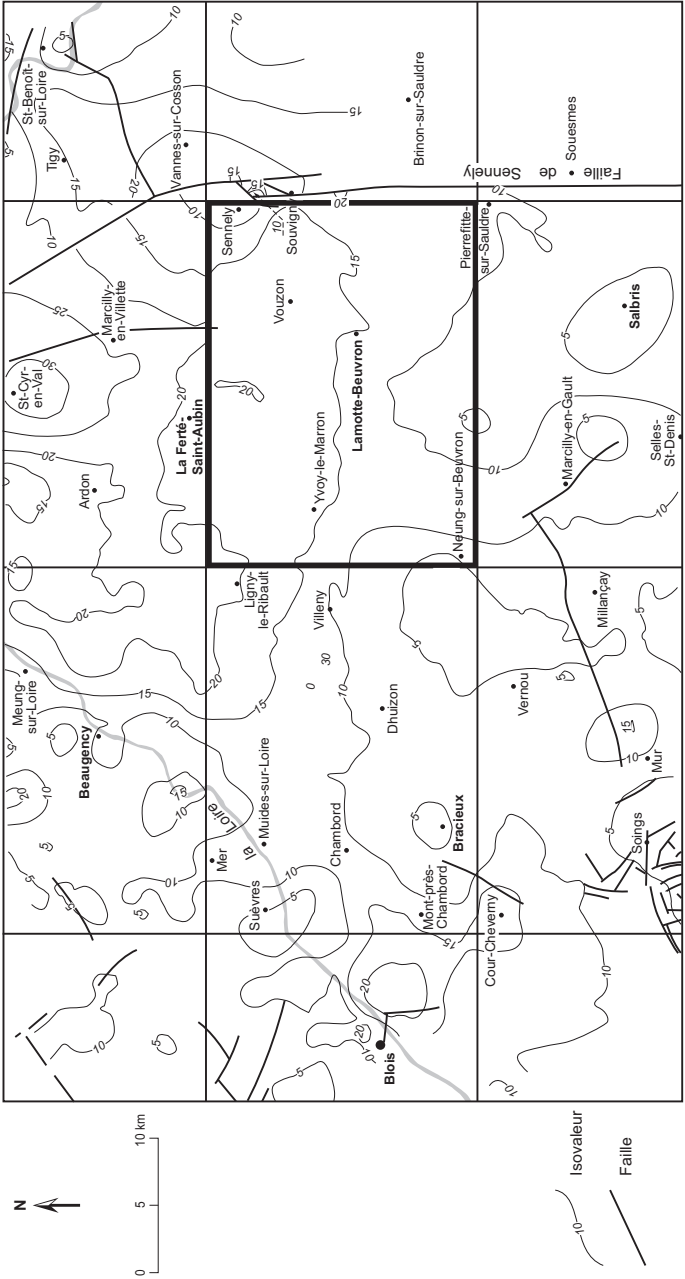
La carte de Lamotte-Beuvron est située en bordure sud du bassin et les épaisseurs traversées (carte 7), très inégales, varient de 5 à 20 m. Cette variation est en partie liée à la difficulté de distinction avec les formations calcaires rupéliennes sus-jacentes. Cependant les données sur la puissance des dépôts, indiquées par la carte d'isopaques donnent les tendances avec 5 à 10 m au Sud et peuvent atteindre 15 m au Nord et 20 m au Nord-Est de la carte.



Carte 5 - Carte isopaque de l'Éocène détritique, en blanc les zones dépourvues de dépôts



Carte 6 - Carte des isohypses du toit de l'Éocène détritique



Carte 7 - Carte des isopaques des marnes et calcaires lacustres de l'Éocène moyen à supérieur

La carte des isohypses (carte 8) montre une fosse dont le cœur atteint la cote 0 vers Vouzon et La Ferté-Saint-Aubin. Une extension vers le Sud-Ouest prolonge la fosse à la cote + 20 m vers Vernou. Sur les bordures, l'altitude du toit passe à plus de + 60 m d'altitude en moyenne à l'Ouest et au Sud.

### **Rupélien à Aquitaniien, Groupe des calcaires lacustres de Beauce**

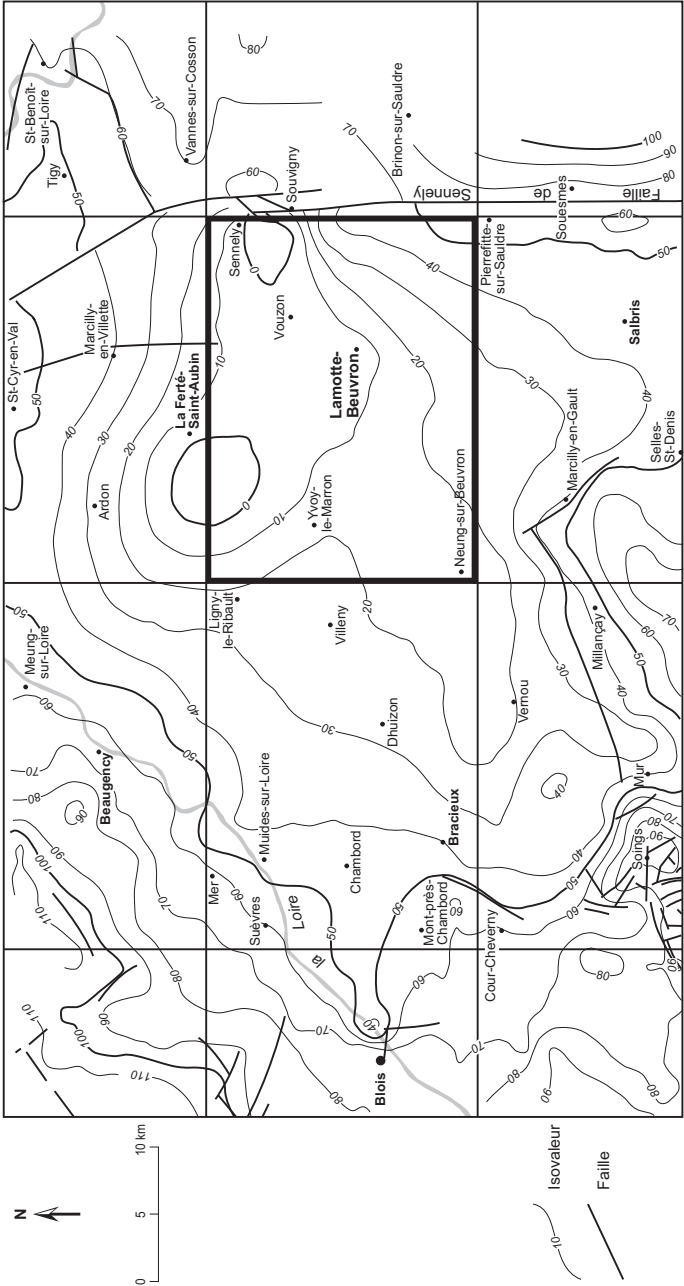
Les Calcaires de Beauce sont un ensemble complexe de dépôts lacustres qui se sont succédés depuis le Rupélien (Stampien) représenté par le Calcaire d'Étampes, jusqu'à l'Aquitaniien comportant à la base la Molasse du Gâtinais suivi du Calcaire de Pithiviers. Il faut noter qu'aucun dépôt n'est attribué au Chattien sur l'ensemble des formations du Groupe des Calcaires de Beauce (lacune ?).

Ces attributions lithostratigraphiques sont essentiellement réalisées ici par corrélation et cohérence géométrique avec la succession observée en Beauce. Aucune datation n'a été obtenue en Sologne.

### **Rupélien : Calcaire d'Étampes s.l. ; calcaire et marne lacustre : épaisseur 5 à 26 m**

Le Calcaire d'Étampes constitue la base des Calcaires de Beauce (Oligocène inférieur, Rupélien (« Stampien »)). Il transgresse vers le Sud sur les calcaires lacustres éocènes puis sur l'Éocène détritique. La base de la formation est souvent constituée de dépôts plus argileux, des marnes blanches et vertes à intercalations calcaires. Exceptionnellement, la présence de sable est notée. Les parties médianes et supérieures de la formation sont composées de calcaires durs et tendres, grumeleux, bréchiques, à oôides (intraclastes encroûtés), siliceux à intercalations de calcaires entièrement silicifiés, de marnes et d'argiles. La partie sommitale est souvent fortement indurée par silicification. Vers l'Est du bassin, les marnes et argiles prédominent.

Cet ensemble de dépôts, traversé par forages généralement destructifs est faciologiquement mal caractérisé. Il leur est attribué par comparaison avec les formations équivalentes affleurants de Beauce un caractère continental palustre et lacustre. Toutefois, des calcaires à foraminifères épais de 2 m ont été signalés, dans le sondage Sennely 1, entre le toit des Argiles à silex et la base des Calcaires lacustres de Beauce. La microfaune associée *Bolivinella subpectinata*, *Elphidium* aff. *minuta*, *Spirolina* sp., *Quinqueloculina* sp., *Hagenella* cf. *elevata* prouve le caractère marin de ces dépôts. *Hagenella* cf. *elevata* est une espèce du Crétacé supérieur. Trouvée au-dessus des Argiles à silex, elle est à l'évidence remaniée. *Elphidium* aff. *minuta* est l'espèce stratigraphiquement la plus



Carte 8 - Carte isohypse du toit des calcaires éocènes

intéressante. Dans le Bassin parisien, elle caractérise le Stampien (Cavelier, renseignement oral). Selon cette interprétation et si l'on replace Sennely dans le contexte paléogéographique correspondant, cette partie la plus subsidente de la Sologne aurait enregistré une incursion marine beaucoup plus méridionale que ce que donnaient jusqu'alors les reconstitutions paléogéographiques du maximum d'extension de la mer stampienne. Ce maximum coïnciderait avec la base des faluns de Morigny eux-mêmes datés du Stampien inférieur, zone W 14, NP 23 (Gely et Lorenz, 1991). Cet âge stampien inférieur pourrait donc être celui des calcaires à foraminifères de Sennely.

Le Calcaire d'Étampes, dans le bassin, est généralement recouvert par la Molasse du Gâtinais lorsqu'elle est exprimée et par le Calcaire de Pithiviers. Dans l'angle nord-ouest de la carte de Bracieux, il est entaillé par le lit majeur de la Loire et recouvert d'alluvions. Une dalle siliceuse (« opalite »), dans le secteur de Muides, célèbre par son usage préhistorique, appartiendrait à la partie sommitale du calcaire rupélien. Ce niveau, situé entre 2 et 3 m de profondeur à Muides, est parfois visible en période d'étiage, en position géologique, il est aussi atteint et prélevé dans les sablières de Muides par le dragage alluvionnaire.

L'épaisseur de la formation (carte 9) est maximale avec 50 m dans une fosse axée sur Souvigny et orientée NW-SE, dans l'angle nord-ouest de la feuille entre Ligny-le-Ribault et La Ferté-Saint-Aubin.

L'orientation de ce corps principal, aligné selon une direction Meung-sur-Loire – Vouzon, suggère un contrôle par des accidents de direction armoricaine N 140. L'épaisseur se réduit à une trentaine de mètres vers le Sud-Ouest vers Neung-sur-Beuvron.

La carte structurale (isohypses) du Toit du Calcaire d'Étampes (carte 10) montre que la moitié ouest de la carte est située vers une cote moyenne de + 40 m. Cette zone basse s'étend vers Souvigny à l'Est. Une forte remontée s'enregistre dans le quart sud-est.

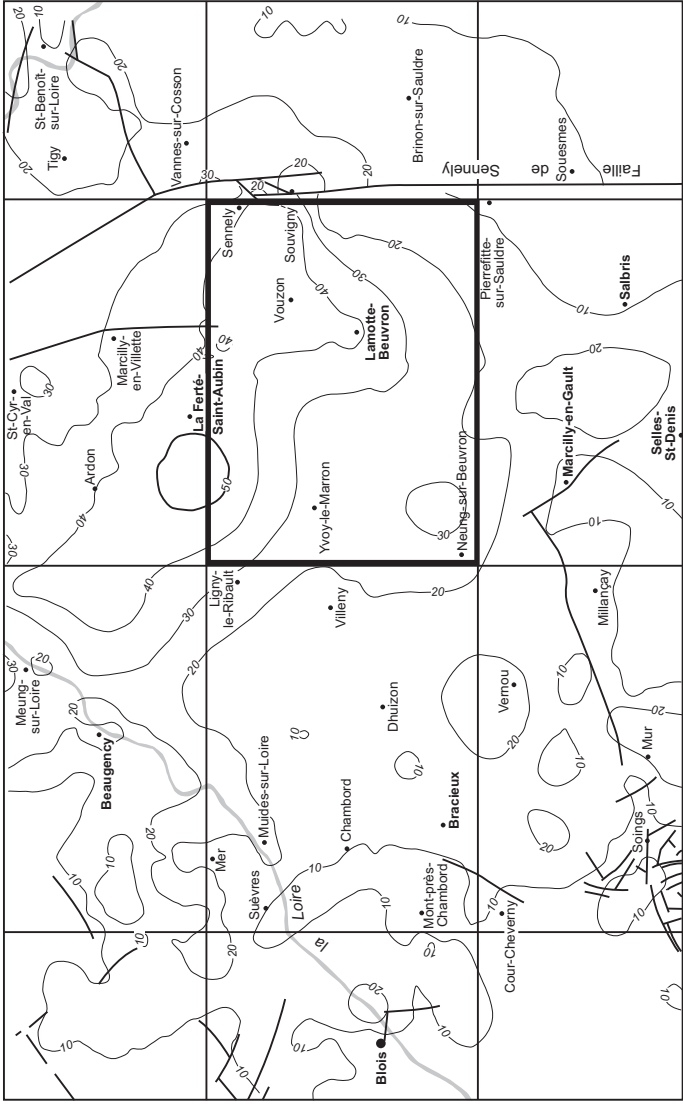
Cette fosse correspond à celle déjà marquée au toit des calcaires éocènes.

Le toit du Stampien enregistre un déplacement du maximum de subsidence vers le Sud-Ouest, sur la carte de Bracieux, où la cote + 30 m est notée vers Dhuizon.

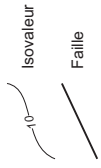
### **Aquitaniens : Molasse du Gâtinais ; marne lacustre : épaisseur environ 10 m**

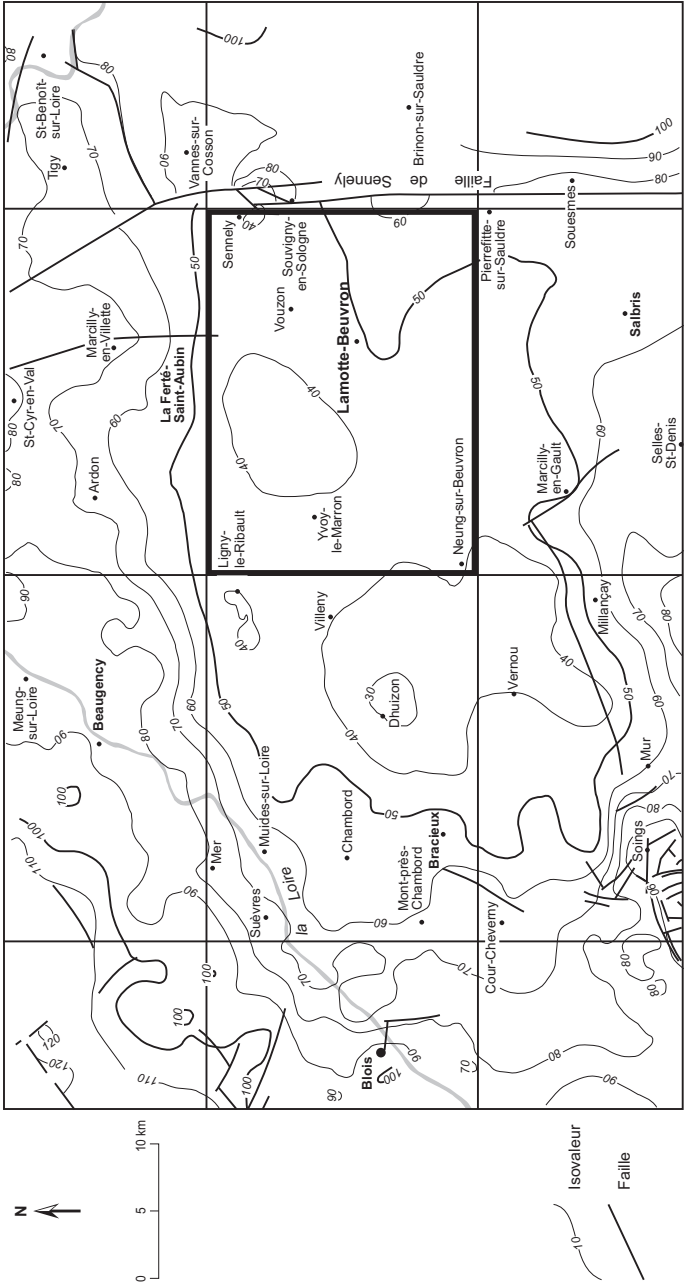
Équivalent latéral probable des Marnes de Voise présentes dans le Nord-Ouest de la Beauce, la Molasse, dans sa localité type du Gâtinais, est un mélange de



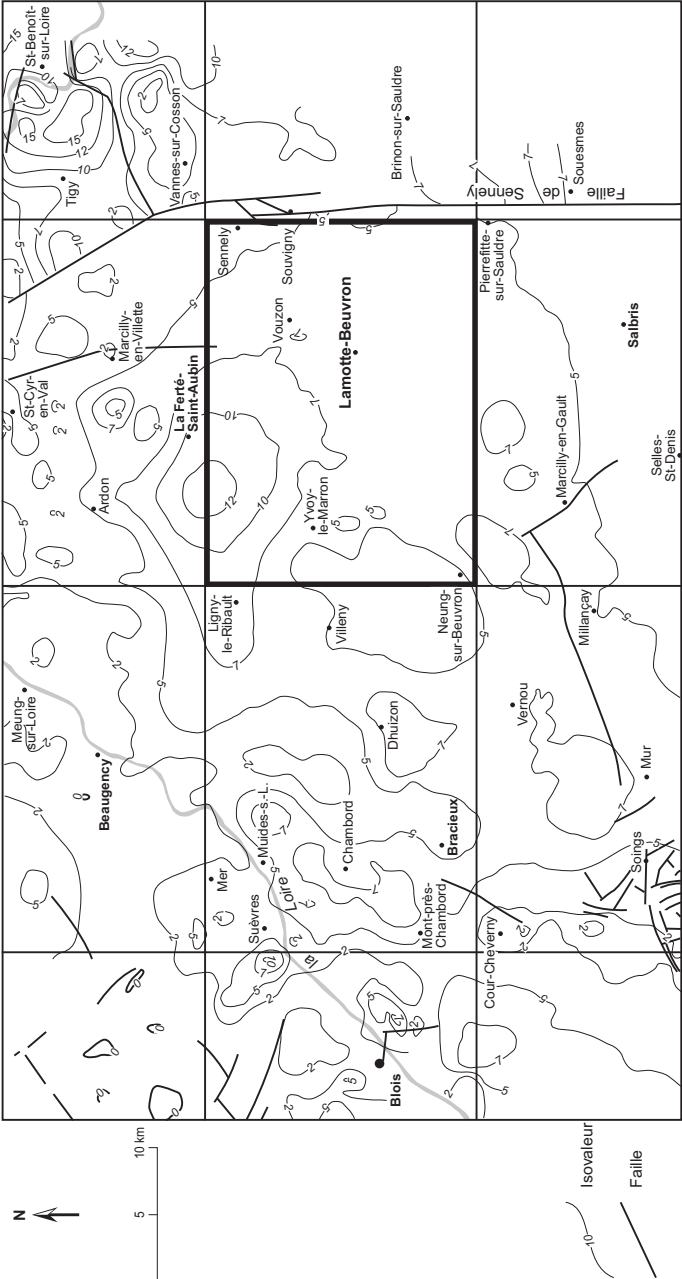


Carte 9 - Carte isopaque du calcaire d'Étampes s/ (Rupélien)

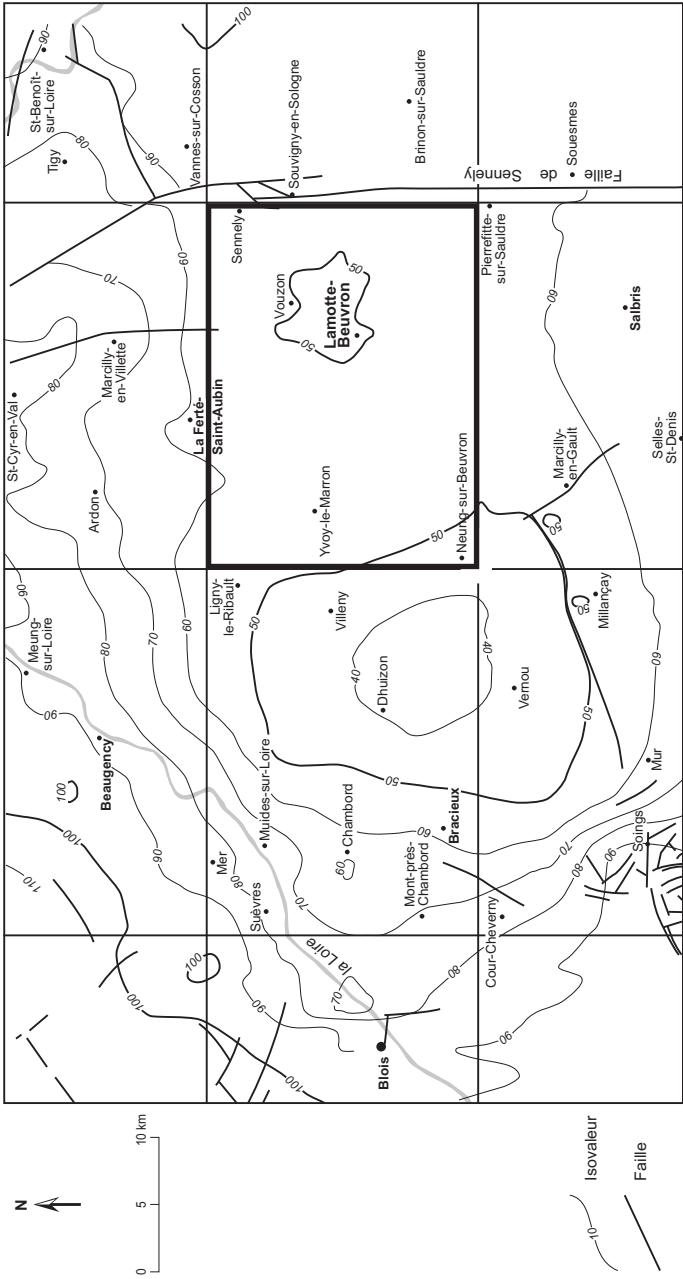




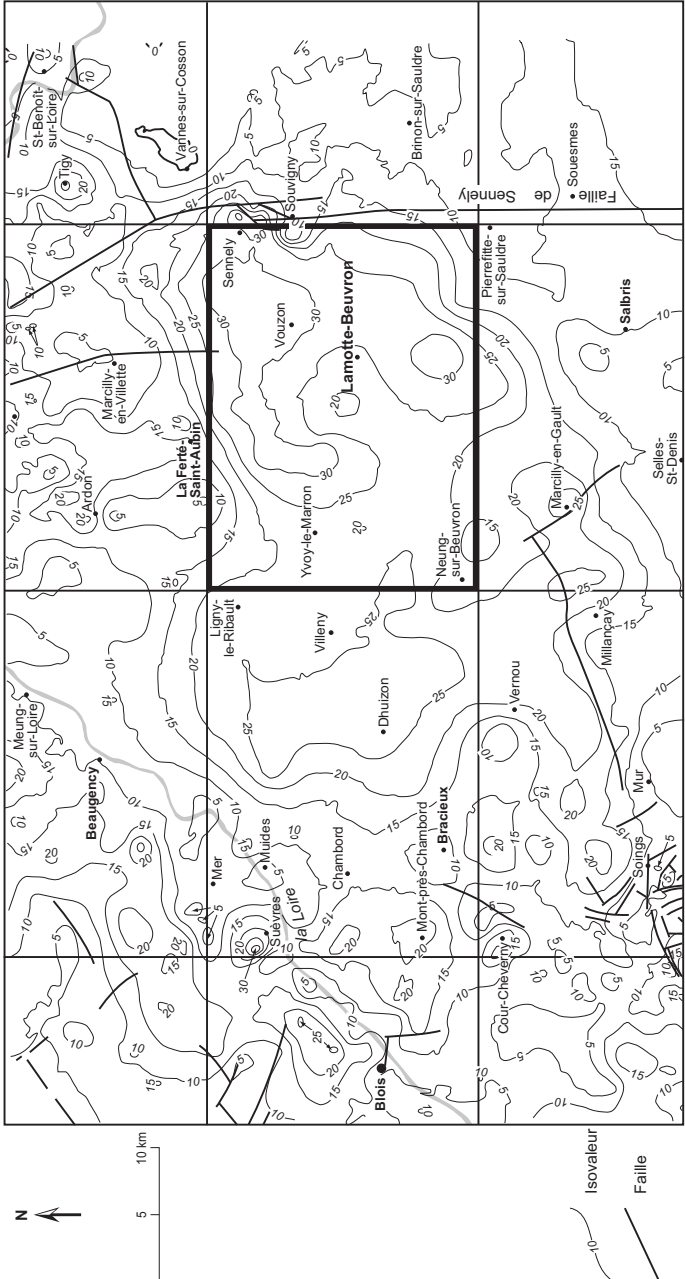
Carte 10 - Carte isohypse du toit des calcaires rupéliens (Calcaires d'Étampes)



Carte 11 - Carte isopaque de la Molasse du Gâtinais (Base Aquitanien)



Carte 12 - Carte isohypse du toit de la Molasse du Gatinais



Carte 13 - Carte isopaque du Calcaire de Pithiviers

sables fins à grossiers, d'argiles et de marnes. Ce niveau repère permet de distinguer le Calcaire de Pithiviers du Calcaire d'Étampes, entre lesquels elle s'insère, sur l'ensemble du bassin de Beauce-Sologne. La Molasse avec ses apports détritiques fluviatiles essentiellement présents dans l'Est, souligne la rupture climatique connue à la limite oligo-miocène. Elle marque le début des dépôts de l'Aquitaniens (Miocène basal).

L'identification de cette formation en forage est souvent mal aisée, en partie liée à la faible épaisseur du faciès d'argile verte à nodules calcaires qui la caractérise dans toute la partie ouest de la Beauce et de la Sologne. La composante détritique, présente en Gâtinais n'est pas représentée en Sologne.

L'épaisseur de cette formation (carte 11), bien que très variable (lacune sédimentaire ou non reconnaissance dans les forages) reste approximative. Sur la carte de Lamotte-Beuvron, elle varie de 5 à 12 m. Elle atteindrait 12 m au maximum entre Ivoy-le-Marron et La Ferté-Saint-Aubin alors qu'au Sud de la carte, elle ne dépasserait pas 5 m.

Les isohypses du toit de la Molasse du Gâtinais (carte 12) dessinent un bassin comparable à celui du toit du Calcaire d'Étampes avec un point bas sur la carte de Bracieux, entre Dhuizon, Neung-sur-Beuvron et Vernou, vers la cote + 40 m. La Molasse serait théoriquement proche de l'affleurement, vers la cote + 80 m, dans la partie basale de l'incision du lit majeur de la Loire dans le secteur de Sèvres et Muides, au Nord de Chambort, sur la carte de Bracieux.

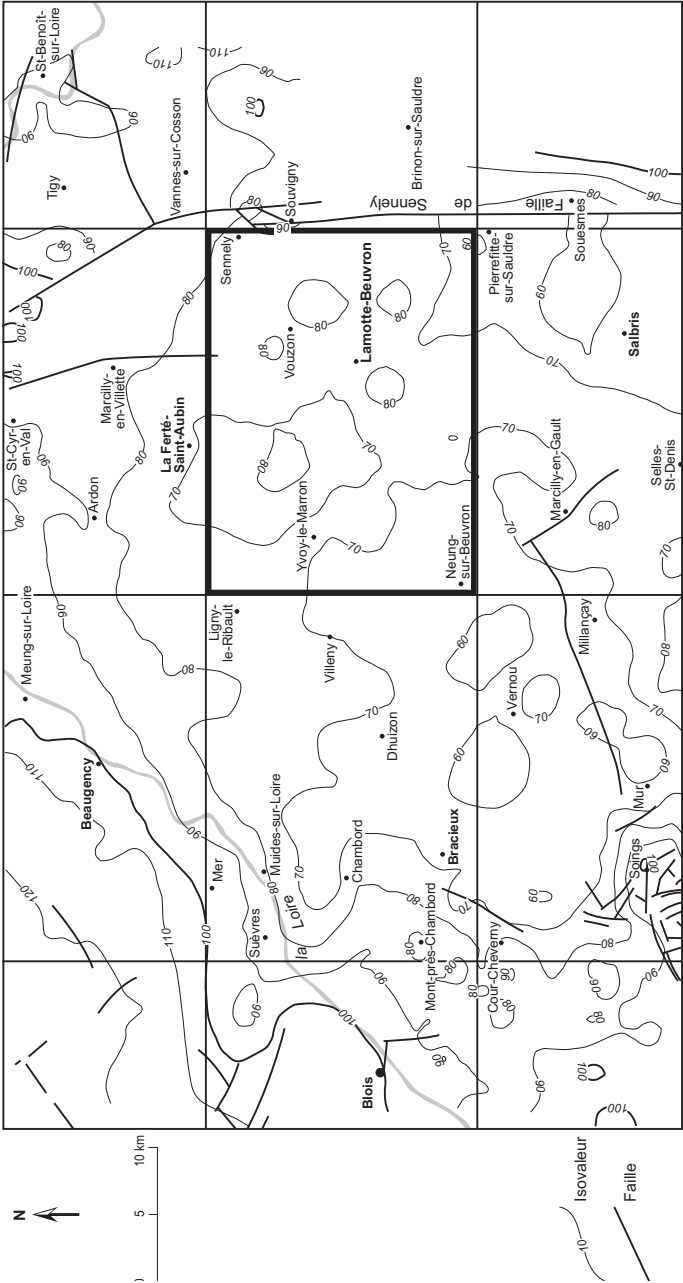
Sur la carte de Lamotte-Beuvron, un axe bas vers + 50 m prolonge le bassin de la carte Bracieux jusqu'à Lamotte-Beuvron et Vouzon (carte 12).

### **Calcaire de Pithiviers : calcaires et marnes lacustres – Aquitaniens (15 à 30 m)**

Le Calcaire de Pithiviers constitue le niveau supérieur de l'entité compréhensive des Calcaires de Beauce d'âge Oligocène à Aquitaniens. Au Nord, en Beauce, l'Aquitaniens se poursuit avec le dépôt des Marnes de Blamont qui ne sont pas reconnues en Sologne.

À l'échelle de la Sologne, le corps calcaire principal s'étend largement au Sud d'une ligne Ligny-le-Ribault – Vannes-sur-Cosson. La limite vers l'Est correspond à la faille de Sennely dont le jeu synsédimentaire apparaît clairement. La bordure sud semble limitée par une flexure Soing – Marcilly-en-Gault – Souvigny. Une mise en place contrôlée par la tectonique semble évidente.

Sur la carte, l'épaisseur des calcaires est en moyenne voisine de 25 m. Elle atteint une trentaine de mètres au niveau d'un bassin irrégulier (carte 13)



Carte 14 - Carte isohypse du toit du Calcaire de Pithiviers

principalement centré sur Vouzon au Nord avec une extension vers le Sud. Un point peu épais avec 20 m est situé à l'Ouest de Lamotte-Beuvron. Au Nord-Ouest, ainsi qu'au Sud-Ouest, l'épaisseur se réduit très rapidement à 15 m.

La carte en isohypses du toit du Calcaire de Pithiviers (carte 14) montre que les points bas continuent leur migration vers le Sud. La moitié nord de la carte Bracieux et la moitié ouest de la carte de Lamotte-Beuvron sont relativement plates vers la cote + 70 m. la Sologne est alors scindée en deux sous-bassins l'un, occidental, le plus large, au Nord de l'axe haut Marcilly-en-Gault – Lamotte-Beuvron – Souvigny, l'autre, oriental, plus réduit, axé sur Salbris.

La fosse occidentale est assez semblable à celle observée au toit de l'Oligocène avec un léger déport vers le Sud. La fosse orientale est l'ombilic de subsidence qui a appelé le dépôt des Sables et argiles de Sologne et la structure du toit, érodée, dessine un chenal ou gouttière isolé par l'axe haut.

Sur la carte de Lamotte-Beuvron, l'altitude du toit du calcaire de Pithiviers est régulière et voisine de + 70 m dans la moitié ouest, elle remonte à + 60 m dans la moitié est.

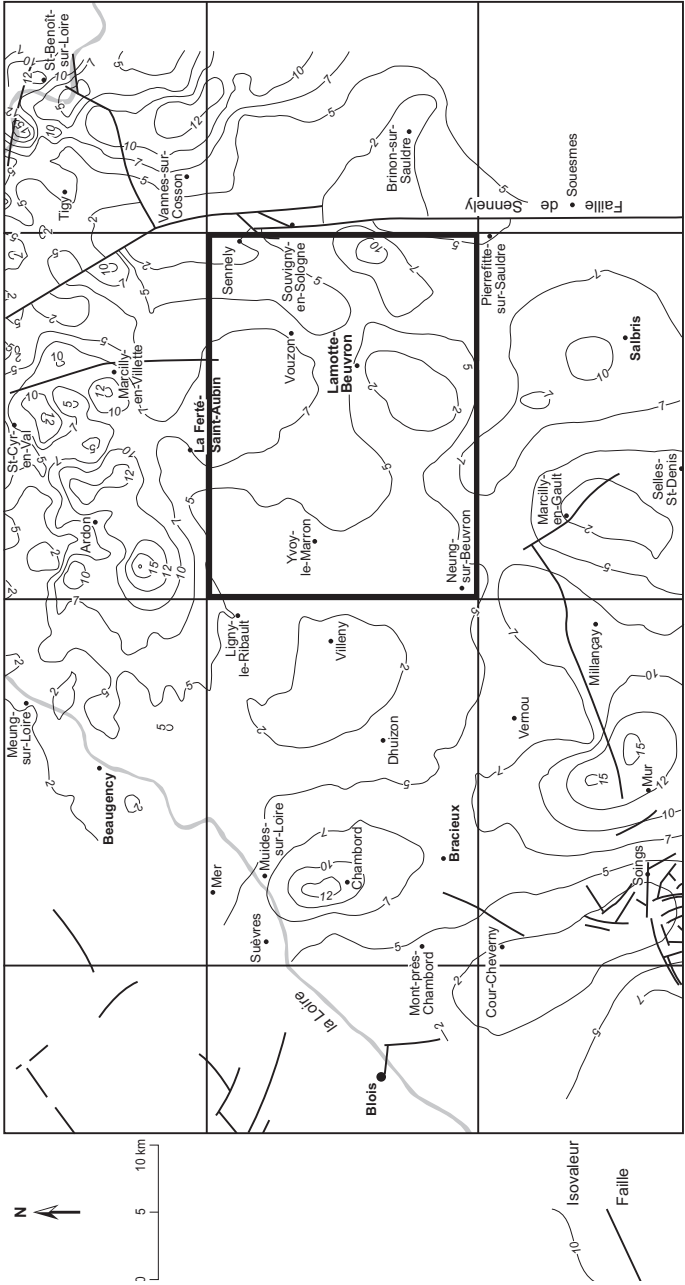
En Beauce et en bordure ouest de la Sologne, le Calcaire de Pithiviers est une masse calcaire complexe déposée en milieux palustre et lacustre et affectée par des phénomènes pédogénétiques. Les faciès variés passent des calcaires fins homogènes à des calcaires travertineux vacuolaires, irrégulièrement cristallisés, généralement fins et silicifiés et parfois friables. Quelques brèches sédimentaires sont attribuées à des phénomènes de dessiccations et de bioturbations. Des pisolithes, des oôides et des encroûtements algaires y sont également décrits (Ménillet, 1980 ; Ménillet et Edwards ; 2000). Les accumulations de mollusques d'eau douce sont fréquentes.

Des accidents siliceux y sont assez fréquents, diffus ou massifs, formant des calcaires partiellement silicifiés et des meulière massives. « L'opalite » de Muides (carte Bracieux) se présente sous forme de rognons ovoïdes, plaquettes et dalles. Ces accidents siliceux sont localisés dans des faciès crayeux à faible phase argileuse sépiolitique.

En Sologne comme en Beauce, la fraction argileuse est généralement constituée de smectite, d'attapulgitite et de sépiolite, ces deux derniers minéraux étant plus fréquents dans les faciès argileux.

Ce calcaire est largement utilisé comme moellons, pierres d'angle et linteaux, dans la construction. L'extraction ancienne se faisait en petites carrières à ciel ouvert ou en chambres souterraines accessibles par des puits verticaux. Actuellement, il est exploité à ciel ouvert en Beauce, pour la confection de





Carte 15 - Carte isopaque des Mames et Calcaires de l'Orléanais.

granulats concassés, dans de grandes carrières où il est aisément observable, en particulier au Nord de Mer (carte Bracieux).

### **Marnes de Blamont ; marne lacustre – Aquitanien : non représentées**

Les Marnes de Blamont (Aquitanien) sont présentes en Beauce et affleurent au Nord de la forêt d'Orléans. En Sologne, elles n'ont pas été rencontrées ni à l'affleurement ni en sondage. Il est considéré qu'elles sont totalement érodées avant la mise en place des formations burdigaliennes.

### **Marnes et sables de l'Orléanais (s.l.) : argile, marne, sable Burdigalien (2 à 10 m)**

Autrefois cette formation fut considérée comme un équivalent latéral de la partie inférieure des Sables et argiles de Sologne (Gigout, carte Beaugency), mais grâce à l'examen systématique des sondages et à des datations obtenues sur les Sables et argiles de Sologne, il est aujourd'hui admis qu'elle est antérieure. La confusion était possible par la grande similarité des faciès détritiques entre les deux formations et par la position souvent bordière des Marnes et sables de l'Orléanais et du Blésois surtout dans la bordure nord et ouest du bassin ainsi que par sa réduction ou disparition dans le fond du bassin sous la Sologne (Giot, 2002<sup>1</sup>).

Cet ensemble regroupe les Marnes et calcaires de l'Orléanais et les Marnes et sables de l'Orléanais (s.s.), ces derniers étant des équivalents des Marnes et sables du Blésois (feuille 1/80 000 de Blois).

L'analyse détaillée des faciès permet de distinguer une assise inférieure constituée d'argiles vertes avec ou sans concrétions carbonatées et des marnes vertes à beiges. Cette entité est distinguée sous l'appellation de **Marnes de l'Orléanais**. Localement, des masses calcaires de taille variable s'individualisent, elles sont identifiées comme **Calcaires de l'Orléanais**. Ces masses calcaires seraient équivalentes au Calcaire de Montabuzard définies sur la carte de Beaugency (Denizot, 1927, p 436).

L'analyse des forages solognots permet de distinguer une entité argilo-calcaire compréhensive baptisée **Marnes et calcaires de l'Orléanais**. Une carte en isopaques (carte 15) montre la répartition très irrégulière de ce faciès avec des îlots dépassant la dizaine de mètres. Le secteur de Beaugency, connu à l'affleurement, peu épais et n'ayant pas fait l'objet de forage particulier, ne se singularise pas sur la carte.

---

<sup>1</sup> D. Giot, 2002. Notice de la carte géologique du Loiret.

Sur la carte de Lamotte-Beuvron, l'épaisseur, irrégulière, varie de 2 m au Sud de Lamotte-Beuvron et au Nord de Souvigny, pour évoluer de 5 à 10 m par ailleurs.

Au-dessus se développe une série d'alternance de termes argilo-carbonatés et sablo-argileux. Dans les forages elle est définie à sa base, par l'apparition des sables et au sommet par la disparition des carbonates. Cette entité correspondrait à une définition *sensu stricto* des **Marnes et sables de l'Orléanais**. L'arrivée de ces éléments détritiques est liée à la création d'un nouveau réseau hydrographique issu du Massif central du fait de sa surrection causée par la phase orogénique alpine paroxysmale miocène (Giot, 2002).

Les sables burdigaliens sont génétiquement identiques aux sables du Miocène moyen, ils montrent une composition quartzo-feldspathique parfois micacée. La granularité varie des silts aux rudites fines et l'aspect « sable gros sel » est évoqué pour les niveaux grossiers. Des niveaux à éléments lithiques de la taille des graviers et petits galets sont parfois observés.

Le paysage de mise en place correspond à un milieu fluviatile à réseau divaguant dans une plaine d'inondation où se décantent des silts et des argiles.

Les Marnes et sables de l'Orléanais se différencient des Sables et argiles de Sologne par la présence irrégulière d'une phase carbonatée. Des nodules de calcaire pulvérulent blanc, de taille centimétrique et des ciments carbonatés se rencontrent parfois en strates distinctes mais sont généralement mélangés dans des proportions variables aux sables et aux argiles. Sur la carte, nous n'avons pas relevé de marnes franches.

Cette formation fluvio-lacustre, épaisse d'une vingtaine de mètres à Sennely 1, se caractérise par une certaine variabilité tant en surface que dans le plan vertical. Une étude réalisée par R. Fleury (1992) à l'occasion de forages exécutés pour les levés de la feuille Salbris montre sa constitution. C'est une alternance composée :

- de sables hétérométriques souvent quartzo-feldspathiques, de toutes granularités, incluant assez exceptionnellement quelques éléments grossiers, petits galets ou graviers dont des silex émoussés à patine noire luisante. Ces sables sont le plus souvent enrobés d'une matrice argileuse ou marneuse ;
- de marnes blanchâtres, de teinte rose-mauve ou verte plus ou moins foncée, irrégulièrement argileuses, parfois sableuses associées à des indurations calcaires ou grés-argileuses ;
- d'argiles gris-bleu ou verdâtres, parfois saumon, fréquemment gris noirâtre, généralement peu ou pas sableuses, incluant souvent des éléments calcaires de très petite taille (quelques millimètres), blancs, poudreux, très rarement indurés.

Ces argiles fréquentes au toit de la formation, assurent la transition lithologique avec les Sables et argiles de Sologne sus-jacents.

La fraction argileuse étudiée par diffractométrie de rayons X montre la prédominance (9/10) des smectites ou interstratifiés illite-smectites sur la kaolinite et l'illite.

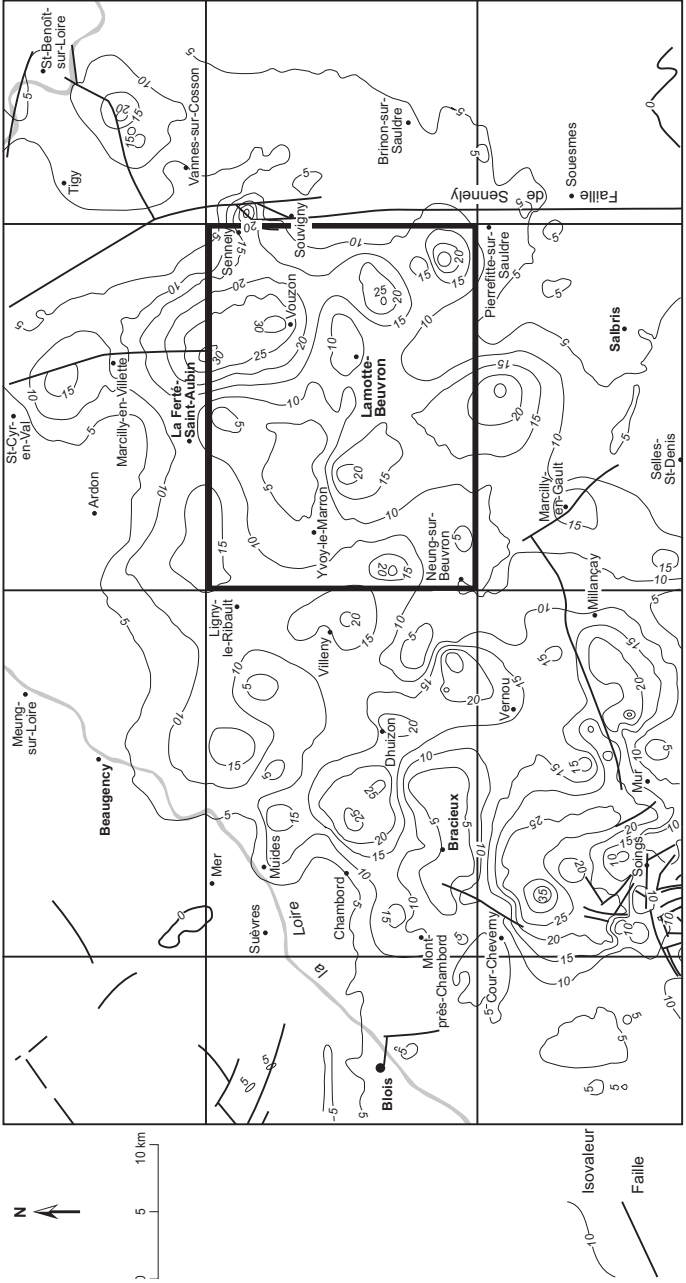
Ponctuellement, les Sables et marnes de l'Orléanais témoignent d'influences marines dans des sédiments toujours riches en matière organique. Ainsi, plus au Sud, à Salbris, J. Manivit (1985, inédit), a récolté en forage (461-7-57), à 44,40 m et 44,65 m, des argiles gris brunâtre foncé accompagnées de granules calcaires. Associé à ces faciès, des débris osseux, des bivalves et une microfaune composées de petits foraminifères benthiques parmi lesquels C. Monciardini a reconnu *Cibicidides*, *Discorbides* et éventuellement *Nonionides*. Cette microfaune et la présence de spicules siliceux témoignent de l'extension de la mer des faluns. Plus à l'Est, celle-ci atteint même Clémont (1/50 000 Aubigny-sur-Nère, Fleury 1990).

Les Marnes et sables de l'Orléanais du centre de la Sologne, hormis quelques phytoplanctons et foraminifères marins, sont généralement pauvres en fossile et leur microflore est identique à celle des Sables et argiles de Sologne sus-jacents. Toutefois, dans les zones septentrionales d'affleurements proches des limites d'extension de la formation, les fossiles continentaux peuvent être relativement abondants (mammifères, mollusques, poissons, reptiles). Ils donnent des âges qui s'étendent du Burdigalien (Stehlin 1907, 1925 ; Mayet, 1908 ; Denizot, 1927) au Langhien. Ces âges sont ceux des faluns du Blésois (gisement de Beaugency-Tavers) dont L. Ginsbourg (1974) a établi la contemporanéité. Les mélanges de faunes marines et terrestres, maintes fois observés dans les dépôts faluniens de bordure ne seraient en fait que de banales interstratifications (Fleury, 1992).

Au Sud, sur la feuille à 1/50 000 Salbris, les dépôts lacustres ont fourni quelques restes de characées :

- *Chara notata*, *Stephanochara ungeri* s'éteignent au cours de l'Aquitaniens ;
- *Stephanochara rochetti* a une durée de vie limitée à l'Aquitaniens supérieur ;
- *Stephanochara berdotensis* et *Nitellopsis (Tectochara) cf. ginsburgi* apparaissent au Burdigalien.

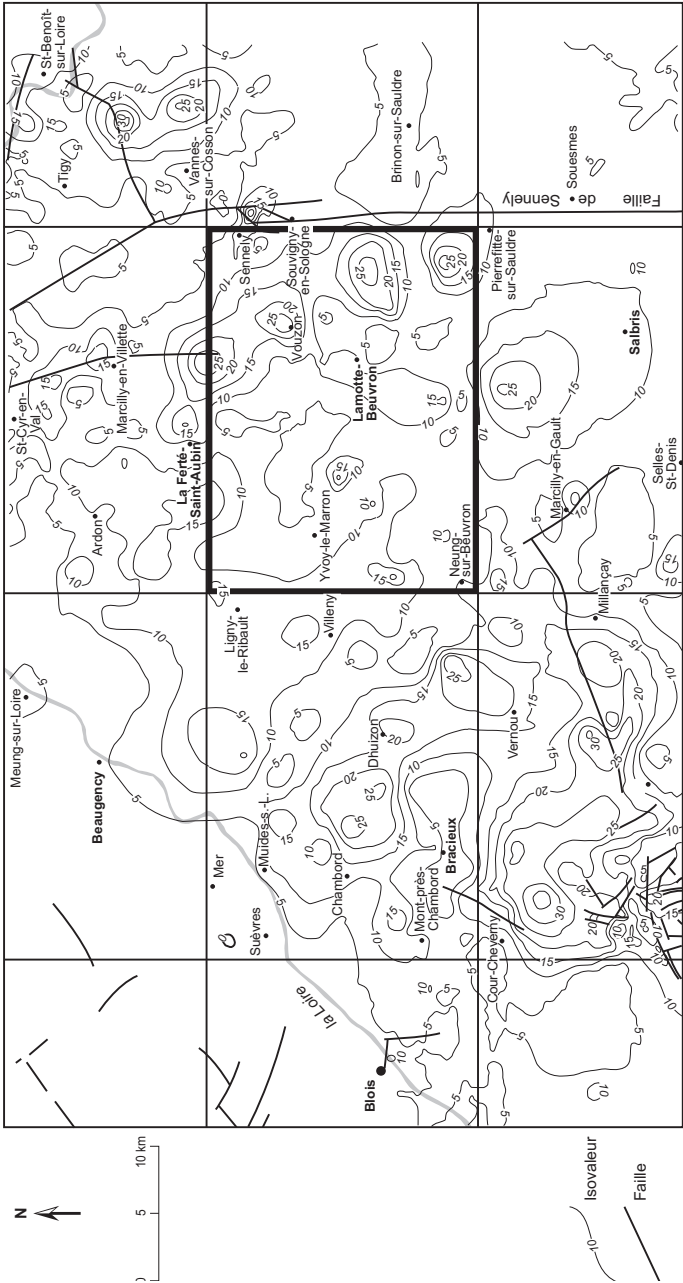
Les premières espèces citées donnent à la formation un cachet plus archaïque que celui qui lui est assigné. Elles pourraient être l'indice d'une sédimentation plus ou moins précoce, mieux préservée. Sur les bordures, auraient été conservés les termes de base d'âge Aquitaniens en continuité sédimentaire avec les calcaires lacustres de Beauce et dans la partie haute, les termes les plus récents, d'âge Burdigalien à Langhien.



Carte 16 - Carte isopaque des Marnes et sables de l'Orléanais (ss)



Carte 17 - Carte de répartition des maxima d'épaisseur des formations de l'Orléanais - en gris les zones de maxima d'épaisseur des Marmes et calcaires de l'Orléanais et en noirâtre les Marmes et sables de l'Orléanais



Carte 18 - Carte isopaque des Marnes et Calcaires de l'Orléanais s/





La carte d'épaisseur (carte 16) des Marnes et sables de l'Orléanais (*s.s.*) montre elle aussi, comme les Marnes et calcaires de l'Orléanais, une distribution hétérogène en îlots.

Sur la Sologne, des épaisseurs variant entre quelques mètres et 30 m sont observées, un maximum de 35 m est observé sur Romorantin (Fleury *et al.*, 1997).

Sur Lamotte-Beuvron, de fortes épaisseurs sont présentes à l'Est, parfois supérieures à 25 m, formant un corps allongé, selon un axe de Pierrefite-sur-Sauldre à Marcilly-en-Villette. Par ailleurs, les épaisseurs varient de 5 à 15 m.

On remarquera en comparant les cartes précédentes (cartes 15 et 16) que les masses argilo-calcaires s'intercalent entre les corps sablo-argileux (carte 17). Ainsi les relations géométriques montrent que l'assise argilo-calcaire (variation d'épaisseur de 0 à 15 m) est compensée partiellement par les corps sablo-argilo-carbonatés.

Si l'on cumule les deux unités pour former une entité compréhensive, les Marnes et sables de l'Orléanais (*s.l.*), les épaisseurs totales (carte 18) montrent également une forte variabilité avec toujours les fortes épaisseurs réparties selon des îlots isolés par des zones à faible épaisseur. Cette distribution actuelle est la résultante d'une subsidence différenciée : différence entre bordure et centre du bassin, incidences des accidents tectoniques tels que failles, horsts ou grabens et des processus de dépôts sédimentaires qui génèrent eux-mêmes des reliefs spécifiques tels que emboîtement de terrasses, plaine alluviale, chenaux érosifs, levées. La part relative des différentes causes n'est pas évidente à dégager.

En superposant la répartition des épaisseurs supérieures à 15 m des Marnes et sables de l'Orléanais (*s.l.*) à la carte structurale du toit de cette même formation (carte 19), on constate que les « massifs » épais correspondent à des secteurs situés en partie haute vers les cotes + 80 à + 90 m et sont « contournés » par des chenaux incisés vers les cotes + 60 à + 75 m. Ces chenaux sont à remplissages de Sables et argiles de Sologne.

Parfois, des sillons recoupent les zones épaisses comme à l'Est de La Ferté-Saint-Aubin et à l'Est de Mur ; cet illogisme pourrait correspondre à des artefacts liés à l'interpolation de forages de répartition géographique irrégulière.

Pour expliquer la morphologie actuelle du bassin, globalement en dépression par rapport à ses bordures avec une cote minimale vers + 65 m et pour tenir compte de la polarité d'écoulement du réseau fluviale d'Est en Ouest, il faut impliquer une subsidence relative du centre bassin, de l'ordre de 35 à 40 m, pour franchir le seuil occidental (cote + 95 m). Le long de ce seuil, les informations

tectoniques ne sont pas précises mais on peut imaginer une flexure NNW-SSE localement accidentée de failles (schéma structural).

## DESCRIPTION DES TERRAINS AFFLEURANTS

### *SUBSTRATUM SÉDIMENTAIRE*

m<sub>3</sub>-p<sub>1</sub>So. **Sables et argiles de Sologne : sables quarzo-feldspathiques hétérométriques et argiles (Miocène moyen à Pliocène inférieur (Langhien – Zancléen)) (15 à 60 m).** La formation des Sables et argiles de Sologne est l'unique formation géologique antéquatenaire affleurante.

Dans cette partie de la Sologne, les Sables et argiles de Sologne sont souvent masqués par des matériaux alluvionnaires, en place ou colluvionnés. Quelques rares carrières et des sondages dont une quarantaine réalisée spécifiquement pour le levé de la carte sont donc les seuls moyens d'appréhender le contenu lithologique de la formation, combinaison de sables, de silts et d'argiles bleu-vert auxquels se mêlent parfois quelques rares silex.

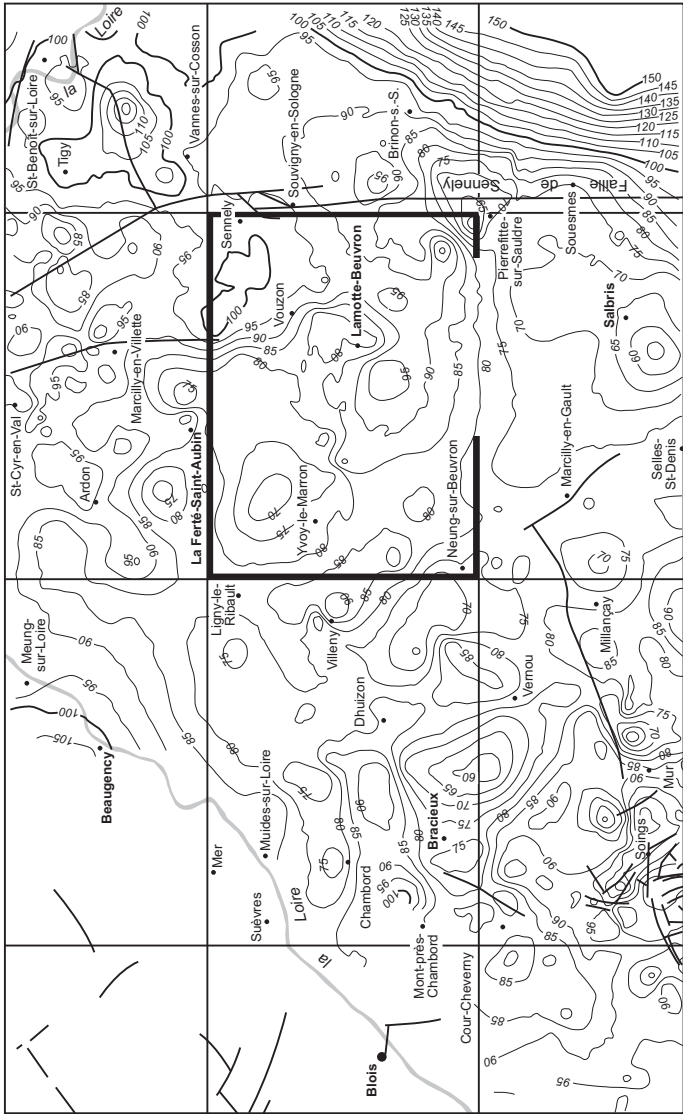
La stratification des Sables et argiles de Sologne est rarement visible mais quelquefois souligné par des bancs argileux intercalés. Toutefois, à environ 2 km à l'WNW de Lamotte-Beuvron, au lieu-dit Rhez, G. Denizot (1927) a observé des sables fins ou grossiers à stratification entrecroisées coupées de petites lentilles d'argiles grises.

La plupart des auteurs ayant travaillé sur la Sologne depuis J. Tourenq (1989) rapportent un niveau supérieur de la formation de Sologne, ou postérieur à celle-ci qu'ils associent aux Sables du Bourbonnais datés du Pliocène supérieur (Tourenq, 1989). Des limites cartographiques régionales ont été présentées dans divers travaux (Debrand-Passard *et al.*, 1998 ; Larue, Étienne, 2001 ; Larue, Étienne, 2002) mais sans précision suffisante.

La grande similitude des faciès sablo-argileux, potentiellement attribuables au Sables et argiles du Bourbonnais, avec les Sables et argiles de Sologne *s.s.* sous-jacents et le contexte d'affleurement difficile, n'ont pas permis de proposer une limite cartographique faisant apparaître les Sables du Bourbonnais. La dénomination proposée ici (Sables et argiles de Sologne) pourrait correspondre à l'appellation usitée cartographiquement par J.P. Larue (2003a, 2003b) regroupant Sables et argiles de Sologne et Sables du Bourbonnais en un seul figuré ce qui repousserait alors la limite supérieure de la formation au Pliocène supérieur.

Les observations recueillies sur les feuilles Bracieux et Lamotte-Beuvron montrent des faciès assez différents entre ces deux cartes, les Sables et argiles de Sologne à l'Ouest sont essentiellement argileux à argilo-sableux contre des faciès





Carte 21 - Carte de l'isohypse de la base des Sables et argiles de Sologne

sableux à sablo-argileux sur le domaine de Lamotte-Beuvron. Ces variations pourraient renseigner une variation latérale de faciès logique compte tenue de la direction d'écoulement vers l'Ouest et le Nord-Ouest, ou la signature mieux conservée des Sables du Bourbonnais sur le territoire de Lamotte-Beuvron.

Rappelons enfin que les contours du Pliocène supérieur proposés par S. Debrand-Passard *et al.* (1998) correspondent *in fine* avec les limites des cailloutis culminants (FuL) qui sont quaternaires (*cf.* partie suivante).

Sur la Sologne, l'épaisseur enregistrée dans les forages (carte 20) peut atteindre 65 m vers Pierrefitte-sur-Sauldre à l'Ouest de la faille de Sennely.

Cette carte est largement faussée par les incisions au niveau des vallées quaternaires. Elle représente le stade actuel de conservation de la formation. En raison des érosions ultérieures, la carte des épaisseurs montre deux corps principaux résiduels, l'un orienté E-W : Vouzon – Dhuizon (ligne de crête des Cailloutis culminants), l'autre, orienté NE-SW : Souvigny – Salbris.

Sur la carte de Lamotte-Beuvron, l'épaisseur varie de 40 à 55 m, sous les Cailloutis culminants, avec le maximum vers Ivoy-le-Marron. Dans les vallées, du fait de l'incision quaternaire, l'épaisseur est réduite de moitié.

Pour tenter de reconstituer la géométrie initiale de cet ensemble alluvial, le toit étant érodé, il faut analyser la forme de la surface de la base de la formation. Des zones profondes (carte 21) dans le bassin, se situent à l'altitude de + 60 m en Centre-Ouest (Ouest de Vernou) et Sud-Est de la Sologne (Salbris). Ces zones profondes s'alignent selon des sillons sinueux (carte 19). Un système en chevelu se développe au Nord-Ouest avec des axes principaux : Yvoy-le-Marron, Ligny-le-Ribault, Chambord, Mur – Cour-Cheverny. Un autre plus rectiligne s'individualise au Sud-Est de Brinon-sur-Sauldre à Salbris, au pied de l'escarpement limitant au Nord-Ouest la Sologne berrichonne. Des axes hauts séparent les chenaux, en particulier la zone haute Vannes-sur-Cosson – Lamotte-Beuvron semble séparer le système en chevelu du système rectiligne.

## **Principaux faciès lithologiques**

### **• Sables, silts et silex**

Les différentes classes granulométrique sont toutes présentes mais avec un tri en « strates » de même granularité. La teneur en argile est variable. R. Honorato l'a évalué à 18 % à proximité de La Ferté-Saint-Aubin. Les sables moyens prédominent sur les sables grossiers ou très grossiers et les sables fins. Les grains subanguleux luisants correspondent à 50 % de la fraction sableuse, les anguleux luisants à 30 % et les anguleux à 20 %. Il n'y a pas de grains éolisés. Par lessivage superficiel, les sables grossiers donnent à la formation un aspect « gros sel » caractéristique.

L'étude qualitative des minéraux montrent un matériel quartzo-feldspathique avec des feldspaths qui s'écrasent au toucher. Les quartz prédominent mais les feldspaths représentent 1/4 à 1/3 de la masse sableuse. Ils sont potassiques (80 à 90 %) ce qui n'exclut pas, dans le matériel originel, la présence d'autres feldspaths, peut-être plus sensibles à l'altération et aujourd'hui en grande partie détruits. Les minéraux lourds de la fraction sableuse (analyses Tourenq *in* Fleury, 1991) sont représentés par staurotide, disthène, tourmaline, anatase, andalousite, zircon du socle, monazite, magnétite.

Les quartz de ponce, témoins du volcanisme mondorien, sont absents.

Quelques silex toujours émoussés, de 10 à 40 mm de taille maximale, peu abondants, se rencontrent également mais de façon plus accidentelle et largement disséminés dans des strates argilo-sableuses sur 1 à 3 m d'épaisseur, principalement dans la partie inférieure de la formation. Il s'agit de silex rouges (y compris à la cassure) à l'aspect jaspé, mais plus fréquemment de silex bruns à patine noire luisante caractéristique (feuille Argent-sur-Sauldre et Bracieux).

Au Nord de la commune de Bracieux, un sondage a mis en évidence la présence d'un niveau de graviers propres, de quartz hyalin et de silex de couleur brun-miel. Ce niveau, épais de 6 m, est très bien classé, non argileux et recouvert par 5 m d'argile verte.

Parfois les argiles ou les sables constituent une roche plus ou moins indurée : Argilolite de Sologne (Denizot, 1927) ou encore Grès de Brinon ou Grès de Ménétreol (Raulin, 1846 ; Gauchery et Dollfus, 1893 ; de Grossouvre, 1897 ; Vatan, 1947 et Rasplus, 1978). Ces indurations par silicification, sans changement de teinte, donnent un matériel friable et affectent aussi bien les fractions sableuses que celles argileuses.

L'examen en lame mince d'échantillons, prélevés sur le territoire de la feuille Aubigny-sur-Nère, tant à l'affleurement qu'en sondages, montre une transformation de la fraction détritique par corrosion, fractionnement ou accroissement voire néoformation des quartz (Ménillet *in* Fleury, 1991). Les feldspaths plus rares (parfois absents), potassiques pour l'essentiel, sont toujours altérés. Le ciment argilo-siliceux (argile, calcédonite) contient des microquartz détritiques ou néoformés. Il est parfois imprégné par des oxydes de fer. Parallèlement s'observe une perturbation dans la cristallisation des argiles avec augmentation de la proportion de kaolinite au détriment de celle des smectites. Sur la feuille Lamotte-Beuvron, seuls les faciès argileux silicifiés ont été observés (Fleury, renseignement oral).

### • *Argiles*

Les argiles sont généralement de teinte gris-bleu à vert pâle lorsqu'elles sont fraîches. Elles deviennent brunes par altération.

L'importance respective des composants argileux et sableux à l'intérieur des Sables et argiles de Sologne suit les variations lithologiques : sables, sables argileux, argiles sableuses, argiles. Il n'est donc pas constant. Lors du levé du 1/50 000 Argent-sur-Sauldre, une étude par diffractométrie de RX fut effectuée sur 120 échantillons à forte fraction argileuse. Prélevés par sondages à différentes profondeurs, ceux-ci ont montré la prépondérance des smectites associés à des interstratifiés illite-smectite. La kaolinite, pour sa part, ne représentait que 25 % de la fraction argileuse et l'illite apparaissait sous forme de traces.

Les analyses de la fraction argileuse engagées lors du levé de la carte géologique de Bracieux montrent que la phase minérale constituant les argiles des Sables et argiles de Sologne est essentiellement de la smectite (Sm) dont la teneur varie entre 44 et 91 % avec une moyenne de 75 %. L'illite (I) est également présente mais dans des proportions relativement faibles : entre 1 et 7 % et une moyenne de 1,8 %. La seconde phase minérale la plus importante est la kaolinite (K), 8 à 51 %, soit une moyenne de 22 %. Cette dernière phase augmente avec l'altération des feldspaths (51 %) dans les niveaux sableux (Cruz Mermy *et al.*, 2007).

### Âge des dépôts

Dépourvus de faune, les Sables et argiles de Sologne étaient initialement considérés comme datés du Miocène inférieur (Burdigalien). Les relations stratigraphiques avec les Marnes et sables de l'Orléanais et du Blésois et les intercalations des faluns (Langhien-Serravalien-Tortonien) avec les Sables et argiles de Sologne tendent à les rajeunir et à les dater du Miocène moyen au Pliocène inférieur (Zancléen). En effet, leur mise en place en continuité avec les Marnes et sables de l'Orléanais et du Blésois, dont les termes ultimes sont du Langhien inférieur, démontrerait que cette formation aurait pu débiter dès le Langhien.

Des analyses effectuées sur le territoire de la carte de Romorantin montrent l'absence de minéraux lourds du volcanisme montdorien, ce qui indiquerait que les Sables et argiles de Sologne seraient antérieurs aux Sables et argiles du Bourbonnais donc antérieurs au Pliocène supérieur (Tourenq, 1989 ; Fleury *et al.*, 1997).

Ils sont donc d'âge Miocène moyen à Pliocène inférieur. La présence au sein de la formation de pollens à affinité tertiaire : *Carya*, *Sciadopytis*, *Engelhardtia* associés à des *Taxodiaceae* corrobore cette affirmation.

Les minéraux du volcanisme mont-doriens contenu dans les Sables du Bourbonnais ont en effet permis de dater cette formation au Pliocène supérieur (Tourenq, 1989).

Sans qu'une différence lithologique ne puissent être cartographiée précisément, les Sables du Bourbonnais recouvriraient ou auraient recouvert les Sables et argiles de Sologne (Tourenq, 1989 ; Fleury, 1991 ; Debrand-Passard *et al.*, 1998 ; Larue, Étienne, 2001 ; Larue 2003a et 2003b).

J.P. Larue et R. Étienne, 2001 reprennent les sondages effectués par L. Rasplus (1978) entre Cerdon et Blois. Ils décrivent : « sous les cailloutis de la terrasse (Fu), épaisse de 2 à 4 m, une formation sablo-argileuse épaisse d'une dizaine de mètres contenant des minéraux volcaniques notamment des quartz de ponce qui la rapprochent de la nappe des Sables du Bourbonnais datée du Pliocène supérieur ». Ils distinguent donc sous les Cailloutis culminants (Fu) les Sables du Bourbonnais reposant à leur tour sur les Sables et argiles de Sologne.

### *FORMATIONS QUATERNAIRES ET SUPERFICIELLES*

Les formations quaternaires se subdivisent en formations alluviales, colluvions de fonds de vallon ou de pente et limons éoliens. Quelques structures ou dépôts périglaciaires témoignent des climats froids, qui à différentes périodes du Quaternaire, ont affecté la région.

### **Formations alluviales : présentation**

Trois affluents de la Loire drainent le territoire de la feuille Lamotte-Beuvron : le Cosson au Nord avec pour affluent principal la Canne ; le Beuvron au Sud dont les eaux sont renforcées par celles de la Tharonne et du Néant et la Sauldre à l'extrémité sud-est (carte 1). Leurs sources émergent de la nappe des Cailloutis culminants. Tous ces cours d'eau s'écoulent en direction de l'Ouest. La nature des écoulements et l'aspect des rivières ont varié avec le temps. D'une manière générale, les alluvions quaternaires se distinguent des précédentes par des écoulements peu abondants et rapides, dans des lits chenalisés. Pour J.-J. Macaire (1981) cette tendance serait surtout le résultat de modifications d'ordre paléoclimatique (phases froides et humides sédimentogènes du Quaternaire). Cet auteur ne pense pas que l'évolution morphogénétique et tectogénétique ait été suffisante pour générer, par le biais de changements dans les pentes par exemple, de telles transformations hydrodynamiques dans les cours inférieurs des rivières. *Des travaux récents suggèrent une phase de surrection de la Sologne au cours du Quaternaire à l'origine de l'incision forte des rivières solognotes (Debrand-Passard et al., 1998 ; Larue, 2003a, 2003b ; Larue, Étienne 2002).*



Système Loire		Système Sologne	
Debrand-Passard et al. (1988)	Macaire (1981)	Fleury (1990, 1991, 1992) in Debrand-Passard et al. (1998)	Honorato (1971)
Plaine inondable Fz (0 m)	Fz	Plaine inondable Fz, Fy-z (0 m)	HP19-20
Très basses terrasses et montilles Fy (2-6 m)	Fy (6-7 m)	Basse terrasse Fyb (2-10 m)	HP18
Basses terrasses Fx (5-10 m)	Fx (10 m)	Basse terrasse Fya (5-15 m)	
		Fxc	HP6 - HP17
Moyenne terrasse Fw (10-20 m)	Fw (15 m)	Moyenne terrasse Fx (10-25 m)	Fxb
		Fxa	
Haute terrasse Fv (30-40 m)		Haute terrasse Fwb (25-30 m)	HP8
Plateau Fu, p, m-p (40-50 m), cailloutis préligériens, cailloutis culminants (Sologne et de la forêt d'Orléans)	Fv, p2 (35-40 m)	Plateau Fwa, Fv (30-40 m)	

Tabl. 1 - Équivalence morphologique et lithologiques possibles des systèmes fluviatiles solognots et ligériens, Debrand-Passard et al., 1998, modifié

Les périodes froides se marquent par des phénomènes éoliens, de la gélivation avec fentes de gel, de la solifluxion sur les versants. Les vallons se combleront plus ou moins partiellement de matériaux empruntés aux bordures des vallées et en été, les fleuves et rivières sont le siège de débâcles consécutives à la fonte des neiges avec la mise en mouvement d'une grande quantité de sédiments. La pédogénèse est marquée par le froid. Les périodes de réchauffement s'accompagnent d'un surcreusement du lit des cours d'eau avec maintien de terrasses résiduelles. La pédogénèse est de type tempéré à chaud, avec altération et lessivage marqué.

Quelques formations principales ont alimenté les alluvions du Cosson et du Beuvron. Ce sont par ordre d'importance : les Sables et argiles de Sologne, les Cailloutis culminants, les cailloutis du Sancerrois et la couverture éolisée sablo-limoneuse sus-jacente.

### **Notation des alluvions quaternaires de Sologne : problème de leur parallélisme avec les alluvions ligériennes.**

Les alluvions quaternaires des rivières de Sologne, affluents de la Loire, sont en l'état de la connaissance, dépourvues de tout élément de datation tant paléontologique que géochronologique. Pour les différentes feuilles du Sud de la Sologne, R. Fleury, avait utilisé des notations établies en fonction de l'étagement topographique local. Le nombre de niveaux atteint la dizaine. Pour tenter une corrélation avec la Loire, partant des travaux de M. Gigout *et al.*, 1970 et de J.-J. Macaire (1981), qui reconnaissent 5 niveaux morphologiques principaux (Fv, Fw, Fx, Fy et Fz), R. Fleury proposait un regroupement en 6 ensembles : Fwa ou Fv, Fw ou Fwb, Fx, Fy, Fy-z, Fz dans le système solognot (Debrand-Passard *et al.*, 1998) (tabl 1).

Sur les cartes de Bracieux et de Lamotte-Beuvron, achevées en 2007 et 2009, les formations alluviales solognotes ont été topographiquement calées sur les alluvions du système Loire sur la base d'une synthèse cartographique régionale (Giot, 2002).

Ce traitement a permis de réviser l'étagement et les emboîtements des terrasses sur l'ensemble de la région Centre. À partir des cartes géologiques départementales harmonisées, les terrasses alluviales ont été renotées en partant des dépôts ligériens les plus récents reconnus à l'aval, jusqu'aux placages et terrasses alluvionnaires les plus anciens et les plus élevés dans les secteurs amont des bassins versants. Sur la Sologne, le plus haut niveau de référence, correspondant aux Cailloutis culminants (FuL), a servi à caler les étagements alluviaux d'aval en amont et ce grâce à leur présence continue entre Mont-Près-Chambord et Cerdon.

Âge	Système Loire				Système Sologne			
	Debrand-Passart et al. (1998)	Macaire (1981)	Larue (2003)	Bracioux (Cruz Mermey et al., 2007)	Feuille Lamotte-Beuvron	Feuille Bracioux (Cruz Mermey et al., 2007)	Feuille Lamotte-Beuvron	Honotato (1971)
Tardiglaciaires - Holocène	Plaine inondable Fz (0 m)	Fz2	Fz	Fzal. à Fzel (Garcin et al., 2001)		Fz	Fz	HP19-20
Pléistocène sup.*	Très basses terrasses et montilles Fy (2-6 m)	Fz1 (2-3 m) Fy (6-7 m)	Fy			Fy	Fy (3-8 m)	HP18
	Basse terrasse Fx (5-10 m)	Fx (10 m)	Fx			Fxb (9-14 m) Fxa	Fxb (7-10 m) Fxa (12-15 m)	HP6 - HP17
Pléistocène moyen*	Moyenne terrasse Fw (10-20 m)	Fw (15 m)	Fw	FwL (15-20 m)		Fwb (15-20 m) Fwa (22-28 m)	Fwb (13-18 m) Fwa (16-24 m)	
~ 0.8 Ma (Fouris, 1989 in Larue, 2003)	Haute terrasse Fv (30-40 m)		Fv	FvbL (22-33 m) FvaL (40 m)		Fv (25-35 m)	Fv (22-30 m)	HP8
	Plateau Fu, p, m-p (40-50 m), cailloutis préligériens, cailloutis culminants (Sologne et de la forêt d'Orléans)	Fv, p2 (35-40 m)	Fu	FuL (50-60 m)				
(~ 1,75 Ma (Pastre, 1987), ~ 1,56 Ma (Laurent in Larue, 2003))			Ft (60 m), cailloutis culminants de la forêt d'Orléans et dépôts fleuve à augite					
Pliocène sup.	Sables du Bourbonnais							Sables du Bourbonnais
Mio-Pliocène	Sables et argiles de Sologne							Sables et argiles de Sologne

\* Âge supposé

**Tabl. 2 - Comparaison des notations des systèmes alluviaux solognots et ligériens, révisés 2**

L'étagement des terrasses de la Loire, tiré de cette synthèse, se corrèle bien aux découpages proposés par J.-J. Macaire (1981) et S. Debrand-Passard *et al.* (1998) (tabl. 2).

S. Debrand-Passard *et al.* (1998) ont proposé une équivalence entre les terrasses de la Loire et celles de Sologne (tabl. 1). Des différences y apparaissent en terme de notation ou de dénivellé entre les deux systèmes fluviaux (tabl. 1). Ils corrélaient par exemple les terrasses **Fwb** solognotes à la terrasse **Fv** de la Loire. On notera pour l'anecdote une erreur de cote indiquée pour la terrasse **Fwb** entre 15 et 30 m qu'il convient de corriger par 25-30 m.

L'analyse de l'étagement des terrasses ligériennes puis solognotes à l'échelle régionale nous permet de proposer ici une seconde corrélation qui apparaît plus cohérente (tabl. 2), et qui par ailleurs conserve le découpage principal des grandes unités alluviales.

Les différences d'attribution de notation et donc d'âge des terrasses alluviales de Sologne entre les cartes de Bracieux, Lamotte-Beuvron et les cartes pré-existantes sont probablement liées d'une part aux différentes échelles cartographiques et d'autre part du niveau de base, tout deux permettant de caler les niveaux d'incision et d'alluvionnement (tabl. 3). Il apparaît notamment que les alluvions des Cailloutis culminants de Sologne (**FuL**), passent sur la carte adjacente d'Argent-sur-Sauldre à des notations non homogènes et inadaptées (**Fv** et **Fw**) qui n'ont alors plus lieu d'être.

Les Cailloutis culminants de la forêt d'Orléans et des Cailloutis culminants de Sologne ont souvent été associés en un seul et même ensemble notamment du fait de leur position topographique dominant les alluvions quaternaires, en particulier à partir du secteur de Gien où s'opère la divergence. Cependant, J.P. Larue (2003a, 2003b) distingue la formation de la forêt d'Orléans en la rattachant aux dépôts du fleuve à augite (1,75 Ma), incisée par les Cailloutis culminants de l'axe Cerdon – Mont-Près-Chambord alors plus récents (tabl. 2).

Ces auteurs basent notamment cette distinction d'après le contenu en augite des dépôts reconnus en forêt d'Orléans ; les outils topographiques récents permettent par ailleurs de constater qu'ils surplombent d'une quinzaine de mètres leurs équivalents solognots.

Aux abords d'Argent-sur-Sauldre, un ensemble de très hautes terrasses, noté **Fv** sur la carte éponyme au 1/50 000, correspondraient aux cônes alluviaux passant latéralement aux Cailloutis culminants (**Fw**).

Ces niveaux **Fv** d'Argent-sur-Sauldre, sont interprétés par J.P. Larue (2003) en dépôts du fleuve à Augite et leur réattribue la notation **Ft**, approuvée par la synthèse géologique régionale. J.P. Larue corréla donc cette formation aux

Système Sologne		
<i>Fleury (1990, 1991, 1992) in Debrand-Passart et al., 1998</i>	<i>Feuille Lamotte- Beuvron</i>	<i>Honorato (1971)</i>
Plaine inondable Fz, Fy-Z (0 m)	Fz	HP19-20
	Fy-z(2-3 m)	
Basse terrasse Fyb (2-10 m)	Fy (3-8m)	HP18
Basse terrasse Fya (5-15 m)	Fxb (7-10 m)	HP6 - HP17
Moyenne terrasse (10-25 m)	Fxc Fxa (12-15 m)	
	Fxb Fwb (13-18 m)	
	Fxa Fwa (16-24 m)	
Haute terrasse Fwb (25-30 m)	Fv (22-30 m)	HP8
Plateau Fwa, Fv (30-40 m)		

**Tabl. 3 - Comparaison des notations des systèmes alluviaux solognots**

Cailloutis culminants de la forêt d'Orléans altimétriquement et minéralogiquement en les distinguant clairement de la formations des Cailloutis culminants qui arment la crête d'interfluve Cosson-Beuvron.

La distinction proposée par J.P. Larue (2003) semblerait pertinente, les cailloutis en rive droite de la Loire et les très hautes terrasses d'Argent-sur-Sauldre (rive gauche) se rattacheraient alors probablement en un niveau noté Ft attribué aux dépôts du fleuve à augite ou contemporain.

### **Origine des alluvions**

#### **• Contribution alluviale ligérienne (partie tirée de Fleury et al., 1991)**

Les hautes terrasses de rive gauche de la Loire se sont largement étalées d'Est en Ouest sur le vaste glacis constitué par le toit des Sables et argiles de Sologne. Les deux terrasses représentées (FuL et FvL) sont de composition proche.

Les plus gros éléments du matériel alluvial ligérien sont des silex généralement assez mal roulés, de toutes tailles (jusqu'à 150 mm dans leur plus grande dimension), dont l'abondance laisse supposer qu'ils sont, pour une part importante, d'origine proche (sancerroise du versant Loire par exemple). Les silex d'origine lointaine, dont de fréquentes chailles jurassiques, sont généralement mieux roulés. Ils se présentent souvent en galets de 20 à 50 mm à encroûtement noirâtre.

Le quartz (hyalin ou laiteux), généralement bien ou assez bien roulé, représente la fraction dominante du sédiment. Sous forme de sable hétérométrique, il constitue l'essentiel de la matrice tandis que les gros éléments atteignent couramment 50 mm, parfois 70 à 80. En général, les quartz d'origine ligérienne se distinguent des quartz empruntés au substrat solognot par une usure plus poussée. Altérés (très souvent) ou non, les feldspaths, en grains non roulés de 5 à 7 mm, sont omniprésents. Accessoires parmi les éléments grossiers, on observe, sous forme de petits galets, nombre de roches siliceuses d'identification difficile, dont de rares radiolarites.

La fraction argileuse de la matrice est dans l'ensemble peu importante. De couleur beige jaunâtre, elle devient localement brunâtre par oxydation.

### • **Contribution alluviale sancerroise**

Représenté par les apports de la Grande-Sauldre, le matériel sancerrois est moins varié que celui de la Loire. Sa fraction grossière est constituée de silex généralement mal roulés (les vrais galets sont rares), de couleur beige à gris jaunâtre en surface, de toutes tailles (jusqu'à 120 ou 150 mm), empruntés au Crétacé silicifié cS. Y figurent aussi de très rares quartz roulés de 10 à 25 mm, vestiges d'un maigre cailloutis du toit de l'Albien.

Les terrasses de la Sauldre (FVS, FwaS, FxS, FyS) se caractérisent par un faciès caillouteux dense d'éléments de grande taille notamment dans les faciès des hautes et moyennes terrasses. Dans le Sud-Est de la carte, ces dépôts marquent également des secteurs agricoles.

La matrice est un sable quartzueux assez fin, bien classé, fourni par la couverture sableuse (e) des argiles à silex et l'ensemble des corps sableux crétacés. À titre accessoire se rencontrent des sables grossiers quartzo-feldspathiques empruntés au substrat solognot et un sable hétérométrique lithique fait d'esquilles de silex. Les argiles de couleur jaune, brun clair, grisâtre ou rouille orangé, sont souvent présentes mélangées à la fraction sableuse.

### • **Zones d'influences respectives des systèmes alluviaux ligérien et sancerrois**

En rive gauche de la Grande-Sauldre, le matériel alluvial est exclusivement sancerrois. À l'Est et au Nord-Est d'une courbe représentant

la ligne de partage des eaux entre la Loire et le Beuvron, le matériel alluvial est exclusivement ligérien.

Sur le reste du territoire cartographié, les deux systèmes alluviaux confondent leurs apports.

Cette ségrégation géographique intéresse les apports alluviaux les plus anciens, FV voire FW, dont les matériaux, par remaniements successifs, se retrouvent mélangés dans les alluvions plus récentes.

### **Encaissement des dépôts**

En Sologne les Cailloutis culminants FuL, d'âge Pléistocène inférieur (Larue, 2003, Cruz Mermey *et al.*, 2007) sont emboîtés après une phase érosive dans les dépôts du fleuve à augite datés au Pléistocène précoce (Larue, 2003).

La très haute terrasse culminant la Sologne a été entaillée à son tour lors de l'encaissement Fv de la Loire au Nord de la crête FuL, puis ou parallèlement, par l'incision des rivières solognotes dont les dépôts ont été conservés au Sud de l'interfluve Beuvron-Cosson (FW de Fleury) (FVS, Fv).

Sur Lamotte-Beuvron, des lambeaux de cette très haute terrasse Fv sont observés vers la cote + 25 m par rapport aux rivières solognotes, corrélé au Nord-Est avec le niveau FvL (+ 40 m) de la Loire.

La terrasse Fw, bien développée en Loire, affleure en quasi continuité de Gien à Blois. Elle domine le lit mineur de 12 à 15 m vers Orléans et de 15 à 20 m vers Mer. En Sologne, sur le territoire de Lamotte-Beuvron, deux moyennes terrasses situées à + 25 m (Fwa) et + 15 m (Fwb), sont considérées comme équivalentes.

L'épaisseur cumulée lorsqu'il y a superposition des deux niveaux peut dépasser la dizaine de mètres, elle est ainsi comparable à celle observée en Loire. L'incision Fwa initie l'individualisation des bassins versants des rivières solognotes. Les dépôts associés sont bien représentés de chaque côté de l'interfluve Cosson-Beuvron

Entre Gien et Blois, les alluvions Fx de la Loire n'ont été reconnues qu'en de rares points où elles surplombent la plaine d'inondation de 6 à 8 m. Souvent entaillée par les niveaux postérieurs, leur épaisseur n'est pas connue avec précision. Sur Lamotte-Beuvron, les dépôts solognotes des moyennes terrasses Fx, situées vers + 8 m et vers + 12 m, sont bien représentés tant sur la vallée du Beuvron que celle de la Canne. C'est à l'occasion de l'encaissement Fx, que le réseau hydrographique actuel prend forme.

Les alluvions Fy de la Loire sont incluses dans la plaine d'inondation ou parfois, elles dominent les dépôts les plus récents (Fz) de quelques mètres. Une étude récente sur le Val d'Avaray (Garcin *et al.*, 2001) montre que les « montilles » qualifiées de terrasses Fy ou Fz1, sont d'âge holocène et appartiennent en fait à des levées sableuses dans le lit majeur Fz.

En Sologne, les alluvions Fy occupent des positions de 3 à 8 m au-dessus de la plaine alluviale et les alluvions Fy-z occupent une position proche, 1 ou 2 m au-dessus de Fz.

#### *ALLUVIONS ANCIENNES DES TRÈS HAUTES TERRASSES Fu*

**FuL. Alluvions de la très haute terrasse de la Loire ou « Cailloutis culminants » niveau + 45 à + 50 m au dessus de l'étiage : galets, graviers, sables et argiles (Pléistocène inférieur) (< 5 m).** Ces alluvions correspondent aux plus anciens dépôts du système ligérien et solognot. Parfois baptisés « Cailloutis culminants », ce nom vient de la position sommitale entre + 50 et + 60 m au-dessus du lit actuel de la Loire et de l'analogie avec une très haute terrasse dite des « Cailloutis culminants », définie en forêt d'Orléans (cartes géologiques Châtillon-Coligny : Gigout, 1977, Châteauneuf-sur-Loire :1970, Bellegarde : Gigot, 1984) qui correspond à la formation alluviale très élevée, résiduelle, d'altitude + 57 m par rapport à la Loire.

Les Cailloutis culminants de Sologne surmontent les Sables et argiles de Sologne, qu'ils érodent. Cette très haute terrasse forme un plateau à l'interfluve Beuvron-Cosson de Cerdon à Mont-Près-Chambord (Rasplus, 1982). L'altitude de la formation décroît de l'Est (+ 145 m) vers l'Ouest (+ 135 m) selon une pente régulière.

Ces cailloutis correspondent à la dénomination cailloutis pré-ligériens de G. Denizot (1927).

Les « Cailloutis culminants » auraient été largement déposés sur une grande plaine d'épandage par un fleuve préligérien qui prenait sa source dans le Massif central, parcourant la Sologne et la Beauce et se déversant pour un temps dans la Manche. Le tracé originel est difficile à établir, seuls des lambeaux subsistent tels ceux localisés sur la crête de Dhuizon-Villeny et la crête de la forêt d'Orléans.

Notons que les dénivelés entre ces dépôts et le niveau d'étiage de la Loire varient de façon significative entre la carte de Bracieux à l'Ouest et celle de Lamotte-Beuvron, alors que les dépôts sont continus d'une carte à l'autre. Ces variations peuvent suggérer des mouvements subsidents de la Sologne centrale durant le Quaternaire, phénomène également évoqué dans le chapitre traitement de l'évolution structurale régionale.



## Âge des dépôts

Initialement, les Cailloutis culminants furent considérés comme la partie sommitale de l'unité des Sables et argiles de Sologne (Rasplus, 1982) et d'âge Miocène moyen, mais leur composition et leur faciès ont permis de les distinguer en une unité à part.

D'après G. Denizot (1927), M. Gigout, (1977 ; feuille de Châtillon-Coligny), P. Jézéquel (1996) et S. Debrand-Passard *et al.* (1998), ils pourraient localement contenir des minéraux hérités du Massif central et du volcanisme montdorien, ce qui indiquerait qu'ils seraient du Pliocène supérieur et pouvant alors être rattachés au Sables et argiles du Bourbonnais (Debrand-Passard *et al.*, 1998).

Cependant, J.P. Larue et R. Étienne (2001) reprennent les sondages effectués par L. Rasplus (1978) entre Cerdon et Blois. Ils décrivent : « sous les cailloutis de la terrasse (Fu), épaisse de 2 à 4 m, une formation sablo-argileuse épaisse d'une dizaine de mètre contenant des minéraux volcaniques, notamment des quartz de ponce qui la rapproche de la nappes des Sables du Bourbonnais datée du Pliocène supérieur ». Ils distinguent donc sous les Cailloutis culminants (Fu) les Sables du Bourbonnais reposant à leur tour sur les Sables et argiles de Sologne.

J.P. Larue (1999) indiquent que les Cailloutis culminants sont dépourvus de quartz de ponce du Mont-Dore contrairement aux Sables du Bourbonnais ; de plus les pollens relevés dans la formation de la forêt d'Orléans la rattachent au Pléistocène inférieur (Farjanel *in* Gigot, 1984). Les zircons volcaniques récoltés à l'époque (Gigout, 1977) dans les Cailloutis culminants de la carte de Châtillon-Coligny pouvant être repris des Sables du Bourbonnais (Tourenq et Pomerol, 1995) ; ces derniers auteurs, sur la base du contenu en augite de ces mêmes Cailloutis culminants de Châtillon-Coligny, les rattachent aux dépôts au fleuve à augite datant du pléistocène inférieur.

En 2003, J.P. Larue distingue les Cailloutis culminants, tels que décrits sur l'interfluve Beuvron-Cosson entre Cerdon et Mont-Près-Chambord, des cailloutis de la forêt d'Orléans. Les premiers sont rapportés à de très hautes terrasses (F5 ou Fu) (Larue, 2003a), les seconds seraient plus anciens (F6 ou Ft) et rattachés aux dépôts du fleuve à augite daté à 1,75 Ma (Pastre, 1986), âge confirmé par une datation ESR à  $1,56 \pm 0,425$  Ma par M. Laurent, *in* J.P. Larue, (2003b).

Les Cailloutis culminants cartographiés ici en Fu seraient alors Pléistocène inférieur mais postérieur « aux Cailloutis culminants du fleuve à augite » que 1,75 Ma. J.P. Larue (2003a) indique que les alluvions des hautes terrasses (Fv) sont beaucoup plus riches en minéraux volcaniques et notamment en sphène ce qui indiquerait une signature minéralogique en réponse à l'activité du Sancy datant ces niveaux plus récents à 0,8 Ma.

Ces travaux récents imposeraient donc que l'appellation Cailloutis culminants ne soit plus usitée pour cette formation dominant l'interfluve solonote. Cependant, nous conserverons ce terme qui rappelle la position dominante de ces alluvions en Sologne et pour conserver une cohérence sémantique vis-à-vis des travaux pré-existants.

## **Lithologie**

Les Cailloutis culminants sont constitués de galets et graviers siliceux, sables quartzeux hétérométriques (parfois très grossiers) enrobés dans une matrice argileuse jaunâtre à grisâtre irrégulièrement oxydée. Les gros éléments sont, pour les plus abondants, des silex à patine noire luisante ou à croûte blanche ou grise, assez mal roulés de 80 à 100 mm de taille maximale et des quartz hyalins ou plus souvent laiteux voire colorés parfois à facettes, bien à assez bien roulés de 20 à 30 mm de taille moyenne, des roches siliceuses variées dont des chailles calloviennes (Denizot, 1927), des débris de grès gris phosphaté paraissant albiens, des fragments voire quelques perrons éocènes pluridécimétriques peuvent y être observés. Ces derniers seraient venus par « radeau de glace » (Gigout *et al.*, 1971) mais on peut aussi imaginer qu'ils ont voyagé accrochés aux racines d'arbres entraînés par les eaux. Les grains de quartz de la fraction sableuse montrent des traces de chocs peu nombreuses, à gradient de polissage (40 à 60 % de subanguleux luisants, 30 à 40 % d'anguleux luisants, et jusqu'à 20 % d'émoussés luisants). Les dépôts de silice secondaire sont rares (Macaire, 1981). Les feldspaths sont abondants, de 18 à 24 % et leur taille peut atteindre le centimètre. La formation est par contre pauvre en limons fins et grossiers (- de 10 %). La courbe cumulative indique un transport fluvial de moyenne énergie (Honorato, 1971). Les stratifications sont horizontales ou obliques. Dans ce dernier cas, elles sont entrecroisées, à surfaces d'érosion incurvées (concaves vers le haut) et chenaux de plusieurs mètres. Ces matériaux se consolident parfois en alios.

Les analyses de la fraction argileuse faites sur la feuille voisine de Bracieux, montrent une signature minéralogique originale à savoir : kaolinite (K) 86 %, illite (I) 9 %, vermiculite 5 % et la smectite (Sm) entre 0 et 5 %. La vermiculite pourrait provenir de l'altération des micas (Cruz Mermy *et al.*, 2007).

## **Altération**

Ces niveaux sont très fortement altérés. Plus à l'Ouest, J.-J. Macaire (1981) a reconnu un horizon Bt à matrice argilo-ferrique très abondante à kaolinite, smectite et bariolages gris et brun rougeâtre à rouge surmonté par un horizon A2 « podzolique » blanchâtre et glossique.

L'horizon A2, blanchi et glossique, généralement peu développé, pénètre en digitations de formes complexes dans le B2 tg sous-jacent. Il se reconnaît à sa

couleur claire, à ses marbrures brun pâle (10 YR). La perte de cohésion des grains et l'augmentation de porosité accompagne la destruction progressive de la matrice argilo-ferrique. Du fait de l'érosion, de la présence de colluvions et des actions pédogénétiques, cet horizon est rarement observable.

L'horizon Bt peut atteindre 5 m de profondeur. Il se subdivise en un horizon B2 tg (épais de 1,5 à 2 m) et un horizon B3t. La matrice argilo-ferrique de l'horizon B2 tg est répartie de façon uniforme (pas de bandes visibles) et colmate fortement le squelette quartzueux : l'ensemble du sédiment est dur et ne présente pas de structures par fragmentation. On distingue des plages dont la couleur varie du rouge (2,5 YR) au gris-brun (2,5 Y) : ce « bariolage » est souvent diffus et de forme quelconque. Les plages grises sont parfois bien circonscrites et présentent des formes allongées à grand axe vertical ou horizontal indépendantes de la stratification. Au-dessous, l'horizon B3t présente des bandes argilo-ferriques épaisses de plusieurs centimètres qui s'amortissent progressivement jusqu'à disparaître dans l'horizon C.

*ALLUVIONS ANCIENNES DES HAUTES TERRASSES Fv  
(PLÉISTOCÈNE INFÉRIEUR À MOYEN SUPPOSÉ)*

**FvL. Alluvions de la haute terrasse de la Loire + 30 à + 36 m : sables, graviers, galets : sables graviers et galets émoussés (< 2 m).** Les dépôts les plus anciens, succédant aux Cailloutis culminants, correspondent aux premiers dépôts de la Loire qui initie sa migration vers le Nord. Ils incisent nettement les alluvions FuL et les dépôts miocènes.

Au Centre de la carte, ces alluvions ont été observées vers la cote + 132 m NGF contre 138 m NGF sur la bordure orientale, au Nord-Est de Vouzon, à près de 35 m au-dessus du lit de la Loire.

Les dépôts traversés à la tarière à main sont des sables quartzueux blonds, moyens à grossiers, riches en graviers de quartz hyalins et contenant localement des galets de silex émoussés. Leur épaisseur peut atteindre 2 m.

**Fv. Alluvions de la haute terrasse, du Beuvron et du Néant + 22 à + 27 m : sables graviers et galets émoussés (~ 1 m).** Les premières alluvions individualisant le val du Beuvron apparaissent sur un replat morphologique à l'Est de Chaumont-sur-Tharonne vers la cote 130 m.

Il s'agit de sables et graviers alimentés en grande partie par les Cailloutis culminants et par les sables mio-pliocènes.

L'épaisseur de ces terrains n'est pas connue précisément mais pourrait dépasser le mètre.

**FvS. Alluvions de la haute terrasse Grande Sauldre) (+ 23 à + 30 m) : galets de silex, sables et graviers (< 2 m).** Les dépôts très caillouteux armant un petit plateau agricole au Sud-Est de la carte tranchent tant d'un point de vue lithologique que granulométrique des autres dépôts des hautes et très hautes terrasses.

Il s'agit d'alluvions particulièrement grossières, constituées d'une fraction de galets jaune miel, peu émoussés à émoussés dans une matrice sablo-graveleuse et quartzreuse.

Leur composition traduit l'origine sancerroise des matériaux, soutenue par un plus faible degré d'usure des galets indiquant une source moins lointaine que les galets ligériens.

Ces cailloutis ont été également observés au Nord de Nouan-le-Fuzelier (cote 130 m NGF) qui contiennent des galets de silex jaune de 4 cm.

En bordure orientale de la carte, ils affleurent vers la cote 140 m, soit 5 m plus bas que les alluvions FuL.

Ils ont été observés dans des fossés routiers sur moins d'un mètre reposant directement sur les Sables et argiles de Sologne.

### **Période d'érosion « majeure » anté Fv**

Une période d'érosion, de plus en plus marquée vers l'aval, souvent qualifiée de majeure, succède à la phase d'alluvionnement du Pléistocène inférieur (FuL). Le réseau hydrographique actuel de la Sologne se crée par une incision de quelques mètres dans les Cailloutis culminants (FuL) qui couronnent les plateaux.

Cet épisode est sans doute assez long. L'érosion y témoigne d'un climat plutôt tempéré, peu sédimentogène, sans crise froide importante. Des phases mineures d'alluvionnement, gommées par l'érosion ultérieure, ont pu s'y intercaler.

### **Période d'alluvionnement Fv**

Elle traduit la première phase froide importante. Compte tenu de l'information fragmentaire, il n'est pas possible de préciser si ces alluvions correspondent à une ou plusieurs phases de remblaiement. Dans ce dernier cas, les différents dépôts seraient séparés par des phases d'érosion mineures actuellement non visibles.

Au Nord des Cailloutis culminants, des résidus alluviaux (FvL), parfois réduits à une étroite bande, sont attribués à la bordure méridionale du lit majeur Fv de la Loire. Au Sud des Cailloutis culminants, les niveaux Fv (Beuvron et

Néant) et FvS (Sauldre) cartographiés correspondent aux premières incisions des rivières solognotes. Il faut noter une forte réduction de la profondeur d'incision de 15 à 20 m à l'Est en partie haute du bassin versant, pour 30 m à l'Ouest en partie moyenne du bassin versant. La pente moyenne du profil alluvial est voisine de 3 m au kilomètre.

L'épaisseur de ces alluvions peut, en certains lieux, dépasser la dizaine de mètres.

Ces alluvions inventoriées en sondages (tarière BRGM) sont constituées d'un sable hétérométrique, quartzeux, parfois argileux enrobant des silex émoussés dont la taille peut atteindre 90 mm et des quartz généralement bien roulés. Une étude pédologique a été effectuée par R. Honorato (1971) dans une coupe située en bordure du Cosson, au lieu-dit le Briou-du-Lude (X : 564,2 ; Y : 303,4 ; Z : 112 m), immédiatement au Nord, dans le périmètre de la feuille à 1/50 000 La Ferté-Saint-Aubin. Elle recoupe des alluvions sableuses (médiane : 266  $\mu$ m) relativement riches en feldspath (près de 20 %), dépourvues de graviers. La montmorillonite, 4 à 5/10 domine la kaolinite 3 à 4/10 et l'illite 1 à 2/10 (horizon Bt). Ces alluvions, les plus anciennes du Cosson (+ 16 m) sont surmontées de sables limoneux faiblement éolisés attribués au « Wurm ».

### **Profil d'altération**

Schématiquement, de haut en bas, on distingue un horizon A0/A1 (8 cm) brun grisâtre très foncé surmontant un horizon A2 (7 cm) brun-gris, peu développé. Au-dessous, on observe des horizons B2h, B2fe, B3, brun jaunâtre légèrement consistants (30 cm). Ces horizons sont ceux d'un sol podzolologique récent. Dessous, on relève des bandes sablo-argileuses, rouge jaunâtre, assez épaisses, compactes, très consistantes (à partir de - 45 cm), séparées par des interbandes jaune brunâtre moins argileuses. Plus fines, elles sont aussi plus nombreuses en profondeur où elles finissent par s'entrecroiser (horizons B3, B21t, B22t et B23t : 90 cm).

### *ALLUVIONS ANCIENNES DES MOYENNES TERRASSES Fw (PLÉISTOCÈNE MOYEN SUPPOSÉ)*

**Fwa. Alluvions anciennes de moyennes terrasses + 16 + 23 m : sables et graviers (< 2 m).**

**Fwb. Alluvions anciennes de moyennes terrasses du Beuvron et de la Tharonne + 15 + 18 m, Sables et graviers (< 2 m).**

**FwbC. Alluvions anciennes de moyennes terrasses du Cosson et de la Canne + 13 + 16 m, Sables et graviers (< 2 m).**

### *Période d'érosion « majeure » anté Fw*

Les terrasses **Fwa** sont situées 5 à 7 m plus bas que les terrasses **Fv** de la Loire et du Beuvron.

L'encaissement des cours solognots individualise définitivement les vallées du Cosson, du Beuvron lors de l'incision **Fwa**. C'est à ce niveau d'incision que l'on observe que le Cosson suit la Loire dans une migration vers le Nord associée à son enfoncement.

L'encastrement des vallées est important aussi les alluvions **FW** sont étagées et jamais emboîtées. En Sologne, selon R. Fleury (1992), cette phase d'érosion majeure inclurait deux épisodes de remblaiement en plus de la phase terminale.

### *Période d'alluvionnement Fw*

Les paléoliths des différentes rivières, plus larges que les suivants, s'étalent sur les deux versants des vallées actuelles. La phase d'alluvionnement **FW** paraît complexe malgré l'uniformité apparente des faciès. Sur Lamotte-Beuvron, seuls deux niveaux a et b sont distingués, séparés par 2 à 3 m de dénivelé.

Les alluvions **FW** du Cosson et du Beuvron sont essentiellement sableuses à sablo-graveleuses avec de petits galets de quartz épars.

Les terrasses **FW** du Beuvron n'ont été conservées que sur quelques points hauts, les dépôts **FW** du Cosson sont mieux représentés, mais dans la plupart des cas, ces terrasses **FW** sont très résiduelles.

**Fwa. Première phase d'alluvionnement.** Elle se situe altimétriquement 10 m en contrebas des Cailloutis culminants et quelques mètres au-dessus d'un second ensemble **Fwb** d'apparence identique. Le matériel sablo-graveleux se termine par un niveau plus sableux, éolisé.

**Fwb. Deuxième phase d'alluvionnement.** Les alluvions **Fwb** qui correspondent à cette seconde phase sont situées environ 3 à 4 m en contrebas des alluvions **Fwa**. R. Honorato (1971) en donne une description en un point situé en rive gauche du Cosson, sur la feuille à 1/50 000 La Ferté-Saint-Aubin. L'affleurement est localisé au lieu-dit le Bois-du-Roi, profil HP 17 (X : 562,5 ; Y : 302,0 ; Z : 102 m soit 6 à 7 m au-dessus du lit majeur du Cosson).

La puissance résiduelle de ces dépôts est voisine de 0,70 m. Les sables y prédominent (75 à 81 %) dont 60 % de sables moyens et grossiers. Le taux de gravier et galets ne dépasse pas 10 %. Les limons sont parfois suffisamment abondants pour que cet ensemble soit qualifié de sablo-limoneux. Les sables ont subi des remaniements éoliens syn- et souvent post-dépôt. L'âge de leur mise en place définitive est donc variable.

**FwaS. Alluvions anciennes de moyenne terrasse de la Grande Sauldre + 20 + 24 m (< 1 m).** Il s'agit d'alluvions aux caractéristiques proches de celles des terrasses FvS qui les ont alimentées en partie.

Ces dépôts sont grossiers, constitués d'une fraction de galet jaune miel, peu émoussé à émoussé dans une matrice sablo-graveleuse et quartzeuse.

Leur composition traduit, là encore, l'origine sancerroise des matériaux.

À la Rousselière, ils ont été décrits sur une soixantaine de centimètres, en couverture des dépôts mio-pliocènes.

Ces dépôts ne sont reconnus que dans le coin sud-est de la carte dessinant un méandre incisant l'ancien niveau FvS. Ces dépôts aussi caillouteux ne se retrouvent pas au-delà de l'interfluve Beuvron-Grande Sauldre, certainement érodés et repris dans les dépôts postérieurs du Beuvron.

L'encaissement FwS dans la terrasse FvS est de l'ordre de 5 m.

*ALLUVIONS ANCIENNES DES MOYENNES TERRASSES Fx  
(PLÉISTOCÈNE MOYEN À SUPÉRIEUR SUPPOSÉ)*

**Fx. Alluvions anciennes de moyennes terrasses du Beuvron et de la Tharonne + 8 à + 12 m : sables, graviers, argiles (< 2 m).**

**Fxa. Alluvions anciennes de moyennes terrasses du Cosson et de la Canne + 12 à + 15 m : sables, graviers, argiles (< 2 m).**

**Fxb. Alluvions anciennes de moyennes terrasses du Cosson et de la Canne + 7 à + 10 m : sables, graviers, argiles (< 2 m).**

**Troisième phase d'alluvionnement (Fx) :**

S. Debrand-Passard *et al.*, (1998) avaient choisi de les paralléliser avec la phase II (- 67 à - 1,40 m) du profil HP 17 (Honorato, 1971) et du niveau Fx<sub>1</sub> de J.-J. Macaire (1981). Les éléments sont plus grossiers avec près de 30 % de graviers. L'ensemble est stratifié avec des niveaux essentiellement sableux et d'autres graveleux. Les éléments fins prédominent dans la partie supérieure et sont constituées à 95 % de sables, 2 % de limons et d'environ 3 % d'argiles.

L'action éolienne affecte tout le profil HP 17. On observe une relative abondance de grains ronds ovoïdes-mats et de grains éolisés principalement dans la fraction 0,8-1 mm mais aussi dans la fraction 0,4-0,5 mm.

**FxS. Alluvions anciennes de moyennes terrasses de la Grande Sauldre + 12 à + 15 m : galets de silex émoussés, sables et graviers (< 1 m).** Les alluvions de la terrasse Fx de la Sauldre sont caractéristiques des dépôts d'origine sancerroise, riches en silex grossiers peu émoussés dans une matrice sableuse. Ces cailloutis ont été reconnus sur 60 cm d'épaisseur à la Rousselière.

#### *Profil d'altération*

Les alluvions Fx sont fortement altérées. R. Honorato, ci-avant, distingue des horizons A 11 et A 12 (0,7 cm) très foncés et un horizon A2 (12 cm) blanchi, sec et pulvérulent. La limite inférieure est nette et régulière. Les horizons B1, B2h, B2 fe et B3 (75 cm), brun foncé, présentent des taches plus foncées. D'autres plus petites, plus claires, déferriées apparaissent dans l'horizon B3.

Dessous, les horizons Bt (B21t, B22t et B31t : 70 cm), jaune brunâtre (10 YR 6/8), se reconnaissent à la présence de bandes plus foncées, progressivement plus régulières et plus continues en descendant. Entre les bandes, le matériel paraît plus dégradé. Ces horizons sont ceux d'un « vieux sol » moins évolué que sur l'unité Fwa.

#### *ALLUVIONS ANCIENNES DES BASSES TERRASSES (PLÉISTOCÈNE SUPÉRIEUR SUPPOSÉ)*

Ces formations ont été partiellement démantelées par l'érosion mais elles sont encore nettement reconnaissables sur les deux flancs des vallées. L'altération de ces dépôts peut être qualifiée de faible.

**FyS. Alluvions de basse terrasse de la Grande Sauldre + 5 à + 8 m ; alluvions sablo-graveleuses à galets de silex émoussés (1 m).** Les alluvions Fy sont découpées par les sinuosités de la plaine alluviale qu'elles dominent de 5 à 8 m. Elles sont accessibles à l'observation près de Pierrefitte-sur-Sauldre (angle sud-est de la carte).

Sur la carte d'Argent-sur-Sauldre, d'anciennes excavations profondes de 2 à 4 m montrent un sédiment à dominante sableuse, dont une notable fraction de sable quartzo-feldspathique, non argileux, incluant peu de gros éléments (silex uniquement). Quelques sondages de reconnaissance y révèlent aussi l'existence d'un matériel alluvial mieux fourni en silex irrégulièrement usés, dont les plus gros atteignent 80 à 90 mm.

Sur la carte d'Argent-sur-Sauldre, ces alluvions FyS sont puissantes de 5 m au sondage 6-37 et de 11 m au 7-27. En ce point toutefois, la base du dépôt



alluvial appartient probablement au cycle Fx. Sur le territoire de Lamotte-Beuvron, leur épaisseur est de l'ordre du mètre.

**Fy. Alluvions de basse terrasse des rivières de Sologne (+ 3 à + 8 m) ; sables grossiers à fins.** Les dépôts des terrasses Fy des rivières solognotes sont les plus représentées, en surface, sur la carte, du fait de leur relative jeunesse et qu'elles ne sont soumises à l'érosion que depuis « peu » de temps. En revanche, leur épaisseur dépasse rarement les 2 m.

Les alluvions Fy de ces deux rivières partagent certains caractères. Elles sont disposées en glacis dont la pente transversale, relativement au cours du collecteur, est plus accusée que la déclivité longitudinale.

Elles sont constituées de sables quartzeux, généralement bien lavés, dépourvus presque totalement de silex mais incluant toutefois une faible proportion de graviers de quartz à peine émoussés ou de galets.

#### *Période d'érosion mineure Fx-Fy*

La fin de la période d'alluvionnement Fx est marquée par des modifications climatiques assez sensibles. L'érosion reprend et se marque par une légère incision des vallées (quelques mètres) mais surtout une très grande extension du chevelu hydrographique.

#### *Période d'alluvionnement Fy*

Deux phases alluviales ont été distinguées par R. Fleury (Salbris, 1992 ; Romorantin, 1997). Altimétriquement, ces alluvions se situent quelques mètres au-dessus du plaines d'inondation. Sur Lamotte-Beuvron, malgré un encaissement variant de 2 à 6 m, la distinction n'a pas été faite.

Située immédiatement au Nord de la feuille Lamotte-Beuvron-Beuvron, au lieu-dit le Bois-du-Roi, le profil HP 18 établit par R. Honorato (1971) (feuille à 1/50 000 La Ferté-Saint-Aubin, X = 562,7 ; Y = 301,8 ; Z = + 98 m NGF) domine la plaine alluviale du Cosson d'environ 3 m. De haut en bas :

- phase I (0 à - 0,50 m) : sables faiblement limoneux (67 à 72 % de sables avec prédominances des sables moyens et grossiers). Les graviers sont rares et le taux d'argile est inférieure à 5 % ;
- phase II (0,50 à - 1,20 m) : sables argileux (67 à 72 % de sables avec prédominances des sables moyens et grossiers). Le taux de limons est inférieur à 13 %, et l'argile varie entre 12 et 20 % ;
- phase III (1,20 à - 1,80 m) : sables avec lits de graviers et de cailloux reposant sur un cailloutis de base qui fait la transition avec les Sables et argiles de Sologne sous-jacents.

Comparé à la cartographie de R. Fleury, il est possible que les phases I et II correspondent aux alluvions Fya et que Fyb se rattache à la phase III.

Les pics de fréquence maximale pour la fraction sable moyen indiquent un nourrissage important à partir des Sables et argiles de Sologne.

L'étude morphoscopique des sables montre qu'ils ont tous subi une action éolienne.

### *Profil d'altération*

Comme sur les dépôts plus anciens, il se développe un sol podzolique qui, près de la surface, est surtout marqué par l'hydromorphie. Les horizons A11 et A12 humifères, brun foncé, sont peu développés (6 cm). L'horizon A2 (5 cm), plus clair, sec, sablo-limoneux, n'est visible que lorsqu'il est sec. Quelques taches de couleur brunâtre témoignent de la pénétration d'humus. L'horizon B2h très mince (9 cm), gris violacé assez clair, est caractérisé par une faible accumulation de fer et d'aluminium libre ; l'humus irrégulier apparaît sous forme de taches. L'horizon B3g, gris brunâtre, voit le fer précipiter sous la forme de taches rouille très irrégulières, anastomosées, dendroïdes. À ce niveau, l'hydromorphie commence à intervenir. Ces niveaux surmontent un horizon à pseudo-gley typique (16 cm) avec formation de nodules ferrugineux. La teinte blanchie révèle une circulation latérale de l'eau et une redistribution marquée du fer. Les taches sont plus étendues, plus contrastées et représente 15 à 20 % de l'horizon. La limite inférieure est nette et régulière. Les horizons suivants, B21g, B22g, B3g (70 cm) sont gris puis gris verdâtre à taches rouge grisâtre à rouille. Ils reposent sur un horizon sablo-graveleux à taches d'hydromorphie (10 % du volume).

## *ALLUVIONS RÉCENTES*

### **Fy-z. Alluvions de très basse terrasse des rivières de Sologne (+ 2 à + 3 m) très sables et limons (Tardiglaciaire à Holocène supposé).**

Ces alluvions apparaissent en « montilles » isolées ou en témoins discontinus bordant et dominant le lit majeur de 1 à 2 m. Les matériaux superficiels sont ceux de la plaine alluviale.

Ils peuvent être recouverts de façon discontinu par un placage limoneux quartzeux de quelques décimètres d'épaisseur.

Deux phases d'alluvionnement peuvent être distinguées (Honorato, 1971 ; Fleury, 1992).

### *Période d'érosion mineure anté Fy-z*

Au cours de cette période de type cataglaciale (décroissance des glaciers), la formation alluviale Fy a été déblayée diversement selon les vallées ou leurs différentes sections. Le surcreusement atteint quelques mètres en contrebas de la plaine alluviale. Ces observations amènent J.-J. Macaire (1981) à conclure que l'abaissement du niveau de basse Loire, jusqu'à - 10 m au-dessous de la plaine d'inondation, ne s'est répercuté que sur le cours tout à fait inférieur de ses affluents.

### *Périodes d'alluvionnement Fy-z*

La surface d'érosion est scellée par les alluvions Fy-z. Il est possible que ces remplissages aient atteint des cotes initiales plus élevées que celles relevées actuellement. Ces alluvions correspondent à des cours d'eau bien alimentés sous un climat peut être plus froid et plus humide qu'actuellement. La stratification est rarement bien exprimée. Ces alluvions ne seront que faiblement entaillées pendant la période d'érosion (Fz) qui a suivi. Sur les bords de la plaine d'inondation, les alluvions Fy-z dominent les alluvions Fz mais dans le fond noyé du val, ce sont les alluvions Fz qui leur sont superposées.

Ces dépôts noyés par la nappe sont difficiles à observer à la tarière. Le profil HP 19 décrit par R. Honorato est située sur le Cosson (carte géologique à 1/50 000 La Ferté-Saint-Aubin, lieu-dit le Bois-du-Roi : X = 562,8 ; Y = 301,8 ; Z = + 96 m NGF). Il montre de haut en bas :

- 0 à - 0,55 m : sables limoneux (58 à 66 % de sables avec prédominance des sables moyens). Le rapport SF/SG varie entre 20/80 et 24/76. Les limons fins dominent légèrement les limons grossiers (13 à 16 % contre 9 à 12 %). Le taux d'argile est voisin de 11 %. Quelques rares graviers sont visibles ;

- 0,55 à - 0,70 m : sables argileux ou argiles sableuses. Les sables représentent 56 % avec prédominance des sables moyens. Les graviers sont légèrement plus abondants que dans le niveau sus-jacent. Le taux des limons est voisin de 12 %.

Dans l'ensemble de la séquence alluviale, les alluvions Fy-z sont les plus riches en limons et en argile. La moindre compétence des rivières pourrait en être la cause sans exclure de possible néoformation d'argiles, liée à des conditions partiellement hydromorphes et à un milieu confiné. Ces argiles d'origine secondaire s'ajouteraient à celles d'origine sédimentaire et expliqueraient leur taux plus élevé de matériel fin. L'étude morphoscopique révèle une action éolienne très faible. La granulométrie des sables mime celle des Sables et argiles de Sologne qui ont nourri ces alluvions.

### *Profil d'altération*

Ces alluvions présentent un profil pédologique peu évolué caractérisé par des horizons A11 (10 cm), A12g (15 cm) et A3g (10 cm) brun foncé à beige foncé.

La présence de fer se marque par des nodules ferrugineux puis par des taches ocre. Sous ces horizons, apparaît un pseudo-gley (10 cm), beige pâle, très décoloré, à taches rouille de 8 à 10 cm de diamètre, localement indurées, associées à des nodules noirs manganiques, de 15 mm de diamètre. La limite inférieure est soulignée par un niveau décimétrique de nodules plus durs et plus noirs (horizon g2m).

Les horizons B2g et B3g (12 et plus de 20 cm) sont de teinte gris foncé avec des taches rouille foncé. Quelques nodules noirs friables sont signalés dans B3g qui peuvent passer à un grison ou alios peu consolidé baptisé « turf » par R. Honorato (1971).

**Fz. Alluvions actuelles du lit majeur des rivières de Sologne : altération très faible à nulle. Sables grossiers à fins à passées argilo-limoneuses (Tardiglaciaire à Holocène).**

*Période d'érosion mineure anté Fz*

Cette phase d'érosion n'a déblayé que partiellement les alluvions Fy-z et leur base est généralement préservée mais le plus souvent à une cote négative par rapport au lit des cours d'eau actuel.

*Période d'alluvionnement Fz*

Les alluvions Fz sont généralement encadrées au sein de Fy-z. Très récentes, elles correspondent à la dernière phase de sédimentation et sont noyées temporairement. Une seule phase d'alluvionnement est observable.

R. Honorato (1971) a décrit ces alluvions en un point situé en rive gauche du Cosson, sur la feuille à 1/50 000 La Ferté-Saint-Aubin. L'affleurement (HP 20) est localisé dans le lit majeur du Cosson, au lieu-dit le Bois-du-Roi (X : 562,5 ; Y : 301,6 ; Z : 94 m au niveau des berges). Il montre sur 70 cm un sédiment fin argilo-limoneux, dépourvu de gravier et de galet, assez homogène sur tout le profil. Les sables sont peu représentés (11-30 %) et pratiquement sans fraction grossière. Les argiles correspondent à 28 et 46 % de l'ensemble, les limons fins sont compris entre 18 et 31 % et les limons grossiers entre 10 et 15 %. Le taux d'argile augmente en profondeur.

Ces alluvions présentent une altération très faible ou nulle.

*ÉTUDE COMPARATIVE DU DEGRÉ D'ALTÉRATION DES  
DIFFÉRENTES ALLUVIONS (d'après Debrand-Passard et al., 1998)*

Sous la couverture colluviale portant le sol actuel, les alluvions portent la trace de Paléosols. J.-J. Macaire (1981, p. 109-111) en établit la description dans le système ligérien.

*Formation Fv (altération très forte)*

Un horizon A2, blanchi et glossique, de teinte claire, affecte un horizon Bt subdivisé en B2tg rougeâtre, très colmaté à glosses grises, hydromorphe et B3t à bandes argilo-ferriques épaisses de plusieurs centimètres. Ce vieux sol présente les caractères d'un sol brun à tendance fersiallitique, lessivé, hydromorphe (Bt) dégradé ou « podzolisé » (A2).

*Formation Fw (altération forte)*

Un horizon A2, blanchi et glossique, pulvérulent, surmonte un horizon Bt souligné par une matrice argilo-ferrique, subdivisé en B2t et B3t à bandes argilo-ferriques brun rougeâtre et interbandes nettes. Le vieux sol (A2 + Bt) diffère peu du précédent par un colmatage incomplet du Bt.

*Formation Fx (altération moyenne)*

Les horizons B2t et B3t à bandes argilo-ferriques brunes moyennement développés sont présents mais l'horizon A2 de dégradation n'a pas été reconnu. Le vieux sol (B2t et B3t) a les caractères d'un sol brun lessivé.

*Formation Fy (altération faible)*

L'horizon Bt brun jaunâtre se distingue d'un horizon A plus riche en matière organique. Ce sol peut être classé dans les sols bruns faiblement lessivés à lessivés.

L'horizon A peut parfois être le siège d'une évolution podzolique superficielle actuelle (sol cryptopodzolique).

*Formation Fz (altération très faible ou nulle)*

Ces dépôts de la plaine inondable correspondent à des sols peu évolués, parfois brunifiés, de type (A) - C, A - C, ou A - (B) - C, à pseudogley ou gley.

R. Honorato (1971) avait préalablement réalisé une étude comparable dans le système solognot.

Comme pour les alluvions ligériennes, seuls sont décrits les vieux sols sous les sols actuels souvent podzoliques

*Formation Fv, profil HP 8 (altération très forte)*

On reconnaît un horizon A2, blanchi et glossique, surmontant un horizon Bt (5 YR 5/10) à bandes argilo-ferriques, pas totalement colmaté. En résumé, ce sol brun à tendance fersiallitique apparaît lessivé et dégradé.

*Formation Fw et Fx, profil HP 17 (altération forte)*

L'horizon A2, blanchi et glossique, affecte l'horizon Bt jaune brunâtre (10 YR 7/8) lui même subdivisé en B2t et B3t à bandes et interbandes nettes. Le vieux sol (A2 + Bt) diffère peu du précédent, mais le Bt est moins évolué.

*Formation Fy, profil HP 18 (altération moyenne)*

On ne trouve sous le sol actuel podzolique qu'un horizon B argileux et hydromorphe affectant les alluvions en place.

*Formation Fy-z, profil HP 19 (altération faible)*

Ce sol sur alluvions est un pseudogley primaire essentiellement dû à la richesse en argile du sédiment initial. Le fort colmatage s'explique par l'addition d'argiles issues du lessivage aux argiles sédimentaires héritées.

*Formation Fz, profil HP 20 (altération très faible ou nulle)*

Ces sols gorgés d'eau d'une façon semi-permanente sont peu évolués et marqués par l'hydromorphie (A-G) : dépôts de la plaine inondable.

En définitive, la comparaison des profils d'altération donne les résultats suivants :

- Fv ligérien diffère peu de Fv solognot ;
- Fw ligérien se corrèle avec Fw et le Fxa solognot ;
- Fx ligérien et Fxa et Fy solognots diffèrent quelque peu. A2 n'est pas conservé dans Fx mais repérable sur Fy quand il est sec. Il est donc moins caractéristique que dans les niveaux précédents. De même les horizons Bt sont présents dans Fx mais pas dans Fy où ce niveau fait place à un pseudogley ;
- Fy montre la présence d'un horizon Bt à bandes fines à peine perceptibles à sec. Au contraire Fy-z se caractérise par une évacuation verticale de l'eau difficile et la formation d'aliôs ;
- Fz tant ligérien que solognot montre un développement constant des gleys ou pseudogleys.

## **En conclusion**

Le système ligérien, comme le système solognot, comporte le même nombre de terrasses. Celles-ci présentent des altérations proches même si les alluvions solognotes se sont nourries à partir d'un matériel déjà partiellement épuisé. Enfin, notamment dans la partie aval déjà partiellement régularisée, l'encaissement des alluvions solognotes est du même ordre de grandeur. Les confusions sont possibles dans les zones amont des rivières de Sologne où les pentes des profils alluviaux s'accroissent et les terrasses se multiplient. R. Fleury reconnaissait 10 niveaux en travaillant dans la partie amont du bassin

versant. En cartographiant la partie moyenne et avale du bassin solognot corréable avec la Loire, nous aboutissons à 11 niveaux.

Cette complexité du bassin alluvial solognot nous incite à penser que ce domaine a pu enregistrer des sous-phases climatiques que le bassin ligérien n'a pas ou peu conservé. Il est aussi très probable que la subsidence de la Sologne, particulièrement évidente au Mio-Pliocène, a perduré pendant le Quaternaire et a provoqué ainsi la démultiplication des terrasses.

### *FORMATIONS COLLUVIALES*

**C. Colluvions de pente issues des anciennes terrasses alluviales : sables, graviers, limons et argiles (Quaternaire) (< 5 m).** Ces colluvions grossières issues du remaniement des alluvions sont très hétérométriques avec des éléments passant de la taille des galets aux sables moyens. Suivant la formation les alimentant, le matériel peut être essentiellement composé de silex orangés à marron sombre et/ou de quartz hyalins, assez bien roulés. Les colluvions riches en silex orangé seront issues du remaniement des Cailloutis culminants.

Localement, les colluvions ne sont composées que de sable et graviers très propres issus du remaniement des alluvions des hautes et moyennes terrasses, la fraction fine (silt, argile et débris de muscovite) reconnue ayant été lessivée et emportée.

Leurs épaisseurs sont variables suivant leur alimentation et la morphologie de leur zone de dépôts ; dans le Sud de la carte, leur épaisseur dépasse 2 m.

**CF. Colluvions de fond de vallon et alluvions non différenciées des collecteurs d'importance secondaire : graviers, sables, silts et argiles (Quaternaire) (< 5 m).** Les colluvions de fond de vallon correspondent à un mélange de formations remobilisées par les phénomènes de surface (solifluxion, gélifluxion, ravinement et ruissellement) et dont les dépôts s'accumulent sur les pentes ou dans les vallons sur de courtes distances.

Elles sont représentées par des dépôts fins, généralement silto-argilo à argilo-sableux, plus ou moins riches en matière organique. Elles se concentrent dans les petits vallons secs ou secondaires, alimentés latéralement par les formations qu'ils entaillent au fil des phénomènes de solifluxions et des ruissellements qui entraînent les éléments les plus fins. Des arrivées d'éléments grossiers caillouteux se font aux rythmes des événements pluviométriques plus importants.

L'épaisseur est généralement de l'ordre de 1 à 2 m, mais peut atteindre 6 m dans le département (feuille Cloyes-sur-Loir).

Sur la feuille de Lamotte-Beuvron, ces colluvions sont essentiellement issues du remaniement des « Sables et argiles de Sologne » et des terrasses alluviales. Ce sont des argiles limono-sableuses et des sables argileux fins à moyens, pouvant contenir quelques galets centimétriques repris. Les colluvions sont très sableuses à proximité des dernières terrasses (F<sub>x</sub>, et F<sub>y</sub>).

La composition argileuse de ces colluvions est directement en rapport avec les formations géologiques qui les alimentent. La signature minéralogique de ces colluvions est proche des formations de Sologne, à savoir un mélange en proportions variables de kaolinite, smectite, illite et inter-stratifiés.

**GK. Empreinte d'origine thermokarstique présumée (alas) : dépression à remplissage tourbeux supposées d'origine périglaciaire : tourbes, silts et argiles (Quaternaire tardiglaciaire à Holocène) (< 5 m).** Ces dépressions ont été reconnues lors de l'analyse stéréoscopique des photographies aériennes.

Ces structures superficielles sont interprétées comme des « alas » ou cryokarsts. Ces structures seraient des entonnoirs formés par la fonte ponctuelle du permafrost.

Au Quaternaire voire même dès la fin du Pliocène, pendant les périodes glaciaires où le sol ne dégèle pas (pergélisol), des lentilles de glace se développent au sein des niveaux perméables des formations alluviales voire des Sables et argiles de Sologne. À la fin des périodes glaciaires, au dégel, la fonte des lentilles de glace crée des dépressions circulaires appelées alas. Plusieurs périodes glaciaires s'étant succédées, les alas peuvent avoir des âges différents. Il n'est pas impossible aussi que certains aient fonctionné à plusieurs reprises. La taille des pingos peut varier de quelques dizaines de mètres à plusieurs centaines de mètres. Plusieurs facteurs tels que la taille de lentille perméable originelle, l'alimentation en eau de ladite lentille ou sa réactivation au cours de plusieurs épisodes, peuvent concourir à ces différences de taille.

Les alas de Sologne ne semblent pas posséder de bourrelet périphérique et, à ce titre, paraissent atypiques.

### **Limons éoliens**

Non cartographiés, ils sont néanmoins présents et recouvrent les Cailloutis culminants d'une couche éolisée sablo-limoneuse, qui atteint voire dépasse 1 m quant elle a été partiellement préservée de l'érosion. Ces limons ne sont pas stratifiés et ont été probablement remaniés par la solifluxion. La texture est homogène, sableuse (prédominance des sables



fins à moyens) plus ou moins limoneuse, plus fine que celle des alluvions. Les grains ronds-mats typiques ne représentent souvent qu'un faible pourcentage (moins de 12 % de ronds-mats typiques pour 48 % de grains éolisés). Ils abondent dans les fentes en coin (75 % de grains éolisés et 20 % de ronds-mats typiques) qui ont fonctionné comme piège pour les sables soufflés en période périglaciaire (Horemans, 1960-1961 ; Honoreta, 1971).

En coupe, ces limons tranchent nettement sur le substratum. D'origine périglaciaire, ils sont attribués au Wurm.

**X. Remblais anthropiques.** Cette notation regroupe habituellement tous les dépôts artificiels liés à l'activité humaine. Concernant la carte de Lamotte-Beuvron et dans un souci de lisibilité, toutes les digues des étangs et des remblais routiers n'ont pas été reportées sur la carte.

## STRUCTURATION ET DÉFORMATION MÉSO-CÉNOZOÏQUE RÉGIONALE

Le Bassin parisien doit son existence aux mouvements hercyniens (Blès *et al.*, 1989). Dès cette époque, son substratum est découpé en blocs, sous-blocs, voire en éléments plus petits.

D'après la carte de F. Guillaucheu *et al.*, (1999) (fig. 1), la feuille de Lamotte-Beuvron est située sur la bordure sud-est du Bloc cadomien, à cheval sur la faille de Sennely (faille de la Seine) séparant le bloc Cadomien de la Zone centre armorique.

### GRANDS TRAITES DE L'ÉVOLUTION GÉODYNAMIQUE DU SUD DU BASSIN PARISIEN

#### Cadre structural profond

Les données géophysiques disponibles résultent de campagnes de mesures réalisées de 1951 à 1955 par le BRGM ou la CGG avec une densité de stations variant de 1 à 0,2 par km<sup>2</sup>. Ces données ont été interprétées lors de synthèses précédentes (Weber, 1973 ; Debeglia et Weber, 1977 ; Debeglia et Debrand-Passard, 1980). Dans le cadre du levé géologique du 1/50 000 Lamotte-Beuvron, une nouvelle interprétation, rendue possible grâce à l'amélioration des techniques de traitements gravimétriques, a été entreprise afin de préciser la structure du socle de la région. Cette interprétation est basée sur une analyse automatique des gradients horizontaux et verticaux du champ gravimétrique (Castaing et Debeglia, 1992). Elle a été réalisée à l'aide du module d'analyse structurale inclu dans le logiciel GMI-PACK (Total-BRGM). Le schéma (fig. 2)

qui en résulte fait apparaître les principaux ensembles lithologiques dont les densités contrastent de manière importante par rapport à la densité moyenne du socle et les accidents qui les affectent.

Du point de vue de la lithologie, on distingue :

- le socle dévonien à l'Ouest ;
- le bassin permo-carbonifère Contres-Bourges d'orientation armoricaine (N120°E) qui se manifeste par une atténuation des anomalies gravimétriques associées au socle sous-jacent. À l'Est de Lamotte-Beuvron, une apophyse d'orientation N-S de ce même bassin permocarbonifère ; à l'Ouest, le bassin se dédouble. Au Centre, au Sud-Ouest de la feuille Romorantin, la fosse de Contres au droit de la structure de Chémery *s.l.* ;
- à l'extrême nord de l'emprise de l'étude, la terminaison méridionale du granité de Marchenoir ;
- au Nord-Est de l'étude, la terminaison occidentale du granité de Rebréchien ;
- immédiatement au Nord de l'emprise de la feuille Romorantin, une petite structure légère qui peut correspondre soit à un épaissement du bassin permo-carbonifère, soit à un dôme granitique que l'on pourrait dans ce cas dénommer granité de Bracieux ;
- quelques structures liées à des roches basiques, certaines sous le bassin permo-carbonifère pouvant aussi être interprétées comme des remontées du socle.

Du point de vue tectonique, un important réseau d'accidents limite et recoupe le bassin permo-carbonifère Contres-Bourges avec une prédominance des failles armoricaines (N120 °E). Un accident N-S important, parallèle à la faille de Sennely, limite vers l'Est une extension méridienne, déjà connue (Debégli, *in* Mégnien, 1980, p. 52), de la fosse permocarbonifère.

Des accidents N160 °E ayant rejoué lors de la mise en place de la structure de Chémery et d'autres N40 °E sont également visibles.

En conclusion, la carte gravimétrique souligne assez nettement la structuration armoricaine du socle de la région. Dans le détail, le bassin permo-carbonifère apparaît beaucoup plus complexe que ne le suggéraient les études antérieures. Une faille, parallèle à l'accident de Sennely, souligne la limite orientale de l'appendice de Lamotte-Beuvron.

## Événements paléozoïques et antérieurs

La région appartient au domaine structural Centre-armoricain (Autran et Dercourt, 1980) constitué de terrains d'âge Briovérien et Paléozoïque peu métamorphisés.

Pour C. Weber, (1973), l'anomalie magnétique du bassin de Paris et les failles qui l'accompagnent (failles de la Seine, de Sennely, de Sancerre) auraient pour origine un rift cadomien. La faille de Sennely pourrait s'être individualisée dès cette époque.

La tectogénèse éohercynienne se caractérise par une compression subméridienne, soulignée par des empilements d'unités lithostratigraphiques, et la création de couloirs de cisaillement de direction armoricaine, N120 °E (Castaing *et al.*, 1984).

Toutefois, l'essentiel de la structuration de ce domaine s'est réalisé durant la phase hercynienne (Namurien-Stéphanien) sous l'effet d'une compression N-S qui développe des plis droits et simples le long des grands accidents qu'elle induit.

Vers la fin du Stéphanien B et le début du Stéphanien C (- 300 Ma), une compression NW-SE produit localement des distensions à l'origine des fossés qui, au Sud du bassin de Paris, vont accueillir les dépôts carbonifères. Postérieurement, le domaine Centre-armoricain subit les effets des grands événements structuraux qui se produisent dans son environnement plus ou moins lointain. C'est le cas de la distension N-S, Stéphanien terminal - Autunien (295 Ma), responsable dans la région de la création des bassins permien cachés tel le bassin de Châteauroux (Debeglia et Debrand-Passard, 1980).

## Événements mésozoïques

Dans le Sud du bassin de Paris, les levés géologiques et de nombreuses études structurales et microstructurales (Debrand-Passard et Gros, 1980 ; Lerouge, 1984 ; Bergerat, 1985 ; Lerouge *et al.*, 1986 ; Blès *et al.*, 1989) soulignent le caractère polyphasé de la tectonique post-hercynienne, essentiellement cassante, qui affecte cette région. Les différents états de contrainte qui s'y exercent ont pour effet de réactiver les principales failles présentes dans le socle. Dans la couverture, les accidents se localisent à l'aplomb des structures cassantes hercyniennes et montrent sensiblement les mêmes orientations. Régionalement, ces accidents à jeu mésozoïque peuvent contrôler la sédimentation (Debrand-Passard, 1980-82 ; Lerouge, 1984).

## **Trias (- 245 à - 215 Ma)**

La faille de Sennely sépare deux domaines :

- l'un à l'Ouest, basculé en direction de l'Est, siège d'une importante sédimentation notamment en bordure de la faille (Zone Intermédiaire, Lerouge *et al.*, à paraître) ;
- le second à l'Est, plus stable (Lefavrais-Raymond, *in* Debrand-Passard, 1980-82).

La feuille de Lamotte-Beuvron s'inscrit sur le bloc armoricain.

## **Jurassique (- 205 à - 135 Ma)**

Les jeux successifs de la faille de Sennely accentuent le basculement en direction de l'Est du bloc armoricain.

Au Lias (- 205 à - 180 Ma), la transgression envahit progressivement la partie occidentale du bloc armoricain (Lefavrais-Raymond, pl. L1 à L6, 1980). Au Toarcien, les limites du domaine marin coïncident plus ou moins avec les limites actuelles du bassin de Paris (Lefavrais-Raymond, pl. L7, 1980).

La puissance du Dogger (- 180 à - 155 Ma) s'accroît également d'Ouest en Est jusqu'à la faille de Sennely (Giot, pl. JM 3 et JM 5, 1980). Callovien argileux exclu, sa puissance est similaire à celle du Lias (107 m à Soings 2).

L'existence de déformations syn-sédimentaires de courte longueur d'onde, plus ou moins bien exprimées selon le contexte sédimentaire local, ont rythmé l'histoire du Lias et du Dogger (Lorenz, 1992), de la marge sud du Bassin parisien en trois grandes périodes (Gély et Lorenz, 2006) :

- de l'Hettangien à l'Aalénien inférieur, l'augmentation progressive de l'accommodation dans l'ensemble de la région provoque au Toarcien moyen, la submersion totale des terres émergées ; le maximum d'accommodation à cet âge entraîne une uniformisation du domaine sédimentaire et estompe les déformations syn-sédimentaires de courte longueur d'onde ; les accidents majeurs définissant les zones isopiques sont essentiellement subméridiens à cette époque ;
- de l'Aalénien moyen au Bathonien moyen, les zones isopiques sont contrastées, contraintes par les accidents subméridiens mais également armoricains ; l'accommodation variable selon les blocs de socle, permet le développement de lacunes sédimentaires régionales et l'installation de plates-formes carbonatées progadantes sur les aires de sédimentation marneuse ; cela correspond aux échos des riftings téthysiens et de mer du Nord ;
- du Bathonien supérieur à l'Oxfordien supérieur, la tectonique est particulièrement active avec le rôle prépondérant des accidents armoricains ;

cette tectonique pourrait être associée à l'événement thermique, reconnu dans le bassin (Clauer *et al.*, 1995).

La famille d'accidents varisques reste discrète, mais est particulièrement active et de façon locale tout au long du Lias (la faille de Barangeon), en limite le talus de la plate-forme oolithique pendant le Bathonien inférieur et moyen *p.p.* (Gély et Lorenz, 2006).

Ces accidents à jeux syn-sédimentaires s'expriment actuellement en surface soit par une faille ou un faisceau de failles, soit par une zone de transition de quelques kilomètres, correspondant plutôt à un amortissement de type flexural d'une faille de socle dans la couverture sédimentaire (Gély et Lorenz, 2006).

Un arrêt ou un ralentissement de la sédimentation (oolites ferrugineuses) marque le passage Dogger/Malm. La subsidence s'accroît fortement au Malm (155 à 135 Ma), les jeux relatifs du bloc armoricain et du sous-bloc biturige sont souvent antagonistes et la puissance des dépôts s'équilibre presque de part et d'autre de l'accident de Sennely. Une particularité toutefois : la présence de faciès purbeckiens bien développés au niveau de Vierzon sur le bloc armoricain et inconnus sur le sous-bloc biturige (Debrand-Passard, 1980-1982).

### **Crétacé (- 135 à - 65 Ma)**

Le Valanginien est inconnu tant sur le bloc Armoricain que sur le sous-bloc Biturige. La mer, en provenance de l'Est, revient à l'Hauterivien mais reste cantonnée sur le sous-bloc Biturige (Mégny *et al.*, Pl. Ci 2, 1980). De même, le Barrémien et l'Aptien sont inconnus à l'Ouest de Vierzon (Manivit *et al.*, 1994). La sédimentation reprend avec l'Albien mais ne devient franchement marine qu'au début du Cénomaniens. Au Campanien, la région émerge une nouvelle fois et se trouve soumise aux phénomènes d'altération et d'érosion. Le toit actuel du Crétacé est le reflet de cette érosion guidée par les fractures anciennes mais aussi le résultat de rejeux postérieurs liés aux compressions éocènes ; la part de chacun de ces phénomènes étant difficile à déterminer avec précision (Fleury, 1997).

### **Évènements tertiaires**

La carte des isohypses du toit des formations crétacées crayeuses montre la surface de la craie non altérée dont on peut estimer qu'elle est relativement horizontale au moment de sa formation (voisine de la surface piézométrique de l'époque) (carte 3). La déformation de cette surface somme l'ensemble de la subsidence enregistrée au cours du tertiaire. La fosse de Vouzon apparaît comme le trait structural majeur de la Sologne. Elle s'appuie, à l'Est sur la faille de Sennely et la cote atteinte est de - 30 m NGF. La fosse est asymétrique avec remonté progressive vers l'Ouest, à la cote + 40 m NGF vers Chambord.

## Événements du Paléogène

### Paléocène (- 65 à - 53 Ma)

Au Sud-Est de la Sologne, feuille à 1/50 000 Vierzon et Saint-Martin-d'Auxigny (Fleury *et al.*, 1992 ; Manivit *et al.*, 1994), existent des sables quartzeux fins, souvent argileux, à silex esquilleux peu émoussés à roulés, en recouvrement continu (2 à 4 m). Ce niveau, non daté, attribué sans plus de précision à l'Éocène et reposant sur les Argiles à silex, paraît antérieur à l'incision fluviale éocène. Il pourrait en fait caractériser le Paléocène, période d'intense altération.

### Éocène (- 53 à - 35 Ma)

Il se marque dans tout le Sud du bassin de Paris par le développement d'un régime compressif pyrénéen N-S à NNE-SSW (Debrand-Passard et Gros, 1980 ; Lerouge, 1984 ; Bergerat, 1985 ; Blès *et al.*, 1989). Cette compression fait jouer, en décrochement dextre, les structures subméridiennes et en faille inverse, les accidents E-W du socle. Au niveau de la couverture sédimentaire elle induit, outre le rejeu des accidents du socle, le développement d'ondulations WNW-ESE à E-W à l'origine des anticlinaux de Chémery, Gracay, Saint-Martin-d'Auxigny et Francillon (feuilles à 1/50 000 Romorantin, Saint-Martin-d'Auxigny, Vatan, Vierzon et Châteauroux).

La microtectonique (petite fracturation) se manifeste principalement dans les calcaires jurassiques, par une intense stylolitisation et la formation de deux familles de fractures décrochantes les unes dextres, les autres senestres (Debrand-Passard et Gros, 1980 ; Gros et Martin, 1981). Les pics de stylolites sont toujours subhorizontaux et varient en orientation de N 160° à N20° E avec un maximum à N10 °E.

Les petites failles se répartissent en deux familles :

- une famille de direction moyenne N160° à N170 °E. Les stries portées par les miroirs de ces failles sont très peu pentées (pitch compris entre 0 et 25°). Elles caractérisent un mouvement décrochant dextre ;
- une famille de direction moyenne N30 °E représentée par de petites failles très nombreuses. Les stries visibles sur les miroirs sont peu pentées et témoignent d'un mouvement senestre.

Ces divers jeux de fractures indiquent que les directions conjuguées N160° et N30-40 °E constituent un système simple de fracturation apparu sous l'effet d'une compression horizontale proche de N-S. La présence de pics stylolithiques orientés suivant cette direction vient confirmer cette interprétation.

La présence de pics stylolitiques orientés suivant cette direction et de plis (Lacombe et Obert, 2000) aux flancs déjetés vers le Nord et dont l'axe est orienté N100° (de N075° à N115°) vient confirmer cette interprétation.

Dans le bassin, les formations détritiques, recoupées en forages ne sont pas datées. L'ensemble de ces dépôts est attribué au Paléocène-Éocène inférieur, les premiers dépôts calcaires sus-jacents pouvant être d'âge Éocène moyen à supérieur.

La carte des épaisseurs de ces formations détritiques révèle que celles-ci sont faibles voire nulles dans l'emprise du bassin de Sologne alors qu'elles augmentent beaucoup sur toutes les bordures (carte 5). Cela implique qu'à l'époque les reliefs sont faibles, que des buttes de craie affleurent et qu'entre les buttes, les altérites et dépôts détritiques sont peu épais.

Le bassin au sens topographique n'est pas encore initié.

Autre information intéressante, les fortes épaisseurs d'altérites à silex observées en périphérie prouvent que leur genèse, initiée au Paléocène, s'est poursuivie pendant le Tertiaire en périphérie des lacs et s'est prolongée jusqu'au Quaternaire.

### **Éocène terminal et l'Oligocène inférieur (- 35 à - 28 Ma)**

Cette période se caractérise par un régime distensif ENE-WSW à l'origine des rifts européens : fossés de Limagnes, de Bresse, d'Alsace, de la Loire,... (Debrand-Passard et Gros, 1980 ; Lerouge, 1984 ; Lerouge *et al.*, 1986 ; Bergerat, 1985 ; Blès *et al.*, 1989). Cette déformation, connue également sur tout le pourtour du Massif central (Bergerat, 1985 ; Blès *et al.*, 1989) induit des rejeux en faille normale des accidents subméridiens créant des points bas où s'installent lacs et marais (Lablanche, 1982).

La microtectonique se manifeste par le jeu en faille normale de failles préexistantes de direction N130° à N150° et N30-40 °E, par la néoformation de petites failles normales de direction subméridienne, à faible pendage (30 à 50°). Ces failles tantôt pentées vers l'Ouest, tantôt vers l'Est, ont une morphologie très irrégulière, guidée par la lithologie et portent des stries très pentées qui caractérisent toujours un mouvement en faille normale. Elles sont d'autre part jalonnées par des fentes d'extension décimétrique, subverticales, de direction moyenne N150 °E qui confirment ce jeu en faille normale.

L'examen de la carte des épaisseurs des calcaires attribués à l'Éocène montre la création de la dépression de Sologne qui est alors le prolongement méridional du bassin de Beauce, déjà fortement marqué en particulier dans la « fosse » de Pithiviers (carte 7). Les épaisseurs maximum sont localisées au Nord de Marcilly-en-Villette avec 20 à 30 m. Le nombre réduit de forages ne permet pas

de bien apprécier le rôle de la faille de Sennely, son rejeu reste en tout cas faible sur ce tronçon alors qu'il est bien marqué en Beauce.

La carte des isohypses du toit montre que la fosse structurale de Sologne est localisée au Nord-Est (carte 8).

### **Oligocène inférieur (- 28 à - 24 Ma)**

Les trois blocs constitutifs du bassin de Paris plongent en direction du Nord-Ouest et les parties les plus basses sont occupées par le lac du Calcaire d'Étampes en Beauce-Sologne et plus au Nord, une mer où se déposent les Sables de Fontainebleau.

À la fin de cette période, la partie nord-ouest des trois blocs se soulève. La mer quitte le bassin de Paris laissant place au lac du Calcaire d'Étampes qui s'élargit alors sur une partie de l'Île-de-France. La région de Romorantin, comme tout le Sud du bassin de Paris, appartient à une vaste pénéplaine faiblement pentée vers les lacs de Beauce-Sologne et l'Île-de-France.

Le domaine lacustre est à son apogée au Rupélien, couvrant la Sologne, la Beauce et une partie de l'Île-de-France. Plusieurs fosses s'individualisent dont la principale est celle de Pithiviers en Beauce.

La carte des isopaques du Calcaire d'Étampes, montre la création d'un bassin indépendant couvrant le Nord-Est de la Sologne et contenant 40 à 50 m de marnes et calcaires. Le bassin de Sologne est structurellement créé (carte 9).

La faille de Sennely est fortement active ; à Souvigny, le rejeu est de l'ordre de 20 m.

La carte des isohypses du toit montre que la fosse structurale s'élargit vers le Sud-Ouest et que le point le plus bas est désormais situé vers Dhuizon (carte 10).

### **Événements du Néogène**

#### **Miocène (- 24 à - 5 Ma)**

À l'Aquitainien, début du Miocène, le bloc Armoricaïn bascule en direction du Sud. Le lac de Beauce succède au lac d'Étampes. Ce lac régresse fortement en direction du Sud, il quitte l'Île-de-France et le Nord de la Beauce alors qu'il déborde vers le Sud et atteint Romorantin.

La carte des isopaques du Calcaire de Pithiviers (carte 13) montre que la fosse, avec des dépôts d'une trentaine de mètres d'épaisseur, migre vers le Sud-Est. La faille de Sennely reste active au niveau de Souvigny. Un élargissement du bassin s'observe vers l'Ouest venant s'appuyer au Sud sur la structure de



Soing dont l'activité en surrection est évidente et une faille située au Nord de Mur et Millancay. Le Nord de la fosse, avec une variation très rapide des épaisseurs de 30 à 10 m peut aussi avoir un contrôle faillé.

La carte des isohypses du toit confirme la structure en fosse déjà observée pour le toit du Calcaire d'Étampes (carte 14).

Des événements nouveaux apparaissent, postérieurs aux dépôts des calcaires lacustres puisqu'une petite fosse au niveau de Mur et une autre plus importante qui s'étend de Salbris à Pierrefitte-sur-Sauldre, se forment dans des zones à très faible dépôt de calcaire.

Ces mouvements structuraux ne sont pas compensés par les dépôts des Marnes et sables de l'Orléanais (carte 18), ils sont donc postérieurs.

Le rejeu du tronçon sud de la faille de Sennely est probable pour la fosse de Salbris.

Le Burdigalien (Miocène inférieur), coïncide approximativement avec un changement climatique. La pluviométrie augmente et de grands cours d'eau descendent du Massif central. L'un deux sera à l'origine du dépôt des Sables et marnes de l'Orléanais. Parallèlement, le bloc armoricain continue son basculement en direction du Sud pour atteindre son maximum au Miocène moyen. Des eaux marines en provenance de l'Atlantique envahissent la Touraine et s'étendent temporairement au moins jusqu'à Salbris (faluns de Touraine et du Blésois). Le contact avec le complexe fluvio-lacustre des Sables et marnes de l'Orléanais se produit au niveau de Romorantin (Debrand-Passard *et al.*, à paraître).

Au Miocène supérieur, une compression alpine WNW-ESE s'exerce sur l'ensemble de la région (Debrand-Passard *et al.*, 1980 ; Lerouge, 1984 ; Bergerat, 1985 ; Lerouge *et al.*, 1986 ; Blès *et al.*, 1989). Le mouvement du bloc armoricain s'inverse. La mer quitte le Blésois puis la Touraine et la région de Romorantin. Sur le continent, les sédiments fluviaux perdent leur composante calcaire. Les Sables et argiles de Sologne « inférieurs » succèdent aux Sables et marnes de l'Orléanais. Vers l'Ouest, ils s'étendent très probablement jusqu'en Anjou où la mer est encore présente (Debrand-Passard *et al.*, à paraître).

Cette déformation connue également sur tout le pourtour du Massif central (Bergerat, 1985 ; Blès *et al.*, 1989), induit le jeu en décrochement des failles du socle de direction proche de l'E-W et en faille inverse de celles d'orientation subméridiennes, c'est notamment le cas de la faille de Sennely (Trémolières, 1981).

La carte des isohypses de la base des Sables et argiles de Sologne montre une structuration complexe en fosses plus ou moins alignées séparées de seuils et

îlots en relief (carte 21). Les bordures du bassin à l'Est, au Nord et au Nord-Ouest sont toujours supérieures à la cote + 90 m NGF. Vers l'Ouest, sens présumé de l'écoulement, les altitudes voisinent aussi 90 m NGF. Les points bas des fosses et sillons sont à l'altitude de 75 m NGF au Nord et atteignent + 60 m NGF dans la fosse de Sennely et Mur. Pour que l'exutoire fluvial fonctionne, il faut assurer une pente d'Est en Ouest. L'actuel seuil occidental vers + 90 m implique un différentiel altimétrique d'au moins 30 m. Le bassin de Sologne étant subsident depuis l'Éocène moyen, il est logique de penser que pendant la crise tectonique mio-pliocène, c'est toujours ce phénomène de subsidence qui prédomine dans le bassin.

### **Miocène terminal – Pliocène inférieur (- 5,3 à - 3,4 Ma)**

Le relèvement de la partie sud du bloc armoricain chasse définitivement la mer de la région. L'écoulement du fleuve des Sables et argiles de Sologne en direction de l'Ouest n'est plus possible mais une nouvelle pente se crée en direction du Nord. En l'empruntant, les Sables et argiles de Sologne « supérieurs » envahissent la partie septentrionale de la cuvette de Beauce. Puis par un drain au droit de l'actuelle vallée de la Seine, ils rejoignent la Manche, où la mer est revenue à la faveur du nouveau basculement du bloc armoricain. Les Sables et argiles de Sologne « supérieurs » et les Sables de Lozère correspondraient à deux tronçons jointifs d'un même fleuve (Debrand-Passard *et al.*, 1998). La nouvelle paléo-Loire n'atteint plus la région de Romorantin.

### **Pliocène supérieur (- 3 à - 2 Ma)**

L'apparition d'un nouveau fleuve, le fleuve des Sables et argiles du Bourbonnais, coïncide avec une réactivation des reliefs et la mise en place du volcanisme montdorien. Par le fossé de la Loire, ce fleuve, soit guidé par un nouveau jeu du bloc armoricain, soit capturé par un fleuve atlantique, envahit la cuvette de Sologne avant de se jeter dans l'océan (Debrand-Passard *et al.*, 1998).

## **Événements quaternaires**

### **Quaternaire ancien**

Les analyses microtectoniques ne permettent pas de déterminer l'état des contraintes à la limite Plio-Quaternaire. Toutefois, plus au Sud, dans le Massif central (Blès *et al.*), les mesures réalisées *in situ* montrent que celui-ci est soumis à une compression NW-SE (régime décrochant distensif) qui pourrait induire localement des jeux en faille normale des accidents subméridiens (Cornet et Buret, 1992). Le même phénomène affecte le Sud du bassin de Paris. Les failles de Sennely, de Sully-sur-Loire et de Sancerre sont une nouvelle fois réactivées. La lèvre occidentale de la faille de

Sennely est relevée tandis qu'au Nord de la Loire, le panneau compris entre les deux accidents (fossé du Loing) bascule en direction de l'Est. Le fleuve à augite succède au fleuve bourbonnais mais ne peut franchir la crête créée par le dernier rejeu de l'accident de Sennely. Ainsi dévié vers le Nord, il abandonne la région de Romorantin et tout son ex-cours à l'aval de Blois pour emprunter le demi-graben du Loing. Il rejoint alors la Manche par une paléo-Seine (Debrand-Passard *et al.*, 1998).

On observe également un rejeu des failles de Sept Fontaines et de Bouteille de direction N40 °E (voir ci-après).

### **Quaternaire récent**

L'épisode le plus proche est paradoxalement le plus mal connu. Nous supposons, comme nous invite à le croire l'absence, à l'aval de Gien, d'alluvions d'âge anté-Pléistocène supérieur (- 500 000 à - 400 000 ans) que le fleuve à augite a perduré jusqu'à ce moment. Postérieurement, son cours à l'amont de Gien a été capturé par un fleuve « Val de Loire », avec ou sans l'aide de mouvements tectoniques, pour donner naissance à la Loire actuelle. La Seine et la Loire sont alors indépendantes et prennent leur configuration actuelle (Debrand-Passard *et al.*, 1998). Un rejeu de la faille de Sennely et des failles de Sept Fontaines et de Bouteille est possible, ce que semble confirmer les données macro- et microsismique.

### **Parler des différentiels**

#### **Aujourd'hui**

Des observations morphologiques réalisées à l'occasion du levé du 1/50 000 Vatan suggère que la faille de Sennely est encore active avec un compartiment orientale abaissé (Debrand-Passard, 1978). Par ailleurs, la comparaison des derniers nivellements topographiques avec ceux réalisées il y a près d'un siècle laisse supposer l'existence d'un jeu encore plus récent (Delfaud et Lenotre, 1992) affaissant le bloc armoricain. Tout ceci est évidemment très ténu et demande des travaux complémentaires de confirmation.

## *STRUCTURATION ET GÉODYNAMIQUE TERTIAIRE DU BASSIN DE SOLOGNE – ANALYSE DES DONNÉES DE SUB-SURFACE*

Les cartes structurales en isohypses des toits des formations présentées pour illustrer les différentes unités géologiques, sont utilisées pour préciser le contexte géodynamique au Tertiaire, pour le bassin de Sologne.

L'interpolation entre les données de sondage a été possible grâce à une révision totale des données de la Banque du Sous-Sol du BRGM.

Sur quatre documents (cartes 22 à 25), la position des fosses pour chaque formation est représentée deux à deux. Une altitude significative a été retenue pour les différentes formations, par exemple la cote + 70 m pour la surface du toit du Calcaire de Pithiviers. Le cumul sur un même document met en évidence le déplacement des fosses. Le point de cumul maximum est la fosse de Sennely, axée sur Vouzon – Lamotte-Beuvron. La fosse au toit de l'Éocène détritique est localisée au Nord-Est. Un élargissement vers le Sud-Ouest s'amorce au toit des calcaires éocènes puis la fosse des Calcaires d'Étampes gagne toute la Sologne.

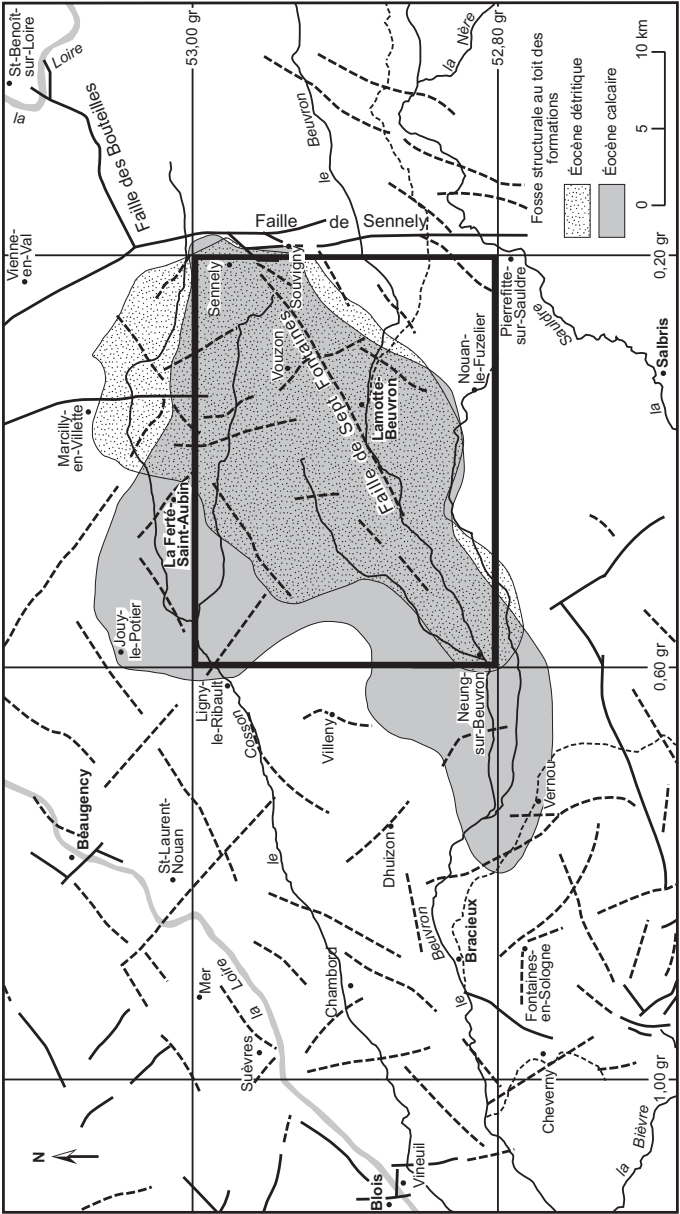
Avec le Calcaire de Pithiviers, l'élargissement s'accroît, la fosse de Vouzon subsiste mais plusieurs fosses secondaires apparaissent au Sud et à l'Ouest. À partir du Burdigalien, la notion de fosse disparaît.

L'analyse des déformations enregistrées par chacune des surfaces de toit permet de quantifier celles-ci en fonction du temps géologique. La lecture doit se faire depuis les dépôts les plus récents vers les dépôts les plus anciens (profonds).

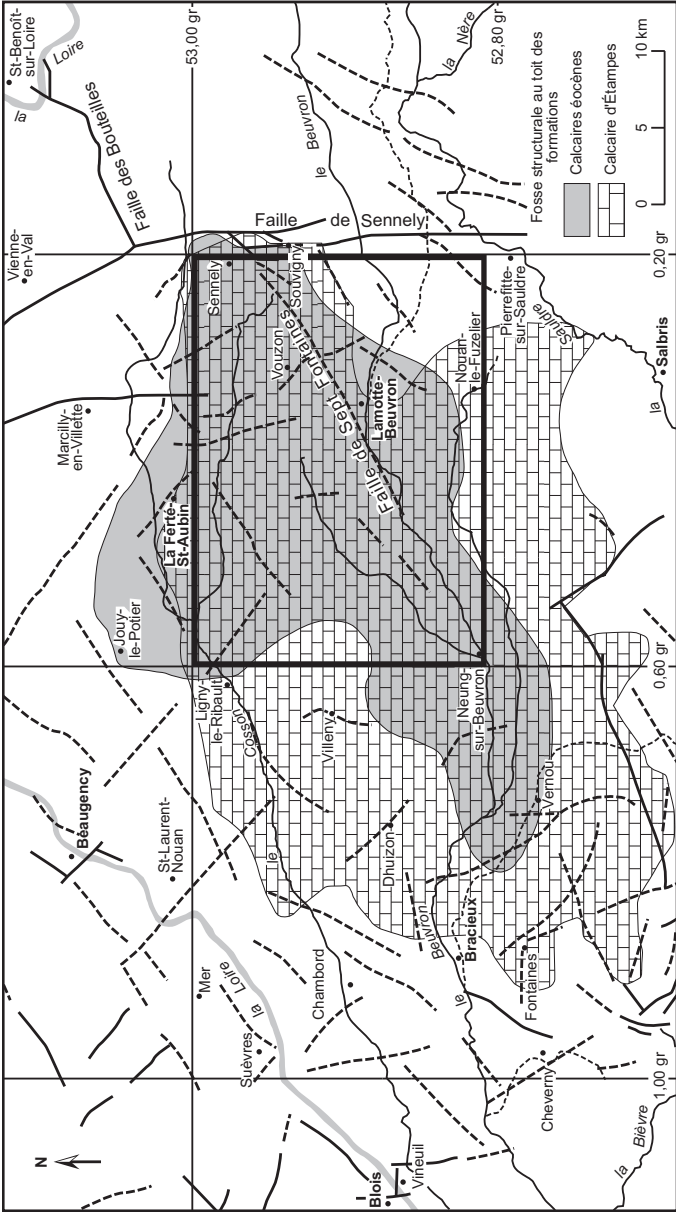
La surface du toit des Marnes et sables de l'Orléanais (*s.l.*) (base des Sables et argiles de Sologne) (carte 21) correspond à la base du Miocène moyen vers - 16 Ma. Elle montre une subsidence active postérieure (Miocène supérieur à Pliocène), de l'ordre de 35 m. En effet, les fonds de chenaux sont voisins de la cote + 60 m, alors que le seuil occidental, passage obligatoire pour l'écoulement fluvial, est à la cote + 95 m. Les zones les plus profondes (subsidentes et/ou érodées ?) soulignées par la cote + 75 m sont disséminées sur l'ensemble de la Sologne, la plus importante se situant vers Salbris.

La surface du toit du Calcaire de Pithiviers (carte 14), probablement plane à l'origine, cumule les déformations à partir de la base du Burdigalien vers - 19 Ma. Le plateau de la Petite Beauce au Nord, est porté vers la cote + 120 m alors qu'une fosse se dessine à la cote + 60 à + 70 m depuis le Nord de Soings jusqu'au Nord de Lamotte-Beuvron. Une autre fosse, à la cote + 65 m, se développe de Salbris à Pierrefitte-sur-Sauldre, dont une partie est attribuable au Burdigalien.

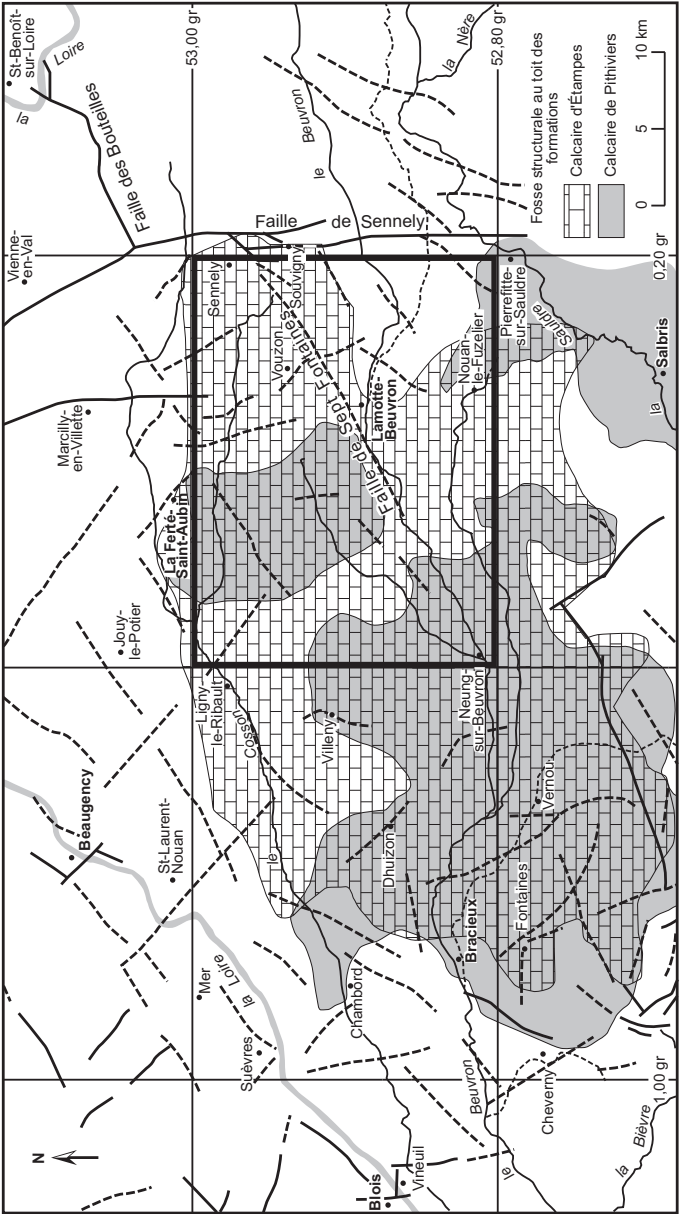
En comparant les deux surfaces - 16 Ma et - 19 Ma, pour estimer le seul jeu attribuable au Burdigalien, on constate que la fosse de Salbris à Pierrefitte-sur-Sauldre est peu active, de même que le secteur à l'Ouest de Vernou. Des subsidences de l'ordre de 20 m s'observent au Nord-Ouest de Lamotte-Beuvron, au Nord de Vernou, au Sud-Ouest d'Yvoy-le-Marron et au Nord de Soings. Des rejeux burdigaliens de failles sont évidents, en particulier sur une flexure Blois – Beaugency où un très fort différentiel altimétrique (20 à 30 m) s'observe ainsi que



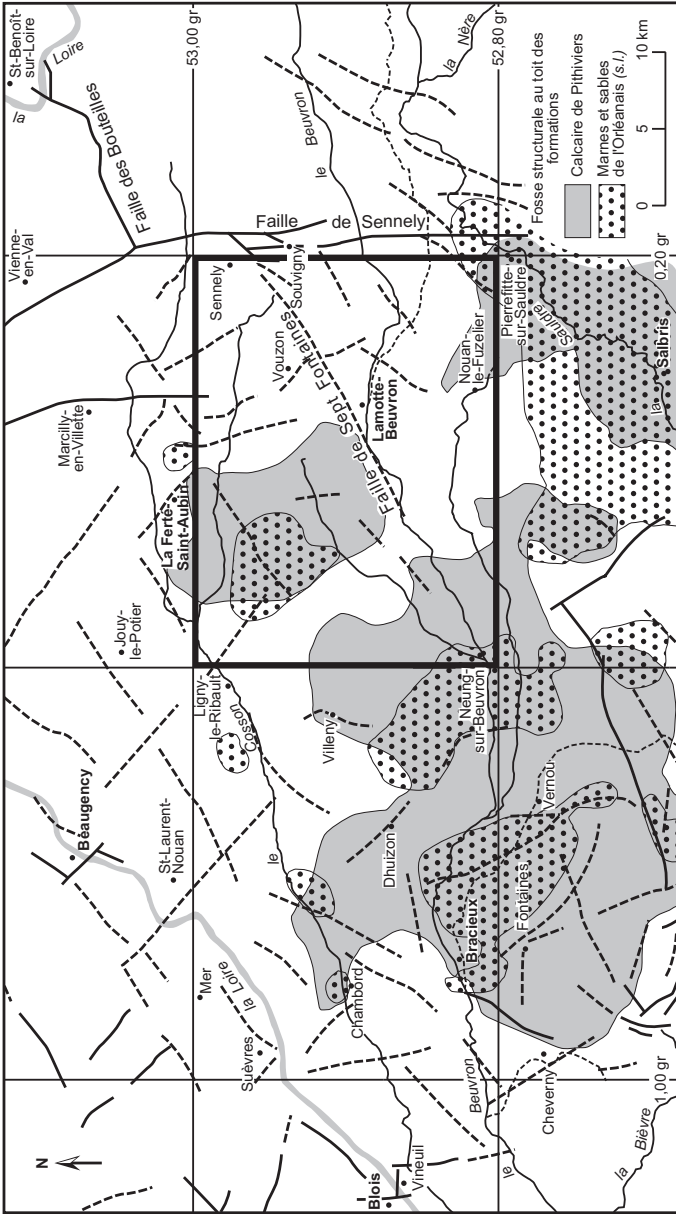
Carte 22 - Évolution du positionnement des fosses structurales au toit de l'Éocène détritique et de l'Éocène calcaire



Carte 23 - Évolution du positionnement des fosses structurales au toit de l'Éocène calcaire et du Calcaire d'Étampes



Carte 24 - Évolution du positionnement des fosses structurales au toit du Calcaire d'Étampes et du Calcaire de Pithiviers



Carte 25 - Évolution du positionnement des fosses structurales au toit du Calcaire de Pithiviers et des Marnes de l'Orléanais



sur la structure de Soings. La faille de Sennely est active sur une partie de son tracé, au Sud vers Souesmes et au Nord de Sennely. La fosse s'étale assez largement comme le montre la courbe altimétrique + 70 m avec toutefois un approfondissement maximal dans le Sud-Ouest de la Sologne vers + 60 m.

La surface du toit de la Molasse du Gâtinais, partie inférieure de l'Aquitanien vers - 22 Ma (carte 12), montre une structure de fosse simplifiée couvrant l'Ouest de la Sologne et avec une zone subsidente principale à la cote + 40 m entre Vernou et Dhuizon et un petit ombilic au Sud-Est de Vouzon. La subsidence cumulée serait de 70 m entre la fosse et le plateau de Petite Beauce. Le contrôle par les failles est net sur la faille de Sennely et sur un accident méridional Mur – Marcilly-en-Gault. La surface du toit du Calcaire d'Étampes (carte 10), au Rupélien terminal vers 28 Ma, montre une fosse élargie à l'ensemble de la Sologne avec une zone principale à l'Ouest et une zone secondaire à l'Est. La subsidence cumulée serait de 80 m entre la fosse et le plateau de Petite Beauce. Les effets du jeu de la faille de Sennely et de l'accident méridional Mur – Marcilly-en-Gault sont bien marqués. La surface du toit des calcaires éocènes (carte 8), attribuée au Priabonien terminal vers - 34 Ma, fait apparaître le centrage de la fosse dans le quart nord-est de la Sologne. La subsidence cumulée serait de 110 m entre la fosse et le plateau de Petite Beauce.

Cette structuration se maintient au niveau des horizons sous-jacents au toit de l'Éocène détritique et au toit de la Craie. La faille de Sennely tronque la fosse à l'Est avec un rejeu de près de 70 m au niveau de Sennely. L'activité de la faille de Sennely est évidente pendant tout le Paléogène, et se réduit à l'Aquitanien.

*Les conséquences géodynamiques sont aussi déduites de l'analyse des variations d'épaisseur (cartes isopaques) qui permet de mieux préciser encore le fonctionnement du bassin en confirmant la migration des dépôts centre (zone d'épaisseur de dépôt maximum attribuée à une zone de subsidence maximale) et le caractère synsédimentaire des failles principales. L'analyse se fait dans l'ordre chronologique.*

Les variations d'épaisseur des calcaires éocènes (carte 7) s'appuient sur un nombre limité de forages en centre Sologne, aussi l'information est-elle à prendre avec prudence. La carte montre un maximum de 30 m sur un bassin nord solognot dépendant de la Beauce et un petit sous-bassin se dessine vers Blois.

Le Calcaire d'Étampes (carte 9) donne une répartition très contrastée avec un bassin épais (30 à 50 m) localisé dans le Nord-Est, contrôlé par la faille de Sennely à l'Est, la flexure de la Loire (Blois – Meung-sur-Loire) et une flexure Beaugency – Ivoy-le-Marron parallèle aux accidents armoricains tels qu'à Ouzouer et Marchenoir. Cette géométrie met en évidence que les structures armoricaines (N140) se prolongent sous la Sologne.

Les isopaques de la Molasse du Gâtinais (carte 11) confirment la position du dépôt central au Sud de La Ferté-Saint-Aubin avec un début de migration vers le Sud-Est.

Les isopaques du Calcaire de Pithiviers (carte 13) sont difficiles à interpréter dans la mesure où une érosion partielle par les dépôts burdigaliens et une lacune de sédimentation chattienne affecte le toit. Malgré cela, les maxima de dépôts (30 m) se localisent dans l'Est de la Sologne mais avec un élargissement vers le Sud et l'Ouest. Seule la faille de Sennely reste active.

L'ensemble des informations structurales, failles et flexures, connues (cartes géologiques, documents pétroliers et GDF) ou déduites des cartes isohypses et isopaques est reporté sur le schéma structural (carte 26) :

– en trait plein, les accidents régionaux repris sur les cartes géologiques, et tirés d'après les études géophysiques sur les sites de stockage GDF, la faille de Sept Fontaines et la faille des Bouteilles (ou de Saint-Benoît-sur-Loire) étant, elles, tirées de S. Debrand-Passard *et al.* (1998) ;

– en tireté, les accidents, sillons ou flexurations mis en évidence à partir de l'analyse des cartes isopaques et isohypses des formations tertiaires.

Ce schéma suggère que le bassin de Sologne, limité à l'Est par la faille subméridienne de Sennely, est principalement contrôlé par un système de failles à directions principales N40-60 et N140, de type armoricain. La fosse principale est limitée par une conjugaison de failles majeures (Sennely) et de seuils (flexures et failles sur l'axe de la Loire (N40), l'axe Mur – Souvigny (N60) et l'axe Blois – Soings (N140)).

### *MANIFESTATIONS TECTONIQUES DANS LE PÉRIMÈTRE DE LA FEUILLE À 1/50 000 LAMOTTE-BEUVRON*

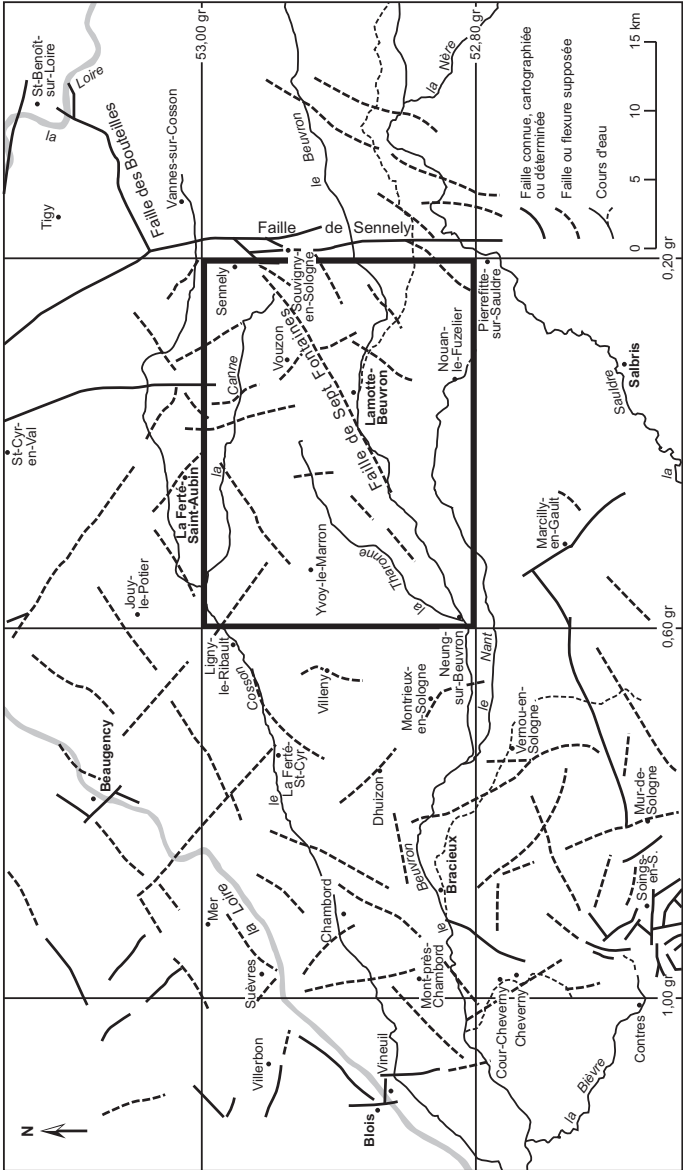
La nature argilo-sableuse des terrains affleurants à l'intérieur du périmètre de la feuille à 1/50 000 Lamotte-Beuvron ne permet pas d'observer directement les accidents tectoniques qui s'y trouvent. Il faut donc recourir à des méthodes indirectes telles la géophysique ou la morphologie.

#### **Méthodes géophysiques**

Elles sont de plusieurs types et dans le cas présent, nous nous référerons au couple gravimétrie-aéromagnétisme d'une part, sismique (ponctuellement au droit des forages pétroliers) d'autre part.

#### **Gravimétrie et aéromagnétisme**

L'examen de la carte du socle du bassin de Paris (Weber, 1973 ; Debeglia, 1980) et surtout les travaux de J. Corpel (1/50 000 Romorantin)



Carte 26 - Schéma structural du bassin de Sologne

montre que la carte Lamotte-Beuvron s'inscrit pour partie au droit d'un appendice septentrionale du bassin permien Contres – Bourges, pour partie au droit du massif granitique de Blancafort.

Le faisceau de faille méridien dit de Sennely constitue l'accident majeur et s'inscrit au droit de la bordure orientale de l'appendice septentrionale du bassin permien. La direction N45-50 °E parallèle au tronçon de la Loire Beaugency – Blois est également bien marquée.

### **Sismique pétrolière**

Lorsqu'elle est détaillée, elle calque les structures forées. Sa seconde caractéristique est d'être vieille de plusieurs dizaines d'années et donc peu performante par rapport aux techniques modernes. Néanmoins dans le cas présent, elle a permis la mise en évidence de l'accident multiple de Sennely confirmé *a posteriori* par forages et de la structure de Villebourgeon délimitée par un accident N20° à N25 °E et un second N120° à N145 °E.

### **Carte morphologique**

L'étude morphologique, à partir du MNT (Modèle Numérique de Terrain - carte 1), n'est pas moins intéressante et révèle l'existence de trois directions (Debrand-Passard *et al.*, 1998) :

- le faisceau méridien de la faille de Sennely souligné par une dizaine de linéaments parallèles entre eux non compris ceux plus à l'Est au droit du 1/50 000 Argent-sur-Sauldre ;
- un faisceau de linéaments N45-50 °E dont certains se superposent sans difficulté à ceux de la carte de Corpel (fig. 2) ;
- des linéaments N80 °E qui longent systématiquement la bordure nord des plages résiduelles de Cailloutis culminants ;
- des linéaments N95 °E.

### **Structuration méridienne**

Le faisceau de failles de Sennely est commun aux différents documents. Dans le détail, les linéaments apparaissent plus nombreux sur la carte morphologique mais leur empreinte est généralement courte :

- les Cailloutis culminants **FuL** pourraient être affectés par le faisceau des failles de Sennely notamment à la hauteur de la Grisonnière et de la partie amont, Nord-Sud du ruisseau des Lierres. Plus au Nord, le franchissement en « cluse » des Cailloutis culminants au château des Foucaults (1/50 000 La Ferté-Saint-Aubin) pourrait avoir la même origine. Un rejeu sénestre, la limite nord des affleurements semblant rejetée vers le Sud est possible ;

- les alluvions Fv sont interrompues selon des alignements méridiens, l'un au niveau de la ferme de Vauilly, l'autre du château des Rouches. Deux linéaments bien marqués soulignent cette importante discontinuité. Plus au Sud (1/50 000 Salbris), l'inflexion en direction du Nord de la Grande Sauldre semble liée au linéament le plus oriental ;
- les alluvions Fw présentent des appendices méridiens bordés par des linéaments. Parmi les plus importants, citons au Nord-Ouest celui qui porte le château de la Touche et au Sud-Est celui à l'Ouest des Rouches et du linéament de même nom déjà cité ;
- les alluvions Fx ne montrent pas d'anomalies importantes hormis celles en limites des alluvions Fw ;
- les alluvions Fy s'interrompent brusquement, pour partie, à l'Ouest de Saint-Viâtre précisément au droit d'un linéament ;
- pour être complet, nous noterons l'orientation méridienne, inhabituelle en Sologne, des cours amonts de petits ruisseaux non dénommés.

## Âge

L'accident de Sennely (carte 26) au sens large, est une structure hercynienne qui a constamment joué au cours du temps. Elle limite vers l'Est l'extension d'un appendice septentrional du bassin permien Contres – Bourges (Debeglia et Greber, pl. S4, *in* Mégnien, 1980 ; Corpel *in* 1/50 000 Romorantin). Elle délimite un panneau occidental plus subsident :

- au Trias (Héritier et Villemin, 1971 ; Maget, pl. TR1 et TR4, *in* Mégnien, 1980) ;
- au Lias (Lefavrais-Raymond, pl. L2, L3, L4, L5, et L6, *in* Mégnien, 1980) ;
- au Dogger (Héritier et Villemin, 1971 ; Giot, pl. JM3 et JM5, *in* Mégnien, 1980) ;
- au Callovo-Oxfordien à la hauteur de Sennely (Debrand-Passard, pl. JS 2 *in* Mégnien, 1980) mais elle est inverse plus au Sud au niveau de Chezal-Benoit (Debrand-Passard, 1980).

À l'Oxfordien supérieur, la subsidence reste maximum dans le panneau oriental (Héritier et Villemin, 1971 ; Debrand-Passard, 1980).

Elle est de nouveau maximum à l'Ouest à l'Oxfordien terminal et au Kimméridgien inférieur; minimal au Kimméridgien supérieur, maximal au Tithonien (Debrand-Passard, 1980).

L'accident de Sennely reste actif au Crétacé (Héritier et Villemin, 1971).

Au Tertiaire, à l'Oligocène (Rupélien), le dépôt du Calcaire d'Étampes est fortement contrôlé par un affaissement d'une trentaine de mètres du panneau

occidental sur le secteur de Souvigny. Ce mouvement se poursuit à l'Aquitainien avec au moins 20 m de rejeu. Au Burdigalien, le mouvement d'affaissement occidental migre vers le Sud jusqu'à Pierrefitte-sur-Sauldre et jusqu'à Souesme au Pliocène.

Au Quaternaire, les preuves d'un rejeu de la faille de Sennely deviennent ténues. Des linéaments, une orientation méridienne de certaines parties des cours d'eau peuvent difficilement s'expliquer :

- tassement sous une importante couverture (30 à 40 m) d'alluvions, de Sables et argiles de Sologne et de Sables et marnes de l'Orléanais ?
- rejeu du faisceau de faille ?
- ébranlement sismique aux droits d'accidents plus anciens provoquant de faibles discontinuités au sein du matériel argilo-sableux, chacune de ces discontinuités constituant un chemin préférentiel ou exutoire pour la vidange de la nappe des Cailloutis culminants.

### **Structuration NE-SW**

Elle se manifeste par un faisceau d'accidents d'une dizaine de kilomètres de largeur qui prend en écharpe la feuille de Romorantin et se prolonge vers le Nord-Est sur Lamotte-Beuvron mais aussi vers le Sud-Ouest (Corpel *in* 1/50 000 Romorantin, présente étude morphologique). Cette direction au demeurant mal connue est celle de la Loire entre Orléans et Chaumont, d'une section des cours de la Grande Sauldre, du Loir et de quelques-uns de ses affluents en rive droite comme la Braye. C'est aussi celle de l'accident de La Ferté-Bernard (cartes à 1/50 000 La Ferté-Bernard et Nogent-le-Rotrou). À l'intérieur du périmètre de la feuille de Lamotte-Beuvron, l'accident le plus important peut être dénommé faille de Sept Fontaines à partir de lieu-dit situé sur la commune de Vouzon. Plus à l'Est, au-delà de la faille de Sennely, cet accident ou une faille relais s'infléchit de quelques degrés vers le Nord et se poursuit au moins jusqu'à la perte de la Loire située au lieu-dit Bouteille, commune de Guilly.

### **Âge**

L'étude géophysique effectuée lors du levé de la carte à 1/50 000 montre que cette direction limite l'extension du bassin permien Contres – Bourges tant vers le Sud-Est que vers le Nord-Ouest (Weber, 1973 ; Debeglia, 1980). Au Trias et à l'Hettangien, elle pourrait contrôler la subsidence, l'extension ou les faciès (Maget, pl. TR1 ; Lefavrais-Raymond pl. L1 ; Monciardini pl. Cs 3 *in* Mégny, 1980). Elle rejoue avec la distension Éo-Oligocène dans la région de Nogent-le-Rotrou. Enfin en Sologne et dans l'Ouest du bassin de Paris, l'orientation de certains cours d'eau pourrait être une conséquence de sa réactivation.

### **Structuration E-W**

Visible à la fois sur les 1/50 000 Salbris et Lamotte-Beuvron, cette « structuration » ne semble affecter que les alluvions les plus récentes (Fz à Fx). L'examen des cartes topographiques à 1/25 000 voire 1/50 000 montre des tronçons de cours d'eau d'orientation W-E mais très tourmenté. Artefact lié à la méthodologie ou existence réelle, la réponse reste en suspens.

### **Structuration N 80 °E**

Elle apparaît sous la forme de crêtes parallèles à la direction générale de l'écoulement des eaux. La plus continue s'étend de l'extrémité orientale de la forêt de Sully à la forêt de Boulogne voire de Russy, immédiatement au Sud de Blois. Cette crête borde le côté sud d'un couloir de 5 à 6 km de large. Elle n'est pas rigoureusement rectiligne mais dessine une légère courbe à concavité sud. Trois hypothèses peuvent être suggérées pour expliquer cette structure :

– un mouvement tectonique quaternaire. Il paraît d'autant moins probable que cette direction est perpendiculaire à la contrainte quaternaire (Trémolière, 1981) déjà responsable du rejeu quaternaire des failles méridiennes de Sennely, Sully-sur-Loire, ... et des accidents NE-SW que sont les failles de Sept Fontaines et de Bouteille ;

– un léger plissement affectant la couverture meuble de la Sologne (Sables et marnes de l'Orléanais, Sables et argiles de Sologne, Cailloutis culminants) occasionnant des plis de quelques décimètres d'amplitude suffisant pour canaliser les eaux et expliquer le jeu postérieur de l'érosion. Séduisante, cette hypothèse apparaît également peu probable car outre les contraintes importantes qu'elle implique, aucune liaison n'apparaît clairement entre ce jeu et celui des failles de Sennely, Sept Fontaines, Bouteille ..., failles que l'on sait actives au cours de la même période ;

– la troisième hypothèse fait appel à une différence de lithologie au sein des Cailloutis du Bourbonnais. Notre couloir pourrait alors s'interpréter comme un paléo-chenal, à matériel « plus perméable », du Bourbonnais à l'image du lit actuelle de la Loire au sein de la plaine alluviale. À l'appui de cette hypothèse, la présence de blocs grossiers épars, parfois pluridécimétriques, observés de part et d'autre de ce couloir.

Dans les Limagnes, L. Clozier a montré que la formation du Bourbonnais était constituée de deux séquences superposées. En amont de Sancerre, l'érosion de la partie supérieure de la formation a sans doute fait disparaître la séquence la plus récente. Un problème se pose en Sologne. Le chenal supposé appartient-il à la première séquence ou à la seconde ?

Le chenal supposé s'interrompt brusquement vers l'Est au droit de la faille méridienne de Sully-sur-Loire. Un rejeu quaternaire de cette faille en serait responsable.

## **CONCLUSIONS**

La Sologne avec son recouvrement alluvial se prête mal à une étude tectonique traditionnelle. Aucun accident n'est directement observable. Dans les années 1960, les études sismiques pétrolières avaient permis la découverte de l'un des accidents majeurs du Bassin parisien, la faille de Sennely. Des études gravimétriques et aéromagnétiques postérieures nous avaient montré la structure relativement complexe du sous-sol solognot.

## **GÉOLOGIE DE L'ENVIRONNEMENT**

### *HYDROGÉOLOGIE ET RESSOURCES EN EAU*

#### **Présentation**

La feuille à 1/50 000 de Lamotte-Beuvron se situe au cœur de la Sologne, région bien individualisée. Les terrains argilo-sableux où l'eau est à fleur de sol, avec de très nombreux étangs, couvrent la totalité de la carte. Le sol acide est occupé essentiellement par des forêts.

La carte est traversée d'Est en Ouest par plusieurs petits cours d'eau : la Canne au Nord, le Néant au Sud et surtout le Beuvron au Centre.

Les eaux superficielles constituent une part importante des ressources par les étangs, pour les besoins des particuliers (arrosage, pisciculture, pêche). L'alimentation de ces étangs est parfois renforcée par l'apport d'eau souterraine à l'aide de forages.

Les ressources en eau souterraine concernant la feuille de Lamotte-Beuvron se répartissent en cinq unités qui sont, depuis la surface du sol :

- les sables du Mio-Pliocène (Sables et argiles de Sologne) ;
- les calcaires lacustres de Beauce de l'Éocène à l'Aquitainien ;
- la craie du Sénonien ;
- les sables du Cénomaniens ;
- les sables et grès du Trias.

#### **Sables de Sologne**

L'eau est contenue dans les chenaux sableux enchevêtrés dans un ensemble très argileux, formant un système complexe non stratiforme. Souvent comparé à tort à un « mille-feuilles », c'est en fait un chevelu sableux discontinu. L'épaisseur de cet ensemble peut dépasser 50 m, mais celle des seules couches sableuses aquifères est de l'ordre de 5 à 10 m au maximum.



La piézométrie dépend des couches sableuses rencontrées : le niveau de l'eau est très peu profond pour les couches supérieures où les fluctuations saisonnières sont prononcées, mais il est plus bas pour les couches inférieures où le niveau de l'eau est plus stable. Il est de ce fait difficile de représenter une carte piézométrique homogène. La carte présentée ici se rapporte aux nappes inférieures, captives, à partir des forages les plus profonds.

La productivité des sables est faible, mais dépend du nombre de couches sableuses traversées, donc de la profondeur du forage. Un ouvrage de 30 m de profondeur produit moins de 10 m<sup>3</sup>/h, à de rares exceptions près. Les débits spécifiques n'atteignent pas 1 m<sup>3</sup>/h/m.

Du point de vue chimie, les eaux des Sables de Sologne sont caractérisées par un pH acide (eau agressive) et une très forte teneur en fer.

La partie superficielle de cette nappe est captée par de très nombreux puits anciens, jadis pour des besoins domestiques mais actuellement pour quelques arrosages seulement. Les niveaux inférieurs sont captés maintenant par des forages pour des besoins limités : arrosage, abreuvoirs, renforcement de l'alimentation d'étangs. Certains forages sont utilisés pour l'alimentation en eau potable dans des propriétés isolées ne pouvant être raccordées au réseau public ; mais la difficulté de capter l'eau dans ces sables, la nécessité de traiter le fer et la grande vulnérabilité des niveaux supérieurs à la pollution limitent cette utilisation.

### **Calcaire de Beauce**

La nappe du Calcaire de Beauce est présente sur la totalité de la feuille sous les formations détritiques tertiaires, enfouie à une cinquantaine de mètres de profondeur en moyenne sur les points hauts, elle est à une trentaine de mètres de profondeur dans les vallées principales. Épais de 80 m environ, le calcaire produit essentiellement dans la fracturation ; les arrivées d'eau sont brutales, irrégulières.

La piézométrie de la nappe n'est connue que d'une façon approximative, en l'absence de mesures synchrones.

La nappe, captive, s'écoule d'Est en Ouest, de la cote + 115 à + 93 m NGF, avec un dôme de même orientation au droit de Lamotte-Beuvron. La carte montre un resserrement des courbes au Sud-Est, traduisant le passage progressif du calcaire à de la marne. Les fluctuations saisonnières sont marquées, comme le montre le piézomètre de contrôle de Chaumont-sur-Tharonne (430-2-101) où le niveau de l'eau chute de plus de 2 m à la période d'irrigation entre juin et septembre.

Le Calcaire de Beauce est très productif et plus particulièrement à sa base. Les débits peuvent atteindre 200 m<sup>3</sup>/h, avec des débits spécifiques compris entre 2 et 100 m<sup>3</sup>/h/m. Les transmissivités calculées varient de 1 à 5\*10E-3 m<sup>2</sup>/s.

Les principales caractéristiques chimiques sont :

- un pH à tendance basique : 7,55 à 7,8 ;
- une dureté réduite pour une eau de réservoir calcaire : 13 à 19 °F ;
- un TAC également faible : 14,8 à 18,5 °F (Saint-Viâtre excepté) ;
- une teneur en fer souvent supérieure aux normes de potabilité : 0,1 à 0,36 mg/l ;
- une absence totale de nitrates, preuve d'une bonne protection de la ressource.

La nappe de Beauce est exploitée essentiellement pour l'alimentation en eau potable de toutes les communes situées sur cette feuille, à l'exception de Pierrefitte-sur-Sauldre, en raison de sa productivité élevée, de la bonne qualité bactériologique de l'eau jointe à une excellente protection naturelle de la ressource. L'eau doit cependant être traitée dans la majorité des cas pour le fer et le manganèse et subir une aération du fait de la présence d'hydrogène sulfuré. L'abondance de la ressource a provoqué la multiplication des forages pour l'irrigation depuis quelques années.

### **Craie**

La craie du Sénonien est un réservoir reconnu sur les feuilles voisines de Romorantin, de Salbris et d'Argent-sur-Sauldre. Cependant, en raison de sa grande profondeur et du fait de la présence à moindre profondeur de l'importante ressource dans le Calcaire de Beauce, la craie n'a jamais été recherchée comme réservoir aquifère.

### **Sables du Cénomaniens**

Les Sables dits de Vierzon doivent couvrir l'ensemble de la feuille de Lamotte-Beuvron, mais ils sont enfouis entre 250 et 350 m de profondeur. Leur épaisseur, déterminable par l'interprétation des diagraphies de forages de recherche pétrolière, est d'une trentaine de mètres.

Seul le forage d'eau potable de Pierrefitte-sur-Sauldre a atteint cet aquifère, mais les caractéristiques ne sont pas déterminables ici, sachant que ce forage est crépiné depuis la base des Sables de Sologne, mettant ainsi en communication quatre nappes différentes.

## Sables et grès du Trias

Vers 1 500 m de profondeur, les forages de recherche pétrolière ont traversé une trentaine de mètres de sables aquifères. Ils constituent un excellent réservoir à Contres (25 km au Sud-Ouest) qui est utilisé pour le stockage de gaz. À Saint-Denis-en-Val, près d'Orléans, les forages géothermiques ont produit 170 m<sup>3</sup>/h. Mais à cette profondeur, l'eau est chaude (60° environ) et salée, riche en chlorures de sodium.

## GÉOTHERMIE

### Régime thermique régional

#### Généralité

Les données géothermiques du sous-sol français datent pour la plupart de plus de 25 ans. Une donnée géothermique consiste en une série de mesures de températures dans un forage : on obtient alors un profil thermique, ou « géotherme ». La connaissance de la conductivité thermique des terrains permet d'en déduire le flux de chaleur de la région. Ainsi, pour quantifier thermiquement un sous-sol, on peut utiliser la valeur de la température à une profondeur donnée (en °C), le gradient géothermique pour un domaine de profondeur (en °C/km), et le flux de chaleur en surface (en mW/m<sup>2</sup>). Les valeurs discutées ci-dessous correspondent aux informations tirées (1) de la base mondiale des données de flux de chaleur fournie par l'International Heat Flow Commission (IHFC, Pollack *et al.*, 1993) ; (2) de la compilation nationale du BRGM qui date de 1978.

#### Températures profondes et anomalies thermiques

En France, le gradient géothermique moyen est de l'ordre de 30 °C/km et le flux de chaleur moyen autour de 80 mW/m<sup>2</sup>. Ces deux valeurs sont deux fois plus élevées que celles des régions thermiquement stables (régions non volcaniques et inactives tectoniquement). En considérant les valeurs moyennes en France et en prenant une température moyenne à la surface de 15 °C, on s'attend à des températures de l'ordre de 45 °C à 1 km de profondeur.

Les données géothermiques mesurées en France correspondent à des valeurs température-profondeur mesurées dans des puits géothermiques, dans des forages miniers, mais le plus souvent dans des puits pétroliers. Aussi, le nombre de mesures par profil se limite souvent à quelques valeurs qu'il faut interpoler, voire extrapoler, pour déduire la température à une profondeur donnée. Ce travail d'interpolation et d'extrapolation a été réalisé en 1978 par le BRGM, et a résulté en une série de cartes montrant d'une part les valeurs obtenues, d'autre part une tentative de cartographie des isothermes tous les 500 m de profondeur.

La figure 4 (hors texte) montre ces deux informations pour la région Centre (élargie). Alors que les températures sont à peine plus élevées que la moyenne à 500 m de profondeur, une anomalie se dégage clairement à partir de 1 000 m. Une valeur de 62 °C y est déduite dans le forage de Contres. Selon les cartes de la colonne de droite de la figure 4, l'anomalie identifiée semble de décaler vers l'Est à plus grande profondeur. Il faut toutefois noter que, comme pour toute interpolation, la précision est biaisée par la répartition spatiale des données ; dans ce cas précis, les données profondes sont bien plus nombreuses vers le centre du Bassin parisien que vers Tours, et le décalage vers l'Est n'est peut-être qu'un artefact. Si l'on se limite à 1 500 m de profondeur, l'anomalie à 80 °C (soit 20 °C d'écart par rapport à la valeur moyenne en France) se situe bien à quelques kilomètres au Sud-Est de Lamotte-Beuvron.

Récemment, le BRGM a mené une étude destinée à l'analyse des zones à fort potentiel géothermique en Europe (Genter *et al.*, 2003). Elle a permis de confirmer cette région chaude du centre de la France, sans toutefois détailler les valeurs. Une carte des « températures à 5 km de profondeur en Europe » avait été réalisée quelques années auparavant par une compagnie pétrolière.

## **Ressources et exploitation**

La ressource dépend des caractéristiques intrinsèques du sous-sol (gradient géothermique, perméabilité des formations rocheuses du réservoir, ...).

Ces caractéristiques conduisent à proposer une typologie géologique des ressources actuelles et potentielles d'énergie géothermiques sur la feuille de Lamotte-Beuvron :

- les formations superficielles du proche sous-sol (< 100 m) ;
- les aquifères profonds (> 1 000 m) ;
- les formations très profondes (5 000 m).

Ces limites sont indicatives ; il existe des formations intermédiaires qui pourront également être des cibles géothermiques potentielles.

Les informations disponibles sur la ressource géothermique exploitable sont de moins en moins nombreuses et détaillée au fur et à mesure que l'on s'intéresse à des horizons plus profonds.

### **Les formations superficielles**

Qu'elles exploitent l'eau souterraine à faible ou moyenne profondeur, ou directement l'énergie du sous-sol par des systèmes de sondes géothermales verticales, les pompes à chaleur contribuent à l'amélioration énergétique de la fourniture des besoins de chauffage. Le principe étant que l'énergie

thermique apportée par ces dispositifs est supérieure à l'énergie nécessaire à leur fonctionnement. La gamme des puissances disponibles permet un large champ d'application. Ces mêmes dispositifs peuvent également contribuer au rafraîchissement d'été et répondre de façon efficace, d'un point de vue énergétique, à une amélioration croissante du confort recherché dans les locaux.

Les caractéristiques thermiques du sous-sol permettent également d'envisager de l'utiliser pour des stockages thermiques temporaires.

Pour les formations les plus superficielles, on considère que la température de la formation ou de l'eau qu'elle contient est égale à la température moyenne annuelle (la valeur la plus souvent retenue se situe entre 10 et 13 °C). Si la caractéristique essentielle du sous-sol utilisé à des fins énergétique est la stabilité de sa température tout au long des saisons, il faut noter que les formations alluviales lorsqu'elles sont alimentées par le fleuve peuvent présenter des variations inter-saisonniers de quelques °C.

Les aquifères identifiés sur la feuille de Lamotte-Beuvron peuvent tous être utilisés pour des installations de pompes à chaleur géothermales ; les débits nécessaires pour le chauffage d'un pavillon individuel étant compris entre 1 et 2 m<sup>3</sup>/h.

Les formations détritiques de Sologne ont une productivité réduite mais souvent suffisante pour une habitation individuelle, les forages sont peu profonds, mais la présence de sables peut en augmenter les coûts d'équipement.

Les formations aquifères des Calcaires de Beauce, des calcaires lacustres de Sologne et de la craie du Sénonien-Turonien, peuvent présenter localement des productivités importantes pour des profondeurs de forages généralement de l'ordre d'une centaine de mètres avec des températures de l'eau prélevée certainement inférieures à 15 °C.

Quelques opérations de pompes à chaleur géothermiques sur eau souterraine peu profonde existent déjà dans la région de Bracieux.

### **Les aquifères profonds**

Avec des températures comprises entre 45 et 60 °C, les deux principaux aquifères profonds potentiellement exploitables dans la zone de Bracieux sont :

- les calcaires du Dogger, avec une température de l'eau de l'ordre de 45 °C à une profondeur de l'ordre de 1 000 m, et une salinité de plus de 10 g/l ;
- les sables et grès du Trias, surtout intéressant vers sa base, avec une température de l'ordre de 60 °C à une profondeur d'au moins 1 300 m, et une salinité de 20 g/l.

Compte tenu de la salinité de ces eaux profondes, elles devront, après utilisation thermique, être réinjectées par forage dans leurs aquifères d'origine.

### **Les formations très profondes**

Localement, la zone de Lamotte-Beuvron semble présenter une anomalie thermique profonde, qui pourrait en faire une zone d'intérêt particulier (*cf.* chapitre « Régime thermique régional »). Des études plus détaillées seraient nécessaires en préalable à toute évaluation des paramètres de la ressource entre 2 000 et 5 000 m.

## *SUBSTANCES UTILES, CARRIÈRES*

### **Granulats siliceux : dépôts alluviaux et colluviaux**

Il n'existe plus de carrière de matériaux en activité sur la carte de Lamotte-Beuvron. Il subsiste des traces d'anciennes exploitations très locales. Effectivement, rares sont les grands domaines ou petites propriétés qui n'aient pas exploité ça et là les basses terrasses alluviales en fond de vallée (Fy), des placages résiduels de moyennes et hautes terrasses (Fx, Fw), ou les colluvions sableuses (CFuL). Généralement, ces carrières sont de petites dimensions et la plupart sont abandonnées. Les matériaux étaient surtout utilisés pour viabiliser les chemins ou pour faire du béton. D'anciens sites d'extraction se retrouvent également en toponymie sous les noms de sablières, sablonnières, gravelles.

### **Argiles : Sables et argiles de Sologne**

Malgré la forte présence des matériaux argileux, il ne reste plus qu'une seule tuilerie en Sologne, la tuilerie de la Bretèche, sur la commune de Ligny-le-Ribault, en bordure orientale de la carte. En 1900, la Sologne comptait près de 400 tuileries et briqueteries dont on retrouve les localisations grâce à la toponymie, comme à Montrieux-en-Sologne, au Sud du lieu-dit de « Bouesse », sur la commune de Maslives.

La plupart de ces exploitations se sont probablement arrêtées dans la première moitié du XX<sup>e</sup> siècle. Sur la carte de Lamotte-Beuvron, les lieux-dits « Tuilerie » sont assez fréquents et traduisent bien la production locale de terres cuites à partir de la formation des Sables et argiles de Sologne.

## *SOLS ET VÉGÉTATION*

Le périmètre de cette feuille peut faire office de secteur représentatif de la Sologne centrale, tant pour la lithologie que pour les sols qui y sont observables

et les associations végétales qui y sont associées. L'occupation du sol y est largement dominée par la forêt, et les cultures que l'on peut encore observer sur les terrasses de la Loire (feuille La Ferté) sont ici marginales.

## Sols

Il n'existe pas d'étude pédologique approfondie décrivant les sols de périmètre. L'étude ancienne de F. Masure (1870), primée en son temps par le Comité central agricole de la Sologne, a surtout un intérêt historique, pour la précision des critères morphologiques, assez en avance sur nombre d'études de « géologie agricole » menées en France à cette époque. Les investigations de I. Guellec (1987) sur la podzolisation dans les sols forestiers souffrent d'un manque de référencement topographique qui réduit leur intérêt. Quant aux secteurs de référence des études préliminaires au drainage, cartographiés à la fin des années soixante-dix (Horemans et Lesaffre, 1981), ils sont extérieurs aux limites de la feuille et s'intéressent exclusivement aux sols cultivés. De fait, le tableau le plus exhaustif des sols solognots -développant surtout le point de vue morphologique- est dans le catalogue des stations actuellement et potentiellement forestières de la Sologne (Charnet, 1994). Le poids dont pèsent la lithologie des matériaux parentaux et la topographie dans la détermination de la couverture pédologique justifie un exposé qui s'appuie sur ces éléments.

### Sols des hautes et très hautes nappes

Sur ces terrasses représentées par des dépôts en auréoles relictuelles plus ou moins étendues couronnant les interfluves ou les buttes, où domine le faciès « Cailloutis culminant » (Fu), on rencontre des sols ocre podzoliques ou podzoliques, très rarement des podzols vrais. Les horizons de diagnostic sont formés dans une couche superficielle de texture grossière (sable à galets roulés de quartz pour l'essentiel), qui passe fréquemment à moins d'un mètre de profondeur à des horizons sablo-argileux plus ou moins indurés et rubéfiés. Ces horizons profonds (à partir d'un mètre), montrent une certaine parenté de faciès avec les Sables et argiles de Sologne, mais sont traversés par des cordons obliques de galets. Quant aux traits d'altérations (silicifications, rubéfections), ils caractérisent des paléosols finitertiaires à pléistocènes, dont P. Horemans (1961) a étudié les équivalents dans le val de Loire, en faisant du degré d'altération un critère de datation relative des terrasses (feuilles La Ferté-Saint-Aubin XXII-20, Châteauneuf-sur-loire XXIII-20).

### Sols des moyennes terrasses (Fw, Fx) et basses terrasses (Fy)

Sur les niveaux inférieurs affleurant en vastes glacis au Nord de l'interfluve Beuvron-Cosson) dans les vallées de la Canne (?) et du Beuvron au centre de la feuille, dominent des sols moins caillouteux dans

l'ensemble et moins évolués. Les plus profonds sont du type ocrepodzolique, et occupent souvent les talus de raccordement entre niveaux de terrasse, les versants en situation de basse terrasse (Fy). Ils comportent un horizon planosolique profond associé à une nappe temporaire circulante vers 80-120 cm, qui est la profondeur du substrat. Quand ce plancher de nappe argilo-sableux est à moindre profondeur (*i.e.* à moins de 80 cm, comme c'est souvent le cas, et souvent souligné par une « stone line » de graviers provenant de l'érosion des hautes terrasses), l'hydromorphie commence à marquer la morphologie du profil et on a à faire à une famille de sols complexes oscillant entre le pseudogley et le planosol, selon la situation topographique, la pente locale et ... l'occupation du sol (les sols forestiers étant naturellement mieux drainés que leurs équivalents prairiaux ou agricoles). Les plus épais d'entre eux peuvent encore présenter en surface, sous forêt, des caractères podzoliques discrets (sols « micropodzoliques », difficiles à situer dans les classifications pédologiques traditionnelles), qui disparaissent dans les sols cultivés. Le pôle le plus humide de cette famille de sols correspond aux situations où le substrat m3-p1So est affleurant ou subaffleurant : marges de dépressions collectrices sur terrasses, constituant des bandes de quelques dizaines de mètres, et situations d'érosion comme les rebords de terrasse : ce sont des sols argileux grisâtres, parfois sablolimoneux ou limonosableux en surface, à taches d'oxydo-réduction marquant un défaut de drainage interne ; ils sont du type pseudogley d'imbibition, ou planosol-pseudogley pour les profils complexes.

### **Sols peu évolués « bruniformes » des faciès colluviaux silteux**

Les colluvions polygéniques peuvent prendre localement des faciès silteux. Ces formes marginales, associées à des dépressions peu encaissées et surtout à des pieds de talus de terrasse, sont assimilables aux « limons de lavage » dans la nomenclature de la carte au 1/80 000. Ces colluvions ont notamment été repérées dans le canton de Villefallier de la forêt domaniale de Lamotte-Beuvron et au Sud-Est de Ménestreau (route de Vouzon). Elles supportent des sols à texture limoneuse, de couleur jaunâtre (code Münsell autour de 10YR5/5), morphologiquement très peu différenciés (A/C ou A/(Bw)/C), à rattacher aux sols peu évolués d'apport colluvial dans la classification CPCS.

### **Sols du réseau hydrographique (C ; CF ; Fz)**

Les sols du réseau hydrographique sont associés à deux types de situations et de matériaux. Dans les dépressions collectrices C qui drainent les interfluves et les terrasses, à peine marquées dans le relief, résident des pseudogleys d'ensemble, souvent à nappe subpermanente profonde et tendant alors vers le semi-gley ou l'amphi-gley oligotrophes, encore sableux en surface pour l'essentiel. Dans certaines situations d'écoulements



très lents, bien représentées en forêt domaniale de Lamotte-Beuvron, sur le canton de La Grillaire notamment où abonde le toponyme « terres noires », ces dépressions très larges -pouvant être d'anciennes cuvettes du thermokarst- sont occupées par des sols hydromorphes au caractère humique prononcé, dont le type génétique va du semi-gley humique Ah./(G)h/G (au centre des dépressions) au podzol humique hydromorphe (Ah/E(h)/Bhg/Cg) sur les marges, faisant transition avec les sols de plateau. Il est probable que ces podzols hydromorphes, dont la genèse est en accord avec les caractères stationnels, soient actuels ou subactuels, contrairement aux podzols humiques secs et souvent tronqués de la Sologne des Sauldres (voir les notices des feuilles Salbris et Aubigny-sur-Nère), où des datations au C14 dans les horizons de surface ont révélé des âges moyens de 1 600 à 2 200 ans B.P. (Guillet, analyses inédites en forêt de Rivaulde, communication personnelle, et Charnet, 2002), dénotant au moins un héritage. Quand ces dépressions s'encaissent quelque peu et que les colluvions remanient le substrat, les textures deviennent plus équilibrées, voire argileuses dans les petits vallons, et on passe à des sols toujours hydromorphes, mais mésotrophes. Enfin dans la vallée alluviale (Fz), dominant des sols à la morphologie (granulométrie, teneur en matières organiques) variable, héritée de la géodynamique alluviale, mais que rassemble une certaine homogénéité fonctionnelle, sous les espèces d'une hydromorphie permanente à déterminisme extrinsèque (nappe alluviale d'accompagnement). Les différences de profondeur de nappe peuvent être associées à la situation dans la plaine d'inondation : sols assez sains en surface sur les barres et grèves sableuses bordant le chenal d'étiage, gleys mésotrophes et à tendance organique dans les chenaux de décantation et bras morts, semi-gleys argileux en limite de vallée ou pied de basse terrasse (raccordement Fz/Fy).

Au total, la présence dans les matériaux parentaux d'une certaine fraction fine même minoritaire et un relief un peu plus prononcé, expliquent que la podzolisation s'exprime dans ce secteur par des stades moins évolués (peu de podzols vrais) qu'en Sologne des Sauldres, sans évoquer d'autres régions sableuses plus lointaines comme le Maine ou les Landes de Gascogne.

### **Occupation du sol**

L'occupation du sol suit assez bien la valeur culturelle des terrains, les facteurs limitants étant l'excès d'eau en début de saison, rendant les champs peu praticables et raccourcissant les cycles de cultures, les déficits hydriques estivaux et la pauvreté chimique, qui on fait -et font toujours dans une certaine mesure- des sols solognots des terres ingrates et peu fertiles. La pauvreté chimique a longtemps interdit la culture du blé au profit du seigle, cette céréale des régions pauvres, la culture solognote par excellence : elle est peut-être à

l'origine du nom de la région (Secalonia) d'après H. Denizet (1900). Le canal de la Sauldre, en service entre 1874 et 1926, permit de corriger la déficience en calcium par des marnages. Mais ce n'est qu'avec le développement de la fertilisation chimique dans les années cinquante que les carences de ces sols -en particulier phosphoriques- ont pu être corrigées. Le deuxième facteur limitant est la nature mouilleuse de certaines terres, conséquence de la topographie et/ou de la présence d'argile à faible profondeur (cf. ci-dessus). Si les sols les plus bas des plaines d'inondation ne pouvaient supporter que des prairies, on perçoit dès l'époque du second Empire (installation de drains en poterie dans les terres du domaine impérial de la Grillaire) et à travers les actions du Comité central agricole de la Sologne la volonté d'assainir ce qui pouvait l'être. Le dernier grand programme dans ce domaine remonte aux années quatre-vingt, sous la forme des secteurs de référence préliminaires au drainage (Horemans et Lesaffre, 1981). Le problème du déficit hydrique estival n'a pas reçu de solution globale, compte tenu de la profondeur de la nappe de Beauce et du coût des forages : il reste une cause majeure de limitation des rendements et a restreint l'extension d'une culture exigeante comme le maïs. L'histoire de l'agriculture en Sologne a fait l'objet de nombreux travaux : citons entre autres R. Gessat (1947), B. Edeine (1974), E. Du Ranquet (1957, 1960, 1964), Ch. Poitou (1985).

Depuis quelques décennies, on assiste à une augmentation des déprises agricoles ; des cultures abandonnées, maintenues quelques années en jachère dans le cadre des mesures européennes de gel des terres (jachères indemnisées) au début des années 1990, sont souvent reboisées en pins. Les principales spéculations végétales sont les prairies, le maïs, le tournesol.

L'espace forestier, nettement dominant, a subi depuis la première guerre mondiale un morcellement important lié à une mutation économique et sociologique de la Sologne : déclin de l'activité agricole, importance croissante de la chasse dans l'économie locale et pression foncière au profit de nouvelles catégories d'utilisateurs de l'espace venant de la capitale, moins préoccupés de production que de loisirs. Ces évolutions ont été analysées en détail par P. Gillardot (1981) et J. Mirloup (1975) pour ce qui concerne la chasse. Néanmoins, la tradition sylvicole des vieilles familles solognotes se maintient grâce aux réunions et publications du Comité central agricole de la Sologne siégeant à Lamotte-Beuvron (Du Ranquet, 1963), ou d'un groupement technique de propriétaires comme le CETEF de la Sologne, créé en 1959 et auquel a succédé le GEDEF Loiret-Sologne. Le périmètre de la feuille est centré sur le massif domanial de Lamotte-Beuvron, morcelé en plusieurs cantons, qui sont les parties forestières de l'ancien domaine impérial de la Grillaire constitué par Napoléon III et qui sont augmentés depuis quelques années par le canton de Saint-Maurice. Le reste est constitué de forêts privées, dont les orientations ont été récemment remises à jour par le Centre de la Production Forestière d'Île-de-France et du Centre dans les nouveaux Schémas Régionaux de Gestion Sylvicole.

On note depuis quelques années un intérêt pour les bioénergies, qui se signale par l'intérêt porté aux terres laissées par l'abandon des cultures traditionnelles, dans la perspective d'un remplacement par des cultures à vocation de biomasse (proximité de l'usine de fabrication de panneaux KronoFrance à Sully) ou par des cultures énergétiques. En forêt, cela se traduit par l'attention portée aux bois de petit diamètre habituellement abandonnés sur les coupes (les « rémanents »), qui apparaissent comme une ressource importante, comme biocombustible (plaquettes forestières) ou comme bois-matériau.

## Végétation

L'inventaire bibliographique mené il y a plus d'une dizaine d'années par l'Institut d'Écologie Appliqué témoigne d'une certaine richesse en références, mais aussi de l'absence d'études générales récentes. La flore de Sologne est bien connue grâce au catalogue de l'abbé L. Segret (1931), qui complète celui d'E. Martin (1895) sur les environs de Romorantin. Des enquêtes plus récentes (Lunais *et al.*, 1986 ; Maubert, 1991-1992), centrées sur les plantes rares, permettent de suivre la répartition de certaines espèces. Le Muséum National d'Histoire naturelle a cherché récemment à relancer ces inventaires par la création du conservatoire botanique de la région Centre. L'étude d'A. Allorgue et P. Gaume (1931) va plus loin que l'inventaire floristique et aborde les aspects phytogéographiques à travers une classification des grands types de formations végétales. C'est une appréhension directement phytosociologique -et plus précisément classificatoire- de la végétation solognote qui apparaît dans le compte-rendu d'une excursion par J. Braun-Blanquet (1967), où l'auteur rapproche les chênaies acidiphiles de Sologne de celles de Cantabrie et du pays basque sous l'appellation de Quercion occidentale. Dans les années soixante, le Centre d'Études Phytosociologiques et écologiques L. Emberger entreprend, dans une conception faisant plus de place aux facteurs de milieu et aux thématiques cartographiques comme support écologique pour l'aménagement du territoire, une série d'études souvent citées en référence (Poissonnet, 1962 ; Godron, 1964 ; Cartan, 1973). On doit y ajouter des publications phytosociologiques plus spécialisées, comme celle de R. Delpech (1976) sur les prairies, ou les recherches originales de L. Guyot sur les landes et les friches (*in* Guyot *et al.*, 1982). Une synthèse de ces études, augmentée par les résultats de nouvelles prospections représentant plus de 600 relevés, a été faite récemment dans une perspective d'aménagement des milieux actuellement forestiers, ou susceptibles de le devenir (Charnet, 1994).

La végétation forestière est très artificialisée, et ce de longue date, puisqu'au début du XVIII<sup>e</sup> siècle déjà, les boisements en pin maritime étaient nombreux. Les futaies résineuses adultes sont encore constituées pour l'essentiel par du pin sylvestre, essence massivement utilisée pour reconstituer les peuplements de pin maritime détruits par les gels de 1879-1880, et pour boiser les terres agricoles

abandonnées après la guerre de 1914-1918. Dans les plantations plus récentes, c'est le pin laricio de Corse qui domine, et, sur les sols frais et profonds, le sapin de Douglas (*Pseudotsuga mensiezii*) a été introduit sur de petites surfaces. La flore de ces sylvofaciès est relativement pauvre en espèces. Dans les jeunes plantations, on retrouve des espèces de la lande (espèces pionnières, éricacées, genêts, variables selon l'humidité de la station), qui dans les futaies plus vieilles encore suffisamment claires accompagnent quelques rares espèces de la chênaie. Le plus souvent, ces futaies résineuses ont une flore très spécialisée qui leur confère une physionomie originale : la strate muscinale y est très recouvrante et très épaisse, constituée de bryophytes comme *Sceropodium purum*, *Pleurozium schreberi*, *Hypnum jutlandicum*, *Hylocomium splendens*, *Dicranum scoparium*. Cette strate est plus particulièrement épaisse sous les pins sylvestres ; elle stocke beaucoup d'éléments minéraux et elle est le siège d'une intense mycorhization : c'est pourquoi sa récolte, telle qu'elle se pratique encore pour fabriquer du « terreau » horticole, détériore la fertilité du sol.

La lande au sens strict a beaucoup régressé. Ce stade transitoire de la colonisation des sols finit par se boiser avec des essences forestières pionnières, comme le bouleau (*Betula pendula*) ou le chêne pédonculé (*Quercus robur*) : c'est sous cette forme pré-forestière qu'on l'observe le plus souvent, les véritables landes ne subsistant qu'à l'état de fragments de quelques ares occupant des vides forestiers, avec une flore d'ailleurs très banale. La lande mésohygrophile à *Erica scoparia*, ou « brémaille » subsiste sur les talus de terrasse où affleure le substrat ; la lande sèche à *Erica cinerea* et *Cladonia* se trouve sur les sols sableux secs des terrasses du Beuvron.

La signification du chêne tauzin en Sologne n'est pas encore complètement élucidée. L'ancienneté de sa présence est attestée par les études floristiques, et ne surprend pas à côté d'un élément atlantique bien représenté (plus dans les parties ouest et sud de la Sologne que sur la feuille Lamotte-Beuvron, il est vrai), dans les stations sèches (*Halimium alyssoides*, *Halimium umbellatum*, *Arenaria montana*) comme dans les stations fraîches (*Asphodelus albus*, *Simethis planifolia*, *Peucedanum gallicum*, *Pyrus cordata*). En revanche, l'irrégularité de sa répartition sur le terrain et la rareté de sa régénération naturelle suggèrent que des facteurs historiques sont aussi en cause. Ainsi, sa forte représentation dans les environs de Vouzon et en particulier dans la forêt domaniale pourrait s'expliquer par son introduction -concomitante de celle du pin maritime- lors de la création du domaine impérial. Quoi qu'il en soit, il n'a pas un comportement d'essence pionnière aussi net que dans le Sud-Ouest. Ce rôle est tenu en Sologne par le chêne pédonculé (*Quercus robur*), maintenant dominant dans les bois feuillus en raison des nombreuses transformations (défrichements, surexploitations, traitements à courte révolution, etc.) subies par la couverture forestière depuis des siècles, au point que J. Braun-Blanquet l'a pris comme essence climacique constitutrice de l'association *Peucedano-Quercetum* (Ibid, 1967). Un examen attentif des bouquets de futaie ayant survécu à ces périodes,

comme le canton domanial du Houssay en bordure de la RN 20 au Nord de Lamotte-Beuvron, montre pourtant que le chêne rouvre (*Quercus petraea*) est sans conteste l'essence climax de la plupart des stations, sols humides à Molinie exceptés. Cette chênaie acidiphile est assez stable dans sa variante hygrocline ou mésophile à Fougère-aigle sur sols à nappe temporaire moyennement profonde, correspondant au *Peucedano-Quercetum* (dans une acception moderne, plus restreinte que celle de Braun-Blanquet), et très instable sous sa variante sèche à Canche flexueuse, que l'on rencontre souvent sur les sols podzolisés secs (Fx, Fy) sous un sylvofaciès ouvert riche en bouleaux et en espèces de la lande (*Erica cinerea*, *Cladonia* div. sp.) ; celle-ci n'a pas de statut taxonomique bien défini dans la classification actuelle des chênaies acidiphiles.

La flore des milieux aquatiques a fait l'objet de quelques inventaires et descriptions (Maubert, 1985).

Enfin, il faut signaler une relance récente des études floristiques, dans le cadre de l'inventaire des habitats d'intérêt européen (programme dit Natura 2000) et de la cartographie des espèces rares ou menacées, sous l'égide de la délégation régionale du Conservatoire Botanique National du Bassin parisien. L'atlas de la flore sauvage du Loiret en constitue un exemple caractéristique (Pujol *et al.*, 2007).

## RISQUES NATURELS

### Retrait-gonflement

Les phénomènes de retrait-gonflement sont dus pour l'essentiel à des variations de volume de formations argileuses sous l'effet de l'évolution de leur teneur en eau. Sur une période de sécheresse prolongée, l'eau contenue dans les feuillets des minéraux argileux s'échappe et les minéraux diminuent de volume ; c'est le retrait. À l'inverse, lorsque la teneur en eau des terrains se rétablit, les minéraux argileux s'hydratent et augmentent de volume ; c'est le gonflement. Ces variations de volume provoquent des tassements différentiels qui se manifestent par des fissurations affectant principalement le bâti individuel. Les phénomènes de retrait-gonflement s'expriment préférentiellement dans les minéraux argileux appartenant au groupe des smectites (montmorillonite, beidellite, nontronite, saponite, hectorite, sauconite) et dans une moindre mesure au groupe des interstratifiés (alternance plus ou moins régulière de feuillets de natures différentes, par exemple illite – montmorillonite).

Plusieurs facteurs de prédisposition comme la nature des terrains, la topographie, le contexte hydrologique favorisent la survenance de désordres. Ils sont aggravés voire déclenchés par l'urbanisation, la météorologie et les défauts de constructions. Néanmoins le facteur principal de causalité reste la nature du sol.

Ce phénomène est la deuxième cause d'indemnisation en cas de catastrophe naturelle et le Loir-et-Cher fait partie des départements français les plus touchés par le phénomène. Plus de 2 700 sinistres déclarés liés à la sécheresse y ont été recensés dans le cadre d'une étude du BRGM demandée par le Ministère de l'Environnement et du Développement Durable (Bouchut *et al.*, 2004). Dans le but de définir les zones les plus exposées au phénomène de retrait-gonflement des argiles, le BRGM a donc réalisé une cartographie de cet aléa à l'échelle de tout le département. Elle a été établie à partir de la carte synthétique des formations argileuses et marneuses du département, après évaluation du degré de sensibilité de ces formations. Les critères utilisés pour établir cette hiérarchisation sont les caractérisations lithologique, minéralogique et géotechnique de ces formations.

Les formations classées en aléa moyen affleurent surtout en Sologne. On y trouve notamment les Sables et argiles de Sologne. Ces formations sont caractérisées par une note lithologique moyenne (2), en raison de l'importance des matériaux non argileux dans la formation ; leurs caractéristiques minéralogiques et géotechniques élevées, démontrant leur susceptibilité au retrait-gonflement.

Cette carte d'aléa retrait-gonflement des terrains argileux du département sert de base à des actions d'information préventive dans les communes les plus touchées par le phénomène. Elle constitue également le point de départ pour l'élaboration de Plans de Prévention des Risques naturels (PPR), en vue d'attirer l'attention des constructeurs et maîtres d'ouvrages sur la nécessité de respecter certaines règles constructives préventives dans les zones soumises à l'aléa retrait-gonflement, en fonction du niveau de celui-ci.

## **Risques sismiques**

La région Centre à l'instar des zones pyrénéennes ou périalpines n'est pas réputée pour être une zone sismiquement active. D'après les données disponibles, le territoire de Bracieux n'a pas été le siège d'épicentres historiques ou récent. En revanche dans les alentours proches, on note quelques séismes régionaux comme :

Le séisme du 16 juillet 1864 en vallée du Loir (Vendôme), Orléanais-Blésois et Pays chartrain ; coordonnées géographiques de l'épicentre (degrés, minutes sexagésimales) : longueur : 1.12' E Latitude : 47.45' N ; intensité à l'épicentre (d'après l'échelle macrosismique MSK 1964) : intensité : 5.

## ÉLÉMENTS ARCHÉOLOGIQUES SUR LE TERRITOIRE DE LA CARTE

### Préhistoire et archéologie

Sur la totalité du territoire de la carte, la couverture végétale forestière de plus en plus dense par les boisements et la déprise agricole voit un retour à la friche et à la lande ; ces conditions s'avèrent défavorables aux prospections terrestres et aériennes. Mis au jour lors de travaux ou découverts fortuitement en surface, des objets épars prouvent cependant que le territoire a connu des occupations préhistoriques et protohistoriques successives, mais aucune fouille n'ayant été entreprise suivant des techniques scientifiques rigoureuses, aucun site de peuplement n'a pu être localisé, délimité et évalué. En revanche, depuis quelques années, des fouilles et des découvertes aériennes ont fait progresser les connaissances relatives à l'époque gallo-romaine.

### Préhistoire

Le paléolithique y semble inconnu : aucun biface n'a été ramassé sur le territoire de cette carte. Du néolithique : quelques haches polies en silex, deux en roche « dure », un ciseau et une pointe de silex, deux poignards en silex du Grand-Pressigny, une meule à grain en grès. Avec ses sables et argiles, la Sologne n'offre pas de matériaux exploitables pour la fabrication d'outils, les objets de pierre recueillis sont des produits d'importation qui sont remarquables, repérés parce qu'ils apparaissent comme des intrus.

De l'âge du bronze sont recensés une hache, à Chaon, et un dépôt comprenant plusieurs haches et un morceau de cuivre rouge, à Vouzon.

En Sologne, les tumulus appelés localement « tombelles » sont des tertres funéraires visibles au sol s'ils ont encore un peu d'élévation ou qui apparaissent en prospection aérienne sous forme de taches claires si les cultures les ont arasées. Isolés (Vouzon, Souvigny-en-Sologne) ou rassemblés en nécropoles (Sennely, Chaumont-sur-Tharonne), les tumulus ont subi des mutilations qui n'ont pas permis de connaître leur contenu et leur architecture. La nécropole d'Yvoy-le-Marron fouillée en 1832 par L. de La Saussaye, selon la méthode de terrassements énergiques en vigueur à l'époque, a livré un petit bracelet de bronze et des fragments d'une épée en fer. D'un des monuments de la nécropole de Lamotte-Beuvron fut extraite, en 1840, une épée en fer. C'est par comparaison avec un tumulus du site voisin de Pierrefitte-sur-Sauldre, fouillé en 1994-1995 et où fut mises au jour une épée de fer et une céramique typique, qu'on peut proposer une datation de ces tumulus au Premier Âge du Fer, entre 800 et 750 ans avant J.-C.

La parure exceptionnelle de Saint-Viâtre composée de quatre torques ou colliers en bronze massif, décorés de fines incisions, fut découverte en 1866 ou 1867 ; elle devait être contenue dans une sépulture si l'on tient compte de la présence dans son environnement immédiat de deux vases qui furent sûrement des urnes funéraires. Cette parure luxueuse s'apparente aux bijoux trouvés, en Allemagne méridionale, dans des sépultures aristocratiques féminines datées du Premier Âge du Fer, de la fin du VII<sup>e</sup> ou de la première moitié du VI<sup>e</sup> siècle avant J.-C. : elle est donc un peu plus récente que le matériel des tumulus.

Solides indices d'une occupation importante au Premier Âge du Fer, ils font connaître (un peu) les populations à travers leurs morts, mais leur habitat reste à découvrir.

### **Agglomérations antiques**

Avec la conquête de la Gaule par Jules César, la Sologne est entrée dans l'histoire puisque, à la tête de ses légions, pour aller de Cenabum (= Orléans) à Avaricum (= Bourges) en suivant une route gauloise, il dut faire le siège de l'oppidum de Noviodunum. Il est maintenant admis que cette place forte est à localiser à Neung-sur-Beuvron, en tenant compte de la toponymie et de la topographie du site. Le confluent du Beuvron et de la Tharonne forme un éperon barré par un large fossé doublé d'un rempart en terre ; le rempart -aujourd'hui en grande partie détruit- qui se prolongeait autour d'un vaste espace circulaire protégeait une population gauloise dont on n'a pas encore mis au jour les habitations.

L'agglomération gallo-romaine s'est étendue sur la rive droite de la Tharonne, dont le versant est bien exposé au sud. Des trouvailles anciennes et fouilles préventives dans plusieurs secteurs permettent peu à peu de circonscrire l'espace bâti dont la stratification dense des vestiges témoigne d'une longue occupation. La zone restée rurale est définie mais l'organisation topographique du centre urbanisée reste lacunaire ; deux nécropoles, au Nord et à l'Ouest marquent la périphérie.

À deux kilomètres au Sud du bourg, s'élevait un ensemble monumental appartenant à un vaste sanctuaire rural. Un théâtre de type gallo-romain a fait l'objet d'une fouille programmée, de 1976 à 1983. Construit en terrain plat, il est édifié de toutes pièces : portant les gradins, la cavea, construite en maçonnerie remplie de terre sableuse, est partagée par trois vomitoires rayonnants et bordée d'une galerie extérieure. Des passages latéraux conduisent à l'aire centrale où une construction de 7 m sur 6 m qui sert de petite scène ou de tribune, sans doute pour des activités ne demandant qu'un petit nombre de participants (musiciens, jongleurs, orateurs...).



L'hémicycle de 100 m de diamètre devait atteindre environ 9 m au sommet des gradins susceptibles d'accueillir plusieurs milliers de spectateurs. Fondé à la charnière des I<sup>er</sup>-II<sup>e</sup> siècles, il eut sa plus forte fréquentation au II<sup>e</sup> siècle ; abandonné au III<sup>e</sup> siècle, il subit alors ses premières destructions avant une réoccupation temporaire et partielle en habitat au IV<sup>e</sup> siècle.

La construction fait appel à des matériaux divers : le bois dans les structures de la « scène », des arases de briques, du calcaire de Beauce, du tuffeau (pierre de Bourré) dans les fondations et les élévations ; pour les mortiers, le sable provient des alluvions quaternaires du Beuvron que le lavage naturel a débarrassé de sa composante argileuse alors qu'en remblai pour édifier les gradins, le sable de Sologne (plus de 20 000 m<sup>3</sup>) était déjà reconnu à cette époque comme peu propre à la construction.

Découvert lors d'une prospection aérienne en 1976, à 200 m au Nord-Est du théâtre, le temple bordé de galeries est implanté sur le côté d'une vaste cour. Des tessons de céramique le datent de la première moitié du I<sup>er</sup> siècle.

Et à proximité immédiate, existe une source pérenne, anonyme dont les eaux pourraient avoir eu des vertus thérapeutiques si l'on se réfère à deux instruments chirurgicaux découverts dans le théâtre. Ainsi, le sanctuaire aurait pour origine un culte gaulois à la source, avec un temple construit en matériaux périssables (non encore reconnu), romanisé par les conquérants dans ce lieu de rassemblement de population, la fonction religieuse s'étant ensuite étendue à des activités culturelles, commerciales, et peut-être administratives et politiques.

Dans la plupart des villages, quelques trouvailles éparses, des tessons de céramique commune ou sigillée typique, des monnaies isolées ou groupées en dépôt attestent une occupation gallo-romaine dispersée dont les formes restent à définir. Vouzon réunit quelques éléments archéologiques qui en font une agglomération gallo-romaine modeste sur la voie antique d'Orléans à Bourges. Un habitat est suggéré par des fragments de briques et de tuiles, des moellons de calcaire et un fragment de marbre vert ; des meules gallo-romaines en granit et des poids de tisserand en terre cuite illustrent des activités domestiques, peut-être artisanales ; la céramique sigillée provenant du Massif central ou de Lorraine, comme les monnaies datent en continuité du I<sup>er</sup> au IV<sup>e</sup> siècles.

### **Ouvrages fossoyés**

Nombreux sont les ouvrages fossoyés dont la typologie est très variée : circulaires, ovalaires, quadrangulaires, avec ou sans basse cour. Longtemps, sans aucun indice probant, on leur attribua une origine gauloise ; la plupart sont sans doute de création médiévale ; on suppose aussi qu'il peut s'agir de plateformes d'habitat plus récentes, sans rôle défensif et seulement aménagées pour drainer

et assainir le sol. Mais en l'absence de fouilles, la naissance de ces établissements ne peut être datée, les archives écrites n'en fournissant qu'une preuve souvent tardive d'existence.

Fortification de terre et de bois dont l'origine remonte aux X<sup>e</sup>-XI<sup>e</sup> siècles, la « motte » est formée d'un tertre circulaire en calotte, entouré d'un fossé ; un exemple existe à « la Motte », à Chaumont-sur-Tharonne, dont le site fut légèrement déplacé au XVIII<sup>e</sup> siècle sur une plateforme rectangulaire. Lamotte-Beuvron doit son nom à un site identique qui devait être implanté au bord du Beuvron, à l'emplacement du château édifié ensuite en maçonnerie et dont la première mention n'apparaît dans les documents écrits qu'au XIV<sup>e</sup> siècle ; il fut construit à la Renaissance et au milieu du XVII<sup>e</sup> siècle. La Motte des Aunaies à Chaumont-sur-Tharonne, Courmême et le Pâtis à Saint-Viâtre, Villette à Ménestreau-en-Villette ont sans doute la même origine.

Dans le fossé du « château » de La Ferté-Beauharnais était aménagé un vivier aux XIV<sup>e</sup>-XV<sup>e</sup> siècles. À « Châteauvieux » à Neung-sur-Beuvron, le système défensif des larges fossés est enserré dans deux bras du Beuvron, des vestiges de porche sont datables du XVI<sup>e</sup> siècle.

La Bouleau-Caillou et Montfranc, à Pierrefitte-sur-Sauldre, sur une plateforme quadrangulaire cantonnée de « sentinelles », illustrent le type de maison-forte de la fin du Moyen Âge.

### **Artisanat de la terre cuite**

Dans la Sologne dépourvue naturellement de roches de gros module, la construction se tourna vers la matière première locale en exploitant les gisements d'argile, d'abord en la mélangeant à la paille de seigle ou de blé pour fabriquer le torchis destiné à hourdir les pans de bois ; puis, en lui ajoutant un dégraissant sableux, moulée, séchée et cuite, on obtint des briques et des tuiles, matériaux réfractaires solides et durables. Des nombreuses briqueteries et tuileries ont fonctionné dans la quasi-totalité des communes : si les infrastructures (four et séchoir) ont aujourd'hui disparu, leur souvenir est conservé dans la toponymie (La Marolle-en-Sologne, Vouzon, Nouan-le-Fuzelier, Ligny-le-Ribault, Lamotte-Beuvron...). Une poterie établie à Chaumont-sur-Tharonne au début du XIX<sup>e</sup> siècle, et une seconde fondée à Vouzon « Cosseneux », au Second Empire, n'eurent qu'une activité éphémère tandis qu'à Chaon, aux XVIII<sup>e</sup>-XIX<sup>e</sup> siècles, des perriniers fabriquèrent des cuiviers de terre (ou perrins) de différents modules.

## Constructions en terre

Des observations récentes ont révélé que, bien plus qu'on ne le pensait, la terre naturelle, sablo-argileuse, fut exploitée en Sologne comme matériau de construction. Des vestiges encore en place, mais souvent maqués par des enduits de mortier ou de plâtre, et confirmés par des archives, attestent l'édification de maisons d'habitation en pisé au début du XIX<sup>e</sup> siècle à Lamotte-Beuvron et à Chaumont-sur-Tharonne et au milieu du même siècle à Saint-Viâtre.

### BIBLIOGRAPHIE

- ALLORGE A., GAUME P. (1925) - Esquisse phytogéographique de la Sologne, *Bull. Soc. Bot. Fr.*, t. 72, p. 5-58.
- ALLORGE P., GAUME R. (1931) - Esquisse phytogéographique de la Sologne. *Bulletin de la société botanique de France* (C.R. de la session extraordinaire de 1925), n° 72, p. 5-59.
- AUTRAN A., DERCOURT J. *et al.* (1980) - Évolution géologique de la France. *Mémoire BRGM*, n° 107.
- AUTRAN A., GÉRARD A., WEBER C. (1976) - La carte gravimétrique de la France. Exemples d'utilisation géologique. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), 18, p. 1119-1132.
- BERGERAT F. (1985) - Déformations cassantes et champs de contraintes tertiaires dans la plate-forme européenne. Thèse Doct. Sci. Terre Univ. Curie, Paris, 315 p.
- BLÈS J.L., GROS Y. (1991) - Stress field changes in the Rhone Valley from the Miocene to the present Tectonophysics, volume 194, issue 3, 1 August 1991, p. 265-277.
- BLÈS J.L., BONIJOLY D., CASTAING C., GROS Y. (1989) - Successive post Variscan stress fields in the French Massif-central and its bordures (Western European plate): comparaison with geodynamic data. *Tectophysics*, 169, p. 79-111.
- BOUCHUT J., GIOT D., CRUZ MERMERY D, AVEC LA COLLABORATION DE DEMELEMESTRE F., HALBAWACHS C. (2004) - Cartographie de l'aléa retrait gonflement des argiles dans le département du Loir-et-Cher; Rapport BRGM/RP-52950-FR, 192 p., 28 ill., 6 ann., 3 cartes h.t.
- BRAUN-BLANQUET J. (1967) - La chénaie acidiphile ibéro-atlantique (Quercion occidentale) en Sologne. Station internationale de Géobotanique méditerranéenne et alpine, communication n° 178, Montpellier, p. 53-87.
- BRGM - Acquisition et rassemblement de données géothermiques disponibles en France, Rapport BRGM 78SGN284GTH, 1978.
- BRGM - La géothermie Collectif, 2004, 44 pages. Éditions du BRGM (Collection les enjeux des géosciences).

- CARTAN M. (1973) - La cartographie thématique considérée comme source d'information ; essai d'étude quantitative des relations végétation-milieu et la dynamique de l'utilisation du sol sur un territoire test en Sologne. Thèse de spécialité. Université des sciences et techniques du Languedoc, Montpellier.
- CASTAING C. avec la collaboration d'AUTRAN A, DELPONT G., TURLAND M. (1984) - Évolution des différents contextes tectoniques et géodynamiques du socle du bassin de Paris depuis le Protérozoïque. Nouvelles hypothèses sur la nature de l'anomalie magnétique. Programme géologie profonde Thème 2 : Anomalie magnétique (bassin de Paris). Documents du BRGM n° 81-2, p. 163-183, 22 cartes.
- CASTAING C., DEBEGLIA N. (1992) - A new method for combining gravimetric and geological data. *Tectonophysics* 204, p. 151-162.
- CHARNET F. (1994) - Typologie des stations actuellement et potentiellement forestières de la Sologne. Institut pour le Développement Forestier, Orléans, 111 p. + fiches descriptives, annexes.
- CHARNET F. (2002) - Influence des variations de végétation spontanées ou provoquées sur l'économie en eau des podzols de la Sologne des Sauldres ; conséquences physiologiques et forestières. Thèse de doctorat de l'Institut National Agronomique de Paris-Grignon, Paris, et Institut pour le Développement Forestier, Orléans, 319 p.
- CLAUER N., O'NEIL J.R., FURLANS S. (1995) - Clay minerals as records of temperature condition and duration of thermal anomalies in the Paris Basin. *Clay Minerals* 30, p. 1-13.
- CHIMIER J.-P. (2009) - Le potentiel archéologique du quartier du Bourg-Neuf à Neung-sur-Beuvron (Loir-et-Cher), d'après les opérations de fouille récentes, *Bulletin du Groupe de Rech. Archéol. et Hist. de Sologne*, t. 30, n° 4 (La Sologne et son passé, n° 42. Archéologie en Sologne II), p. 31-42, fig. 1-6.
- CORNET F.H., BURLET D. (1992) - Stress field determinations in France by hydraulic tests in boreholes. *Journal of Geophysical research.*, vol. 97, p. 11.829-11.849.
- CRUZ MERMERY D., GIOT D., ROUSSET V. (2007) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Bracieux (429). Orléans : BRGM. Notice explicative par Cruz Mermery D., Giot D., Maget P., Charnet F., Guillou-Frottier L., Jaudin F., Irribarria R., Delétang H., Maggiorani L. (2007), 171 p.
- CRUZ MERMERY D., GIOT D., MAGET P., CHARNET F., GUILLOU-FROTTIER L., JAUDIN F., IRRIBARRIA R., DELÉTANG H., MAGGIORANI L. (2007) - Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Bracieux (429). Orléans : BRGM, 171 p. Carte géologique par Cruz Mermery D., Giot D., Rousset V. (2007).
- DEBEGLIA N. (1980) - In Debrand-Passard S. (coord.), in Megnien C. (dir.), 1980 - Synthèse géologique du bassin de Paris, *Mém. BRGM*, vol. II, atlas, n° 102, pl. S1.

- DEBEGLIA N., DEBRAND-PASSARD S. (1980) - Principaux accidents issus des corrélations entre les données de géophysique et les données de terrain (au sens large), dans le Sud-Ouest du bassin de Paris. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), 22, n° 4, p. 639-645.
- DEBEGLIA N., GREBER C. (1980) - In Debrand-Passard S. (coord.), in Megnien C. (dir.), 1980 - Synthèse géologique du bassin de Paris, *Mém. BRGM*, vol. II, atlas, n° 102, pl. S4.
- DEBEGLIA N., WEBER C. (1977) - Apport des corrélations géophysiques à la connaissance du socle du bassin de Paris. 5<sup>e</sup> Réunion Annuelle des Sciences de la Terre, Rennes, 19-22 avril 1977. *Soc. Géol. Fr.*, p. 189.
- DEBRAND-PASSARD S. (1978) - Données nouvelles sur la tectonique du Sud du bassin de Paris, feuille à 1/50 000 Vatan (départements du Cher et de l'Indre. *Bull. BRGM* (2), 1, 3, p. 265-268, 1 fig.
- DEBRAND-PASSARD S. (1980-82) - Le Jurassique supérieur du Berry (Sud du bassin de Paris). *Mém. BRGM* n° 119, 226 p., 108 fig., 20 pl. photos, 13 pl. ann.
- DEBRAND-PASSARD S., Gros Y. (1980) - La fracturation de la Champagne berrichonne. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), 22, n° 4, p. 647-653.
- DEBRAND-PASSARD S., CLOZIER L., TOURENQ J. (1994) - Événements tectoniques majeurs, post distension Éo-Oligocène, de la partie occidentale du bassin de Paris (France). Reconstitution à partir des paléogéographies successives. Colloque « Geoprospective », 18-19 avril 1994, Paris (France).
- DEBRAND-PASSARD S., MACAIRE J.J., CLOZIER L., FLEURY R. (1988) - Particularités de l'évolution du système fluvial solognot dans le bassin de la Loire. Corrélations possibles. *Géologie de la France*, n° 2, p. 55-68, 7 fig., 1 tabl.
- DELÉTANG H. (1976) - Des monnaies trouvées à Vouzon (Loir-et-Cher). *Bulletin de la Société Archéologique et Historique de l'Orléanais*, n. s., t. VII, n° 47, (1977), p. 81-89.
- DELÉTANG H. (1977) - Sologne : découverte de sites antiques, dossier de l'Archéologie, n° 22, Spécial archéologie aérienne, p. 38-43, 4 fig.
- DELÉTANG H. (1978) - À propos de la découverte de Chaon (Loir-et-Cher) : les haches à talon du type à écusson en France, *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, t. 75, n° 7, p. 1216-1224, 6 fig.
- DELÉTANG (H.) 1979 - Que savons-nous des objets de l'Âge du Bronze trouvés à Vouzon (Loir-et-Cher) au XIX<sup>e</sup> siècle ? *Bull. Gr. Rech. Archéol. et Hist. de Sologne*, t. 1, n° 4, p. 57-67.
- DELÉTANG H. (1981) - Monnaies romaines trouvées à Saint-Viâtre (Loir-et-Cher). *Bull. Gr. Rech. Archéol. et Hist. de Sologne*, t. 3, n° 3, fasc. 1, p. 75-84, 1 fig.
- DELÉTANG H. (1984) - Un poignard en silex du Grand-Pressigny, à dos poli et retouche en écharpe, trouvé à Vouzon (Loir-et-Cher). *Bull. Gr. Rech. Archéol. et Hist. de Sologne*, t. 6, n° 4, p. 79-92, 2 fig.

- DELÉTANG H., LORAIN J.-M. (1986a) - Pour une archéologie de la terre cuite en Sologne : briqueteries, tuileries et poteries. *Bull. Gr. Rech. Archéol. et Hist. de Sologne*, t. 8, n° 1, p. 18-34.
- DELÉTANG H., LE ROUX Ch.-T. (1986b) - Quelques haches polies d'importation en Sologne. *Bull. Gr. Rech. Archéol. et Hist. de Sologne*, t. 8, n° 4, p. 103-113, 9 fig.
- DELÉTANG H. (1988a) - Le théâtre gallo-romain de Neung-sur-Beuvron (Loir-et-Cher) dans son environnement. *Rev. Archéol. Cent. Fr.*, t. 27, fasc. 2, p. 143-204, 57 fig.
- DELÉTANG H. (1988b) - À la recherche de la « voie romaine » d'Orléans à Bourges. *Bull. Gr. Rech. Archéol. et Hist. de Sologne*, t. 10, n° 3-4, p. 63-78, 5 fig.
- DELÉTANG H. (1992) - Le théâtre gallo-romain de Neung-sur-Beuvron (Loir-et-Cher) : architecture et environnement, *Spectacula II - Le théâtre antique et ses spectacles*, Actes du colloque tenu au Musée archéologique de Lattes, les 27-30 avril 1989, Lattes, Musée archéologique, p. 37-43, 5 fig.
- DELÉTANG H. (1995a) - Vestiges gaulois (La Tène III) au théâtre antique de Neung-sur-Beuvron (Loir-et-Cher). *Bull. Gr. Rech. Archéol. et Hist. de Sologne*, t. 17, n° 3-4, p. 75-87, 10 fig.
- DELÉTANG H. (1995b) - La Ferté-Beauharnais (Loir-et-Cher) : un vivier du château et sa bonde des XIV<sup>e</sup> et XV<sup>e</sup> siècles. *Bull. Gr. Rech. Archéol. et Hist. de Sologne*, t. 17, n° 3-4, p. 175-184, 8 fig.
- DELÉTANG H. (1995c) - Un mur de pisé du milieu du XIX<sup>e</sup> siècle mis au jour à Saint-Viâtre (Loir-et-Cher). *Bull. Gr. Rech. Archéol. et Hist. de Sologne*, t. 17, n° 3-4, p. 185-187, 1 fig.
- DELÉTANG H. (1996) - Études de terrain, photographie aérienne et archives : un réexamen des tumulus d'Yvoy-le-Marron (Loir-et-Cher) 1 - La Collardière, *Bull. Gr. Rech. Archéol. et Hist. de Sologne*, t. 18, n° 1, p. 1-8, 6 fig.
- DELÉTANG H. (1999a) - Neung-sur-Beuvron (Loir-et-Cher). Les Agglomérations secondaires antiques en région Centre, t. I, textes réunis par M.-E. Bellet, Ch. Cribellier, A. Ferdière, S. Krausz, 17<sup>e</sup> suppl. à la RACF, FERAC/ARCHÉA, Tours, p. 167-174, fig. 46-47.
- DELÉTANG H. (1999b) - L'Archéologie aérienne en France. Le passé vu du ciel, Paris, Errance, 171 p., 317 photos.
- DELÉTANG H. (2002) - Le théâtre gallo-romain de Neung-sur-Beuvron (Loir-et-Cher) : du lieu de spectacle à la carrière. *Bull. Gr. Rech. Archéol. et Hist. de Sologne*, t. 24, n° 3, La Sologne et son passé, n° 31, p. 1-14, 12 fig.
- DELÉTANG H. (2005a) - Deux trouvailles néolithiques à Chaon (Loir-et-Cher), *Bull. Gr. Rech. Archéol. et Hist. de Sologne*, t. 27, n° 2, (La Sologne et son passé, n° 36), p. 1-4.
- DELÉTANG H., LEYMARIOS C. (2005b) - Archéologie aérienne. Patrimoine de Loir-et-Cher, Saint-Cyr-sur-Loire, Édit. Sutton, 208 p.

- DELÉTANG H. (2007) - Deux haches polies trouvées à Lamotte-Beuvron (Loir-et-Cher), *Bull. Gr. Rech. Archéol. et Hist. de Sologne*, t. 29, n° 2, (La Sologne et son passé, n° 40), p. 1-2.
- DELÉTANG H. (2008a) - La Sologne de A à Z, Saint-Cyr-sur-Loire, Édit. A. Sutton, 192 p.
- DELÉTANG H. (2008b) - En Sologne biturige. L'oppidum de Neung-sur-Beuvron (Loir-et-Cher) et les tombes aristocratiques. *Bull. Gr. Rech. Archéol. et Hist. de Sologne*, t. 30, n° 4, (La Sologne et son passé, n° 42, Archéologie en Sologne II), p. 13-30.
- DELÉTANG H. (2008c) - Le gué antique de Courmême, à Saint-Viâtre (Loir-et-Cher), et son environnement. *Bull. Gr. Rech. Archéol. et Hist. de Sologne*, t. 30, n° 4 (La Sologne et son passé, n° 42. Archéologie en Sologne II), p. 49-54.
- DELFAUD M., LENOTRE N. (1992) - Mouvements verticaux actuels dans le Nord du Massif central et le Sud du bassin de Paris. Comparaison de nivellement. Rapport BRGM, CR 35 411 GEO/SGN 92.
- DELPECH R. (1976) - Affinités phytosociologiques de quelques prairies alluviales inondables de Sologne. Colloques phytosociologiques V : la végétation des prairies inondables, Lille, p. 57-64.
- DENIZET H. (1900) - La Sologne, 224 p.
- DENIZOT G. (1927) - Les formations continentales de la région orléanaise. Imprimerie Launay et fils, Vendôme, 582 p., 12 pl.
- DENIZOT G. (1959) - Formation éolienne importante dans le Sud de la Sologne, *Bull. carte géol. Fr.*, n° 261, t. LVII, p. 49-54.
- DENIZOT G. (1960) - L'établissement du Bassin de la Loire dans la région orléanaise. *Bull. Nat. Orléanais*, IX, p. 3-10.
- DOLFUSS G. (1897) - Observations sur la géologie de l'Orléanais. BSGF, (3), XXV, p. 465-469.
- DOUVILLE H. (1879) - Sur les relations des Sables de l'Orléanais, des Sables de Sologne et des faluns de la Touraine. AFAS, VII, p. 557-563.
- DUBOIS P., YAPAUDJIAN L. (1980) - « Le bassin d'après des sondages », in : synthèse géologique du bassin de Paris. *Mém. BRGM*, 101, 102 et 103.
- DU RANQUET E. (1957) - La situation de la Sologne du XV<sup>e</sup> siècle au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle. *Ann. comité central agricole de la Sologne*, 2.
- DU RANQUET E. (1960) - Le défrichement agricole de la Sologne. *Ann. CCAS*, n° 4, p. 112-123.
- DU RANQUET E. (1963) - Le Comité agricole de la Sologne. *Revue forestière française*, n° 32, p. 63-71 et n° 33, p. 37-45.
- EDEINE B. (1974) - La Sologne, contribution aux études d'ethnologie métropolitaine. Mouton, Paris – La Haye, 2 t., 1069 p.

- ELUÈRE Ch. (1978) - La parure de Saint-Viâtre (Loir-et-Cher), *Antiquités Nationales*, 10, p. 36-42, 5 fig.
- EMBERGER L. *et al.* (1964) - Notice détaillée. Carte phyto-écologique et carte de l'occupation des terres de Sologne. CEPE, Montpellier.
- FLEURY R., LABLANCHE G., MAUGENEST M.-C. (1992) - Carte géol. France à 1/50 000, feuille Saint-Martin-d'Auxigny (492) - Orléans : BRGM - Notice explicative par Fleury R., Lablanche G., Maugenest M.-C., Maget Ph.
- GAUCHERY P. (1893) - Essai sur la géologie de la Sologne. FJN, XXIII, n° 269, 20 p.
- GAUCHERY P., DOLFUS G.F. (1892-1893) - Essai sur la géologie de la Sologne. Feuille des jeunes naturalistes, 23<sup>e</sup> année, n° 267, 268, 269, 270, 271.
- GARCIN M., FARJANEL G., GIOT D. (2001) - Éléments radiochronologiques et palynologiques sur les alluvions du lit majeur de la Loire (Val d'Avaray, Loir-et-Cher, France). *Quaternaire*, 12, (1-2), 2001.
- GARCIN M., GIOT D., FARJANEL G., GOURRY J.C., KLOPPMANN W., NEGREL P. (1999a) - Géométrie et âge des alluvions du lit majeur de la Loire moyenne, exemple du Val d'Avaray (Loir-et-Cher, France). *C.R. Acad. Sci. Paris.*, série IIa, 329, p. 405-412.
- GARCIN M., GIOT D., FARJANEL G., GOURRY J.-C., KLOPPMANN W., NEGREL P. (1999 b) - "Tardiglacial and Holocene deposits in the Middle Loire River, the Val d'Avaray case study (Loir-et-Cher, France)". *C.R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la terre et des planètes*, 329, p. 405-412.
- GARCIN M., GIOT D., FARJANEL G., KLOPPMAN W., NEGREL P., GOURRY J.C. (1999c) - La Loire moyenne au Quaternaire récent dans le Val d'Avaray. *Études ligériennes*, 2, p. 45-49
- GÉLY J.-P., LORENZ C. (1991) - Analyse séquentielle de l'Éocène et de l'Oligocène du Bassin parisien (France). *Revue de l'Institut Français du Pétrole*, vol. 46, n° 6, p. 713-747.
- GÉLY J.-P., LORENZ J. (2006) - Le Lias et le Dogger du Sud du Bassin parisien (France) : rôle de la tectonique syn-sédimentaire et reconstitutions paléogéographiques à l'échelle de la biozone d'ammonite/Geobios 39 (2006) p. 631-649.
- GENTER A., GUILLOU-FROTTIER L., FEYBESSE J.-L., NICOLN, DEZAYES C., SCHWARTZ S. (2003) - Typology of potential hot fractured rock resources in Europe, *Geothermics*, 32, p. 701-710.
- GESSAT R. (1947) - L'agriculture solognote. Ministère de l'agriculture, Paris, 361 p.
- GIGOT C. (1984) - Notice explicative, carte géologique de France (1/50 000), feuille Bellegarde-du-Loiret (364). Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Orléans, 36 p.



- GIGOUT M., CADET J.-P., HOREMANS P., RASPLUS L. (1970) - Carte géologique à 1/50 000, feuille La Ferté-Saint-Aubin, n° 398.
- GILLARDOT P. (1981) - La grande Sologne. Thèse de doctorat d'état en géographie, Université de Paris-I, 673 p. + 1 t. de 189 fig.
- GIOT D., avec la collaboration de LORENZ J., THIERRY J. in DEBRAND-PASSARD S. (coord.), in MÉGNIEN C. (dir.) (1980) - Synthèse géologique du bassin de Paris. *Mém. BRGM*, vol. II, atlas, n° 102, pl. L3 à L7, JM 3, JM 5, Ci 2 et Cs 2.
- GIOT D. (2002) - Carte géologique du département du Loiret. *Doc. BRGM*.
- GIOT D. (2002) - Notice de la carte géologique du département du Loiret. *Doc. BRGM*.
- GINSBURG L. (1972) - Sur l'âge des Mammifères des Faluns miocènes du Nord de la Loire. *C.R. Acad. Sci., Paris*, t. 274 p. 3345-3347.
- GINSBURG L. (1974) - Les feuilles paléontologiques du Bardou (Loiret) et l'âge des Sables de Beaugency – Tavers. *Bull. Ass. Naturalistes orléanais* (3), n° 12, p. 3-8.
- GODRON M. (1964) - Notice détaillée de la carte phytoécologique et de la carte d'occupation des terres de Sologne (feuilles d'Argent-sur-Sauldre 2sud et 5sud). Centre d'études Phytosociologiques et Écologiques du CNRS, Montpellier, 1 notice de 184 p. + annexes, 1 dossier de 4 cartes au 1/10 000.
- GROS Y., MARTIN P. (1981) - La fracturation de la bordure nord du Massif central (région des horsts de La Machine, Neuville, Saint-Pierre-le-Moutier). Étude géométrique, cinématique et chronologique. Rapport BRGM, 81 SGN 859 GEO, 18 p., 11 fig.
- GROSSOUVRE A. (de) (1897) - Tertiaire de la Sologne. BSCGF (IX), 58, p. 265-268.
- GUELLEC I. (1987) - Caractérisation de quelques sols majeurs de la Sologne centrale ; rôle des facteurs écologiques dans la répartition et l'évolution des profils. *Ann. Sci. Forestières*, 44 (4), p. 489-510.
- GUILLOCHEAU F., ROBIN C., ALLEMAND P., BOURQUIN S., BRAULT N., DROMART G., FRIEDENBERG R., GARCIA J. P., GAULIER J.-M., GAUMET F., GROSDOY B., HANOT F., LE STRAT P., METTRAUX M., NALPAS T., PRIJAC C., RIGOLLET C., SERRANO O., GRANDJEAN G. (1999) - Évolution géodynamique du bassin de Paris : apport d'une base de données stratigraphiques 3D. *Bull. Inform. géol. Bass. Paris*, 36, p. 3-35.
- GUILLOCHEAU F., ROBIN C., ALLEMAND P., BOURQUIN S., BRAULT N., DROMART G., FRIEDENBERG R., GARCIA J.-P., GAULIER J.-M., GAUMET F. (2000) - Meso-Cenozoic geodynamic evolution of the Paris Basin: 3D stratigraphic constraints. In *Geodinamica Acta*, vol. 13, issue 4, p. 189-245.
- GUILLOU-FROTTIER L. (2003) - Analyse des zones potentiellement favorables (thermiquement) pour l'implantation de sites HDR/HFR en Europe, Rapport BRGM/RP-52157-FR, 50 p., 22 fig.

- GUYOT L., WATTEZ J.R., VAN HALUWYN C. (1982) - Études phytosociologiques sur les formations végétales riches en Cistacées de la Sologne orientale. Documents phytosociologiques 5 (6), p. 245-261.
- HAMON Y., MERZERAUD G. (2005) - Nouvelles données sur le Trias de Sologne (Chémery, Sud-Ouest du bassin de Paris) : stratigraphie et environnements de dépôts. *Géologie de la France*, p. 3-22.
- HARRAULT J. (1960) - Étude morphologique de quelques sables de Sologne. DES. Paris.
- HÉRITIER F., VILLEMEN J. (1971) - Mise en évidence de la tectonique profonde du bassin de Paris par l'exploitation pétrolière. *Bull. BRGM Fr.*, (2), 1, p. 11-30, 1 pl.
- HONORATO R. (1971) - Contribution à l'étude des sols de la vallée du Cosson dans la région de La Ferté-Saint-Aubin (Loiret). Thèse de 3<sup>e</sup> cycle, Université de Paris, 208 p.
- HOREMANS P. (1961) - Contribution à l'étude pédologique des terrasses alluviales de la Loire moyenne. *Thèse Fac. Sci., Paris*, 2 cartes, 64 p.
- HOREMANS P. (1961) - Contribution à l'étude pédologique des terrasses de la Loire moyenne. Thèse de doctorat en géologie dynamique, Faculté des sciences de l'Université de Paris, 164 p. + 16 pl. + 4 cartes h.t.
- HOREMANS P., LESAFFRE B. (1981) - Secteurs de référence en Loir-et-Cher. Direction départementale de l'Agriculture du Loir-et-Cher, Service de l'hydraulique agricole et fluviale, 113 p.
- JÉZÈQUEL P. (1996) - Étude minéralogique de 8 échantillons en provenance de Lamotte-Beuvron. Note BRGM/SMP/PEA/CMI/NT/96/406.
- LABLANCHE G. (1982) - Les calcaires lacustres paléogènes de la Champagne berrichonne (étude cartographique, pétrographique, reconstitution du milieu de sédimentation). Documents BRGM, n° 49, 127 p., 28 fig., 4 cartes h.-t.
- LACOMBE O., OBERT D. (2000) - Héritage et déformation de couverture : plissement et fracturation tertiaires dans l'Ouest du bassin de Paris, *C. R. Acad. Sci. Paris*, p. 793-798.
- LARUE J.P. (1979) - Les nappes alluviales de la Loire et de ses affluents dans le Massif central et dans le Sud du Bassin parisien : étude géomorphologique. Thèse d'État, Géographie, Université Clermont-Ferrand II, 543 p.
- LARUE J.P. (1982) - Les enseignements climatiques et tectoniques fournis par l'étude des nappes alluviales de la Loire et de ses affluents. *Revue de Géomorphologie Dynamique*, 4, p. 137-149.
- LARUE J.P. (1999) - Le fleuve à augite dans le Bassin parisien : nouveaux éléments d'interprétation. *Géologie de la France*, 3, p. 1-16.
- LARUE J.P. (2003a) - L'encaissement inégal de la Seine et de la Loire dans le Bassin parisien (France). *Géographie physique et Quaternaire*, vol. 57, n° 1, p. 21-36, 9 fig., 1 tabl.

- LARUE J.P. (2003b) - L'encaissement de l'Allier et de la Loire supérieure et moyenne (France) au Pliocène et au Pléistocène. *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, juillet-septembre, vol. 9, n° 3, p. 135-149.
- LARUE J.P., ÉTIENNE R. (2001) - Morphodynamique fluviale et tectonique : l'exemple de la vallée de la Loire dans le Sud du Bassin parisien (France). *Géomorphologie*, 4, p. 281-294.
- LARUE J.P., ÉTIENNE R. (2002) - Les Sables de Lozère et les Sables de Sologne : nouvelles interprétations de deux décharges détritiques du Miocène inférieur, issues de la paléo-Loire (Bassin parisien, France). *Bull. Soc. géol. Fr.*, 173, p. 185-192.
- LE HOUEROU H.N. (1961) - Contribution à l'étude des Sables et argiles de Sologne. DES. Montpellier, 73 p.
- LEFAVRAIS-RAYMOND A. avec la collaboration de HANZO M., MOUTERDE R., MULLER A. RIOULT M., TINTANT H. in DEBRAND-PASSARD S. (coord.), in MÉGNIEN C. (dir.) (1980) - Synthèse géologique du bassin de Paris. *Mém. BRGM*, vol. II, atlas, n° 102, pl. L1 à L7.
- LEMALE J., JAUDIN F. (1998) - La géothermie, une énergie d'avenir. 117 pages ADEME, ARENE, BRGM.
- LEROUGE G. (1984) - Contribution à l'étude de la fracturation du Nord-Ouest du Massif central et du Sud du bassin de Paris (France). Thèse de 3<sup>e</sup> cycle, Univ. d'Orléans, 20, 394 p.
- LEROUGE G., DEBRAND-PASSARD S., GELY J.-P. (à paraître) - Analyse morpho-structurale du Sud du Bassin parisien. Incidences de la lithologie et de la tectonique.
- LEROUGE G., FREYTET P., LORENZ C.-J. (1986) - Proposition d'une chronologie des événements tectoniques, sédimentaires et morphologiques néogènes et quaternaires dans le Sud du bassin de Paris et le Nord-Ouest du Massif central français. *C.R. Acad. Sc. Paris*, t. 303, série II, n° 19, p. 1749-1752.
- LORENZ J. (1992) - Le Dogger du Berry. Contribution à la connaissance des plates-formes carbonatées européennes au Jurassique. *Documents du Bureau de Recherches géologiques et minières*, 212, p. 1-399.
- LORENZ J., C., BERGERAT F., BERNARD P., MENOT J.C. (1985) - Études structurales et sédimentaires sur la couvenure mésozoïque de la partie méridionale de l'anomalie magnétique du bassin de Paris : rapports entre le sous-bloc bilurige, le fossé de la Loire et le bloc bourguignon. Programme géologie profonde de la France, G.P.P. 2, thème 2, socle et anomalie magnétique du bassin de Paris, p. 137-149.
- LUNAI B., MAUBERT P., GUILLOT G. (1986) - Répartition des plantes rares ou localisées en Sologne ; atlas préliminaire 1978-1985. Inventaires de Faune et de Flore, fasc. n° 31, Muséum national d'histoire naturelle, Paris, 247 p.

- MACAIRE J.-J. (1981) - Contribution à l'étude géologique et pédologique du Quaternaire dans le Sud-Ouest du bassin de Paris (Touraine et abords). Thèse, tome 1, 304 p.
- MANIVIT J., DEBRAND-PASSARD S. (1994) - Carte géologique France (1/50 000), feuille Vierzon (491) - Orléans : BRGM. Notice explicative par Manivit J. avec la collaboration de Debrand-Passard S., Gros Y., Desprez N. (1994), 50 p.
- MARTIN E. (1895) - Catalogue des plantes vasculaires et spontanées des environs de Romorantin, 2<sup>e</sup> édition, Standachar et Cie, Romorantin, XI-533 p.
- MASURE F. (1870) - Études sur les terrains agricoles de la Sologne. E. Puget et Cie, Orléans, 524 p.
- MAUBERT Ph. (1985) - Inventaire botanique de la zone des étangs de Sologne. CDPNE du Loir-et-Cher ; DRAE région Centre, 61 p.
- MAUBERT Ph. (1991-1992) - Éléments de réflexion sur l'origine des plantes les plus rares de Sologne. Loiret-Nature, n° 9, vol. 1, p. 11-23.
- MAYET L. (1908) - Étude des Mammifères miocènes des sables de l'Orléanais et des faluns de la Touraine. Ann. univ. Lyon, fasc. 24, 336 p.
- MÉGNIE F. avec la collaboration de MANIVIT J., MÉDIONI R., in DEBRAND-PASSARD S. (coord.), in MÉGNIE C. (dir.) (1980) - Synthèse géologique du bassin de Paris, *Mém. BRGM*, vol. II, atlas, n° 102, pl. Ci 2.
- MÉNILLET F. (1980) - Les lithofaciès des calcaires de Beauce (Stampien supérieur et Aquitainien) du bassin de Paris (France). *Bull. BRGM Fr.*, 2<sup>e</sup> sér., sect. IV, n° 1, p. 15-35.
- MÉNILLET F., EDWARDS N. (2000) - The oligocene Miocene calcaires de Beauce (Beauce Limestones), Paris Basin, France in E.H. Gierlowski and K.R. Kelts Eds., Lake basins through space and time: AAPG studies in geology, 46, p. 417-424.
- MERCIER J. (1966) - Résultats des sondages profonds du bassin de Paris. Les granites de Rebréchien, Sennely et Quenne, région d'Orléans et Auxerre. *Bull. BRGM*, n° 6.
- MILCENT P.-Y. (1995) - La Sologne entre Bronze et Fer (XIII<sup>e</sup>-V<sup>e</sup> siècles av. J.-C.). *Bull. Gr. Rech. Archéol. et Hist. de Sologne*, t. 17, n° 3, p. 45-73, 13 fig.
- MIRLOUP J. (1975) - La chasse en Sologne ; étude géographique. Centre régional de la documentation pédagogique, Orléans, 346 p.
- PASTRE J.F. (1986) - Altération et paléo-altération des minéraux lourds des alluvions pliocènes et pléistocènes du bassin de l'Allier (France). *Bulletin de l'Association française pour l'Étude du Quaternaire*, 3-4, p. 257-269.
- POISSONNET J. (1962) - Essai d'approche quantitative de l'interprétation des thèmes cartographiques de la végétation et de son écologie en Sologne. Thèse de docteur-ingénieur, CEPE, Montpellier, 171 p.
- POITOU Ch. (1985) - Paysans de Sologne dans la France ancienne. Ed. Horwath, Le Coteau, 272 p.

- POLLACK H.N., HURTER S.J., JOHNSON J.R. (1993) - Heat flow from the Earth's interior: analysis of the global data set, *Rev. geophys.*, 31(3), p. 267-280.
- PROVOST M. (1988) - Carte archéologique de la Gaule. Le Loir-et-Cher, Paris, Imprimerie nationale.
- PUJOL D., CORDIER J., MORET J. (2007) - Atlas de la flore sauvage du Loiret, Éditions Parthenope, 472 p.
- RASPLUS L. (1978) - Contribution à l'étude géologique des formations continentales détritiques tertiaires de la Touraine, de la Brenne et de la Sologne. Thèse, Orléans. Texte : 2 vol., 454 p. ; 1 vol. fig. et cartes.
- RASPLUS L. (1982) - Contribution à l'étude des formations continentales détritiques tertiaires du Sud-Ouest du bassin de Paris. Condensé de thèse, Sciences géologiques, Mémoire 66, Université Louis Pasteur, Strasbourg, 227 p.
- RASPLUS L. (1988) - Sables et mortiers du théâtre gallo-romain de Neung-sur-Beuvron (Loir-et-Cher), dans Delétang H. (1988a), p. 197-198.
- RAULIN V. (1846) - Mémoire sur la constitution géologique du Sancerrois. *Mém. Soc. géol. Fr.*, 2<sup>e</sup> série, t. 2, 1<sup>ère</sup> partie, p. 218-240.
- SAPIN S. (1967) - Principaux résultats géologiques des travaux d'exploration réalisés par la Société Nationale des Pétroles d'Aquitaine dans le Sud-Ouest du bassin de Paris. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 7<sup>e</sup> sér., t. 9, n° 3, p. 327-354.
- STEHLIN H.G. (1907) - Notices paléomammalogiques sur quelques dépôts miocènes de la Loire et de l'Allier. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 4<sup>e</sup> sér., (7).
- STEHLIN H.G. (1925) - Catalogue des ossements des mammifères tertiaires de la collection Bourgeois. *Bull. Soc. hist. nat.*, Loir-et-Cher, 18, p. 77- 277, 31 fig.
- SEGRET L. (1931) - Catalogue raisonné des plantes vasculaires de Sologne. *Bull. soc. botan. Fr.* (C.R. de la session extraordinaire de 1925), p. 59-122.
- TRÉMOLIÈRES P. (1981) - Mécanismes de la déformation en zones de plateforme, méthode et application au bassin de Paris. Deuxième partie. *Revue de l'institut Français du pétrole*, vol. 36, n° 5.
- TOURENQ J. (1989) - Les sables et argiles du Bourdonnais (Massif central, France). Une formation fluvio-lacustre d'âge pliocène supérieur. Étude minéralogique, sédimentologique et stratigraphique. Thèse doct. Univ. P. et M. Curie, Paris.
- TOURENQ J., POMEROL C. (1995) - Mise en évidence, par la présence d'augite du Massif central, de l'existence d'une pré-Loire-pré-Seine coulant vers la Manche au Pléistocène. *C.R. Acad. Sci.* (Paris), 320, 2A, p. 1163-1169.
- VATAN A. (1947) - Remarques sur la silification. *C.R. somm. Soc. géol. Fr.*, p. 99-101.
- VATAN A. (1947) - La sédimentation continentale tertiaire dans le bassin de Paris méridional. Thèse, Toulouse, 215 p., 7 pl.

WEBER C. (1973) - Le socle anté-triasique sur la bordure sud du bassin de Paris d'après les données de la géophysique. *Bull. BRGM*, sect II, n° 3 et 4, p. 219-343.

### **Carte géologique de la France à 1/80 000**

Feuille *Blois* : 1<sup>ère</sup> édition (1884), par H. Douvillé, Le Mesle, Jacquot ; 2<sup>e</sup> édition (1940), par G. Denizot.

### **Carte géologique de la France à 1/50 000**

Feuille *Argent-sur-Sauldre* : (1991), par R. Fleury.

Feuille *Salbris* : (1992), par R. Fleury.

Feuille *Bracieux* : (2007), par D. Cruz Mermy, D. Giot, V. Rousset.

Feuille *Romorantin* : (1997), par R. Fleury.

### *DOCUMENTS CONSULTABLES*

La banque de données du sous-sol du BRGM détient l'inventaire des sondages et autres ouvrages souterrains exécutés dans le périmètre de la feuille et archive régulièrement les nouveaux travaux. Les documents peuvent être consultés soit au Service géologique régional Centre, avenue Claude Guillemin, BP 6009, 45160 Orléans - Cedex 2, soit au BRGM, Maison de la Géologie, 77, rue Claude-Bernard, 75005 Paris.

### **AUTEURS**

Coordination D. Cruz Mermy et D. Giot.

Cette notice a été rédigée par S. Debrand-Passard, D. Giot, D. Cruz Mermy avec la collaboration de :

- J.-J. Macaire (professeur, Université de Tours), pour la description des alluvions ;
- Y. Gros (ANTEA) pour la tectonique ;
- P. Maget (BRGM) : hydrogéologie ;
- H. Delétang (président du Groupement de Recherche Archéologique et Historique de Sologne) (GRAHS), Lamotte-Beuvron, pour le chapitre traitant de archéologie du territoire de Lamotte-Beuvron ;
- F. Charnet (ingénieur à l'Institut pour le Développement Forestier), Antenne d'Orléans rédacteur de la partie sol, végétation, occupation du sol.

Report des températures

Cartes isothermes

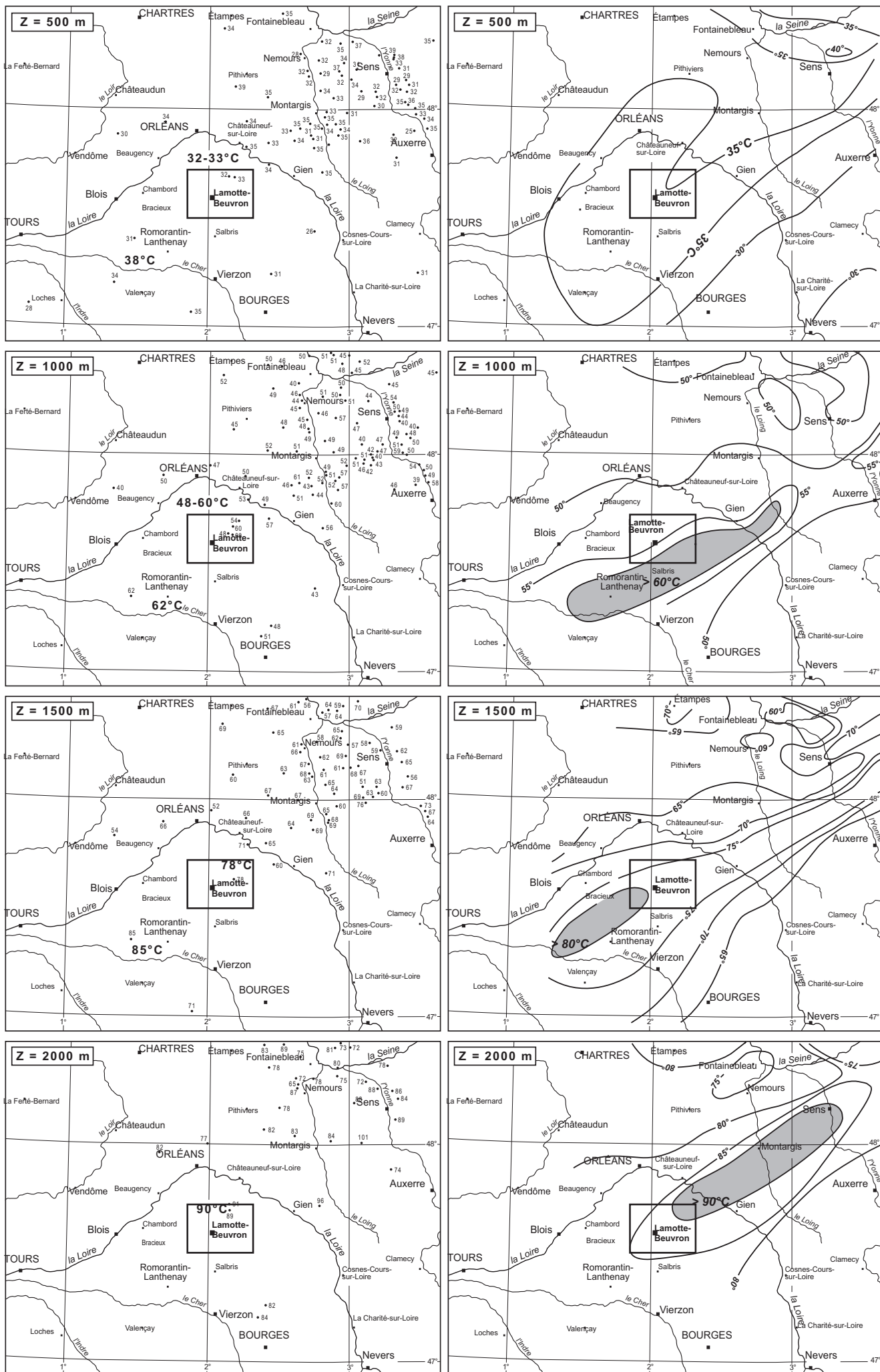


Fig. 4 - Report des températures (interpolations ou extrapolations) et cartes isothermes pour le centre de la France. D'après le rapport BRGM 78SGN284GTH