



*Liberté • Égalité • Fraternité*

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE



Ministère de l'Équipement,  
du Logement des Transports  
et du Tourisme

Direction Départementale  
de l'Équipement du Loiret



MINISTÈRE DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE  
ET DE L'ENVIRONNEMENT

**DOCUMENT PUBLIC**

# *Inventaire des cavités souterraines et des désordres de surface, analyse du contexte géologique*

## *Département du Loiret*

Étude réalisée dans le cadre des opérations de Service public du BRGM 2001-RIS-416

A. Colleau, D. Giot, J.P. Leprêtre  
*avec la collaboration de*  
J.L. Nedellec

avril 2002  
BRGM/RP-51622-FR



Mots clés : Cavités souterraines, Désordres de surface, Contexte géologique, Loiret.

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

Colleau A., Giot D., Leprêtre J.P., avec la collaboration de Nedellec J.L. (2002) - Inventaire des cavités souterraines et des désordres de surface, analyse du contexte géologique. Département du Loiret. BRGM/RP-51622-FR , 46 p., 4 fig., 1 tabl., 3 pl. h.t., 2 ann.

© BRGM, 2002, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

## **Synthèse**

**L**a « politique que le gouvernement entend mener concernant la prévention des risques naturels fait appel à plusieurs démarches de recensement et d'évaluation des risques auxquels le BRGM est associé », d'après la lettre du ministre de l'aménagement du territoire et de l'environnement du 6 juin 2000 adressée au président du BRGM.

C'est dans ce contexte que la Direction Départementale de l'Équipement du Loiret (DDE 45), qui souhaite dans une première phase effectuer une cartographie générale des bassins de risques sur l'ensemble du département, a confié au BRGM le soin de collecter les informations disponibles, puis de réaliser une synthèse géologique visant à connaître la répartition des faciès géologiques sur le département, en vue de délimiter ultérieurement les zones d'aléa global.

Cette étude a été financée dans le cadre des actions de Service public du BRGM avec le soutien à 50 % de la DDE 45 (crédits des fonds de prévention des risques naturels majeurs).

L'existence de cavités, sur le département du Loiret, pose des problèmes de sécurité publique, pouvant se révéler graves en certaines circonstances. Le sous-sol de ce département présente de nombreux phénomènes de dissolution du calcaire par les circulations des eaux contribuant pour une grande partie à la formation de cavités, nous avons à faire à un phénomène de karstification. De plus, à ces cavités d'origine naturelle, s'ajoutent des cavités d'origine anthropique, en particulier des exploitations des formations calcaires dont la connaissance a souvent disparu de la mémoire collective et sans précaution, il arrive que des bâtiments publics ou privés soient implantés à l'aplomb de ces vides.

Il convient de rappeler ici que, selon la loi, la propriété du sous-sol est celle de la propriété foncière, et qu'en conséquence, ce sont les propriétaires fonciers qui devront assumer les frais occasionnés par les désordres.

Cette étude comporte deux volets : (1) collecte et synthèse documentaire, (2) étude et synthèse géologique.

Pour le volet « collecte et synthèse documentaire », à partir des sources des données disponibles, le travail a consisté à :

- réaliser une enquête documentaire en vue de rassembler le maximum d'informations concernant les cavités souterraines : recueil en particulier d'informations auprès de trois associations (La Société française d'étude des souterrains, le Groupe spéléologique d'Orléans, l'Association spéléologie subaquatique du Loiret) et de la ville d'Orléans (direction environnement, santé, hygiène et qualité de vie - service communal d'hygiène et de santé), complété par une analyse fine des cartes topographiques à 1/25 000 de l'IGN et des cartes géologiques à 1/50 000 du BRGM ;

- recenser et informatiser les données collectées ;
- acquérir auprès la DDE 45 le schéma directeur de la région urbaine d'Orléans communauté et le schéma directeur de Gien ;
- numériser, sur MAPINFO ©, les localisations des désordres de surface matérialisés sur les cartes topographiques de l'IGN à 1/25 000 avec un figuré, et géoréférencer ;
- numériser, sur MAPINFO ©, les localisations des désordres de surface matérialisés sur les cartes géologiques à 1/50 000 avec un figuré, et géoréférencer ;
- à partir de la liste des communes ayant été déclarées sinistrées (pl. 1), création d'une couche cartographique des communes concernées ;
- superposer, sur MAPINFO ©, la couche des points des désordres, la couche des communes ayant été sinistrées à la couche « raster » (fond administratif), imprimer en couleurs sur traceur grand format à 1/250 000.

Pour le volet « étude et synthèse géologique », le travail a consisté à :

- collecter et analyser les données géologiques existantes : carte géologique à 1/50 000 et notice explicative, coupes de forages archivées dans la Banque des données du Sous-Sol (BSS) du BRGM ;
- constituer une base de données géologiques fiables issue des coupes de 1 550 forages sélectionnés ;
- établir une carte géologique simplifiée regroupant les grandes unités du Quaternaire, du Tertiaire (Néogène, Paléogène) et du Secondaire (Crétacé) ;
- établir une carte des isohypses de la profondeur du toit des calcaires de l'Orléanais et de Pithiviers (Tertiaire, Oligo-Miocène), à partir des données BSS et de la carte géologique simplifiée.

## **Sommaire**

<b>1. Introduction</b> .....	7
<b>2. Origine des données</b> .....	9
<b>3. Contextes géographique, géologique, hydrogéologique</b> .....	11
3.1. Contexte géographique .....	11
3.2. Contexte géologique .....	11
3.2.1. Les documents utilisés.....	11
3.2.2. Grands traits géologiques du département.....	12
3.2.3. Les grandes unités stratigraphiques .....	14
3.3. contexte hydrogéologique.....	25
3.3.1. Schéma des principaux aquifères libres du département : première nappe rencontrée.....	25
3.3.2. Conclusion.....	28
<b>4. Exploitation et traitement des données</b> .....	29
4.1. Collecte et synthèse documentaire.....	29
4.1.1. Méthodologie.....	29
4.1.2. Inventaire des cavités.....	29
4.1.3. Inventaire des désordres de surface .....	29
4.2. Étude et synthèse géologique.....	32
4.2.1. Méthodologie.....	32
4.2.2. Synthèse géologique et localisation des phénomènes .....	32
4.2.3. Éléments à prendre en compte pour l'évaluation de l'aléa.....	32
<b>5. Conclusion</b> .....	35
<b>6. Bibliographie</b> .....	37

## **Liste des illustrations**

### **FIGURES**

Fig. 1 - Tableau d'assemblage des coupures géologiques à 1/50 000 sur le département du Loiret. ....	12
Fig. 2 - Log lithostratigraphique synthétique du département du Loiret. ....	15
Fig. 3 - Schéma des principaux aquifères du Loiret. ....	26
Fig. 4 - Bloc diagramme représentatif des phénomènes surfaciques et leurs relations avec le sous-sol. ....	31

### **TABLEAUX**

Tabl. 1 - Les unités stratigraphiques du Loiret. ....	13
---	----

## **Liste des planches (hors textes)**

Pl. 1 - Carte de situation des cavités naturelles et anthropiques (1/250 000).	
Pl. 2 - Carte géologique synthétique et localisation des forages de la banque des données du sous-sol (BRGM).	
Pl. 3 - Carte géologique synthétique et localisation des cavités reconnues.	

## **Liste des annexes**

Ann. 1 - Loi n° 2002-276 du 27 février 2002 relative à la démocratie de proximité. ....	39
Ann. 2 - Glossaire. ....	43

## **1. Introduction**

**L**a « politique que le gouvernement entend mener concernant la prévention des risques naturels fait appel à plusieurs démarches de recensement et d'évaluation des risques auxquels le BRGM est associé », d'après la lettre du ministre de l'aménagement du territoire et de l'environnement du 6 juin 2000 adressée au président du BRGM.

C'est dans ce contexte que la Direction Départementale de l'Équipement du Loiret (DDE 45), qui souhaite dans une première phase effectuer une cartographie générale des bassins de risque sur l'ensemble du département, a confié au BRGM le soin de collecter les informations disponibles et de réaliser une synthèse géologique en vue d'obtenir un écorché géologique des formations tertiaires sous les formations quaternaires donnant la répartition des faciès géologiques sur le département, en vue de délimiter ultérieurement les zones d'aléa global.

Cette étude a été financée dans le cadre des actions de service public du BRGM, avec le soutien à 50 % de la DDE 45, elle est référencée sous les numéros 01RIS416 et 02RIS416.

Ce rapport présente l'ensemble des données sur la localisation des cavités concernant le département du Loiret. En ce qui concerne la ville d'Orléans, les services de la ville (avec la direction environnement, santé, hygiène et qualité de vie - service communal d'hygiène et de santé) assure d'une part, la collecte la gestion et la mise à disposition des usagers et d'autre part, une cartographie précise des cavités souterraines quelle qu'en soit l'origine. Sur la planche 3, ces informations n'ont pas été reprises, seules figurent quelques cavités mentionnées dans les autres inventaires ; pour ce secteur orléanais, il faudra se rapprocher des services techniques.

Une synthèse géologique a par ailleurs permis d'établir les limites de l'extension des calcaires de l'Orléanais et de Pithiviers, ainsi que la profondeur du toit de ces calcaires tertiaires.

## **2. Origine des données**

La première étape de cette étude a consisté à recueillir le maximum d'informations concernant :

- les contextes géologique, hydrogéologique, topographique de la zone d'étude ;
- la localisation géographique des cavités ;
- la localisation géographique des désordres de surface.

Pour cela, une enquête a été menée auprès des associations et de la ville d'Orléans, aucun autre recensement n'existant par ailleurs.

### **- BRGM**

- . Banque des données du Sous-Sol (BSS).
- . Cartes géologiques à 1/50 000 couvrant l'ensemble du département (voir fig. 1) et notices explicatives.

### **- IGN**

- . Analyses des coupures topographiques à 1/25 000 sous forme numérique de l'IGN (Scan 25 © IGN).

### **- Ville d'Orléans**

- . Rencontre avec Mme N. Bonnefoy, responsable de la direction environnement santé de la ville d'Orléans.

### **- Club Spéléologie Subaquatique du Loiret (CSSL)**

- . Rencontre avec MM. P. Alberic et Ph. Boismoreau, ce dernier a fait un relevé précis sur la vallée de la Loire en amont d'Orléans des gouffres d'origine karstique. Les coordonnées relevées au GPS ont été transmises au BRGM.

### **- Groupe Spéléologique d'Orléans (GSO)**

- . Rencontre de M. Langlois et remise au BRGM de fiches descriptives des cavités sur la forêt d'Orléans.

### **- Société Française d'Étude des Souterrains (SFES)**

- . Rencontre de B. Lhuillery et mise à disposition des fiches descriptives des cavités dont une partie résulte de l'inventaire dressé par l'abbé P. Nollent.

### **- Direction Départemental de l'Équipement du Loiret (DDE 45)**

- . Fourniture des schémas directeurs de la Communauté de Communes de l'Agglomération Orléanaise (CCAO, devenue CAO) et le schéma directeur de Gien sous forme de cartes avec support papier.

**- Enquête auprès des communes**

. Dans cette étude générale, aucune enquête au niveau communal n'était prévue au cahier des charges.

**- Visites de terrain**

. Dans cette étude générale, aucune reconnaissance sur le terrain n'était prévue au cahier des charges.

## **3. Contextes géographique, géologique, hydrogéologique**

### **3.1. CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE**

Le département du Loiret couvre une superficie de 6 813 km<sup>2</sup>. Faiblement urbanisé, sauf le long de la Loire, il comptait, au dernier recensement de 1990, 618 126 habitants, soit une densité est de 90,7 hab./km<sup>2</sup>.

D'un point de vue morphologique, on distingue plusieurs grandes entités :

- au nord de la Loire, vers le nord-ouest les grandes plaines de la Beauce, et au nord-est, le Gâtinais couvert en partie par la forêt d'Orléans ;
- au sud de la Loire, la Sologne au sud-ouest et le Berry au sud-est.

L'altitude au sol est faible : de + 125 m NGF dans la partie ouest, les reliefs les plus prononcés sont localisés en Puisaye et dans le pays Fort ; le point culminant, + 273 m NGF, se situe au lieu-dit « La Foulonnerie » sur la commune de Pierrefite-es-Bois, près de Gien.

### **3.2. CONTEXTE GÉOLOGIQUE**

#### **3.2.1. Les documents utilisés**

Le contexte géologique du département du Loiret nous est fourni par les éditions de la carte géologique à 1/50 000 au travers de 22 coupures qui couvrent le département (fig. 1).

L'étalement dans le temps de la réalisation de ces coupures ayant conduit à des hétérogénéités dans les représentations cartographiques successives de ces données, une harmonisation devenait nécessaire. Ce travail est aujourd'hui mené au niveau métropolitain dans le cadre d'un programme national. Cette harmonisation au niveau des limites litho-stratigraphiques permet ensuite le rapprochement de ces données en utilisant les systèmes d'information géographique pour obtenir des cartes à des échelles plus petites comme le 1/125 000, voire le 1/250 000.

Dans un deuxième temps, la consultation de la Banque des données du Sous-Sol (BSS) du BRGM a permis de localiser et inventorier les forages réalisés sur le département. Il s'agit des forages ayant été déclarés par les maîtres d'ouvrages ou les maîtres d'œuvre dans le cadre de l'application du titre VIII du code minier dans ses articles 131 à 137. Au total, 16 276 ouvrages sont référencés dans la BSS, au 25 mars 2002. 1 550 forages ont été sélectionnés pour leurs coupes géologiques (dont 13 avec description de cavités)

et 67 sites (sans information géologique) sont enregistrés pour « effondrement » ou « cavité ».

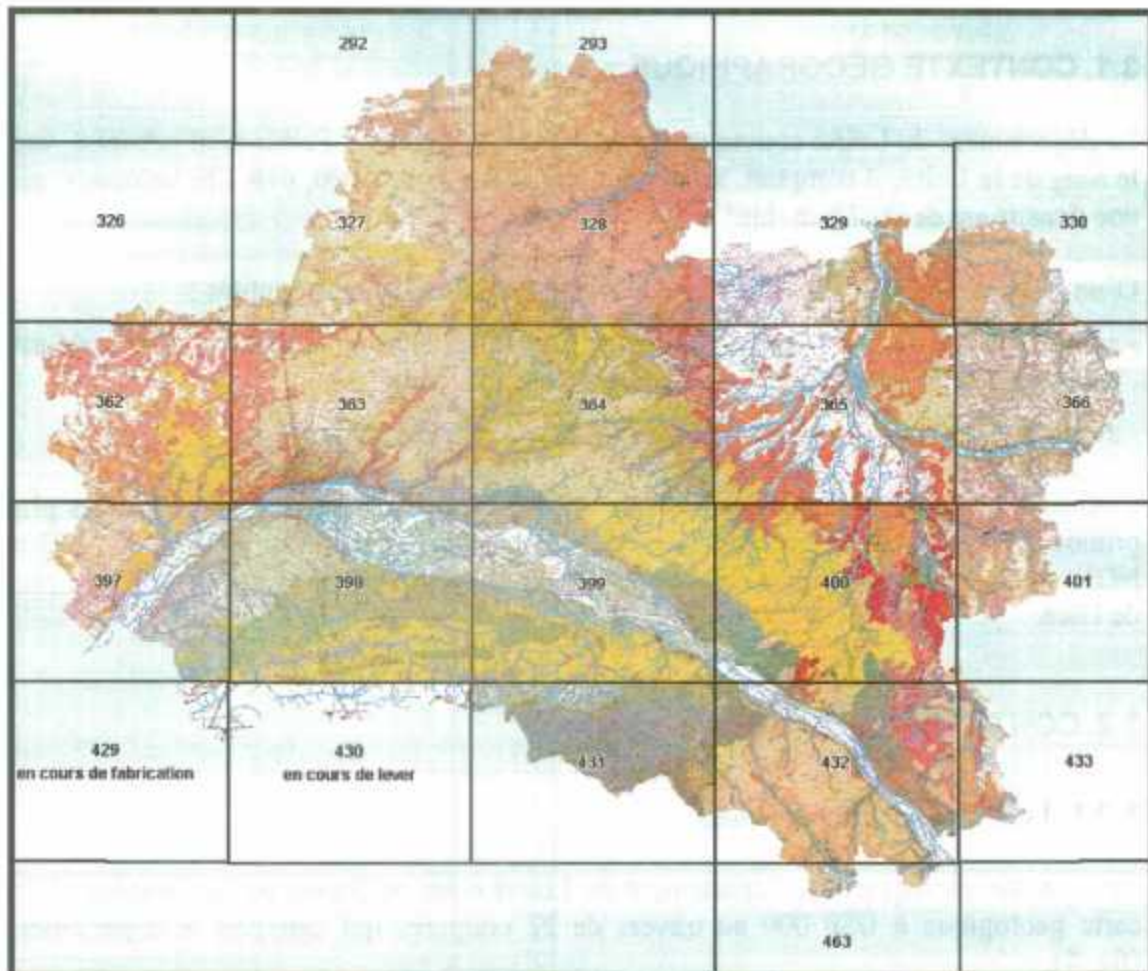


Fig. 1 - Tableau d'assemblage des coupures géologiques à 1/50 000 sur le département du Loiret.

### 3.2.2. Grands traits géologiques du département (pl. 2 et 3)

Le substratum géologique du département du Loiret se résume schématiquement à deux unités principales :

- la première correspond aux craies d'âge crétacé supérieur du Gâtinais-Pauvre et de la Puisaye. Les dépôts crayeux du Crétacé ont environ 350 m d'épaisseur dans le secteur de Montargis. Ils affleurent à l'est et s'enfoncent vers l'ouest sous le bassin lacustre. Dans le pays crayeux oriental, la craie n'affleure généralement qu'en flanc de vallée ; sur les plateaux, elle est couverte d'altérites issues du Crétacé (argiles à silex) et de

dépôts détritiques fluviatiles éocènes (argiles, sables, graviers, galets et conglomérat). Ce recouvrement peut atteindre une épaisseur de 40 m ;

- la seconde concerne le bassin tertiaire lacustre (calcaires de Beauce), qui recouvrent la Craie sur les trois quarts du département, au centre et à l'ouest. Les calcaires lacustres tertiaires de Beauce atteignent 200 m au maximum de leur développement vers Pithiviers, pour se réduire à 115 m à Orléans, puis à 80 m sur la bordure nord-ouest du département. La craie est subaffleurante à l'ouest vers Ouzouer-le-Marché (Loir-et-Cher).

Rappelons ici que cette appellation « calcaire de Beauce » recouvre toute la série depuis les marnes et calcaires de l'Orléanais jusqu'aux calcaires d'Étampes et qu'elle est le plus souvent utilisée lorsque la personne ne sait pas à quelle formation précise doit être attribué le calcaire rencontré.

- les calcaires lacustres sont recouverts d'une part par les sables argileux en forêt d'Orléans et, d'autre part en Sologne par les marnes et sables de l'Orléanais et les sables et argiles de Sologne ;
- les alluvions quaternaires sont concentrées au sud et sont constituées de dépôts sablo-graveleux dans le lit majeur (val de Loire) et dans les terrasses anciennes.

Il apparaît que le substrat du département est essentiellement carbonaté, une grande partie étant recouverte de formations sableuses et surtout argilo-sableuses d'épaisseur variable (environ 40 m) (tabl. 1).

Nom de la formation	Localisation	Age	Lithologie
Alluvions récentes et actuelles	Lit majeur	Quaternaire	Sables et graviers
Alluvions anciennes du Loing		Quaternaire	Sables et graviers
Alluvions anciennes de la Loire	Terrasse + 5 m	Quaternaire	Sables et graviers
Alluvions anciennes de la Loire	Terrasse + 11 à + 20 m	Quaternaire	Sables et graviers
Alluvions anciennes de la Loire	Terrasse + 30 m	Quaternaire	Sables et graviers
Alluvions anciennes de la Loire	Terrasse + 40 m	Quaternaire	Sables et graviers
Alluvions anciennes de la Loire	Terrasse + 60 m	Quaternaire	Sables et graviers
Limons et Loess		Quaternaire	Limons et Loess
Sables et argiles de Sologne		Mio-Pliocène	Sables, argiles
Marnes et sables de l'Orléanais		Mio-Pliocène	Marnes et sables
Marnes et calcaires lacustres de l'Orléanais		Oligo-Miocène	Marnes et calcaires
Marnes de Blamont (lacustre)		Miocène	Calcaires, marnes
Calcaire de Pithiviers		Miocène	Calcaires, marnes
Molasse du Gâtinais		Miocène	Marnes et sables
Calcaire d'Étampes		Oligocène	Calcaires
Sables de Fontainebleau		Oligocène	Sables et grès
Calcaires de Château-Ladon, du Gâtinais et de Briare		Eocène	Calcaires durs
Formations détritiques éocène		Eocène	Galets, blocs de silex et chailles
Argiles à silex		Crétacé-Tertiaire	
Craie		Crétacé-supérieur	Craie et calcaires durs
Sables de la Puisaye		Albien supérieur	Sables

**Tabl. 1 - Les unités stratigraphiques du Loiret.**

### **3.2.3. Les grandes unités stratigraphiques**

#### **a) Généralités**

Les grandes unités stratigraphiques correspondent à des formations détritiques ou à des formations carbonatées. Les formations géologiques calcaires sont susceptibles de présenter des cavités lorsqu'elles sont affleurantes ou lorsqu'elles présentent un recouvrement sableux peu épais (< 10 m en général ; voir fig. 2).

#### **b) Alluvions de la plaine alluviale (Quaternaire) : sables et graviers** *(notations sur les cartes géologiques à 1/50 000 : "Fy", "Fy-z", "Fz")*

La plaine alluviale correspond au premier replat morphologique au-dessus du lit du cours d'eau. En bordure de la plaine alluviale, au pied de la terrasse sus-jacente ou en pied de coteau, une couverture de colluvions ou d'éboulis peut masquer en partie le contact entre terrasses ou entre terrasses et substratum.

- **La Loire**

La plaine alluviale de la Loire est constituée d'alluvions actuelles "Fz" associées au lit vif (chenal d'étiage ou lit mineur) et d'alluvions holocènes (Quaternaire récent) "Fy". Ces dernières constituent des petites buttes, les montilles, qui surplombent de quelques mètres les chenaux modernes. Lorsqu'il n'est pas possible de les distinguer, les deux niveaux sont confondus sous l'appellation "Fy-z". Les alluvions du Val de Loire sont constituées de l'imbrication de cordons sableux et graveleux, de chenaux argilo-tourbeux et généralement d'un recouvrement limoneux. Ce sont des sables propres graveleux s'enrichissant souvent en éléments graveleux en profondeur.

L'épaisseur des alluvions dans le val varie approximativement de 5 à 10 m, des épaisseurs supérieures constituent des indices de la présence d'entonnoirs karstiques.

Le nombre limité de données de sondages donne une image des épaisseurs à l'échelle de l'ensemble du val. Toutefois les cartes d'isovaleurs ne rendent pas compte des rapides variations locales surtout en zone karstifiée. L'épaisseur moyenne du matériau sablo-graveleux est de 6 m dans le val, variant de 3 à 8 m en amont de Gien, de 3 à 11 m entre Gien et Orléans, de 5 à 9 m entre Orléans et Beaugency.

Les alluvions du Val de Loire sont exploitables en carrière, partiellement ennoyées par la nappe alluviale. La piézométrie de celle-ci a été établie en certaines périodes, mais la profondeur de l'eau est très variable et dépend du niveau du fleuve, au temps d'inertie près.

En période de hautes eaux, le niveau de la nappe peut remonter jusqu'à moins de 1 m de la surface du sol. La quasi-totalité du val est inondable lors de crues exceptionnelles.

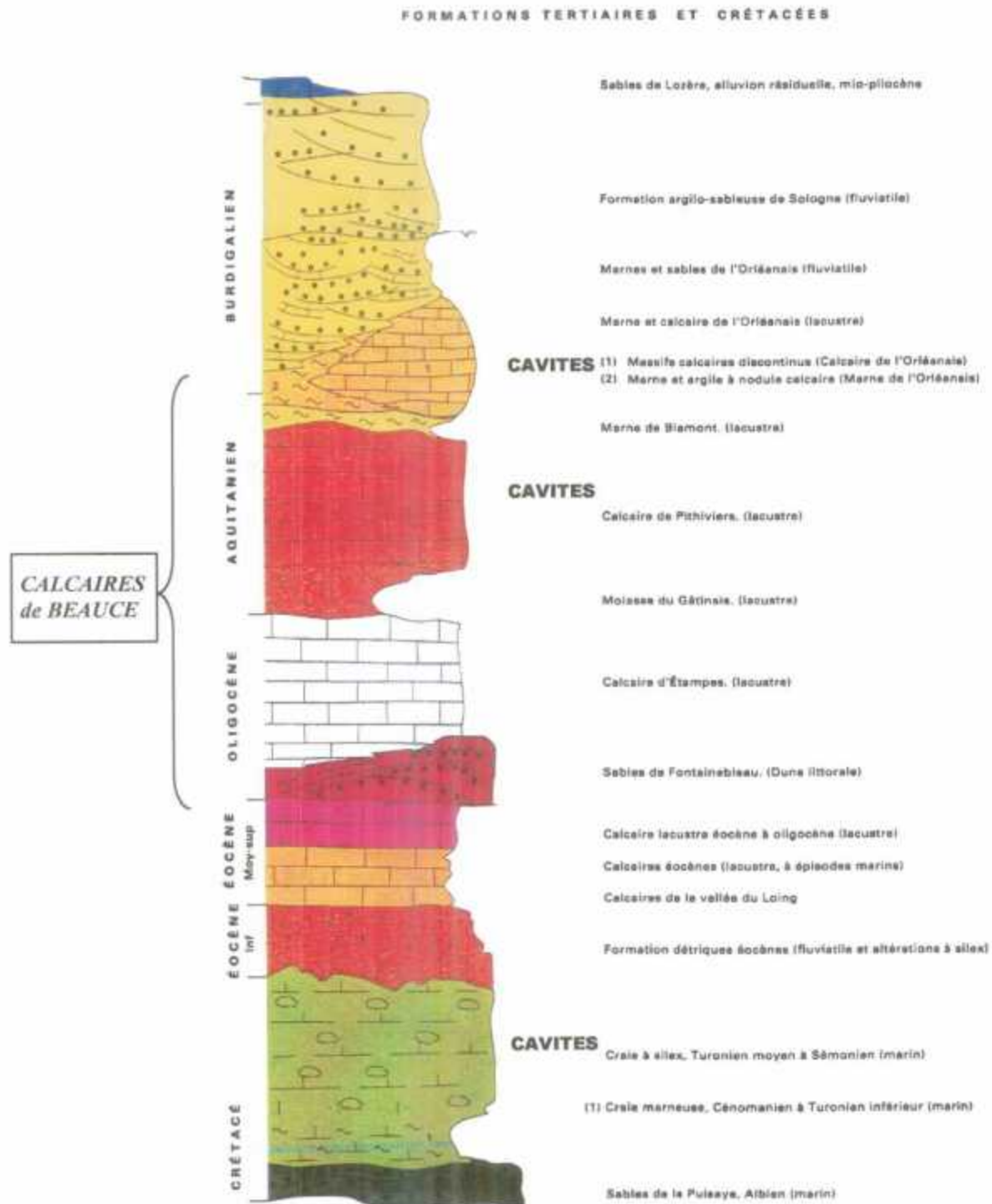


Fig. 2 - Log lithostratigraphique synthétique du département du Loiret.

- **Le Loing**

Les alluvions du Loing sont constituées par des graves siliceuses peu sableuses. Elles sont recouvertes de limons argileux récents. Les matériaux sablo-graveleux ont fait l'objet d'une intense exploitation en carrières noyées. En amont, les données de forages n'indiquent que des alluvions argileuses ; il en est de même pour les principaux affluents tels que l'Ouanne.

L'épaisseur reconnue de l'ensemble alluvionnaire varie entre 3,5 et 7,7 m avec 5,5 m d'épaisseur moyenne. Ce secteur a été très largement exploité en carrière à ciel ouvert.

- **Les autres vallées**

Dans toutes les autres vallées, les alluvions "Fz" et "Fy-z" sont à dominante argileuse.

**c) Alluvions anciennes (Quaternaire) : sables et graviers (notations sur la carte géologique à 1/50 000 : "Ft", "Fu", "Fv", "Fw", "Fx")**

Les alluvions anciennes sont des graves peu sableuses, des sables grossiers graveleux et parfois des sables grossiers. Des fractions fines (argiles, limons, sables fins) sont souvent présentes en surface ou inter-stratifiées.

- **Alluvions anciennes du Loing (Quaternaire) : sables et graviers**

Des lambeaux de terrasses anciennes sablo-graveleuses subsistent à des altitudes variant de + 20 à + 35 m par rapport au lit actuel de la rivière. Les surfaces concernées sont peu importantes et les épaisseurs restent faibles.

- **Alluvions anciennes de la Loire (Quaternaire) : sables et graviers**

Elles sont développées en systèmes de terrasses partiellement dénoyées, soit sur la rive droite du Val de Loire en amont d'Orléans, soit sur la rive gauche où elles passent latéralement aux matériaux sablo-argileux de Sologne.

Les différents niveaux de terrasses par rapport au lit actuel de la Loire sont indiqués à la suite en allant des plus hautes (les plus anciennes) vers les plus basses (les plus récentes) :

- terrasse "Ft" vers + 55 à + 60 m ;
- terrasse "Fu" vers + 40 m ;
- terrasse "Fv" vers + 30 m ;
- terrasse "Fw" vers + 11 à + 20 m ;
- terrasse "Fx" vers + 5 m.

Ce sont des graves sablo-argileuses siliceuses (silex et quartz), leur exploitation a toujours été conduite à ciel ouvert.

#### **d) Limons et Loess, Quaternaire**

Les limons sont présents sur l'ensemble du territoire, le caractère loessique est attesté par la granulométrie (silts dominants). L'épaisseur de ces formations reste faible rarement supérieure à 2 m.

Surmontant un substratum calcaire, cette couverture peut-être affectée par des effondrements liées aux cavités souterraines.

#### **e) Sables et argiles de Sologne, Langhien supérieur à Pliocène inférieur**

Les sables et argiles de Sologne correspondent à un complexe fluvial de tracé ligérien. Il prend sa source dans les Limagnes où de rares dépôts subsistent (sables à Chailles), traverse le seuil de Briare-Gien et s'étale sur la Sologne, le sud de la Beauce, le Vendômois et la Touraine. La paléo-Loire est créée ainsi que les paléo-Cher, Indre et Vienne. À l'ouest, le front deltaïque s'ouvre sur la mer des Faluns. Des incursions marines sont enregistrées avec dépôt de faluns jusqu'à Blois.

Les sables de Châtillon, développés sur la feuille Gien sur environ 15 m d'épaisseur, sont des sables quartzo-feldspathiques de teinte jaune, avec dragées de quartz, galets de silex et liant argileux, chargés de galets et de blocs de silex. La stratification tourmentée traduit une sédimentation de type torrentiel. La partie inférieure des sables de Châtillon appartiendrait à la formation des sables et argiles de Sologne. En partie supérieure, de fortes analogies apparaissent avec les cailloutis culminants de la forêt d'Orléans (alluvions anciennes, terrasse + 60 m) et la formation du Bourbonnais. Les sables de Châtillon ont été assimilés cartographiquement aux sables et argiles de Sologne.

Vers l'ouest, le bassin s'élargit vers le sud en Sologne et vers le nord en Gâtinais et Orléanais.

Les sables et argiles de Sologne ont une épaisseur maximale de 30 m dans le Loiret, pouvant atteindre 80 m en Sologne (Loir-et-Cher). En surface, ils sont presque toujours masqués par des matériaux alluvionnaires ou colluviaux quaternaires.

Une extrême variabilité lithologique est la règle par combinaison de sables, silts et argiles en couches homogènes peu épaisses, décimétriques à métriques. L'extension latérale de ces horizons est limitée, généralement décamétrique à hectométrique avec une géométrie en lentilles ou chenaux.

Les argiles sont de teinte grise, verte et beige à altération brunâtre. La composition minéralogique est à dominante de smectites associées à des interstratifiés illite-smectites et à de la kaolinite, cette dernière ne dépassant généralement pas 25 %. En bordure sud, la kaolinite domine, traduisant les apports latéraux du Massif central.

Autrefois, certaines argiles plus ou moins sableuses étaient utilisées pour la fabrication de briques, tuiles et poteries.

Les sables et sables argileux, prédominant sur l'ensemble de la formation, sont à composition quartzo-feldspathique et micacée, souvent verdâtres. Ils sont souvent hétérométriques, fins à grossiers. L'appellation « sable gros sel » est souvent employée pour les faciès grossiers plurimillimétriques. Ces matériaux ne contiennent pas de minéraux volcaniques, les sources n'auraient pas atteint les massifs correspondants. Des graviers de quartz et silex, généralement rares, sont présents ainsi que des galets de silex peu arrondis surtout en partie inférieure sur la bordure septentrionale. Quelques grésifications ont été observées sous forme d'arkoses, lesquelles ont été localement mises en œuvre (église de Brinon-sur-Sauldre).

L'âge des sables et argiles de Sologne, jadis considéré comme Miocène inférieur (Burdigalien), est actuellement rajeuni. Un âge Miocène moyen (Langhien) à Pliocène inférieur (Hevétien) est plus probable, compte tenu des relations observées avec les marnes et sables de l'Orléanais et du Blésois (Burdigalien) sous-jacents et l'imbrication des faluns de Touraine (Helvétien (Langhien-Serravalien) - Tortonien).

Ces formations n'ont pas fait l'objet d'exploitation souterraine.

#### **f) Marnes et sables de l'Orléanais, Burdigalien**

Cette formation, jadis considérée comme équivalent latéral des sables et argiles de Sologne, est aujourd'hui, grâce à l'examen systématique des forages, considérée comme située sous les formations de Sologne. La confusion était induite par sa présence surtout en bordure nord et sa disparition locale sous la Sologne. La formation affleure majoritairement dans l'ouest de la Sologne, en Orléanais et sur la bordure nord de la Forêt d'Orléans. Cette distribution est confirmée, mais elle est interprétée comme une incision des marnes et sables et un décalage vers le sud de l'écoulement majeur des formations de Sologne.

Les marnes et sables marquent un faciès transitoire entre la période lacustre sous-jacente et l'arrivée de matériel détritique fluvial induit par la création d'un réseau hydrographique issu du Massif central en cours d'exhaussement (orogénèse pyrénéo-alpine). Les matériaux sont des sables quartzo-feldspathiques, des argiles et des « marnes ». Les carbonates sont souvent des nodules calcaires développés dans les argiles et des ciments imprégnant les sables. Sur la carte de Bellegarde où les sondages indiquent une épaisseur voisine de 30 m, argiles et sables s'interstratifient en unités épaisses de 5 à 10 m et formant probablement des corps lenticulaires et chenalisés non corrélables à l'échelle d'une maille pluri-kilométrique de sondages. La limite lithostratigraphique inférieure de la formation est placée à l'apparition du premier niveau sableux.

Ces niveaux n'ont pas fait l'objet d'exploitation souterraine.

#### **g) Marnes et calcaires de l'Orléanais, Burdigalien, Miocène**

Un ensemble de marnes dominantes (marnes de l'Orléanais) à concentrations très hétérogènes de calcaire en nodules ou en masses (calcaires de l'Orléanais) d'extension

hectométrique à kilométrique est présent généralement sous les marnes et sables de l'Orléanais. L'irrégularité d'épaisseur, voire la disparition des deux faciès argilo-calcaires, laissent présumer une équivalence latérale avec les marnes et sables de l'Orléanais. Sur la carte d'Orléans, une couche marneuse de 8 m d'épaisseur maximum a été observée, intercalée entre deux corps sableux :

- l'un au-dessous, attribué alors à une formation désignée comme sables de l'Orléanais dont l'extension est reconnue comme irrégulière ;
- l'autre au-dessus, considéré comme appartenant aux marnes et sables de l'Orléanais.

Le calcaire de Montabuzard, reposant dans une incision du calcaire de Pithiviers et contenant un célèbre gisement de mammifères, renferme une fraction sableuse grossière. Ces observations confortent l'idée d'équivalence stratigraphique latérale entre les calcaires de l'Orléanais, les marnes de l'Orléanais et les marnes et sables de l'Orléanais.

L'examen des relations géométriques de cet ensemble calcaréo-détritique burdigalien par rapport au substratum aquitainien montre une discordance cartographique tronquant les marnes de Blamont et une partie du calcaire de Pithiviers. L'incision se développe en rive droite de la Loire selon un tracé irrégulier, parfois affecté de chenaux mais globalement orientée est-ouest. Cette configuration indique le premier développement de la paléo-Loire.

Les cartes à 1/50 000 attribuaient les calcaires de la moitié ouest du département à une formation compréhensive dite des calcaires de Beauce. Le document de synthèse différencie un ensemble calcaire plus ou moins détritico-burdigalien et le calcaire aquitainien (calcaire de Pithiviers).

Le calcaire de l'Orléanais était autrefois l'objet d'intenses exploitations tant en carrières souterraines qu'à ciel ouvert, et fournissait des moellons de bonne qualité à Orléans Saint-Marc et gélifs à Donnery et Fay-aux-Loges. Il servait également à alimenter quelques fours à chaux, il n'est aujourd'hui plus guère utilisé que pour l'empierrement.

Des phénomènes de karstification affectent cette formation, ils peuvent générer des désordres de surface.

#### ***h) Marnes de Blamont, Aquitainien, Miocène***

Les marnes de Blamont sont clairement identifiées à l'affleurement dans le nord du département où elles se positionnent au-dessus du calcaire de Pithiviers et sous les horizons calcaréo-détritico-burdigaliens. Masquées sous les formations burdigaliennes, leur identification est faite en forage.

Les épaisseurs maximales s'observent sur la carte de Bellegarde où elles atteignent 18 m. Les épaisseurs se limitent à quelques mètres au nord de la forêt d'Orléans. Elles varient rapidement vers l'ouest pour disparaître rapidement à l'ouest du département.

Sur le sud Gâtinais, l'Orléanais et la Sologne, elles sont totalement érodées par les dépôts burdigaliens selon une incision « préligérienne » orientée sensiblement SE/NW (selon une ligne Langesse - Châteauneuf-sur-Loire - Loury - Chevilly).

Les marnes de Blamont correspondent à des marnes blanches, vertes et grises, parfois à nodules calcaires et des calcaires tendres. Les teneurs en calcite restent assez élevées (50 à 80 %). Les minéraux argileux sont un mélange variable de kaolinite, illite et smectites.

### ***i) Calcaire de Pithiviers, Aquitanien, Miocène***

Cette formation constitue le premier horizon très largement calcaire affleurant d'Orléans à Pithiviers. L'épaisseur voisine 20 m en Orléanais et atteint 40 m vers Pithiviers. Vers l'est, le calcaire de Pithiviers disparaît par érosion et il s'enfonce sous la Sologne.

Cette masse calcaire est dans le détail très diversifiée. Les dépôts de type lacustre, palustre et pédogénétique, varient des calcaires fins homogènes à des calcaires travertineux vacuolaires. Des brèches sédimentaires sont attribuables à des dessiccations et bioturbations. Des oolithes, pisolithes, encroûtements zonés correspondent à une activité algaire. Les accumulations de mollusques d'eau douce sont fréquentes. Le calcaire est irrégulièrement cristallisé, généralement fin, partiellement crayeux (friable) et souvent en partie silicifié (meulière). Des passées marneuses et ou crayeuses s'y développent de façon aléatoire.

Ce niveau a été fortement exploité en Orléanais pour matériaux de construction, dans des exploitations généralement souterraines. Ils sont toujours exploités en carrière à ciel ouvert pour son aptitude à former des granulats concassés.

Le calcaire de Pithiviers est l'horizon supérieur de la nappe phréatique de Beauce. Il présente des propriétés réservoir de qualité grâce à son caractère poreux et vacuolaire favorable à l'emmagasinement de l'eau. Fractures et cavités karstiques permettent de forts débits mais ont aussi l'inconvénient de rendre cet aquifère vulnérable aux pollutions lorsque n'existent pas de recouvrements argilo-limoneux protecteurs. Sous la forêt d'Orléans et en Sologne, l'aquifère captif sous des dépôts imperméables est mieux protégé.

La présence simultanée de phénomènes de karstification et de carrières souterraines peuvent engendrer des désordres de surface.

### ***j) Molasse du Gâtinais, Aquitanien, Miocène***

L'appellation « molasse » correspond à un terme ancien désignant un sédiment en partie carbonaté et en partie détritique. En Gâtinais, lieu d'affleurement et de définition initiale, le faciès est effectivement un mélange de sables fins à grossiers, d'argiles et de marnes. La formation affleure sur la bordure nord-est de Nogent-sur-Vernisson à Malesherbes où les épaisseurs restent assez faibles de l'ordre de 10 à 15 m. Sous

recouvrement vers l'ouest, la molasse est reconnue en sondages et des épaisseurs voisines de 30 m sont identifiées vers Bouzy-la-Forêt.

La formation se prolonge sur l'ensemble de la Beauce et partiellement en Sologne, sous une épaisseur réduite à quelques mètres. Vers l'ouest, les marnes de Voise en sont un équivalent latéral, le faciès a tendance à s'enrichir en calcaire, la composante détritique s'amenuise ou disparaît et la fraction argileuse s'enrichit en sépiolite et attapulgite (caractère évaporitique). Vers le nord, sur Pithiviers, les marnes vertes de la Neuville, autre équivalent latéral, ne montrent plus de sables et les argiles sont un mélange de kaolinite, illite et smectites.

Ce niveau est fort important, au plan structural car sa présence permet de délimiter le calcaire de Pithiviers au-dessus du calcaire d'Étampes au-dessous. Les marnes et argiles qui composent la molasse, assurent un isolement entre les deux niveaux calcaires aquifères majeurs du plateau de Beauce.

On note la présence d'exploitations à l'ouest de Montargis dans la molasse du Gâtinais, celles-ci se faisant à ciel ouvert.

#### ***k) Calcaire d'Étampes, Stampien supérieur, Oligocène***

Le calcaire d'Étampes, parfois appelé calcaire du Gâtinais, affleure sur la bordure est du bassin sensiblement jusqu'à la vallée du Loing. Au nord, il repose en position stratigraphique normale sur les sables et grès de Fontainebleau alors que vers le sud, il transgresse les calcaires éocènes puis les formations détritiques éocènes. La formation s'étend en profondeur sous les dépôts miocènes. Le lac prend au Stampien son extension maximale. Au nord, il couvre la partie ouest de l'Île-de-France et vers l'ouest et le sud, il se développe sur l'ensemble de la Beauce et de la Sologne

Dans la zone d'affleurement, les épaisseurs maximales peuvent atteindre 50 m, en particulier dans la région de Corbeilles (Gâtinais). Des épaisseurs similaires sont enregistrées en profondeur, dans la « Fosse » de Pithiviers - Vitry-aux-Loges et en Orléanais. En bordure ouest du département, les épaisseurs évoluent de 30 à 40 m. En bordure est, la réduction de puissance est liée en grande partie à l'érosion.

La base de la formation montre généralement des marnes blanches ou vertes, sableuses dans la région de Pithiviers. Les parties moyenne et supérieure sont composées de calcaires durs ou tendres, grumeleux, brèchiques, pisolithiques, siliceux, à intercalations meulières, marnes et parfois d'argiles. La teneur moyenne en carbonate est voisine de 80 %. La phase argileuse montre une association banale de smectites, illite et kaolinite.

Les calcaires d'Étampes forment le second aquifère de Beauce. Leurs propriétés réservoir sont principalement liées à la fracturation.

Les calcaires font l'objet d'exploitation pour l'usage de granulats concassés. Ces exploitations sont menées à ciel ouvert.

### **l) Sables et grès de Fontainebleau, Stampien, Oligocène**

Les sables de Fontainebleau n'affleurent que très peu dans le département, uniquement dans la partie nord-est. Ils apparaissent dans la vallée de l'Essonne et à Coutempierre. L'extension en profondeur atteint Neuville-aux-Bois, Beaune-la-Rolande pour le corps principal et, en Orléanais, les sondages ont révélé, sous le calcaire d'Étampes lacustre, un faciès sableux et coquillier à mollusques marins et lagunaires, équivalent. Cette extension laisse supposer une invasion marine temporaire, chenalisée vers le sud-ouest.

L'ensemble de la formation est constitué de sables fins homogènes, généralement bien calibrés, largement dominants. Des horizons fossilifères, surtout à la base (faluns de Pierrefite et de Vauroux) et au sommet (falun d'Ormoy), observés au nord, indiquent une origine marine. Une partie de ces sables est remaniée au Stampien sous forme d'un complexe de dunes éoliennes orientées nord-ouest-sud-est. Au nord, en Île-de-France un bras de mer est présent, ouvert sur la Manche.

Au sud, le lac de Beauce stampien s'appuie sur le cordon de dune dans un premier stade, puis le recouvre.

Les passées argileuses et ou argilo-organiques sont minoritaires et ne montrent pas une grande continuité. Ce corps sableux montre une épaisseur maximale de 70 à 80 m dans la zone nord en Essonne. Vers le sud et l'ouest, l'épaisseur se réduit progressivement puis la formation disparaît en biseau. Les grésifications se développent préférentiellement dans la partie supérieure dans les flancs de vallées.

Ces sables sont exploités en dehors du département en qualité de « sablons » pour remblai, fabrication de moules et silice industrielle.

La formation est un réservoir aquifère à grosse capacité de rétention et débit particulièrement constant.

### **m) Calcaires de Briare, Éocène supérieur à Oligocène**

Dans le sud-est du département, plusieurs petits bassins géographiquement distincts du grand bassin de Beauce, montrent des dépôts calcaires et de marnes plus ou moins détritiques lacustres. Leur attribution stratigraphique a varié dans le temps et les derniers éléments de datation basés sur des charophytes les placeraient proche de la limite éocène-oligocène. Cette datation n'assure pas pour autant que toutes ces formations soient du même âge.

Ces calcaires sont individualisés en partie par défaut d'information car ne pouvant pas être attribuer avec certitude soit au calcaire d'Étampes, soit au calcaire de Château-Landon.

Au sud de Sainte-Geneviève-des-Bois (Châtillon-Coligny), les faciès sont décrits comme de type « molasse » avec des sables à galets de silex, des marnes sableuses, des marnes et des calcaires. Une épaisseur de 20 m maximum est reconnue par sondages.

Au nord de Sainte-Geneviève-des-Bois, les dépôts lacustres ont été considérés comme appartenant au calcaire de Pithiviers. Vers Briare, une formation d'une dizaine de mètres d'épaisseur est composée de calcaires beiges, fins ou vacuolaires, durs ou crayeux et de marnes blanchâtres. Les marnes de Gien ont été rapportées au calcaire d'Étampes uniquement sur argument topographique.

Le calcaire a été exploité en carrières à ciel ouvert.

#### **n) Calcaire de Château-Landon, Ludien**

Le calcaire de Château-Landon (Soupe, Champigny), est largement étendu au nord du département du Loiret. Seule est présente ici la terminaison sud de son aire d'extension.

Les faciès sont une alternance de calcaire blanchâtre en gros bancs, de marnes friables blanches à inter lits de marne brun-verdâtre. Le calcaire repose ici sur les dépôts détritiques éocènes mais au nord il peut être directement sur la craie et présenter alors un niveau de base enrichi en sable et blocs de silex.

Le calcaire de Château-Landon est ici directement transgressé par les sables de Fontainebleau. En profondeur, au nord de Beaune-la-Rolande, s'intercaleront successivement les marnes à huîtres, la molasse d'Étrechy, le calcaire de Brie et les argiles vertes.

Le calcaire de Château-Landon est exploité, à ciel ouvert, pour les niveaux durs susceptibles d'être concassés.

Plus au sud, vers Briare et Châtillon-sur-Loire, des dépôts lacustres marneux et calcaires ont fait l'objet par le passé d'exploitations en de nombreux points. Leur âge non clairement établi, en fait l'équivalent partiel des calcaires de Château-Landon (Éocène supérieur-Ludien).

Le calcaire de Château-Landon plonge très rapidement vers l'ouest, il est porté à une profondeur d'environ 80 m à Puiseaux.

**o) Galets, blocs de silex et chailles « Silex et chailles roulés, cailloutis, caillasses » (Éocène Quaternaire) : graves, blocs et bancs siliceux pour granulats concassés** (notations sur les cartes géologiques à 1/50 000 : "e3-4", "eK", "e7P", "e-g", "LPs"), **Argiles à silex (Crétacé-Tertiaire)** (notations sur les cartes géologiques à 1/50 000 : "c3-6 S", "cS", "R111-H")

Cet ensemble montre une grande variabilité de faciès : argiles, sables, conglomérats, grès et poudingues siliceux reposant généralement sur les argiles à silex issues de la décalcification de la craie (profils d'altération de type latéritique). À l'affleurement, ces dépôts ont été généralement perturbés postérieurement à leur dépôt et se retrouvent mélangés par des mécanismes de ruissellement, solifluxion, reprise alluviale. Dans ce cas, l'âge de la formation varie depuis l'époque de l'altération de la craie (Paléocène) et doit tenir compte des remaniements successifs, yprésiens pour une large part, mais aussi

miocènes, pliocènes et quaternaires. Pour simplifier, seules ont été retenues les périodes de libération des éléments détritiques et du dépôt principal et un âge Paléocène à Éocène inférieur leur est attribué.

**p) Craie indurée (Crétacé supérieur) (notation sur la carte géologique à 1/50 000 : "c<sub>3</sub>")**

Le substratum crétacé, peu affleurant sur le département, apparaît à l'est à l'occasion d'une remontée tectonique, l'anticlinal de Château-Renard. Cette structure d'axe sud-nord conditionne la bordure est du bassin de Beauce. Un horizon repère, le toit des craies marneuses cénomaniennes (non représenté sur la coupe en habillage de la carte), positionné à la cote NGF – 200 m dans le sud de la fosse de Pithiviers, est remonté à la cote NGF – 100 m vers Courtenay. Cette structure anticlinale a fait l'objet de nombreux forages pour recherche d'hydrocarbures.

La série crayeuse comporte en partie supérieure un ensemble de craie blanche à silex plus ou moins abondants, parfois légèrement argileuse, dont l'âge varie du Turonien au Sénonien (Coniacien, Santonien, Campanien). Cet ensemble se développe sur environ 300 m d'épaisseur.

En dessous, le Cénomaniens est caractérisé par une craie marneuse dont l'épaisseur maximum est de l'ordre de 100 m.

Les craies cénomaniennes n'affleurent que dans le sud du département, dans la vallée de la Notreure et de la Loire. Les craies turono-sénoniennes affleurent plus largement vers le nord, en particulier sur la vallée du Loing.

Dans le détail, les craies sont découpées stratigraphiquement par leur contenu faunistique. Jadis, les mollusques et échinodermes étaient utilisés car relativement fréquents. Actuellement, ce sont les associations de foraminifères qui sont les références stratigraphiques et seule une étude en laboratoire est capable de préciser l'âge.

La partie supérieure de la craie, quel que soit son âge, subit une induration par calcitisation et silicification. Cette induration, localement nommée « castine », donne un calcaire dur autrefois exploité comme matériaux de construction (exploitations en flanc de vallée).

Dans le secteur de la vallée du Loing, là où elle est présente, la craie a été exploitée en carrières et en puits, selon les techniques les plus diverses (à ciel ouvert, en souterrain, en galeries ou en chambres avec ou sans piliers).

**q) Sables de la Puisaye (Crétacé inférieur – Albien) (notation sur la carte géologique à 1/50 000 : "C1")**

Les sables de la Puisaye ne sont affleurants que sur l'extrême sud du département, dans la vallée de la Sauldre (feuille géologique Léré n° 463).

Ils constituent la partie supérieure de l'Albien et sont composés d'une alternance de sables fins jaunes, de sables et graviers (à dragées de quartz), d'argiles sableuses et de passées glauconieuses. Ils peuvent atteindre 30 m d'épaisseur et ont fait l'objet d'exploitations à ciel ouvert.

### **3.3. CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE (fig. 3)**

#### **3.3.1. Schéma des principaux aquifères libres du département : première nappe rencontrée**

Le département du Loiret s'intègre dans la partie centrale et méridionale des formations sédimentaires du Bassin parisien. Les formations aquifères constituent trois grands ensembles :

- les réservoirs détritiques du Tertiaire et du Quaternaire ;
- les calcaires du Tertiaire ;
- la craie du Crétacé.

##### **a) Réservoirs détritiques du Tertiaire et du Quaternaire**

- **Alluvions récentes**

Seules les alluvions des plus grandes vallées (Val de Loire, Loing aval) peuvent comprendre des chenaux sablo-graveleux qui constituent des réservoirs aquifères (ou nappes alluviales) dans les lits majeurs des cours d'eau.

- **Alluvions anciennes du Quaternaire et formations du Mio-Pliocène**

Les sables des terrasses sont en grande partie dénoyés. Tout au plus, il existe de petites nappes perchées, temporaires, ayant pour substratum les argiles de la formation de Sologne, qui ne sont pas considérées comme des réservoirs économiques. La nappe principale (nappe des calcaires lacustres de Beauce) au nord et au sud de la Loire est contenue dans les formations sous-jacentes.

Il n'existe aucun document piézométrique sur les terrasses alluviales anciennes et leur relation avec la nappe principale sous-jacente ne sont pas connus.

On trouve des aquifères dans les sables du Mio-Pliocène qui s'étendent en Sologne et sous la forêt d'Orléans. Ces réservoirs, constitués de chenaux sableux dans une matrice argileuse, sont très hétérogènes ; pour la Sologne, on a coutume de parler d'aquifère en « mille feuilles ». La ressource est en général faible (débits maximaux de l'ordre de 10 m<sup>3</sup>/h) et la rencontre de chenaux sableux est le plus souvent aléatoire, à l'exception de l'extrémité sud-est du département où un niveau sableux de base semble permanent. L'eau est souvent acide, ferrugineuse.

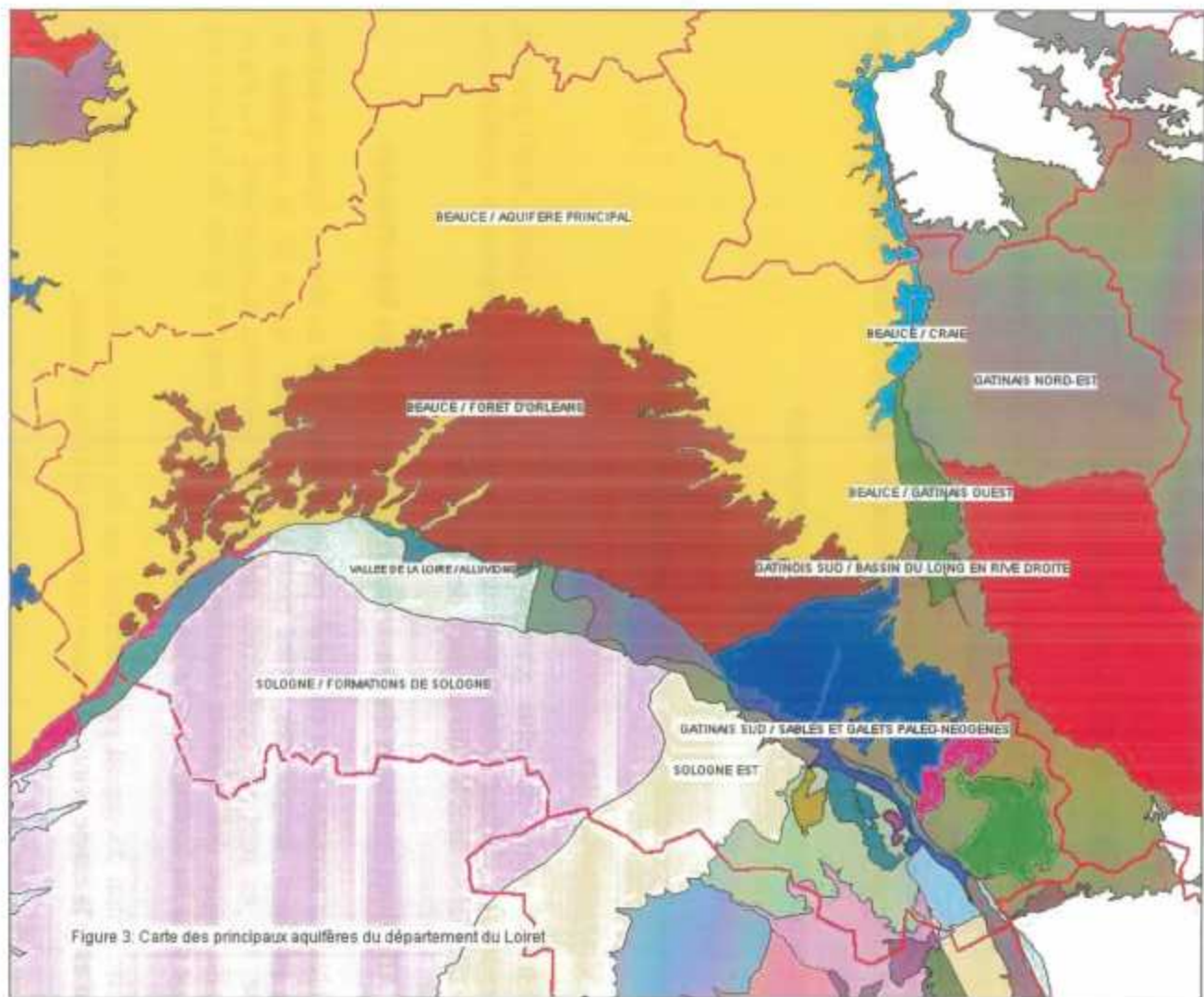


Fig. 3 - Schéma des principaux aquifères du Loiret.

## **b) Calcaires du Tertiaire**

La nappe de Beauce est le principal réservoir d'eau souterraine de la région Centre, et l'un des plus importants de France.

Les calcaires lacustres de Beauce comprennent deux assises principales : le calcaire de l'Orléanais et le calcaire de Pithiviers du Miocène. Ils sont intensément fracturés, parfois karstiques. À ce titre, ils constituent un aquifère continu très transmissif. La nappe libre sous la Beauce se prolonge, captive, sous la majeure partie de la forêt d'Orléans et de la Sologne. Au nord, les sables de Fontainebleau de l'Oligocène inférieur constituent aussi un aquifère en liaison hydraulique avec les calcaires sus-jacents.

La Beauce est un plateau ayant peu de vallées pour drainer les eaux. Les eaux résiduelles et les rejets urbains et industriels s'infiltrant donc naturellement ou artificiellement par les nombreux ouvrages. Il s'en résulte que la presque totalité de la nappe libre est contaminée par les activités humaines. En domaine captif (forêt d'Orléans, Sologne), l'eau est préservée et assure la totalité des besoins en eau potable. Cette protection n'est cependant pas absolue à l'ouest de la forêt d'Orléans, car on y trouve des gouffres qui absorbent les eaux de ruissellement en traversant une couverture parfois épaisse d'argiles et de sables.

La nappe de Beauce est libre dans les secteurs de calcaires durs. Sa surface piézométrique (niveau de la nappe) est à plus de 10 m de profondeur sous le plateau et plus superficielle dans les zones basses. Les exploitations à l'aplomb de la nappe de Beauce sont des vecteurs susceptibles de favoriser le transfert ou la propagation d'une éventuelle pollution.

Sur la région d'Orléans, la surface piézométrique met en évidence des réseaux karstiques orientés du nord-est au sud-ouest qui sont des drains de la nappe. Ces réseaux sont d'ouest en est :

- réseau de la Retrève ;
- réseau de Cercottes – Ormes ;
- réseau de Rebréchien – Chanteau – Orléans ;
- réseau de la Bionne ;
- réseau de Fay-aux-Loges – Chécy ;
- réseau du val d'Orléans.

## **c) La craie du Crétacé**

Cette formation est présente près du Loing, dans le Gâtinais et en Puisaye. Ses caractéristiques hydrogéologiques sont contrastées :

- verticalement, seules les couches supérieures altérées (Sénonien à Turonien moyen) sont susceptibles de renfermer de l'eau ;
- horizontalement, la craie peut être différenciée en trois types :
  - . au nord du Gâtinais et le long des grandes failles, la craie compacte du Sénonien à Turonien moyen, fracturée et karstifiée, est aquifère,

- . sous le calcaire de Beauce, la craie compacte du Sénonien à Turonien moyen est peu ou pas aquifère,
- . au sud du Gâtinais, la craie argileuse du Turonien inférieur renferme très rarement de l'eau.

La craie est presque partout recouverte de son produit de décalcification, l'argile à silex qui forme une couverture à peu près régulière sur les plateaux mais qui est entaillée dans les vallées.

Sous l'argile à silex, la nappe de la craie est habituellement libre. Elle reste sensible aux pollutions du fait de communications accidentelles vers le réseau karstique et des puits qui permettent le transit entre les eaux de ruissellement et la nappe. Cette ressource répond aux besoins en eau potable (avec les réserves que l'on peut formuler quant à sa qualité), ainsi qu'à ceux de l'agriculture et de l'industrie.

### **3.3.2. Conclusion**

Les nappes des plaines alluviales et les nappes libres en général sont des milieux naturellement vulnérables souvent utilisés pour l'alimentation en eau potable. Les carrières ouvertes dans les nappes alluviales ou les carrières situées à l'aplomb immédiat des nappes libres représentent des vecteurs susceptibles de favoriser le transfert ou la propagation d'une éventuelle pollution. Ces exploitations ayant été conduites à ciel ouvert, celles-ci restent visibles et ne représentent pas un aléa au sens cavités souterraines.

## **4. Exploitation et traitement des données**

### **4.1. COLLECTE ET SYNTHÈSE DOCUMENTAIRE**

#### **4.1.1. Méthodologie**

L'objectif de cette opération est de collecter les informations disponibles sur les cavités souterraines d'après les sources existantes et en l'état (banque des données du sous-sol, inventaire de la société française des souterrains, club spéléologie subaquatique du Loiret, inventaire 1994 du ministère de l'Environnement des communes déclarées en catastrophe), d'analyser les contenus des cartes géologiques du BRGM et topographiques de l'IGN, de mettre en forme ces informations pour les intégrer dans une couche d'information utilisable dans un système d'information géographique.

Les différentes étapes de cette opération ont consisté à :

- collecter les données disponibles des associations, les géoréférencer et créer une couche de points ;
- recenser sur les documents cartographiques (IGN 1/25 000, BRGM 1/50 000) les divers types de désordres (fontis, affaissements, effondrements, carrières souterraines) survenus à différentes époques et les intégrer dans la couche de points ;
- scanner les documents d'urbanisme fournis par la DDE 45 et calage dans le système géographique de représentation ;
- superposer, avec le logiciel MapInfo, la couche « points » (désordres issus de la cartographie et données ponctuelles de la banque du sous-sol et des associations) sur le fond IGN à 1/250 000 (pl. 1) ou à la couche « vecteurs » de la carte géologique synthétique du Loiret (pl. 3).

#### **4.1.2. Inventaire des cavités (pl. 1)**

Les cavités susceptibles d'entraîner des désordres de surface sur le département du Loiret concernent essentiellement les formations des calcaires de l'Orléanais, des calcaires de Pithiviers et de la craie, qu'il s'agisse de cavités anthropiques (carrières souterraines/marnières) ou naturelles (phénomènes karstiques : gouffres, dolines, bétoires, mardelles).

Les cavités recensées ont été reportées sur la planche n° 1 avec un sigle particulier indiquant à la fois l'origine de l'information et le type de désordre observé.

#### **4.1.3. Inventaire des désordres de surface**

Les désordres de surface résultent de l'effondrement de cavités présentes dans les calcaires recouverts par des formations sablo-argileuses.

Elles peuvent être :

- soit d'origine anthropique, l'homme ayant exploité le calcaire en carrières souterraines ;
- soit d'origine naturelle, du fait de la dissolution des carbonates par l'eau (phénomènes karstiques).

À ces cavités, s'ajoutent les souterrains et les caves réalisés dans tous les types de terrain.

Le terme final et le plus brutal de la propagation vers la surface d'un effondrement souterrain est le fontis. Son diamètre est variable –métrique à pluri-décamétrique dans le cas d'effondrements généralisés de carrières–, mais ses bords sont toujours bien marqués (marche), contrairement à ceux, beaucoup plus doux, des affaissements. Certains fontis ont été partiellement remblayés ou nivelés notamment en Beauce. Les fontis sont le plus souvent des témoins de la présence de cavités naturelles.

Certaines cavités, dans les calcaires de Beauce, sont le résultat de phénomènes de dissolution. La dissolution du calcaire, sous l'effet de l'infiltration d'eau météorique, peut donner naissance par endroits à des fissures karstiques qui s'élargissent plus ou moins rapidement.

La figure 4 synthétise, de manière très simplifiée, les relations entre cavités souterraines et phénomènes de surface, dans le département du Loiret.

Tous les désordres de surface repérés sur les cartes ou recensés dans les différentes sources documentaires ont été reportés sur la planche n° 1 ; on trouvera les informations suivantes :

- les données contenues dans la banque du sous-sol : ces données ont, en général, fait l'objet d'une analyse précise ;
- les données d'inventaire des associations (CSSL et SFES) : ces données ont fait l'objet d'un repérage sur le terrain, avec parfois une très grande précision dans la localisation (données du CSSL localisées au GPS) ;
- les données des cartes géologiques, avec une certaine hétérogénéité d'une carte à l'autre, dû à des levés réalisés à différentes périodes ;
- les données des cartes IGN qui en général correspondent à des observations ayant fait l'objet d'un contrôle de terrain ;
- les données de l'inventaire des communes déclarées en catastrophes naturelles, la précision est alors celle de la commune.

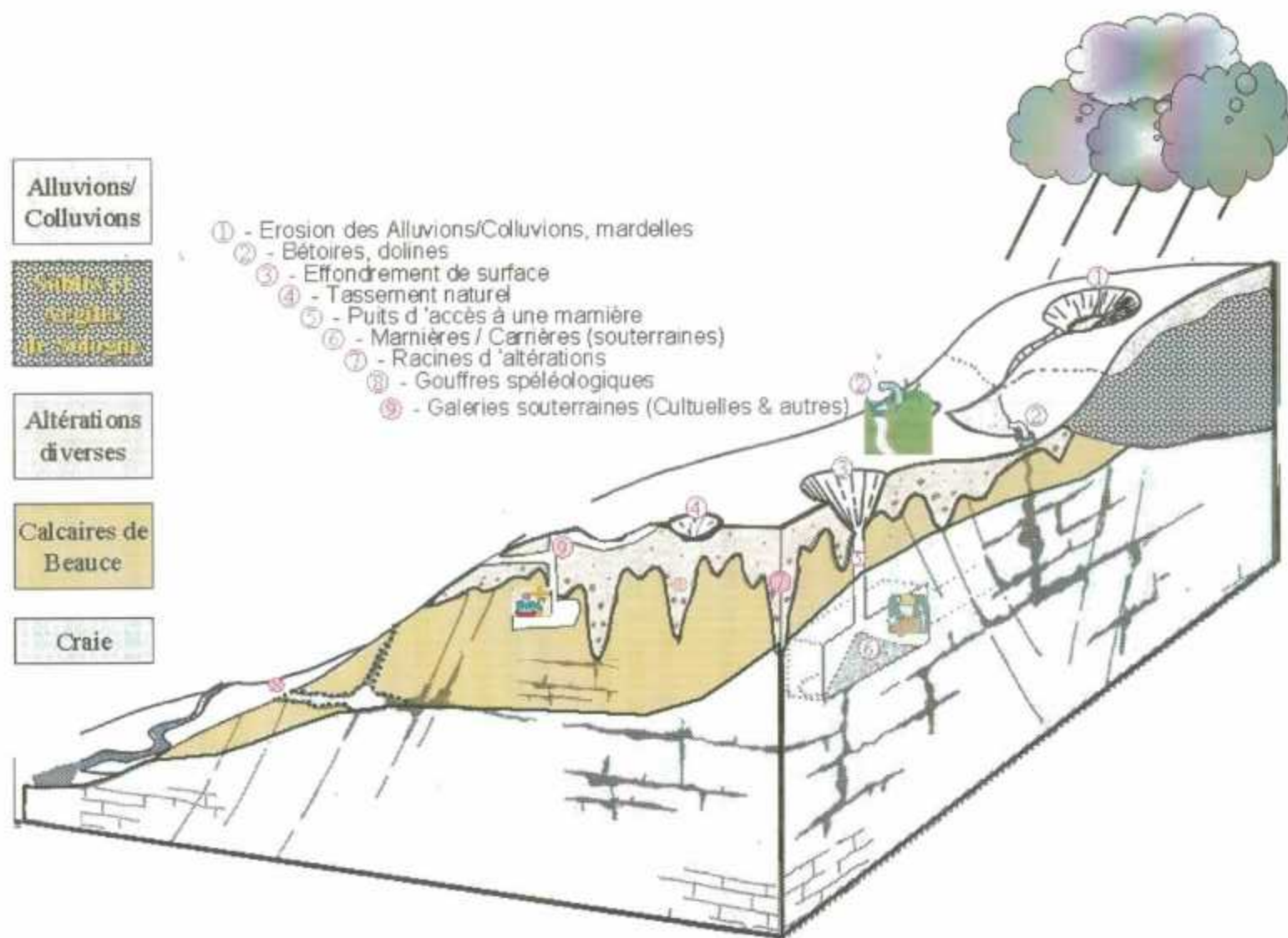


Fig. 4 - Bloc diagramme représentatif des phénomènes surfaciques et leurs relations avec le sous-sol.

## **4.2. ÉTUDE ET SYNTHÈSE GÉOLOGIQUE**

### **4.2.1. Méthodologie**

L'objectif de cette phase d'étude était d'élaborer une cartographie de la répartition des faciès et selon l'épaisseur de leur recouvrement.

Les travaux réalisés ont été les suivants :

- collecte et analyse des données géologiques existantes ;
- constitution d'une base de données géologiques fiables issues des coupes de 1 550 forages (banque de données du sous-sol) sélectionnés et validés, répartis sur la surface du département du Loiret (cf. pl. 2) ;
- traitement informatique des données géologiques pour estimer les isobathes (courbes d'égales profondeurs absolues) de la profondeur du toit des calcaires tertiaires. Il convient de souligner ici qu'aucune courbe n'a été effectuée dans les zones d'affleurement des calcaires du Tertiaire (cf. pl. 3).

### **4.2.2. Synthèse géologique et localisation des phénomènes (pl. 3)**

Ces cavités sont pour la plupart localisées sur la région orléanaise, où les exploitations pour extraire la pierre à bâtir, à partir des calcaires de la région orléanaise avaient autrefois été menées en souterrain (chambres et piliers).

En dehors du secteur orléanais, pour les besoins de l'agriculture, on trouve trace d'anciennes manières sur la partie beauceronne ; ce sont les formations des calcaires de l'Orléanais et de Pithiviers qui ont été concernées.

Les phénomènes karstiques les plus importants se manifestent essentiellement sur trois secteurs, en Beauce, en forêt d'Orléans et dans le val de Loire (comprenant la frange entre Sologne et Val de Loire sensu-stricto) où les circulations d'eau souterraine à cet endroit sont ou ont été intenses, les niveaux géologiques concernés sont alors ceux du calcaire de Pithiviers et de l'Orléanais.

Les manifestations karstiques, repérées sur les cartes IGN et cartes géologiques, sont également nombreuses dans la craie du Crétacé à l'est du département.

### **4.2.3. Éléments à prendre en compte pour l'évaluation de l'aléa**

La notion d'aléa signifie la probabilité d'occurrence d'un phénomène naturel donné en un point de l'espace pendant une période de référence choisie. L'étude qui est prévue sera faite pour une échelle large (1/125 000) sans notion de période de référence et sans notion de probabilité, c'est pour cette raison qu'on parlera plutôt de carte informative identifiant les zones les plus exposées aux effondrements de cavités.

Cette précision devra rester à l'esprit du lecteur lorsque le terme d'aléa sera usité dans la suite du texte.

Ce travail de l'évaluation de l'aléa global, qui ne fait pas partie de la présente étude, visera à cartographier les secteurs d'aléa selon trois classes : faible, moyen et fort. Cette cartographie devra se baser sur les facteurs aggravant suivants :

- la présence de carrières/marnières/souterrains qui est un risque permanent, tout particulièrement à l'aplomb des entrées/sorties, quelle que soit leur profondeur (le maximum reconnu dans le Loiret est de 63 m de profondeur pour un trou de 35 m de diamètre) ;
- lorsque l'épaisseur des formations géologiques à risques est supérieure à 10 m ;
- lorsque la profondeur du toit des formations à risques naturels (calcaires, craie) est inférieure à 20 m ;
- lorsque le recouvrement est constitué par des terrasses alluviales qui ne se sont formées qu'après une circulation d'eau abondante, donc ayant pu activer ou réactiver les phénomènes de dissolution karstique des formations calcaires.

En revanche, ces facteurs aggravants devront être modulés à l'aide de trois autres facteurs pouvant intervenir pour limiter les risques liés aux cavités souterraines, lorsque :

- l'épaisseur des formations à risques est inférieure à 10 m ;
- la profondeur du toit des formations naturelles à risques (calcaires, craie) est supérieure à 50 m ;
- le recouvrement des « zones à risques naturels » est d'une épaisseur supérieure à 10 m, mais surtout composé d'argiles (cas fréquent dans les formations de Sologne), ce qui est le contraire (quelle que soit l'épaisseur) pour les terrasses alluviales.

La cartographie d'aléa qui en résultera sera réalisée à l'échelle du 1/125 000 en fonction des documents cartographiques disponibles pour la géographie auprès de l'IGN. Cette cartographie permettra à la DDE d'identifier, en fonction des enjeux, les territoires sur lesquels il sera nécessaire d'envisager l'éventualité d'une démarche spécifique de prise en compte du risque, c'est-à-dire notamment l'établissement d'un PPR « mouvement de terrain » (cf. loi n° 2002-276 du 27 février 2002 relative à la démocratie de proximité, ann. 1).

## **5. Conclusion**

**L'**étude menée ici a permis :

- de recenser un grand nombre de phénomènes de surface d'après les documents cartographiques (cartes géologiques à 1/50 000 et carte de l'IGN à 1/25 000), complétées par des fiches d'observation de terrain réalisées par des associations. Les différentes informations collectées ne constituant pour certaines qu'une présomption de cavité ;
- d'analyser la géologie du département, afin de préciser les formations dans lesquelles la présence de cavités naturelles et anthropiques était possible. Ainsi, parmi les différentes formations qui constituent le sous-sol du département (fig. 2), trois sont susceptibles soit d'être affectées par des phénomènes karstiques actifs, soit ont fait l'objet d'exploitation en carrières souterraines pouvant dater du 15<sup>e</sup> siècle.

Les trois formations concernées sont :

- le calcaire de l'Orléanais (Tertiaire - Aquitanien) ;
- le calcaire de Pithiviers (Tertiaire - Aquitanien) ;
- la craie (Secondaire - Crétacé).

À ces cavités, s'ajoute l'ensemble des souterrains (là encore pouvant dater du Moyen Âge) réalisés pour des raisons culturelles, militaires ou économiques (anciennes caves à glace ou à sel).

D'une manière générale, la présence de cavités naturelles ou anthropiques dans le sous-sol constitue un aléa fort pouvant présenter un risque en fonction des enjeux de surface, c'est-à-dire lié à l'occupation du sol (bâti, infrastructures diverses...).

Afin de déterminer les secteurs sur lesquels il faudra envisager une démarche spécifique de prise en charge du risque (porter à la connaissance, PPR mouvement de terrain...), il est nécessaire d'établir une cartographie de l'aléa global. Ceci nécessitera une analyse multi-critère faisant intervenir la présence de cavités, les territoires déjà déclarées au titre des catastrophes naturelles et la géologie du secteur, en prenant en compte les épaisseurs des formations et la nature et l'importance de leur recouvrement. Cette cartographie sera réalisée à l'échelle du 1/125 000.

## **6. Bibliographie**

Centre National de la Fonction Publique Territoriale, Collectivités Territoriales et Gestion des Risques Majeurs. *Les Cahiers*, n° 39, août 1993.

Cartes géologiques du BRGM à 1/50 000 couvrant la superficie du département du Loiret.

Cartes topographiques de l'IGN à 1/25 000 couvrant la superficie du département du Loiret.

Délégation aux Risques Majeurs - Les études préliminaires à la cartographie réglementaire des risques naturels majeurs. La documentation Française.

Groupe Spéléologique Orléanais : Bulletins d'information.

Loi n° 2002-276 du 27 février 2002 relative à la démocratie de proximité, Titre VI « De la prévention des effondrements des cavités souterraines et des marinières, de la lutte contre les dommages qu'ils occasionnent et de l'indemnisation des personnes qui en sont victimes », art. 159 (voir ann. 1).

Josien J.P. (1993) - Les risques dus aux carrières souterraines abandonnées et leur prévention. Document préparatoire du séminaire du 8 au 10 décembre 1993.

Soyer R. (1953) - Géologie de Paris. *Mém. Soc. Géol. Fr.*, 610 p.

Subterranea : Revue trimestrielle réalisée par la Société française des souterrains.

Trautmann F. (1974) – Les formations du groupe de Beauce (Aquitaniens du Bassin de Paris). DES, Fac. Sc. Univ. Paris VI, 17 décembre 1974.

**ANNEXE 1**

**Loi n° 2002-276 du 27 février 2002  
relative à la démocratie de proximité**

**LOI n° 2002-276 du 27 février 2002 relative à la démocratie de proximité (1)**

**TITRE VI**

**DE LA PRÉVENTION DES EFFONDREMENTS DES CAVITÉS SOUTERRAINES ET DES MARNIÈRES, DE LA LUTTE CONTRE LES DOMMAGES QU'ILS OCCASIONNENT ET DE L'INDEMNISATION DES PERSONNES QUI EN SONT VICTIMES.**

**Article 159**

I. - Les communes ou leurs groupements compétents en matière de documents d'urbanisme élaborent, en tant que de besoin, des cartes délimitant les sites où sont situées des cavités souterraines et des marnières susceptibles de provoquer l'effondrement du sol.

II. - Toute personne qui a connaissance de l'existence d'une cavité souterraine ou d'une marnière dont l'effondrement est susceptible de porter aux personnes ou aux biens, ou d'un indice susceptible de révéler cette existence, en informe le maire, qui communique, sans délai, au représentant de l'État dans le département et au président du conseil général les éléments dont il dispose à ce sujet.

La diffusion d'informations manifestement erronées, mensongères ou résultant d'une intention dolosive relatives à l'existence d'une cavité souterraine ou d'une marnière est puni d'une amende de 30 000 Euros.

III. - Le représentant de l'État dans le département publie et met à jour, selon des modalités fixées par décret en Conseil d'État, la liste des communes pour lesquelles il a été informé par le maire de l'existence d'une cavité souterraine ou d'une marnière et de celles où il existe une présomption réelle et sérieuse de l'existence d'une telle cavité.

IV. - L'article L. 125-1 du code des assurances est ainsi modifié :

1o Dans le premier alinéa. Après les mots : « catastrophes naturelles », sont insérés les mots : « et des affaissements de terrain dus à des cavités souterraines et à des marnières. »

2o L'article est complété par un alinéa ainsi rédigé :

« Les cavités souterraines considérées peuvent être naturelles ou d'origine humaine. Dans ce dernier cas, sont exclus de du présent chapitre les dommages s résultant de l'exploitation passée ou en cours d'une mine. »

V. - L'article L. 561-1 du code de l'environnement est ainsi modifié

1o Dans le premier alinéa, après les mots : « mouvements de terrain », sont insérés les mots : « ou d'affaissements de terrain dus à une cavité souterraine ou à une marnière » ;

2o Après le premier alinéa, il est inséré un alinéa ainsi rédigé :

« Ces dispositions ne s'appliquent pas aux cavités souterraines d'origine naturelle ou humaine résultant de l'exploitation passée ou en cours d'une mine. »

VI. - Après le premier alinéa de l'article L. 561-3 du même code, sont insérés trois alinéas ainsi rédigés :

« Il peut également, selon des modalités fixées par décret en Conseil d'État, contribuer au financement ;

« - des opérations de reconnaissance des cavités souterraines et des marnières dont les dangers pour les constructions ou les vies humaines sont avérés ;

« - de l'acquisition amiable d'un immeuble exposé à des risques d'effondrement du sol qui menacent gravement des vies humaines, ou du traitement ou du comblement des cavités souterraines et des marnières qui occasionnent ces mêmes risques, sous réserve de l'accord du propriétaire du bien exposé, dès lors que ce traitement est moins coûteux que l'expropriation prévue à l'article L. 561-1. »

**ANNEXE 2**

**Glossaire**

**Aven** : gouffre s'ouvrant sur les profondeurs.

**Bourrage** : remblais mis en place dans une carrière souterraine.

**Bétoire** : dépression circulaire de modelé karstique (cf. doline).

**Cale (ou pilier à bras)** : pilier formé de pierres superposées à sec.

**Cavages** : carrières souterraines.

**Ciel** : banc rocheux laissé au toit d'une carrière.

**Ciel tombé** : chute de blocs provenant du banc de ciel.

**Cloche de fontis** : cavité formée par l'effondrement d'un ciel de carrière et des terrains de recouvrement, dont la forme rappelle généralement celle d'une cloche.

**Doline** : dépression circulaire de modelé karstique (cf. bétoire).

**Fontis** : effondrement du toit d'une cavité naturelle ou d'une galerie souterraine anthropique.

**Gouffre** : vide s'ouvrant sur les profondeur (cf. aven).

**Hague** : mur en pierre sèches servant à retenir les bourrages.

**Karst** : calcaire affecté par des dissolutions provoquant des vides.

**Mardelle** : petite dépression fermée d'origine controversée : doline ? pingo (forme de gel ancien) ?

**Marnière** : exploitation ancienne de carrière de calcaire.

**Masse** : l'ensemble du gisement rocheux.

**Mur** : surface inférieure d'une formation ou bien des terrains situés immédiatement sous elle.

**Pilier à bras** : même sens que cale.

**Pilier tourné** : pilier de masse laissé en place pour soutenir le ciel.

**Puits de service** : puits servant à l'exécution de travaux en souterrain.

**Recouvrement** : épaisseur des terrains rencontrés au-dessus d'une carrière ; le banc de ciel est compris dans le recouvrement.

**Taux de défrusement** : pour une carrière souterraine, pourcentage des vides par rapport à la surface des terrains restant en place.

**Toit** : surface supérieure d'une formation ou bien base des terrains la surmontant immédiatement.

**DONNEES CAVITES ENREGISTREES DANS LA B.S.S.**

Banque de données du Sous-Sol consultable au BRGM

- Effondrements recensés sans information géologique
- Cavités signalées dans les coupes géologiques

**INVENTAIRE 2001 du Club Spéléologie Subaquatique du Loiret**

- ◆ Dolines actives
- ◆ Effondrements
- ◆ Grottes-Gouffres
- ◆ Pertes-Sources

**INVENTAIRE 2001 de la Société Française d'Etudes des Souterrains**

- Carrières/Marnières
- Effondrements
- Puits
- Souterrains-caves

**DONNEES D'INDICES REPERES**

- SUR LES CARTES GEOLOGIQUES A 1/50 000

- Carrières/marnières souterraines
- Dolines ou Gouffres indifférenciés
- Dolines, bétoires, mardelles
- Gouffres, Karsts

- SUR LES CARTES IGN A 1/25 000

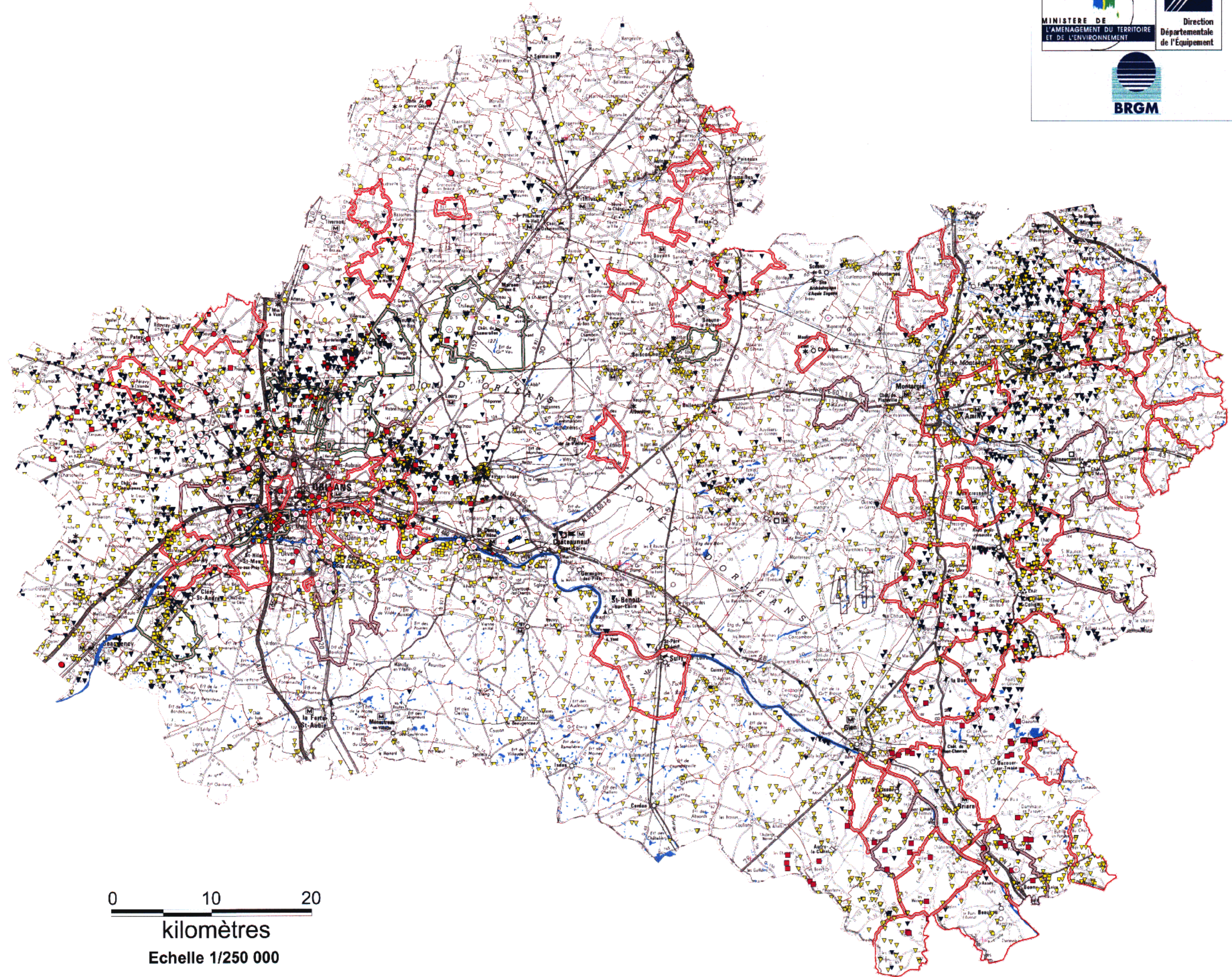
- ▼ Gouffres
- ▼ Dolines bétoires
- ▼ Dépressions naturelles ou anthropiques
- ▼ Carrières

**INVENTAIRE 1994 - MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT**

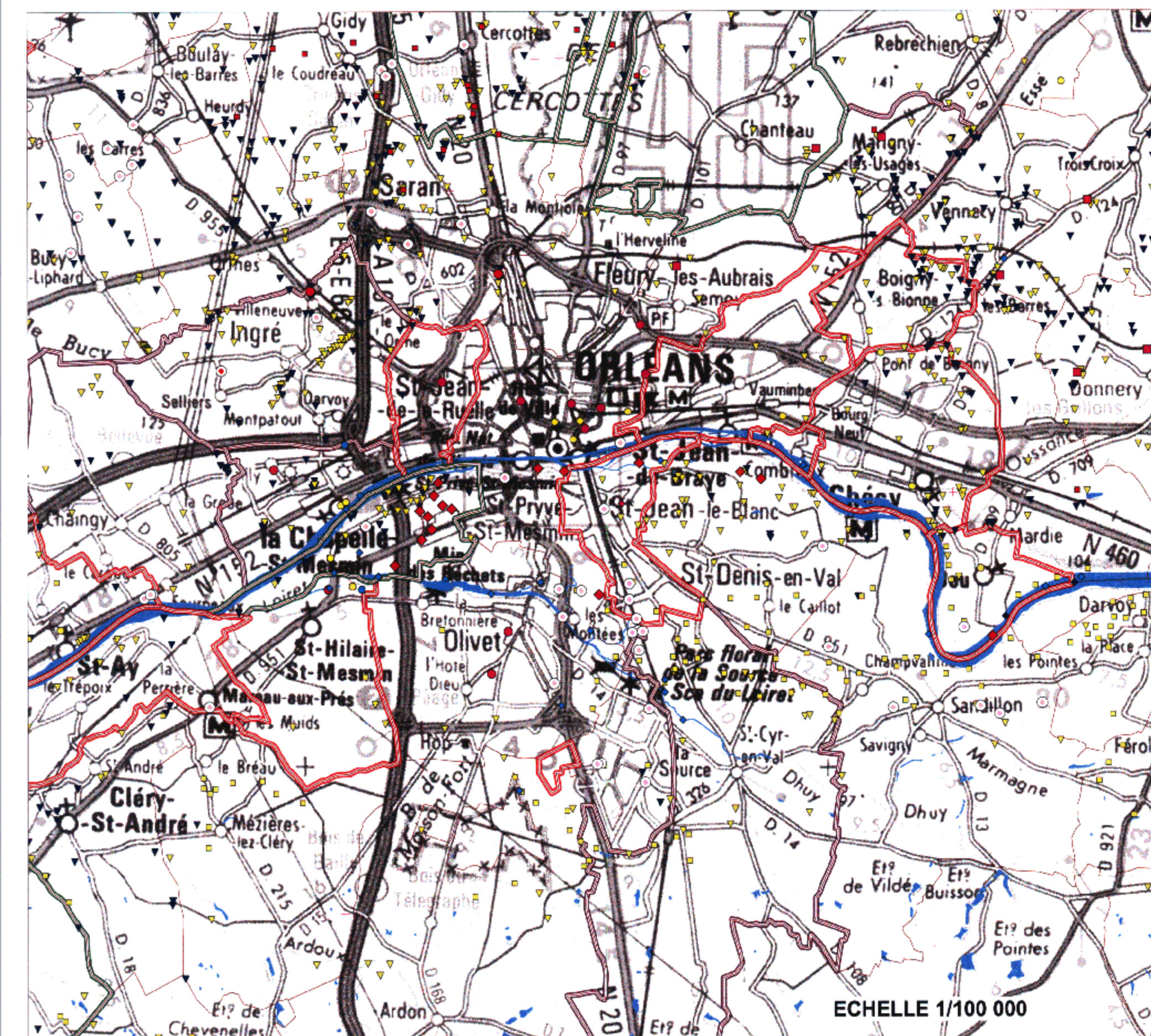
Communes déclarées sinistrées pour les causes suivantes :

- Carrières/marnières/souterrains
- Cavités naturelles
- Les deux

Le nombre de sinistres est connu MAIS leurs localisations exactes non communiquées



**LOIRET - SITUATION DES CAVITES NATURELLES ET ANTHROPIQUES  
PLANCHE 1**



**ECHELLE 1/100 000**

**SITUATION DES SONDAGES CONTENUS DANS LA Banque de données du Sous-Sol (BRGM)**

Classes d'épaisseurs des Calcaires de l'Aquitainien

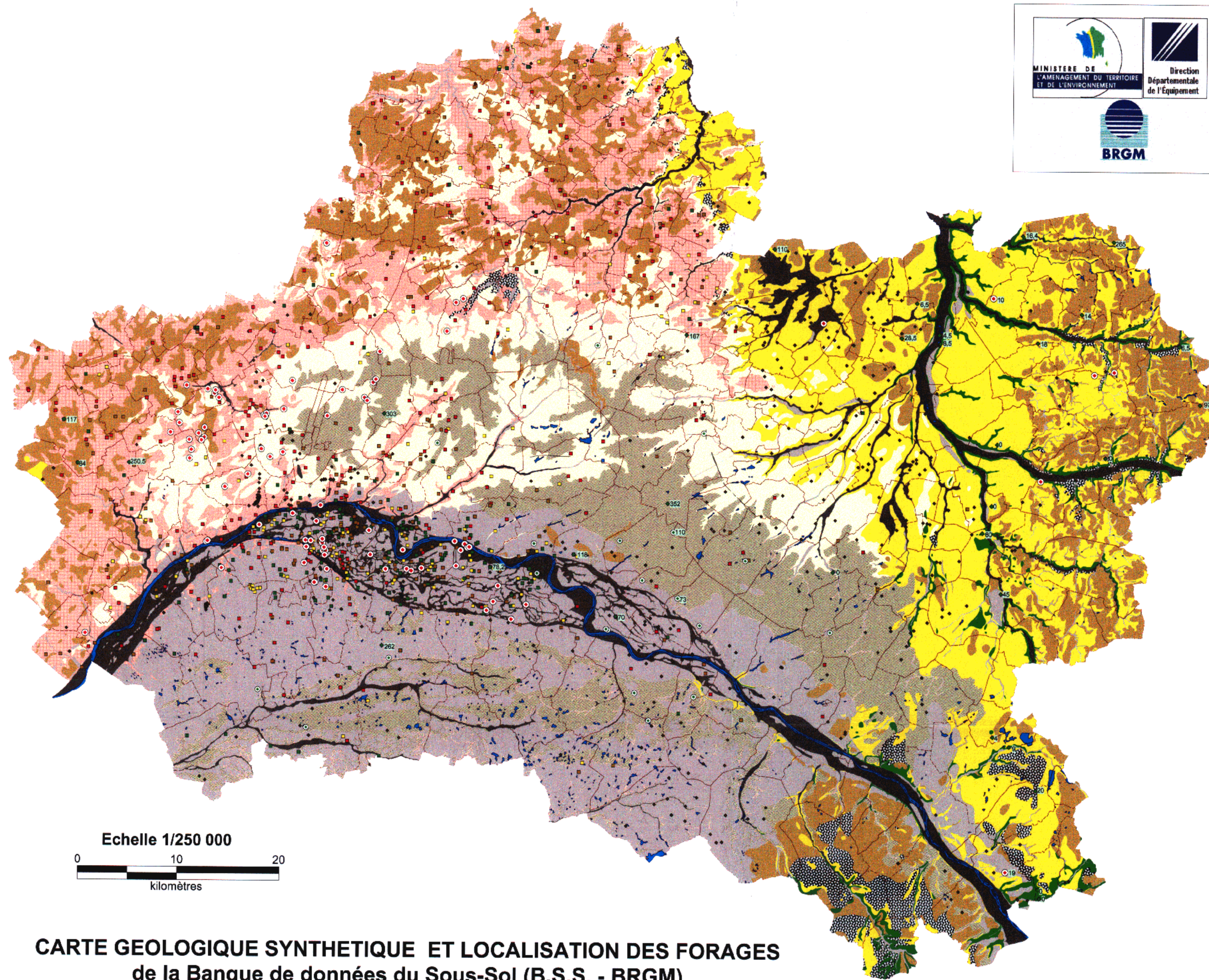
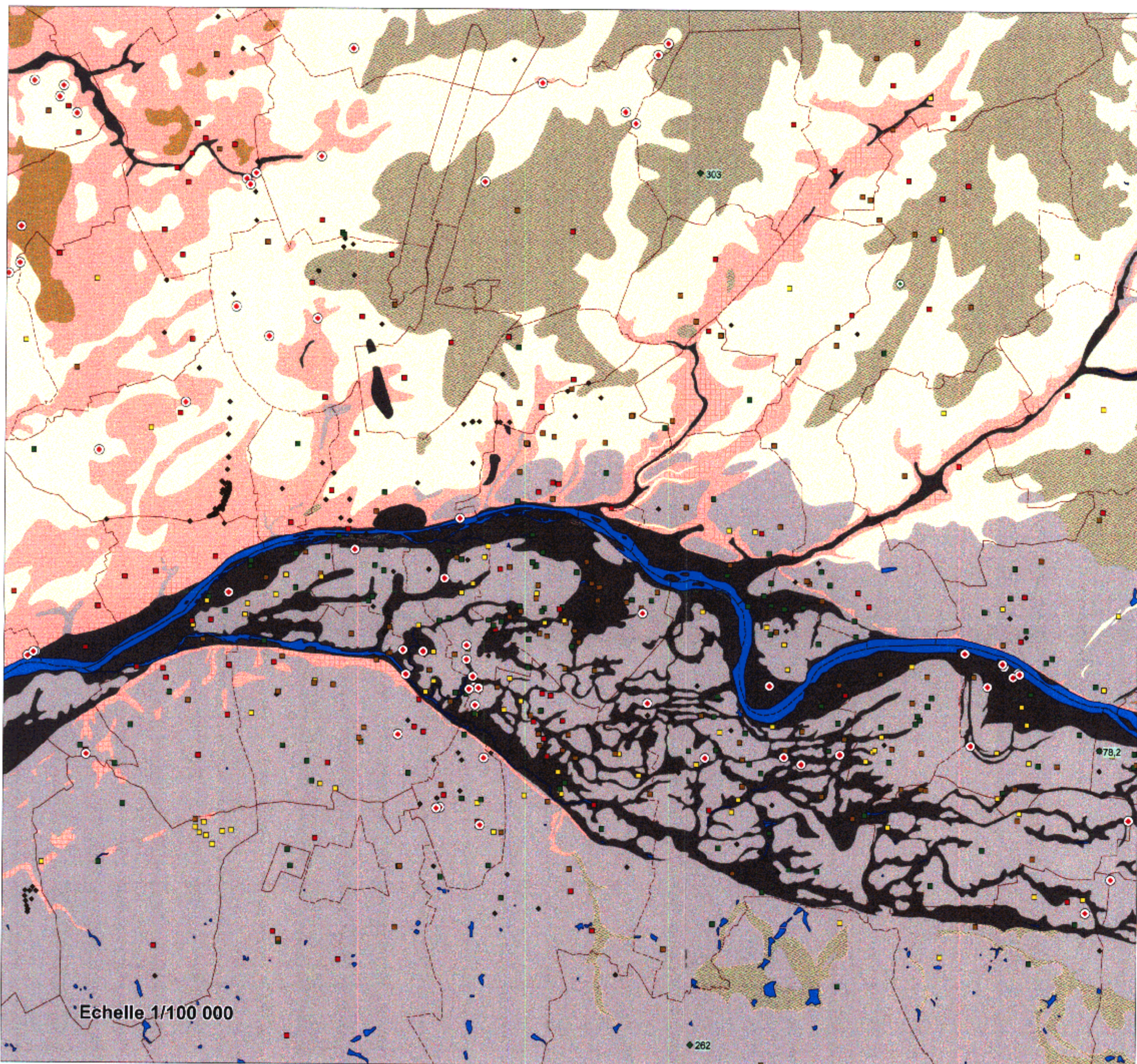
- 20 - 84 (298)
- 10 - 20 (274)
- 5 - 10 (224)
- < 5 m. (160)

◆ sans information sur les Calcaires

**CARTE GEOLOGIQUE SYNTHETIQUE**

- Alluvions et colluvions récentes
- Terrasses alluviales anciennes
- Colluvions
- Limons / Loess
- Miocène à Pliocène dont :
  - Formation argilo-sableuse de Sologne
  - Calcaires de l'Orléanais
  - Calcaire de Pithiviers
- Oligocène/Eocène
- CRETACE
- Rivières, lacs, étangs

- ◆ Sondages ayant atteint le Crétacé (avec la profondeur)
- Sondages ayant traversé plus de 15 m. de Formation de Sologne
- Points B.S.S. signalant un effondrement, un gouffre une cavité



**CARTE GEOLOGIQUE SYNTHETIQUE ET LOCALISATION DES FORAGES  
de la Banque de données du Sous-Sol (B.S.S. - BRGM)  
PLANCHE 2**

Données ponctuelles reconnues par :  
 La Banque de données du Sous-Sol (BRGM)  
 Le Club Spéléologie Subaquatique du Loiret  
 La Société Française d'Études des Souterrains  
 Les Cartes Géologiques à 1/50 000  
 Les Cartes IGN à 1/25 000  
 avec leur nombre entre parenthèses

- Carrières souterraines (109)
- Cavités naturelles / Gouffres (76)
- Effondrements (30)
- Souterrains (125)

Profondeur du toit des calcaires du Miocène ( p. r. au sol )  
 d'après les données de forages B.S.S. - BRGM

- ◆ 40 - 70 )
- ◆ 30 - 40 )
- 20 - 30 ) épaisseur > 10 m.
- ◆ 10 - 20 )
- ◆ 0 - 10 )

Courbes d'iso-profondeur du toit des calcaires du Miocène

- 5 m
- 10 m
- 20 m
- 30 m
- 50 m

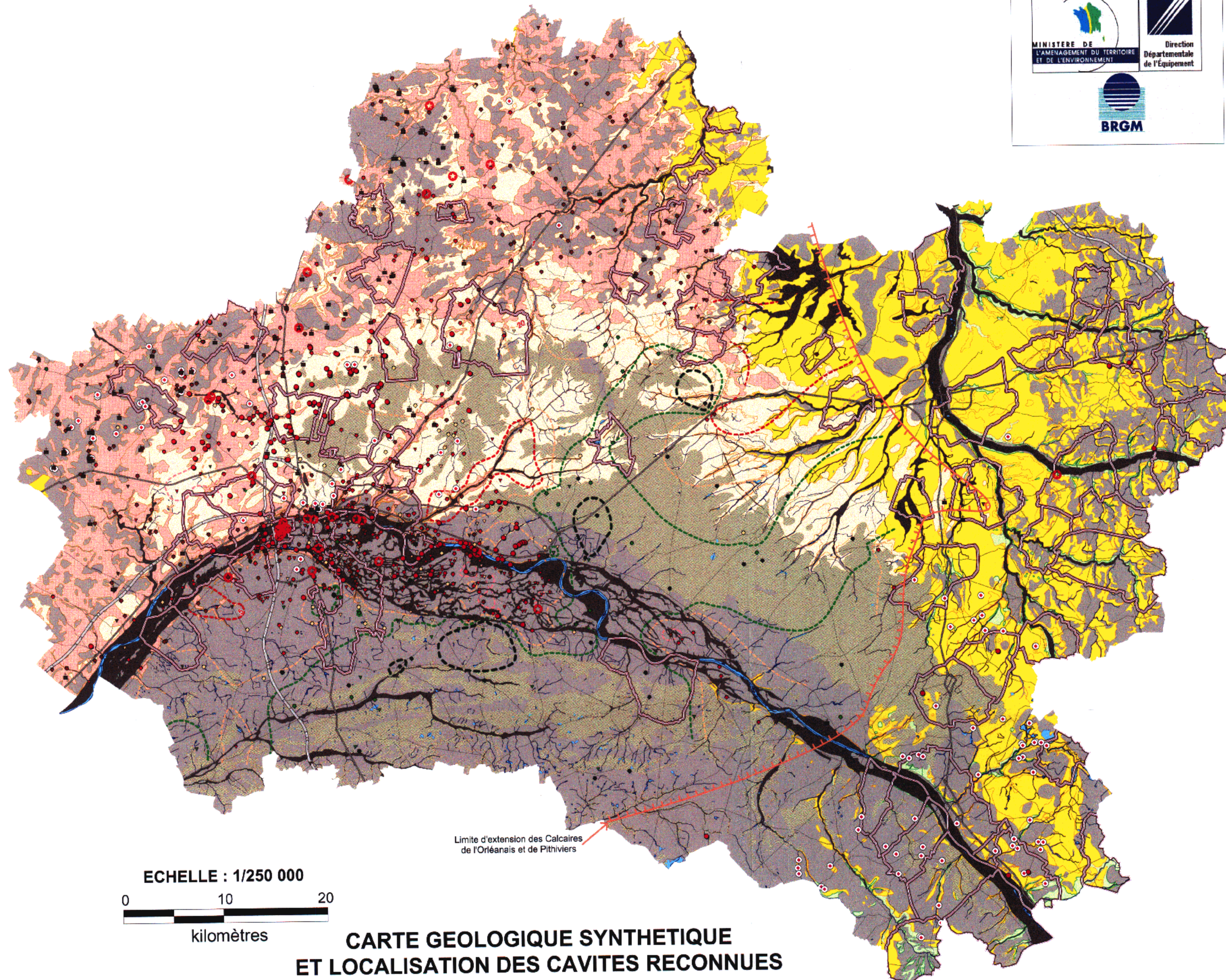
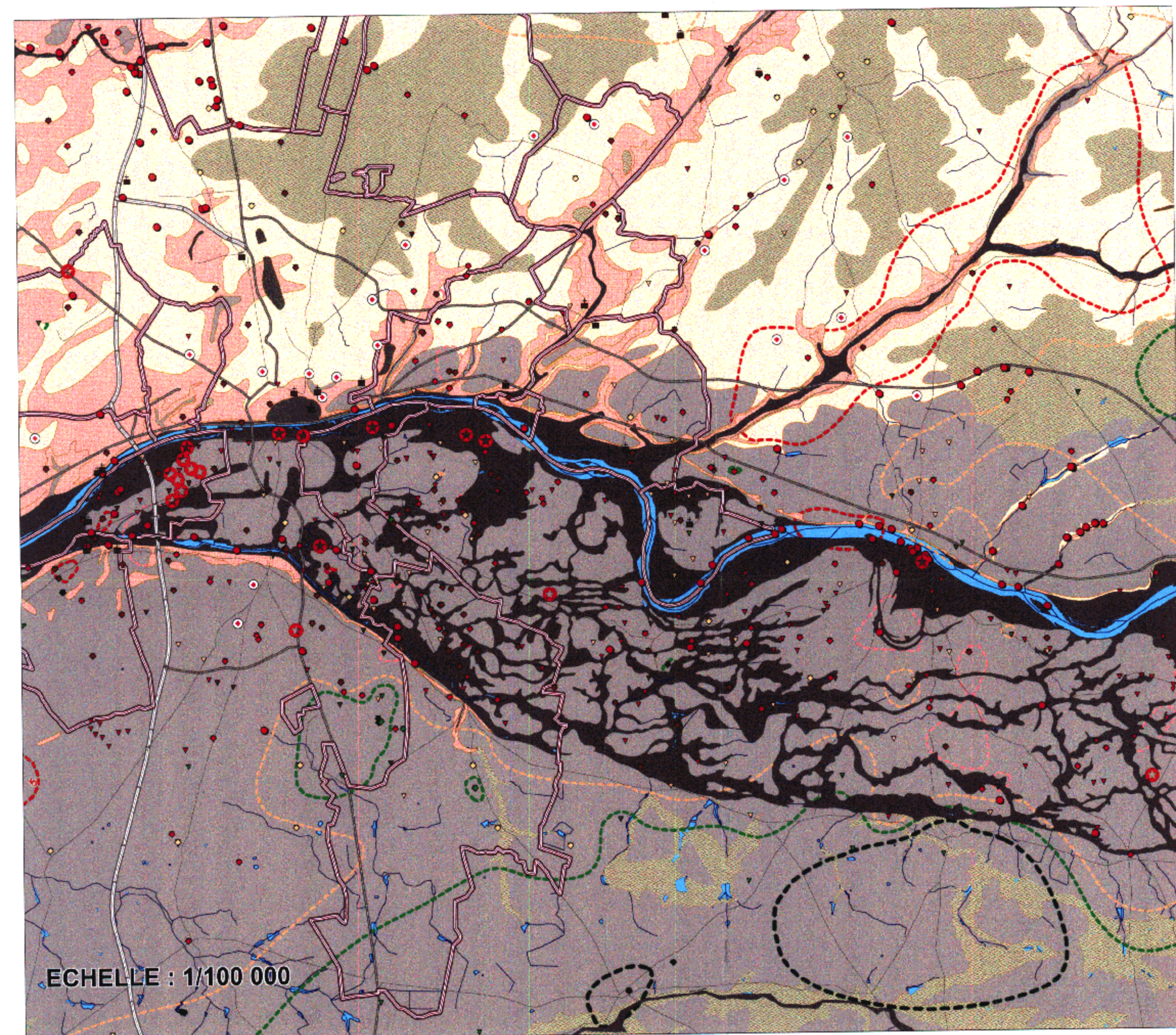
**CARTE GEOLOGIQUE SYNTHETIQUE  
 STRATIGRAPHIE**

- Alluvions et colluvions récentes
- Quaternaire
- Miocène à Pliocène dont-----
- Oligocène/Eocène
- Crétacé
- Hydrologie

Formations de Sologne    Calcaires de l'Orléanais    Calcaires de Pithiviers

**INVENTAIRE 1994 - MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT**

- Limites des communes déclarées sinistrées



Limite d'extension des Calcaires de l'Orléanais et de Pithiviers

ECHELLE : 1/250 000  
 0 10 20  
 kilomètres

**CARTE GEOLOGIQUE SYNTHETIQUE  
 ET LOCALISATION DES CAVITES RECONNUES  
 PLANCHE 3**