

Document public

**Le val d'Orléans : dynamique
fluviale tardiglaciaire et holocène,
interactions entre les facteurs
géodynamiques et anthropiques**

Volume 1

BRGM/RP-52552-FR
octobre 2003

Document public

Le val d'Orléans : dynamique fluviale tardiglaciaire et holocène, interactions entre les facteurs géodynamiques et anthropiques

Volume 1

BRGM/RP-52552-FR
octobre 2003

C. Castanet
Avec la collaboration de
M. Garcin, J. Burnouf, N. Carcaud

Mots clés : Loire, Quaternaire, Tardiglaciaire, Holocène, Climat, Dynamique fluviale, Géologie, Interaction homme-milieu, Anthropique, Paléoenvironnement, Anthroposystème, Archéologie, Histoire.

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

Castanet C., Garcin M., Burnouf J., Carcaud N. (2003) - Le val d'Orléans : dynamique fluviale tardiglaciaire et holocène, interactions entre les facteurs géodynamiques et anthropiques. BRGM/RP-52552-FR, 68 p., 84 fig. (volume séparé).

© BRGM, 2003, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Un des acquis récents de l'archéologie environnementale concerne la lecture des dynamiques tardiglaciaire et holocène des fonds de vallées alluviales comme intégratives des facteurs géodynamiques, anthropiques et de leurs interactions au niveau du bassin versant. Une approche de cette nature, menée dans le val d'Orléans, nécessite une méthodologie ancrée dans l'interdisciplinarité à l'interface des sciences de la nature et des sciences de l'homme. Un système d'information géographique permet d'exploiter des données géomorphologiques, sédimentologiques, pédologiques, hydrologiques, phytosociologiques, archéologiques et historiques. Les premiers résultats et interprétations suggèrent que le val d'Orléans est structuré selon une mosaïque de corps sédimentaires hétérochrones construite par les dynamiques ligériennes tardiglaciaire et holocène.

Ce modèle remet en question les modèles de Gigout *et al.* (1974) et Macaire (1981) proposé dans le val d'Orléans. Il permet d'identifier la variabilité spatiale du potentiel archéologique du val. La distinction entre les domaines remaniés tardivement et donc dépourvus de potentiel archéologique de ceux éventuellement épargnés par les divagations de la Loire est perceptible à un premier niveau.

Deux modifications de la dynamique ligérienne sont suggérées :

- la première se produit exclusivement sous contrôle géodynamique vraisemblablement à la fin du Tardiglaciaire ou au début de l'Holocène ;
- le forçage de la seconde résulte des interactions entre les facteurs géodynamiques et anthropiques. Ces derniers sont croissants au cours de l'Holocène puis exponentiels depuis la période néolithique.

La poursuite de cette recherche constituera à terme des éléments de réflexion nécessaires à une politique de développement durable.

Ce travail a été réalisé dans le cadre du DEA « Environnement et Archéologie » de l'université Paris I co-habilité par les universités Paris VI, Paris X, l'université de Franche-Comté, le Muséum national d'histoire naturelle et l'Institut national agronomique. Il s'intègre dans les recherches menées dans la « Zone Atelier bassin versant de la Loire » labellisé en 2001 par le CNRS et dans le projet de recherche BRGM « Dynamique fluviale ».

One of the environmental archaeology's recent established facts the reading of alluvial valley'bed's Late glacial and Holocene dynamics as integrating geodynamic and anthropic factors, and their interactions in the basin and the alluvial plain. In the « val d'Orleans », such an approach makes an interdisciplinary methodology at the crossroad of natural and human sciences necessary. A system of geographic interactions enable one to exploit geomorphological, geological, hydrological, phytosociological, archaeological and historical sources. The first results and interpretations tend to show that the « val d'Orleans » was constituted of a mosaic sedimentary heterochronic units by the ligerian Tardiglacial and Holocene dynamics. This later model questions the former which has been prevailing in the Orleans's vale for some twenty years (Gigout, 1974 and Macaire, 1981). It enables one to identify the

heterogeneity of the archaeological potential of the valley. At a first level, one can notice a distinction between the areas that have been thoroughly reworked and deprived of archaeological potential from those may have been spared from the River Loire migrations. Two metamorphoses of the River Loire dynamics may be highlighted. The first one is likely to have taken place at the end of Late Glacial or at the beginning of Holocene. The control of the second metamorphose is the result of interactions between geodynamic and anthropic factors. The later have been regular and then exponential increasing since the Neolithic. The continuation of this research will finally give the necessary elements of reflexion for a policy of long-lasting development.

Sommaire

1. Introduction	11
2. Objectifs, sources et méthodologie	13
2.1. Les objectifs.....	13
2.1.1. État de la recherche.....	13
2.1.2. D'anciens modèles de construction de la plaine alluviale.....	13
2.1.3. Les acquis récents.....	14
2.2. Présentation de la fenêtre val d'Orléans.....	15
2.2.1. Une fenêtre d'étude d'un réseau de recherches interdisciplinaires	15
2.2.2. Présentation géographique.....	16
2.2.3. Caractérisation hydrologique et géométrique	16
2.2.4. Contexte géologique.....	17
2.3. L'exploitation des sources géomorphologiques et sédimentaires	17
2.3.1. La carto-interprétation.....	17
2.3.2. La photo-interprétation et la télédétection	18
2.3.3. L'exploitation de la Banque de données du Sous-Sol (BSS).....	19
2.3.4. Les études de terrain	21
2.4. Les sources écrites et archéologiques de l'occupation du val.....	21
2.4.1. Les sources historiques	21
2.4.2. Les sources archéologiques	22
2.5. Le Système d'Information Géographique : SIG.	23
2. La construction tardiglaciaire et holocène de la mosaïque fluviale du val d'Orléans	25
3.1. Résultats et interprétations	25
3.1.1. Les vals de Lion-en-Sullias et d'Ouzouer-sur-Loire	25
3.1.2. Le val d'Orléans-rive-gauche	29
3.2. Discussion	33
3.2.1. La remise en question des modèles de Macaire et Gigout.....	33
3.2.2. Le lit majeur du val d'Orléans : une mosaïque de corps sédimentaires hétérochrones.....	34
3.2.3. Critiques du modèle et perspectives.....	38

4. Les interactions entre les facteurs géodynamiques et anthropiques dans l'évolution de l'anthroposystème - val d'Orléans	41
4.1. Le val d'Orléans : milieu et environnement des sociétés depuis le Tardiglaciaire.....	41
4.1.1. Les représentations de l'occupation du Paléolithique à l'Actuel	41
4.1.2. Des représentations à la réalité de l'occupation	42
4.2. Les sociétés du val d'Orléans : facteurs anthropiques de la dynamique ligérienne	44
4.2.1. Le système fluvial : un système ouvert à processus réponse	44
4.2.2. L'exploitation du bassin versant amont du val d'Orléans	44
4.2.3. Les aménagements et les exploitations de la Loire dans le val d'Orléans	49
4.3. Synthèse des interactions entre l'évolution du milieu et celle des sociétés.....	57
4.3.1. Un milieu à forte contrainte pour les sociétés paléolithiques	57
4.3.2. La libération d'une surface potentielle d'occupation pour les sociétés mésolithiques.....	57
4.3.3. La constance des conditions environnementales durant l'occupation néolithique	59
4.3.4. Une fragilisation sensible de l'hydrosystème contemporain des sociétés protohistoriques	60
4.3.5. Un forçage de l'hydrosystème par les sociétés gallo-romaines.....	60
4.3.6. L'évolution exponentielle du forçage anthropique par les sociétés médiévales et modernes.....	62
5. Conclusion	67

Liste des figures (volume séparé)

Fig. 1 -	Transect schématique des alluvions en Loire moyenne d'après Gigout <i>et al.</i> 1974.	7
Fig. 2 -	Transect schématique des alluvions du val d'Avaray d'après Garcin <i>et al.</i> 1999.	7
Fig. 3 -	Carte des formations alluviales du val d'Avaray d'après Garcin <i>et al.</i> 1999.	8
Fig. 4 -	La Loire moyenne dans le bassin versant ligérien.	8
Fig. 5 -	Localisation des différentes fenêtres du PCR « Géoarchéologie de la Loire moyenne et de ses marges ».	9
Fig. 6 -	La topographie peu contrastée du val d'Orléans.	9
Fig. 7 -	Le réseau hydrographique du val d'Orléans.	10
Fig. 8 -	Les différents vals du val d'Orléans.	10
Fig. 9 -	Dépression circulaire dans les alluvions du lieu-dit Le Grand Chemin au NW de la commune de Sigloy (val d'Orléans).	11
Fig. 10 -	Plan de situation des profils et fenêtres d'étude.	11
Fig. 11 -	Les communes du val d'Orléans.	12
Fig. 12a -	Extrait de la base de données archéologiques (val d'Orléans).	13
Fig. 12b -	Extrait de la base de données archéologiques (val d'Orléans).	14
Fig. 13 -	Les indices géomorphologiques du val de Saint-Aignan-le-Jaillard.	15
Fig. 14 -	Profil transversal 1.	15
Fig. 15 -	La végétation hygrophile de la parcelle située entre la ferme du Huisseau et le coteau sud (commune de Saint-Aignan-le-Jaillard).	16
Fig. 16 -	Végétation hygrophile située entre le lieu-dit « Le Buisson » et le coteau nord « Le Poreux ».	16
Fig. 17 -	Les indices géomorphologiques de la fenêtre 1-Bonnée.	17
Fig. 18 -	Les indices géomorphologiques du secteur Le Buisson (fenêtre 1-Bonnée).	17
Fig. 19 -	Profil transversal 2.	18
Fig. 20 -	Interprétation lithostratigraphique du profil transversal 2.	18
Fig. 21 -	Profil transversal 3.	19
Fig. 22 -	Interprétation lithostratigraphique du profil transversal 3.	19
Fig. 23 -	Épaisseur des alluvions - Fenêtre 1.	20
Fig. 24 -	Topographie du toit du substratum - Fenêtre 1.	20

Fig. 25 -	Représentation de la topographie du substratum en trois dimensions - Fenêtre 1.	21
Fig. 26 -	Profil transversal 4.	21
Fig. 27 -	Profil transversal 5.	22
Fig. 28 -	Les indices géomorphologiques du paléochenal de Bouteille - La Petite Maison.	22
Fig. 29 -	Les indices géomorphologiques du paléochenal dans le secteur La Petite Maison.	23
Fig. 30 -	Profil transversal 6.	23
Fig. 31 -	Les indices géomorphologiques du paléochenal de Jargeau.	24
Fig. 32 -	Profil transversal 8.	24
Fig. 33 -	Profil transversal 9.	25
Fig. 34a -	Carte des formations alluviales du val d'Orléans dans le secteur de Jargeau.	26
Fig. 34b -	Transect schématique des alluvions du val d'Orléans dans le secteur de Jargeau.	26
Fig. 35 -	Les indices géomorphologiques du paléochenal d'Orléans - Sud.	27
Fig. 36 -	Profil transversal 14.	27
Fig. 37 -	Profil transversal 15.	28
Fig. 38 -	Profil transversal 16.	28
Fig. 39 -	Turcie de Jargeau au lieu-dit Le Talus.	29
Fig. 40 -	Végétation du quartier les Barbottes constituée en partie de Cypéracées.	29
Fig. 41 -	Échantillon de la famille des Cypéracées (quartier les Barbottes).	29
Fig. 42 -	Polygones de dessiccation développés au niveau de l'horizon superficiel du sol (quartier les Barbottes).	29
Fig. 43 -	Épaisseur des alluvions - Fenêtre 2, secteur A (2A).	30
Fig. 44 -	Topographie du substratum - Fenêtre 2, secteur A (2A).	30
Fig. 45 -	Épaisseur des alluvions - Fenêtre 2, secteur B (2B).	31
Fig. 46 -	Topographie du substratum - Fenêtre 2, secteur B (2B).	31
Fig. 47 -	Épaisseur des alluvions - Fenêtre 2, secteur C (2C).	32
Fig. 48 -	Topographie du substratum - Fenêtre 2, secteur C (2C).	32
Fig. 49 -	Épaisseur des alluvions dans le val d'Orléans rive gauche.	33
Fig. 50 -	Épaisseur cumulée des argiles dans le val d'Orléans.	33
Fig. 51 -	Épaisseur cumulée des argiles - Fenêtre 2, secteur B (2B).	34
Fig. 52 -	Les méandres, comme produits des modalités d'écoulement (Bravard, 1997).	35

Fig. 53 -	Les implications stratigraphiques d'une migration latérale de méandre dans le val d'Orléans.....	35
Fig. 54 -	Évolution du système « riot-îles-bras vif » de Sigloy du XVIII ^e au XX ^e siècle.....	36
Fig. 55 -	Évolution du système « riot-îles-bras vif » de Guilly du XVIII ^e au XX ^e siècle.....	36
Fig. 56 -	Adaptation du réseau de communication à la présence du paléoriot « Vieille rivière de Loire » au nord de Sigloy (surélévation des rails du tramway).....	37
Fig. 57 -	Les formations alluviales du val d'Orléans.....	38
Fig. 58 -	Répartition des sites archéologiques du Paléolithique à la période gallo-romaine dans le val d'Orléans.....	38
Fig. 59 -	Répartition des sites archéologiques des périodes médiévale, moderne et contemporaine dans le val d'Orléans.....	39
Fig. 60 -	L'hétérogénéité du potentiel archéologique du val d'Orléans corrélée aux modalités de genèse de sa plaine alluviale.....	39
Fig. 61a-	Diagramme palynologique du Sondage M27b (données du val d'Avaray - Garcin <i>et al.</i> , 2001).....	40
Fig. 61b -	Diagramme palynologique du sondage M27b (Garcin <i>et al.</i> , 2001).....	41
Fig. 62a -	Diagramme palynologique du sondage M25b (Garcin <i>et al.</i> , 2001).....	42
Fig. 62b -	Diagramme palynologique du sondage M25b (Garcin <i>et al.</i> 2001).....	43
Fig. 63 -	Évolution de la végétation au cours de l'Holocène dans le val d'Avaray (d'après Garcin <i>et al.</i> 2001).....	44
Fig. 64 -	Réseau hydrographique et écoulement (Bravard, 1999).....	44
Fig. 65 -	Relation entre la production de sédiments (fraction solide) et l'écoulement annuel pour différents types d'affectation du sol (d'après Dune, 1979, <i>in</i> Bravard et Petit, 1997).....	45
Fig. 66 -	Relation entre l'accroissement des débits annuels et le taux de déboisement (d'après Bosh et Helwett).....	45
Fig. 67 -	Alignement de pieux de chêne dans le lit mineur actuel.....	45
Fig. 68 -	Morphologie et dépôts des cours d'eau à méandre ayant pu favoriser les installations portuaires (Allen, 1970, modifié).....	46
Fig. 69-	Photo aérienne à la sortie du méandre de Bou au sud de la commune de Chécy (mission IGN, 1960).....	46
Fig. 70 -	« Le vrai portrait de la ville d'Orléans » en 1575 (Archives du Loiret). (Les aménagements du lit majeur sont à la mesure de l'intensité de la navigation).....	47
Fig. 71 -	Principe des pêcheries fluviales obstruant le riot (Audebert, 2000).....	47
Fig. 72 -	Extraction actuelle d'alluvions dans le lit majeur du val d'Orléans (rive gauche, en aval de Jargeau, derrière la levée).....	48

Fig. 73 -	Plan de rehaussement des levées et localisation des turcies et levées en 1707 (Dion, 1934).	48
Fig. 74 -	La turcie Est de la commune de Bou : présentation et log stratigraphique.....	49
Fig. 75 -	Banquette pierrée construite sur la levée après la crue de 1846. (Lieu-dit Les Grands Prés, commune de Saint-Pryvé-Saint-Mesmin).....	49
Fig. 76 -	Les turcies, levées et déversoirs du val d'Orléans.	50
Fig. 77 -	Évolution du profil de la levée depuis le XVI ^e siècle (Dion, 1934).....	51
Fig. 78 -	Empreintes de poteaux	51
Fig. 79 -	Bacs de tanneurs de l'îlot du Jeu de Paume, XV ^e , XVIII ^e	51
Fig. 80 -	La répartition des sites paléolithiques dans le val d'Orléans et ses coteaux.	52
Fig. 81 -	Les espèces animales rencontrées sur le site de la rue de la Grille et de l'îlot de la Charpenterie.	53
Fig. 82 -	Schéma de synthèse représentant l'évolution des flux hydriques et minéraux entre 1000 BC et l'époque actuelle (Rhône - Bravard <i>et al.</i> 1992).	53
Fig. 83 -	Les fossés de l'abbaye de Saint-Benoît d'après le plan et figure de l'abbaye de Saint-Benoît de 1645 (Archives du Loiret).	54
Fig. 84 -	Évolution de la connexion des fossés de l'abbaye de Saint-Benoît au réseau hydrographique du val d'Ouzouer, depuis le XVII ^e siècle.	54
Fig. 85 -	Profil transversal 7.	55
Fig. 86 -	Profil transversal 10.	55
Fig. 87 -	Profil transversal 11.	56
Fig. 88 -	Profil transversal 12.	56
Fig. 89 -	Profil transversal 13.	57
Fig. 90 -	Profil transversal 17.	57
Fig. 91 -	Profil transversal 18.	58

1. Introduction

D'un point de vue social ou économique, tout cours d'eau peut être assimilé à une ressource dont la mobilisation et la valorisation n'ont cessé d'évoluer avec le temps et selon les capacités d'intervention technique des sociétés riveraines. De la Chine à l'Égypte et d'un bout à l'autre de la flèche du temps, la maîtrise de l'eau sous ses diverses formes apparaît une constante. Le fleuve présente un caractère ambivalent, il est la fois contraignant par la menace de ses crues et attractif par sa nature de ressource.

La Loire, le plus grand fleuve français par la superficie de son bassin versant, ne déroge pas à ce constat. L'ambivalence de la Loire vis-à-vis des sociétés du val se caractérise en partie par les variations saisonnières de ses débits d'eau qui connaissent des excès (les crues) et des insuffisances (les étiages). À l'échelle des saisons, ces variations des débits ligériens traduisent une dynamique de l'hydrosystème Loire. À l'échelle des siècles et des millénaires, la Loire fut sujette à une dynamique affectant ses débits en eau et en matière. Caractériser l'évolution de cette dynamique constitue une partie de notre sujet de recherche.

La Loire peut être définie par son bassin versant, ensemble spatial cohérent, hiérarchisé en fonction de l'axe fluvial et dont toutes les composantes (sources, affluents, lacs, marais et formes terminales) sont solidaires dans le cadre d'un espace délimité par le réseau hydrographique. Aussi, tout phénomène naturel ou toute action humaine affectant l'une des composantes, touche par définition l'ensemble du système. Ce principe d'interdépendance implique au-delà d'une analyse sectorielle envisageant successivement les phénomènes naturels et les relations existant entre la Loire et ses sociétés riveraines, une approche systémique englobant à la fois ces deux registres et leur interface, de sorte que chaque composante ne peut être envisagée qu'au regard de l'autre.

Les propriétés intrinsèques de cet objet de recherche situent dès à présent notre réflexion au carrefour des sciences de la nature et des sciences de l'homme. La dynamique fluviale ligérienne évolue en étroite relation avec les dynamiques combinées de la biosphère, de l'hydrosphère, de la lithosphère, de l'atmosphère puis des sociétés riveraines de son bassin versant. L'interdisciplinarité est donc centrale à cette étude qui a pour triple objectif de reconstituer l'évolution de la dynamique fluviale ligérienne tardiglaciaire et holocène dans le val d'Orléans, d'évaluer les interactions entre les facteurs géodynamiques et anthropiques dans le contrôle de cette évolution et d'identifier les interactions entre l'évolution du milieu et l'évolution de sociétés.

Le cadre spatio-temporel retenu est celui de la fenêtre du val d'Orléans pour le Tardiglaciaire et l'Holocène. L'Holocène a été longtemps considéré par les sciences de la terre comme non affecté de changements majeurs dans le « milieu naturel ». C'est un des grands acquis de l'archéologie des périodes historiques que d'avoir mis en valeur dans les études d'interactions de l'homme et du milieu les changements intervenus et ce même pour des périodes aussi courtes que les 1 000 ans de Moyen Âge. L'Holocène est donc ici pleinement considéré et associé au Tardiglaciaire qui constitue une référence du point de vue du contexte bioclimatique.

Nous abordons dans un premier chapitre l'état de la recherche dans le cadre de notre sujet à différentes échelles : le val d'Orléans, les autres fenêtres de la Loire moyenne, l'ensemble du bassin versant ligérien, les bassins versants de l'Europe occidentale. Nous précisons ensuite les sources utilisées associées à nos choix méthodologiques de leur exploitation. Ces choix méthodologiques intègrent à la fois les spécificités du sujet (emboîtement d'échelles spatio-temporelles), les contraintes liées à la nature et la diversité des sources ou encore au délai de recherche imparti.

Nous vouons le second chapitre à la présentation des résultats, leurs interprétations et une discussion concernant la structuration du val d'Orléans. Des éléments de réponse sont alors apportés aux questions suivantes :

- quelles sont les paléo-formes identifiées ?
- quels sont les arguments en faveur d'une plaine alluviale constituée d'une mosaïque de corps sédimentaires hétérochrones ?
- le modèle de construction de la plaine alluviale orléanaise mis en place dans les années 1970 est-il aujourd'hui valide ?
- quels sont les apports de ces premiers résultats en terme d'évolution de la dynamique fluviale tardiglaciaire et holocène ?

Le troisième et dernier chapitre est consacré à une analyse des interactions entre les facteurs géodynamiques et anthropiques dans l'évolution de l'anthroposystème val d'Orléans. Il s'agit de tenter de répondre aux questions suivantes :

- en quoi les facteurs géodynamiques et anthropiques présents dans le bassin amont du val d'Orléans influencent-ils celui-ci ?
- de quelle manière la constitution puis l'évolution du val d'Orléans sont-elles influencées par les facteurs géodynamiques et anthropiques qui s'appliquent directement sur celui-ci ?
- quelles influences respectives ont-ils sur l'évolution du val ?

2. Objectifs, sources et méthodologie

2.1. LES OBJECTIFS

Compte tenu de l'importance connue des dynamiques fluviales dans la genèse des fonds de vallées sur les périodes tardiglaciaire et holocène, c'est d'abord en comprenant comment le val est structuré que nous pourrions percevoir la dynamique ligérienne et son évolution sur le long terme dans le val d'Orléans. Nous menons une approche géomorphologique stratigraphique et sédimentologique d'identification de paléochenaux et de corps sédimentaires. Nous tentons d'identifier des paléofformes tels que des paléolits en tresses ou des paléoméandres ainsi que les modalités des dépôts sédimentaires associés. Nous recherchons alors une ébauche de chronologie relative entre les corps sédimentaires identifiés.

C'est seulement à partir d'un premier modèle de l'organisation structurale et géomorphologique du val que nous pouvons remonter jusqu'à l'interprétation d'une évolution de la dynamique ligérienne. De là, il nous est alors possible d'aborder l'évaluation de la part respective des facteurs géodynamiques et anthropiques puis de leurs interactions dans le contrôle de la dynamique ligérienne sur le long terme. L'identification de ces facteurs avérés et/ou potentiels et de leurs interactions pourrait nous apporter une nouvelle perception de l'évolution de la dynamique fluviale qui dépasse celle tirée de la seule étude géomorphologique et sédimentaire.

À l'échelle du val et de son bassin versant amont, notre objectif de recherche des interactions entre les facteurs anthropiques et géodynamiques de la dynamique ligérienne se positionne au cœur des interactions entre l'évolution du milieu et celui des sociétés du val d'Orléans.

2.1.1. État de la recherche

La dynamique de mise en place des alluvions du lit majeur et des interactions sociétés-milieux dans la Loire demeure à ce jour encore mal connue contrairement à de nombreux fleuves et rivières nord-européens. Des études ont été réalisées dans la partie amont du bassin versant de la Loire mais peu en Loire moyenne avant la mise en place du PCR « Géoarchéologie de la Loire moyenne et de ses marges » lancé en janvier 1996.

2.1.2. D'anciens modèles de construction de la plaine alluviale

Les travaux réalisés sur la répartition et la stratigraphie des alluvions du lit majeur de la Loire (Gigout *et al.* 1970, 1974 et Macaire 1981, 1983, 1984) aboutissent à des modèles de mise en place faisant intervenir une phase de creusement maximum suivie de trois stades de remblaiement distincts, superposés ou emboîtés (Carcaud *et al.*, 1999).

La carte géologique du Blésois et de l'Orléanais (Gigout *et al.* Cartes géologiques 1/50 000 Orléans 1969, La Ferté-Saint-Aubin 1970, Beaugency 1974) présente une cartographie dans laquelle l'incision du lit majeur est acquise durant le Weichsélien (« Würm ancien »). Le remblaiement sédimentaire comprendrait en fond de lit un niveau ancien « alluvions würmiennes » attribué au Weichsélien (niveau Fx), auquel se superposerait un niveau Holocène (Fy) affleurant en « montilles ». Les dépôts modernes seraient encore superposés ou encaissés dans le niveau Fy. En Touraine, Macaire (1981, 1983, 1984) décrit le même type de relations géométriques mais donne une estimation stratigraphique différente. Il attribue l'incision maximum à un interstadiaire intra-weichsélien, le remplissage Fy au Weichsélien et Fz à l'Holocène.

Dans le modèle de Gigout *et al.* (1974), la mise en place des corps sédimentaires du Würm tardif jusqu'à l'actuel est gouvernée par une accumulation selon une composante verticale. Les dépôts dits « modernes » s'encaissent en partie dans les dépôts dits « holocènes », les buttes témoins d'holocènes formant les « montilles » (fig. 1).

2.1.3. Les acquis récents

a) La géométrie des dépôts du val mise en place sur le long terme

Les travaux de Garcin *et al.* (Garcin *et al.*, 1999) dans le val d'Avaray, situé à 50 km à l'aval d'Orléans, apportent une nouvelle perception de la construction de la plaine alluviale ligérienne dans cette fenêtre. En effet, dans la fenêtre val d'Avaray, la plaine alluviale s'est construite selon une dizaine de stades actuellement recensés. Chaque stade correspond à la migration d'un méandre avec : l'érosion frontale de la berge de rive concave, le chenal graveleux en dépression au niveau du lit actif, les barres sableuses progadantes en élévation sur la rive opposée. Dans tous les cas observés dans cette étude, l'érosion frontale détruit partiellement le corps sédimentaire précédent et recrée le substrat calcaire de 1 à 3 m par rapport à sa côte précédente. La morphologie du toit du substratum calcaire est modifiée par le processus de migration des méandres (fig. 2 et 3). Les modèles de Gigout et Macaire s'avèrent donc caduques dans le val d'Avaray. L'encaissement et l'acquisition de la morphologie du substratum ne sont pas uniquement postglaciaires. Les grands ensembles sédimentaires du val se succèdent selon une composante horizontale et pas uniquement selon une composante verticale. Aussi la géométrie des dépôts et la nature du remplissage des bras morts s'avèrent être de précieux indicateurs des dynamiques passées de la Loire et des paléoenvironnements des vals.

b) L'évolution morphodynamique des derniers siècles et dernières décennies

Les aspects de la dynamique fluviale ligérienne qui ont longtemps reposé sur la recherche d'Y. Babonaux (Babonaux, 1970) ont été abordés dans le cadre du Programme Life Loire Nature (1993-1999) et nettement approfondis dans le cadre du PNRZH (Projet National de Recherches sur les Zones Humides). Dans le cadre du Plan Gouvernemental Loire Grandeur Nature (phases 1 et 2), un suivi approfondi du lit est réalisé. Il repose sur la création d'une base de données (« SIEL ») synthétisant l'évolution du lit depuis 1854 et un suivi annuel au moyen d'un survol vidéo de certaines zones. Par ailleurs, les modélisations hydrauliques 2 et 3D en vue de la

connaissance et de la prévention des risques de crue ont constitué un pôle fort de la phase 1 du Plan Loire.

c) Les interactions Sociétés-Milieus

Lors des rencontres entre archéologues et naturalistes, les naturalistes soulignent que l'échelle d'observation des archéologues est très étroite et donc dépendante de variations anecdotiques du milieu d'où une préférence pour l'archéologie spatiale. Les archéologues expliquent que la fiabilité de l'une et de l'autre pratique de l'archéologie est très différente. Il est donc incontournable de croiser les échelles d'observation (Burnouf, 1998).

Il apparaît aujourd'hui à la lumière des travaux archéologiques effectués sur les autres bassins versants, que l'action des sociétés sur les milieux est prépondérante à partir du Néolithique. Les naturalistes comme les archéologues et les historiens refusent désormais le déterminisme naturel ou anthropique mais les interactions réciproques sur lesquelles sont fondés leurs raisonnements n'en sont que plus difficiles à expliquer. Il serait tentant de rechercher des zones non anthropisées comme « encaissant » neutre permettant de paramétrer les fonctionnements du milieu hors de l'emprise humaine mais l'expérience des archéologues montre que c'est un leurre : la notion de « tissu archéologique continu » (mais pas forcément connu) a remplacé depuis au moins 15 ans l'ancienne notion de « site archéologique » (Burnouf, 1998). Dans ce cadre, un premier travail universitaire a été réalisé. Il s'agit d'un mémoire de maîtrise d'archéologie intitulé « Interactions Sociétés/Milieus dans le val d'Orléans » (Auderbert, 2000).

2.2. PRÉSENTATION DE LA FENÊTRE VAL D'ORLÉANS

2.2.1. Une fenêtre d'étude d'un réseau de recherches interdisciplinaires

Le val d'Orléans constitue une fenêtre d'étude du Projet Collectif de Recherches « Géoarchéologie de la Loire moyenne et de ses marges » qui s'est fixé pour objectif de travailler à la lecture des paysages fluviaux à l'Holocène dans le bassin versant de la Loire moyenne, selon une approche globale de l'espace fluvial intégrant les dimensions hydro-morphodynamiques, bioclimatiques et sociales (fig. 4 et 5). Née en 1996, cette approche interdisciplinaire réclame un jeu d'échelles emboîtées du niveau micro-local à local (retrouvé dans le val d'Orléans par exemple), au niveau régional (le bassin de la Loire moyenne) puis au niveau global. Aussi, durant la période 1997-2002, les travaux se sont intégrés dans le programme de recherches interdisciplinaires (CNRS-PEVS/SEDD) piloté par J. Burnouf « Interactions Hommes/Milieus dans le bassin de la Loire ». Depuis 2002, les travaux font partie intégrante du programme coordonné par J. Burnouf et M. Garcin « Le bassin versant de la Loire, évolution dans le long terme (Holocène jusqu'à l'actuel) d'un anthroposystème » qui vient d'être labellisé « zone atelier » par le PEVS du CNRS. La région Centre y tient une place centrale, impliquée dans les différentes actions transversales du projet : inscription du val de Loire au patrimoine mondial de l'UNESCO, lecture sociologique de la perception de l'environnement par les divers acteurs sociaux et institutionnels, les anthroposystèmes marginaux, la biodiversité passée et présente.

2.2.2. Présentation géographique

Le val d'Orléans se situe en Loire moyenne entre la commune d'Ouzouer-sur-Loire et la confluence Loire-Loiret. Il constitue le premier grand élargissement du lit majeur depuis le bec d'Allier. Il s'étend sur une longueur de 50 km entre deux coteaux espacés de 3 km à l'entrée du val, 7 à 8 km au centre du val puis seulement 2 km au niveau de la confluence Loire-Loiret, fermeture du val. L'altitude du lit majeur est comprise entre 119 m NGF à l'amont et 90 m NGF à l'aval. La topographie est très plate, la morphologie discrète et peu contrastée (fig. 6).

2.2.3. Caractérisation hydrologique et géométrique

Le val d'Orléans englobe le coude d'Orléans où la Loire voit son écoulement passer du N à l'WSW. La Loire ne présente pas de confluence majeure dans le val. C'est le cas depuis le bec d'Allier depuis lequel elle effectue un long parcours sans confluence notable. Le lit mineur a une largeur comprise entre 200 et 300 m, localement il peut atteindre 400 m.

La Loire est faiblement sinueuse à l'entrée du val, elle se situe alors à proximité du coteau sud laissant au nord la dépression latérale du val d'Ouzouer-sur-Loire (fig. 7, 8). Le fleuve connaît une rupture de style avec une accentuation de sa sinuosité au niveau de Guilly. Les méandres de Guilly sont les premiers manifestés par la Loire depuis l'amont du bec d'Allier. C'est leur niveau que la Loire traverse le val pour se plaquer contre le coteau nord qu'elle longe jusqu'au coude amorcé en amont d'Orléans (commune de Saint-Denis-en-Val). La dépression latérale se trouve alors en rive gauche, nous la nommons val d'Orléans-rive-gauche.

Nous considérons le val d'Orléans *stricto sensu* c'est-à-dire au sens géologique, composé du val de Lion-en-Sullias, du val d'Ouzouer-sur-Loire, du val d'Orléans-rive-gauche et du val de Bou (fig. 8).

Les éléments du réseau hydrographique secondaire du val ont des origines variées. Ils peuvent prendre naissance dans des sources du coteau (la Bonnée est ainsi grandement alimentée), à partir de résurgences à la faveur du réseau karstique sous-jacent en partie alimenté par les pertes de la Loire dans le réseau (la résurgence du Loiret : avens émissifs des sources du Bouillon et de l'Abîme) ou encore par le drainage de la plaine alluviale elle-même drainant localement la Loire (la Marmagne, l'Ousson).

Les alluvions du val favorisent la circulation d'une nappe alluviale semi-captive mise en pression par le recouvrement des sables argiles et limons supérieurs. A l'amont de la ligne Chécy - Saint-Cyr-sur-Loire, la surface piézométrique de la nappe alluviale se trouve 3 m sous le niveau de la Loire, elle est donc alimentée par la Loire. A l'aval de cette ligne, la nappe est au-dessus du plan d'eau de la Loire, elle alimente ainsi le fleuve (carte géologique de la Ferté-Saint-Aubin à 1/50 000).

2.2.4. Contexte géologique

Dans le val d'Orléans, la Loire s'est encaissée dans les formations tertiaires de Sologne et de Beauce du Bassin parisien¹ selon une incision estimée à 50 m depuis le Plioquaternaire. L'incision estimée du Würm, Tardiglaciaire et Holocène est de 15 m. Les résultats d'études portant sur les terrasses quaternaires montrent une migration vers le nord du lit majeur ligérien depuis 2 millions d'années (Giot, Garcin, 2002). Les accumulations alluvionnaires ultérieures qui font l'objet de notre étude atteignent 7 m d'épaisseur en moyenne. Elles sont constituées majoritairement par des graviers à la base, puis des sables plus ou moins grossiers et enfin, des limons de débordement.

2.3. L'EXPLOITATION DES SOURCES GÉOMORPHOLOGIQUES ET SÉDIMENTAIRES

2.3.1. La carto-interprétation

a) Les sources

● Les cartes actuelles

Nous avons utilisé les cartes IGN à 1/25 000 couvrant l'intégralité du secteur, les cartes géologiques à 1/50 000 de Châteauneuf-sur-Loire, de La Ferté-Saint-Aubin et d'Orléans.

● Les cartes anciennes

Il s'agit de la carte du « Cours de la rivière Loire » dressée par les ingénieurs des Ponts et Chaussées au milieu du XIX^e siècle suite aux crues de 1846 et 1856, de la carte de Cassini dressée durant la seconde moitié du XVIII^e siècle, de la carte du « Cours de la Loire et de l'Allier reliée aux armes de Louis XV », dressée par les ingénieurs des Ponts et Chaussées, datée du milieu du XVIII^e siècle et de la carte du « Cours de la rivière Loire depuis Briare en descendant jusqu'à Orléans » dressée par l'ingénieur Mathieu en 1709.

¹ De l'amont à l'aval de la ligne Saint-Denis-de-l'Hôtel - Saint-Cyr-en-val, le substratum du val passe de la formation tertiaire aquitanaise (ou formation de Sologne) à la formation tertiaire du Miocène inférieur (ou formation de Beauce). La première présente des faciès variés allant de l'argile au sable grossier avec quelques graviers dispersés, elle contient localement quelques lentilles de marnes. La seconde présente des calcaires, marnes et meulière. Dans la formation de Beauce se développe un réseau karstique jusque vers 35 m de profondeur parfois colmaté par les alluvions du val (fig. 9). Les relevés piézométriques dans la nappe calcaire de Beauce permettent de dégager les principaux axes karstiques dont la présence se traduit en surface par des avens et dolines (cartes géologiques à 1/50 000 de Châteauneuf, La Ferté-Saint-Aubin et Orléans).

b) L'exploitation

• La topographie

Compte tenu de l'extrême faiblesse des reliefs du val, il nous a semblé utile de prendre en compte la moindre anomalie topographique. Nous avons utilisé une carte des alignements des points hauts et des points bas réalisée à partir de la carte IGN 1/25 000 (Garcin, 2002 - non publié).

• L'hydrographie

Les écoulements actuels, à l'image du fonctionnement hydrologique du val, intègrent à la fois la topographie, la nature sédimentaire éventuellement héritées du réseau hydrographique passé. Aussi, l'intégralité du réseau hydrographique du val recensé actuellement a été relevée. Il s'agit de la Loire et de ses affluents, les ruisseaux et leurs retenues, les fossés, les étangs et les mares. Le réseau hydrographique historique a pu être relevé, dans une certaine mesure, à l'aide des cartes anciennes.

• La toponymie

Sans mener un relevé exhaustif des micro-toponymes des 36 communes du val, nous avons pris en considération les toponymes apparaissant sur la carte IGN à 1/25 000 et les cartes anciennes. Cette analyse s'avère complémentaire de l'approche topographique, hydrographique, pédologique et sédimentologique.

2.3.2. La photo-interprétation et la télédétection

a) Les sources

Nous avons exploité deux séries de photos aériennes, la première date d'une mission réalisée par l'IGN en 1975 (BRGM-Orléans), la seconde en 1960 (DIREN-Centre). Il s'agit dans les deux cas de clichés réalisés verticalement. Les images satellitaires sont des images SPOT (BRGM-Orléans). Comparées aux sources cartographiques, les photos aériennes sont une vision réelle du terrain. Elles nous ont donc permis de travailler à une échelle plus petite que sur le terrain et ainsi d'avoir une vision plus large des éléments qui le composent. De plus, l'échelle des photos est proche de celle des 1/25 000 de l'IGN ce qui facilite le rapprochement entre les deux sources y compris sous le système d'information géographique. Les images satellitaires ont une plus petite résolution mais elles contiennent une information sensiblement différente de par la nature de l'information captée. L'image satellitaire est le produit de l'enregistrement des radiations qui relèvent du spectre visible et de celui de l'infrarouge. Les différences de réflectance entre les objets qu'il est possible d'évaluer dans le visible sont exacerbées dans l'infrarouge. Dans les images traitées, il devient possible de faire ressortir des éléments qui n'auraient pas été saisis dans le visible (Jung, 1998). C'est notamment le cas de certains secteurs humides. La télédétection est en ce sens complémentaire de la photo-interprétation.

b) L'exploitation : le repérage des formes et indices de la nature du sol

• Les niveaux de gris

Nous avons analysé les niveaux de gris et leur répartition avec parfois des retouches du contraste (logiciel Adobe Photoshop). Nous sommes partis du principe que les plages de gris relativement sombres peuvent refléter un sol et des sédiments sous-jacents plus humides.

• Le parcellaire

Le parcellaire n'a pas fait l'objet d'une étude exhaustive, nous l'avons étudié essentiellement à l'aide des photos aériennes mais aussi ponctuellement à l'aide de plans cadastraux (commune de Lion-en-Sullias). Il s'est révélé utile dans la perception morphologique du val. En effet, nous nous sommes basés sur le fait qu'il pouvait refléter à la fois une réalité topographique, hydrologique et/ou pédologique.

2.3.3. L'exploitation de la Banque de données du Sous-Sol (BSS)

a) La BSS : nature et caractéristiques prises en considération

Cette base de données réalisée et maintenue par le BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) regroupe l'ensemble des données relevées lors de sondages géologiques, géotechniques. La provenance des sondages est très hétérogène, il ne s'agit pas systématiquement de forages réalisés par le BRGM. Les attributs que nous avons exploités sont le numéro de sondage, son géoréférencement, le code lithologique du sédiment relevé, les annotations descriptives complémentaires, l'épaisseur du dépôt et sa profondeur. Nous avons pris en considération les différentes caractéristiques suivantes des informations contenues.

• L'hétérogénéité de la répartition de l'information

La répartition des 767 forages enregistrés dans la base de données dévoile des secteurs relativement riches en informations aux dépens d'autres secteurs. De plus, au sein d'un secteur, la répartition reste inégale. Cette première contrainte nous amène à sélectionner des fenêtres spatiales aux dépens de l'exclusion de zones dans lesquelles l'information manque. De plus, nous devons évaluer la qualité (résolution, représentativité) de l'information en fonction de l'échelle d'étude choisie.

• La fiabilité de l'information

Les risques d'utiliser des informations erronées sont dus aux relevés de l'information sur le terrain et à la réalisation de la base de données. Ils concernent principalement le géoréférencement et la qualité de l'information relevée. Une erreur de géoréférencement dans les trois dimensions de l'espace ou d'appréciation de la nature et de l'épaisseur des sédiments a des conséquences sur l'image en profils ou en cartes et l'interprétation que nous en faisons. Aussi nous prenons en compte ce paramètre supplémentaire dans nos interprétations.

● L'échelle d'étude de l'information

Compte tenu de l'importante superficie de la zone étudiée, l'observation ponctuelle d'un forage reste anecdotique mais n'est cependant pas exclue en cas de recherche d'une nature sédimentaire spécifique (exemple d'une requête sur les natures sédimentaires tourbeuses). Nous avons choisi de spatialiser l'information de la BSS en réalisant des profils et des cartes thématiques dans des fenêtres et à des échelles en accord avec notre problématique et les contraintes matérielles imposées par l'hétérogénéité de nos sources.

b) Les cartes thématiques

Nous avons successivement étudié l'épaisseur des alluvions, la topographie du toit du substratum et l'épaisseur cumulée des argiles. Une telle approche avait constitué, dans le val de Tours, un premier élément nécessaire à la compréhension de la structuration du val et de la dynamique ligérienne tardiglaciaire et holocène dans cette portion de la Loire moyenne (Blin 1998, Taberly, 1999). L'ensemble des cartes d'exploitation de la BSS ont été réalisées à l'aide du logiciel Surfer Version 8.00 (Surface Mapping System).

La faible densité et l'inégale répartition des forages du val d'Ouzouer-sur-Loire nous amènent à sélectionner une première fenêtre d'étude (fig. 10). Cette **fenêtre 1-Bonnée** est située en amont du val d'Ouzouer. Comprise entre les coordonnées métriques Lambert 2 verticales 600 000 et 607 000 dans la largeur de la plaine alluviale, elle recouvre essentiellement les communes de Bonnée et de Saint-Père-sur-Loire. Le val d'Orléans-rive gauche présente une plus forte densité de forages à l'aval des communes de Guilly et de Neuvy-en-Sullias. Ce secteur constitue notre seconde fenêtre d'étude (fig. 10). Pour assurer une meilleure résolution cartographique de cette fenêtre 2, nous avons choisi de la diviser en trois secteurs :

- Le **secteur 2A-Ouvrouer** est compris entre les projections métriques Lambert 2 verticales 583 000 et 593 000 dans la largeur du lit majeur, soit de l'amont de Châteauneuf-sur-Loire à l'aval de Jargeau.
- Le **secteur 2B-Sandillon** est compris entre les coordonnées 573 000 et 584 500, soit de l'aval de Jargeau à Saint-Denis-en-Val.
- Enfin, le secteur **2C-Orléans** est compris entre les coordonnées métriques 562 500 et 574 000 c'est-à-dire entre Saint-Denis-en-Val et Saint-Hilaire-Saint-Mesmin.

Les cartes des épaisseurs des alluvions ont pour but d'identifier des ensembles aux accrétions sédimentaires quantitativement distinctes. Cette information fait ensuite l'objet d'analyses comparatives avec les autres paramètres géomorphologiques, sédimentaires et anthropiques.

Les cartes de la topographie du substratum ont été réalisées pour appréhender la géométrie de l'encaissant tertiaire. Elles peuvent notamment nous révéler la présence d'incisions associées à une dynamique ligérienne ou une topographie du substratum associée à sa nature karstique. Elles nous permettent aussi la recherche de corrélations entre le remplissage et la géométrie du substrat.

Les cartes des épaisseurs cumulées des argiles nous autorisent l'identification dans l'espace de dépôts sédimentaires de faible énergie caractéristiques de ceux associés au remplissage des bras morts.

Nous remarquons que les effets de pépité de certains forages du fait de la faible densité posent des problèmes d'interpolation. Aussi, nous en tenons compte dans l'analyse des résultats.

c) Les profils

Les profils sont des éléments d'interprétation lithostratigraphique fondamentaux et complémentaires à ceux des cartes thématiques. Nous avons ainsi réalisé des profils transversaux à intervalles réguliers sur l'intégralité du val. Ils nous permettent d'extrapoler avec prudence les interprétations faites dans chacune des fenêtres d'étude aux zones à faible densité de forages.

Compte tenu de l'inégale répartition des forages, les profils ne peuvent pas être réalisés à partir de points parfaitement alignés, ils intègrent donc parfois une certaine largeur de bande. Dix-huit profils transversaux jalonnent le val d'amont en aval. L'ensemble des profils fut réalisé à l'aide des logiciels Microsoft Excel 2000 et Adobe Illustrator Version 8.0.

2.3.4. Les études de terrain

L'approche de terrain a eu le double rôle de prospection et de vérification. Cette approche est essentiellement restée une étude de surface. Elle a eu pour but la perception des reliefs du val (opposition montilles - paléobras), le relevé de la granulométrie des horizons superficiels des sols, le relevé d'associations végétales (de milieu gorgé, humide, sec), le relevé de logs stratigraphiques autorisé par le creusement de tranchées de travaux d'aménagements ou d'exploitation actuelle du val.

2.4. LES SOURCES ÉCRITES ET ARCHÉOLOGIQUES DE L'OCCUPATION DU VAL

2.4.1. Les sources historiques

Une première série d'informations concernant l'occupation du val et les interactions sociétés-milieus sont d'ordre historique. Regroupées en grande partie aux archives départementales du Loiret, elles ont fait l'objet d'études menées notamment par les historiens Debal (Debal, 1983 - Debal, 1996), Boucher de Molandon (Boucher de Molandon, 1876) et Dion (Dion, 1934 - Dion, 1961). La consultation de leurs travaux nous est précieuse.

Les sources historiques présentent cependant des limites. En effet, la documentation conservée aux archives du Loiret a été en grande partie détruite durant les bombardements de 1940 qui ont détruit le couvent des Minimes à Orléans, couvent qui abritait alors les archives du Loiret (Audebert, 2000). De plus, elles possèdent des limites intrinsèques, elles ne contiendront que les informations dont les sociétés ont eu conscience et nous ont indirectement communiquées.

2.4.2. Les sources archéologiques

En ce sens et sur une période d'étude diachronique allant du Paléolithique supérieur à l'actuel, les sources archéologiques nous sont précieuses. Nous avons donc réalisé une base de données archéologiques. Les sources que nous avons exploitées sont les données de la carte archéologique DRACAR du SRA-Région Centre et celles des travaux universitaires précédents (Audebert, 2000).

Le cadre spatio-temporel défini est celui de la plaine alluviale du val d'Orléans selon ses limites géographiques et les périodes culturelles allant du Paléolithique à l'actuel. Il recoupe 36 communes (fig. 11).

La structure de la base de données réalisée répond aux besoins de son utilisation (fig. 12a et 12b).

- Une nécessité de **localisation** : le géoréférencement de chaque site, ici en coordonnées métriques Lambert 2, est nécessaire à l'exploitation de la base de données sous le Système d'Information Géographique (SIG). Une localisation sur le terrain est facilitée par l'ajout des champs « commune » et « lieu-dit » à cette base de données.
- Les champs « **structure** » et « **chronologie** » autorisent notamment l'étude diachronique que nous menons.
- La **fiabilité** de chaque site, exploitée statistiquement ou ponctuellement est un élément de réflexion supplémentaire.
- L'accessibilité nécessaire aux sources et informations complémentaires sur chaque site est assurée par les champs « circonstance découverte », « source » et « cote ».

Le tri sélectif des sources est fait dans le but de pouvoir les exploiter à travers la base de données, elle-même construite selon les critères nécessaires à notre étude. Des données ont été exclues sur les critères d'absence de chronologie des structures ou d'absence de localisation géoréférencée du site. Le nombre de sites non géoréférencés exclus s'élève à 10 tandis que celui des sites à chronologie indéterminée est de 24. Nous avons cependant conservé pour notre étude les sites à chronologie indéterminée lorsqu'il s'agissait des aménagements de berge ou de lit de la Loire. Le taux d'exclusion s'élève ainsi à 18,5 %.

Nous avons conservé les sites dont l'attribut du champ « structure » concernait des vestiges non structurés. Notre approche géoarchéologique nous amène à percevoir l'artéfact aussi comme une particule sédimentaire qui peut apporter une information précieuse, de nature chronologique ou concernant la dynamique ligérienne (compétence du flux). De plus les objets isolés constituent une part importante des données sur les périodes préhistoriques comme le Paléolithique ou le Néolithique. Néanmoins, nous restons conscients que les sites révélés par des concentrations de céramiques ou d'objets lithiques en surface ne dévoilent pas forcément un habitat : « la pratique du fumage des champs à l'aide des déchets domestiques contenant des tessons de poterie (...) prend une grande importance au Moyen Âge et, dans certains cas, il peut être difficile de distinguer un habitat d'une parcelle amendée de façon intensive » [ZADORA-RIO 1986, cité par Audebert (Audebert, 2000)].

Nous avons intégré les données de la carte archéologique actuelle DRACAR qui étaient en attente d'être saisies dans la base de la carte archéologique PATRIARCHE (qui succèdera à la base DRACAR). Onze sites archéologiques supplémentaires au 186 préexistants sont ainsi intégrés. La nature des sites dont l'attribut du champ « structure » était « formation sédimentaire » a pu être précisée par consultation de la fiche d'enregistrement des sites concernés. Cette consultation apporte neuf sites supplémentaires.

Suite au tri sélectif de la base DRACAR et aux apports des travaux universitaires, nous exploitons deux cent neuf sites archéologiques dans le cadre de cette étude.

2.5. LE SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE : SIG

Le choix d'utiliser un système d'information géographique est motivé pour les raisons suivantes :

- Les objectifs que nous nous sommes fixés dans le cadre de cette étude nécessitent le traitement d'un volume de données conséquent : photos, images, cartes et bases de données. Afin de croiser l'ensemble de ces données qui portent toutes sur le même secteur, il est nécessaire de les traiter à l'aide d'un même outil. Le géoréférencement de chacune des données permet une étude corrélative et le croisement des informations. Le SIG apparaît alors comme un outil relationnel, de croisement de données spatiales.
- Nous utilisons aussi le SIG comme outil de traitement favorisé par son architecture. Il s'agit notamment de l'exploitation des bases de données archéologiques et du sous-sol notamment par l'interrogation thématique de leurs attributs. Le recoupement d'informations environnementales constitue un nouvel élément de réflexion concernant par exemple l'interprétation de l'organisation structurale du val. Le croisement d'informations environnementales et anthropiques est au cœur de notre problématique, il est autorisé par le SIG. Il permet les créations de nouveaux thèmes par digitalisation de données issues du croisement des informations. Il permet aussi de créer de nouvelles cartes thématiques par la superposition de thèmes choisis. Il constitue en ce sens à la fois un outil de traitement, de réflexion et de communication.

Il comprend :

- . les cartes IGN 1/25 000 et géologiques 1/50 000 puis les cartes géoréférencées des épaisseurs des alluvions, de la topographie du substratum et des épaisseurs des argiles [cartes réalisées à partir des données de la BSS avec le logiciel Surfer Version 8.00 (Surface Mapping System)] ;
- . les ortho-photos aériennes géoréférencées des missions IGN 1960 et 1975 ;
- . les images satellitaires SPOT géoréférencées ;
- . deux bases de données. La première est la Banque de données du Sous-Sol (BSS). Nous pouvons localiser, interroger le contenu de chaque sondage. La seconde est la base de données archéologiques. Les attributs de chaque site géoréférencé sont accessibles ;
- . les cartes thématiques réalisées : le réseau hydrographique principal et secondaire du val, les alignements topographiques (points hauts, points bas), les aménagements médiévaux et modernes (turcies, levées, déversoirs), les sites

archéologiques par période chronologique, les sondages (BSS) contenant des tourbes et des argiles, les paléochenaux supposés.

Le logiciel utilisé est Arcview GIS Version 3.2a . Les potentialités d'analyses intégrées offertes par le SIG ne s'arrêtent cependant pas là, elles contiennent de nombreuses fonctionnalités de type « raster » : fonctions de croisement, de voisinage ou de vérification de la connectivité (Barisano, Marcolongo, 2002). Ce type d'exploitation de nos données par le SIG permettrait notamment une approche archéologique prédictive. Un travail de cette nature ne fait cependant pas l'objet principal de notre étude.

3. La construction tardiglaciaire et holocène de la mosaïque fluviale du val d'Orléans

3.1. RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS

3.1.1. Les vals de Lion-en-Sullias et d'Ouzouer-sur-Loire

a) Les indices géomorphologiques

● Le val de Lion en Sullias

Le croisement des données topographiques, hydrographiques avec les indices d'humidité des sols (niveaux de gris des photos aériennes et de l'image SPOT), puis les parcellaires, fut une première approche géomorphologique systématique. Le val de Lion-en-Sullias présente un secteur qui rassemble les caractéristiques géomorphologiques suivantes (fig. 13) :

- un alignement topographique de points bas (talweg) séparé de la Loire actuelle par un alignement de points hauts ;
- des ruisseaux « Le Sange », le « Galisson » et des fossés associés dans ce talweg ;
- un parcellaire plus lâche dans la bande du talweg ;
- cette bande est sombre, probablement de part l'humidité du sol, sa nature sédimentaire et sa végétation. La largeur régulière de cette bande est comprise entre 200 et 300 m. La sinuosité de cette bande n'est pas sans rappeler celle de la Loire actuelle, 8 km à l'aval de Lion-en-Sullias au niveau de Sully-sur-Loire.

Des observations de terrain révèlent au niveau de cette bande la présence de champs laissés en friches ou aux pâturages dont les associations végétales composées en partie d'espèces hygrophiles (genres et espèces de la famille des Cypéracées) sont caractéristiques des milieux humides (secteur de la ferme « Le Huisseau », commune de Saint-Aignan-le-Jaillard) (fig. 15). L'agriculteur habitant la ferme « Le Huisseau » (adjoint au maire de Saint-Aignan) témoigne du fait que cette bande était localement nommée par les riverains « le marais sans fond ».

La combinaison de ces caractéristiques réunies en cet endroit nous permet d'émettre l'hypothèse de l'existence d'au moins un paléochenal dans le val de Lion-en-Sullias. Les dimensions de surface et la sinuosité de ce paléochenal nous suggère qu'il pourrait s'agir d'un paléobras de la Loire.

● Le val d'Ouzouer-sur-Loire

D'un point de vue géomorphologique, le val d'Ouzouer est connu par ses habitants notamment pour ses montilles. Elles constituent de faibles reliefs qualifiés d'insubmersibles en référence aux crues ligériennes. L'essentiel du réseau hydrographique du val s'étend dans la moitié nord du lit majeur. Un espace large de 2 km, situé en rive droite de la Loire possède un faible réseau hydrographique, il s'étend entre Saint-Père-sur-Loire et Sully-sur-Loire sur une largeur de 2 km. La

démarche est toujours celle du croisement des paramètres géomorphologiques sous SIG.

Nous relevons de nombreux indices de paléochenaux sur les mêmes critères que ceux utilisés dans le val de Lion-en-Sullias (fig. 17). Les principaux indices géomorphologiques de la présence de paléochenaux sont l'existence de bandes topographiquement basses (talwegs encaissés de 2 à 3 m par rapport aux montilles), humides et dont les formes à sinuosités variables ressemblent à celles de la Loire actuelle. Nous retrouvons par exemple ces indices rassemblés dans un tronçon de paléochenal situé au nord-est de la commune de Bonnée au lieu-dit « Le Buisson » (fig. 18). À cet endroit, les champs non cultivés possèdent une végétation localement hygrophile, comprennent quelques mares et étangs et sont drainés par la rivière « La Bonnée » (fig. 16). Le nom « route de la grenouillère » donné à la route qui longe le paléochenal reflète pleinement les conditions du milieu. Nous avons remarqué que de tels recoupements peuvent être faits de l'amont à l'aval du val d'Ouzouer dans chacun des talwegs qu'il soit drainé par la rivière « la Bonnée », le ruisseau « le Dureau » ou des fossés.

Les talwegs des paléochenaux supposés découpent le val selon des lentilles fusiformes allongées dans le sens de la longueur du val. Ces lentilles de formes et de largeurs variables héritent ainsi des points les plus hauts du val, il s'agit des montilles. Les principales, de l'amont vers l'aval, sont le Fossé Cigüe (lieu-dit de Bonnée), le bourg de Bonnée, Fleury (lieu-dit de Saint-Benoît), le bourg de Saint-Benoît-sur-Loire, le bourg du Mesnil et celui de Germigny-des-Prés.

Certains paléochenaux ont une faible sinuosité semblable à la sinuosité actuelle de la Loire entre Ouzouer-sur-Loire et le lieu-dit Bouteille de la commune de Guilly. Il s'agit par exemple des paléochenaux compris entre les communes de Bonnée et Saint-Benoît-sur-Loire contre le coteau ou dans le val. Trois paléochenaux ont une sinuosité de méandre. Par exemple, celui de Saint-Aignan-les-Gués a une forme comparable à celle du méandre actuelle de Guilly situé deux kilomètres au Sud-Est.

b) Les indices sédimentaires

La nature du matériel alluvial

Le matériel alluvial du val d'Orléans a fait l'objet d'analyses sédimentologiques menées notamment par l'équipe qui réalisa les cartes géologiques du val à 1/50 000 (Châteauneuf-sur-Loire, La Ferté-Saint-Aubin, Orléans) et Yves Babonaux dans son étude d'hydrodynamique fluviale du lit de la Loire (Babonaux, 1970). Ce dernier a travaillé uniquement sur les sédiments actuels. Ces analyses furent essentiellement de nature pétrographique, morphoscopique et granulométriques. Elles révèlent la nature et l'origine des apports alluviaux des sédiments du val d'Orléans.

Les apports des versants granitiques et métamorphiques du Massif central

Les **sables** de la Loire sont essentiellement constitués par des minéraux provenant de la désagrégation des roches granitiques et métamorphiques du Massif central (plateau granitique du Velay et du Forez, plateau granitique, gneississique et micaschisteux du Vivaray et du Morvan). Ils sont constitués de grains de quartz hyalins et laiteux représentant environ les deux tiers de la masse sableuse et émoussés dans la

proportion de 80 %, feldspaths alcalins et plagioclases roses ou gris, micas en paillettes et minéraux accessoires tels que grenat, tourmaline, staurotide, corindon, sphène, rutile et zircon. Une proportion d'un vingtième est fournie par des grains de roches volcaniques tertiaires d'Auvergne et des minéraux qui en dérivent : augite, hornblende, magnétite, ilménite, olivine.

Les **graviers** et **galets** dérivant des roches éruptives et métamorphiques comprennent des quartz laiteux bien roulés, des débris de roches granitiques (granite, microgranite) métamorphiques et volcaniques (basaltes, trachytes).

Les apports de versants à roches sédimentaires du Massif central et du Bassin parisien

À ces alluvions d'origine lointaine s'ajoutent les apports calcaires oligocènes foréziens et du Bassin parisien, puis des chailles jurassiques du Nivernais, silex crétacés, grès et poudingues éocènes, calcaires lacustres et meulière aux arrêtes encore vives ou polies sur une seule face. Des galets très arrondis de chailles jurassiques, silex de la craie et quartz laiteux, semblent provenir du remaniement de cailloutis tertiaires.

C'est un matériel alluvial de cette nature qui est recensé dans la BSS. L'exploitation de la BSS nous a demandé une focalisation sur deux fenêtres d'études. Nous avons mené dans chacune de ces fenêtres une étude individuelle puis corrélative de l'épaisseur des alluvions, de la topographie du substratum puis des profils stratigraphiques.

• Résultats de la fenêtre 1 - Bonnée

L'épaisseur des alluvions (fig. 23) - Nous distinguons, de ce point de vue, trois ensembles dans le val d'Ouzouer. Ils sont parallèles et orientés dans le sens de la longueur du val (E-SE/W-NW). L'ensemble B est médian, les ensembles A et C sont respectivement compris entre l'ensemble B et la terrasse sud puis l'ensemble B et la terrasse nord. Les ensembles A et C possèdent chacun une épaisseur alluviale comprise entre 7 et 10 m. Ils sont séparés par l'ensemble B dont l'épaisseur alluviale est comprise entre 3 et 7 m.

La topographie du substratum (fig. 24, 25) - Nous retrouvons trois ensembles aux mêmes orientations que les ensembles A, B et C, nous les nommons A', B' et C'. Les ensembles A' et C' ont une altitude comprise entre 104 et 108 m. Nous remarquons que l'ensemble C' a une altitude globale plus faible que celle de l'ensemble A' d'environ 2 m. L'ensemble B', avec des altitudes comprises entre 110 et 108 m, domine les ensembles A' et C' de plusieurs mètres avec une moyenne de dénivelé comprise aux alentours de 3 m et un maximum de 6 m.

Les faciès sédimentaires (fig. 19, 20, 21, 22) - Nous retrouvons au niveau des profils réalisés dans cette fenêtre les observations ci-dessus : épaisseur des alluvions et topographie du substratum. De plus, l'analyse des logs stratigraphiques montre des **variations verticales et latérales des faciès sédimentaires** dans le val d'Ouzouer.

La succession verticale d'alluvions types galets ou graviers ou sables et limons est retrouvée sur les deux profils transversaux de cette fenêtre. Nous constatons en effet fréquemment, sur toute la largeur du val d'Ouzouer, la succession verticale du code

lithologique SGR (sables grossiers + graviers) et LIM (limons). Ponctuellement nous constatons une séquence granulométrique de type graviers/sables grossiers/sables/limons (sondage 7077 du profil 3 - fig. 21). De telles variations granulométriques traduisent les variations de la dynamique des transports et des dépôts dont l'intensité est inversement proportionnelle à la taille des particules sédimentaires déposées. Ainsi les graviers et galets déposés en fond de val d'Ouzouer observés dans la fenêtre 1-Bonnée traduisent une énergie de transport plus importante que celle qui a transporté et déposé les sables et limons. Nous déplorons ici le manque de précision quant à la nature des dépôts évaluée lors des sondages entrés dans la BSS. Il sera nécessaire d'évaluer précisément les variations fines au sein des dépôts graveleux, sableux et limoneux.

Les sondages 3044 et 3179 des profils 2 et 3 présentent respectivement 2,5 m de dépôt argilo-tourbeux et 2,6 m de tourbe (fig. 19 et 21). Ces dépôts sont compris entre des sables et la terre végétale. Les faciès tourbeux caractérisent des dépôts en milieu confiné, de faible énergie, autochtones et biogéniques. La matière organique déposée a été conservée dans un milieu resté réducteur par l'humidité importante du milieu sédimentaire. Ces faciès sédimentaires traduisent donc des conditions de sédimentation radicalement différentes de celles dans lesquelles se sont déposés les sables sous-jacents. D'autres dépôts de très faible énergie de type décantation sont situés à proximité des dépôts tourbeux, il s'agit de niveaux argileux d'environ 2 m d'épaisseur (sondages 3040 et 3227 des profils 2 et 3 - fig. 19 et 21). Les secteurs des paléochenaux constituent vraisemblablement des zones de drain préférentiel des eaux de la nappe alluviale. Le pourcentage d'argile relativement élevé explique à la fois l'engorgement par manque de circulation en périodes humides et le caractère humide maintenu en périodes sèches.

c) Synthèse des résultats des vals d'Ouzouer-sur-Loire et de Lion-en-Sullias.

• À l'échelle de la fenêtre 1-Bonnée

Dans le cadre de la fenêtre 1-Bonnée, le croisement des données géomorphologiques de surface et sédimentaires nous confirme l'existence des paléochenaux et nous apporte des éléments de réflexion concernant la genèse du val.

Il existe une corrélation étroite entre la localisation des indices géomorphologiques et la nature du remplissage sédimentaire des paléochenaux.

En effet, les paléochenaux supposés par les indices de surface se situent au niveau de l'incision maximale du substratum (ensemble C' - fig. 24, 25). C'est aussi à leur niveau que la sédimentation alluviale présente une puissance maximale (ensemble C - fig. 23).

De plus, localement, les paléochenaux supposés montrent une sédimentation argileuse à tourbeuse d'une puissance comprise entre 2 et 3 m : type de sédimentation caractéristique de comblement des bras morts dans les vallées alluviales (fig. 21, 22, 23, 24).

Nous considérons donc à l'échelle de la fenêtre 1-Bonnée que le substratum présente des zones de creusement (incisions : ensembles A' et C') et au moins un interfluve (ensemble B'). Ces reliefs sont hérités de l'érosion différentielle du substratum du val par la Loire et ils influencent la topographie actuelle du val (fig. 24, 25). L'interfluve identifié au niveau du substratum s'étend entre les bourgs de Saint-Père-sur-Loire et Bonnée au moins depuis le bois « La Champagne » jusqu'au lieu-dit « Les Allaires » (commune de Bonnée). Il est localisé au niveau d'une zone de points hauts. Cet interfluve isole la Loire actuelle de ses

paléobras situés entre l'interfluve et la terrasse Nord-Est du val d'Ouzouer dès son entrée dans le val. Les bras de Loire qui ont incisé la dépression latérale du val d'Ouzouer ont pu se fermer dans un contexte de migration de méandres sur lequel nous reviendrons dans la discussion. Les bras morts ou « mouillères » résultant de ces migrations de méandres ont subsisté à l'emplacement des anciens lits ne recevant plus que les dépôts de crue et des sédiments argilo-tourbeux palustres.

● **Extrapolation aux vals d'Ouzouer-sur-Loire et Lion-en-Sullias**

Le reste du val d'Ouzouer possède peu de sondages recensés dans la BSS. Seuls deux profils lithologiques transversaux complémentaires peuvent nous renseigner (profils 4 et 5 - fig. 24, 25). Les indices géomorphologiques superficiels nous laissent supposer une continuité des paléochenaux dans la dépression latérale du val. Le profil 4 nous indique que la Loire semble séparée de sa dépression latérale par un relief haut du substratum, il pourrait s'agir d'un interfluve.

Nous avons mené cette démarche analytique dans le val de Lion-en-Sullias. L'analyse du profil stratigraphique transversal révèle tout d'abord la présence d'un interfluve dans la topographie du substratum entre la Loire actuelle et le paléochenal détecté par les indices géomorphologiques. Comme dans la fenêtre 1-Bonnée, nous constatons une cohérence entre l'incision du substratum, l'épaisseur des remplissages sédimentaires et la nature sédimentaire du remplissage. Par exemple, des tourbes d'une puissance de 3,3 m et 0,8 m dans 2 sondages (8016 et 8013 du profil 1 - fig. 14) distants de 25 m se situent au niveau du paléochenal supposé.

Nous proposons donc pour le val de Lion-en-Sullias une évolution comparable à celle du val d'Ouzouer (fenêtre 1-Bonnée) : la genèse d'incisions et d'interfluves par des paléobras de Loire qui se ferment puis se combrent pro-parte par des sédiments argilo-tourbeux palustres.

3.1.2. Le val d'Orléans-rive-gauche

a) Les indices géomorphologiques

Précisons tout d'abord que la géomorphologie de ce val nous est apparue en un premier temps nettement moins explicite que dans les vals amonts précédents. L'étude géomorphologique de surface nous laisse cependant suggérer la présence d'au moins trois paléochenaux ligériens.

Le premier se situe en amont du val, il relie le lieu-dit « Bouteille » sur la commune de Guilly et le lieu-dit « la Petite Maison » sur la commune de Tigy. Les principaux indices sont les suivants (fig. 28, 29) :

- **Topographiques** : la présence d'un talweg sur toute la longueur du paléochenal supposé.
- **Hydrographiques** : la présence d'un ruisseau « Le Leu » puis d'un fossé lorsque le paléochenal quitte le coteau au niveau de la ferme « Gaillard » à l'Est de la commune de Tigy. Un alignement de mares et d'étangs sur une bande large de 50 à 100 m plaquée contre le coteau sud. Les indices d'humidité des sols apparaissent nettement en télédétection.

- **Phytosociologiques** : les intégrateurs des conditions du milieu que sont les végétaux confirment ici encore, avec de nombreuses espèces de milieu humide, un sol humide. Ce sol est par ailleurs majoritairement laissé en friches, aux pâturages.
- **Anthropiques** : le parcellaire de ce secteur, intégrant probablement dans des proportions variables les trois types de critères précédents, adopte lui aussi la sinuosité observée et fut pris en compte dans l'identification de ce paléochenal supposé.
- **Morphologiques** : la sinuosité relevée dans le val semble être associée à la courbure notée au niveau de la terrasse ancienne constituant le coteau sud. Nous pouvons peut-être associer cette observation à une incision de la terrasse par un paléobras de la Loire.

Le second contourne par le sud la commune de Jargeau. Les indices de ce paléochenal sont topographique, morphologique et anthropique (fig. 31). Tout d'abord un talweg incise la périphérie sud de Jargeau sur une longueur de 3 km. La forme de ce talweg est celle d'une courbe à fort rayon de courbure, proche de celui des méandres actuels de Bou (6 km en aval), Sigloy ou Guilly (8 et 13 km en amont). Enfin une turcie a été construite en périphérie sud du talweg et dans son prolongement vers l'est en direction du déversoir de Jargeau (fig. 39). Le parcellaire épouse ici encore les formes de ce paléochenal supposé. Nous remarquons cependant que ni les photo-interprétation et carto-interprétation, ni l'étude de terrain, n'ont révélé un caractère humide aux sols de ce paléochenal supposé.

Le troisième paléochenal supposé relie le nord de la commune de Saint-Denis-en-Val au sud-est de la commune de Saint-Pryvé-Saint-Mesmin (paléochenal d'Orléans-Sud). Sa situation en contexte très majoritairement urbain n'est pas favorable à son identification géomorphologique (fig. 35). Nous identifions cependant un axe caractérisé localement par un talweg en amont et prolongé en aval par un fossé. L'humidité de ce paléochenal supposé est confirmée par la télédétection (SPOT), la toponymie des quartiers concernés (quartiers « Barbotte » et « La Mouillère » du Sud d'Orléans) puis l'étude botanique (*Typha*, *Rumex*, *Carex*, *Lythrum*) et pédologique de ces quartiers (fig. 40, 41, 42).

Connaissant l'héritage de la morphodynamique ligérienne sur le réseau hydrographique actuel des vals ligériens, notamment par le réemploi des paléobras de Loire (Carcaud, 2000), les ruisseaux principaux du val d'Orléans pourraient indiquer la présence de paléochenaux supplémentaires. Aussi, ils feront l'objet d'une étude approfondie lors de l'exploitation de la BSS.

b) Les indices sédimentaires

Nous avons une première série de résultats observables à l'échelle du val, ils concernent l'épaisseur des alluvions, la topographie du toit du substratum et l'épaisseur des argiles cumulées (cartes thématiques et profils transversaux).

À l'échelle du val d'Orléans rive gauche, nous distinguons deux ensembles du point de vue de **l'épaisseur du remplissage alluvial du val** (fig. 43, 45, 49). L'ensemble D, dans la moitié sud du val a des épaisseurs d'alluvions comprises entre 2 et 8 m avec une moyenne située aux alentours de 6 m. L'ensemble E, dans la moitié nord du val en contient entre 6 et 15 m avec une moyenne située aux alentours de 8 m. La limite séparant ces deux ensembles suit une ligne virtuelle reliant les communes d'Ouvrouerles-Champs, Férolles, Sandillon et Saint-Denis-en-val. Cette opposition couvre la

totalité des secteurs 2A-Ouvrouer-les-Champs et 2B-Sandillon. L'analyse corrélative de l'épaisseur des alluvions et de la topographie du substratum dans les secteurs 2A et 2B montre que l'épaisseur alluviale supérieure de l'ensemble E se fait à la faveur d'une altitude inférieure du toit du substratum de cet ensemble (surcreusement) (fig. 43, 44, 45, 46).

La topographie du substratum, outre les tendances générales, montre localement des reliefs très accidentés (fig. 44, 46). Parmi les effets de pointes recensés sur la carte topographique du substratum certains ont des profondeurs avoisinant les quinze mètres. Comme nous l'indiquent les attributs des sondages correspondants (attributs de la BSS), il s'agit dans ce cas de l'influence de la nature même du substratum. La géométrie des dépôts alluviaux est donc localement fortement influencée par la nature karstique du substratum responsable de phénomènes de sous-tirages karstiques à l'aval de la ligne Saint-Denis-de-l'Hôtel - Saint-Cyr-en-Val.

La carte des **épaisseurs cumulées des argiles** montre une quasi totale absence d'argiles dans les sondages relevés dans la BSS pour les secteurs 2A-Ouvrouer-les-Champs et 2C-Orléans (fig. 50). Cependant, le secteur 2B-Sandillon présente de nombreux sondages où les niveaux d'argiles atteignent fréquemment une puissance comprise entre 1 et 2 m au-dessus des dépôts gravo-sableux de base (fig. 51). Nous avons essayé de chercher une explication à cette répartition des argiles par rapport aux autres secteurs et au sein du secteur 2B-Sandillon, en analysant les corrélations entre l'épaisseur des argiles cumulées et la topographie du substratum, l'épaisseur des alluvions, et la topographie de surface du val. Nous constatons les faits suivants :

- cette accumulation d'argile dans le secteur 2B par rapport au reste du val, ne nous semble pas directement corrélée à la topographie du substratum, ni à l'épaisseur des alluvions, ni à la topographie de la surface du val ;
- nous faisons le même constat au sujet de la répartition des argiles au sein du secteur 2B. Des conditions de dynamique sédimentaire de très faible énergie de type décantation ont cependant permis ces dépôts argileux dans ce secteur. Il pourrait s'agir ici de dépôts argileux de décantation de fin de crue ligérienne. La concentration de ces dépôts spécifiques du secteur 2B pourrait être associée au comblement de paléochenaux dont l'existence n'est pour l'instant indiquée par aucun autre indice que l'indice sédimentaire. Ponctuellement, un niveau tourbeux est associé à ces argiles, il peut aussi caractériser des conditions de comblement de paléochenaux (fig. 51).

Nous avons ensuite testé la présence d'indices sédimentaires et structuraux en relation avec les trois paléochenaux initialement supposés dans le val.

Le paléochenal supposé reliant le Nord de la commune de Saint-Denis-en-Val au Sud-Est de la commune de Saint-Pryvé-Saint-Mesmin a fait l'objet d'une étude approfondie du secteur 2C-Orléans. Le substratum présente un alignement de points bas dans l'axe du paléochenal supposé (fig. 48). Nous retrouvons cette incision du substratum au niveau des profils 15 et 16 (fig. 37, 38) et nous l'évaluons à 5 m. Localement, au niveau du profil 16 sondage 2041, la présence d'un niveau argileux de 5,5 m de puissance, compris entre le calcaire de Beauce (substratum) et les limons superficiels, peut être un indice de remplissage de ce paléochenal.

La Loire s'étend donc actuellement au niveau d'Orléans contre la terrasse nord, mais il semble qu'elle possède un paléobras qui lâchait son cours actuel au nord de Saint-

Denis-en-Val pour rejoindre la terrasse sud qu'il longeait au sud de Saint-Pryvé-Saint-Mesmin. Ce paléobras est actuellement emprunté à ce niveau par le Loiret .

Le paléochenal méandriforme de Jargeau présentait de forts indices géomorphologiques de surface. L'exploitation de la BSS nous dévoile une incision évaluée à 2,5 m visible au niveau du profil 9 (fig. 33), au niveau du lieu-dit « Le Talus » (commune de Jargeau). De plus, les logs stratigraphiques localisés au niveau de cette incision montrent une sédimentation argilo-sableuse d'une puissance comprise entre 3 et 5 m (sondages 4337 et 4232 profil 9 - fig. 33). L'étude sédimentologique vient corroborer les résultats de l'étude géomorphologique et nous confirme la vraisemblable existence d'un paléochenal méandriforme au sud de Jargeau.

Le paléochenal supposé par les indices de surface en amont du val entre le lieu-dit « Bouteille » et « la Petite Maison » ne montre pas d'indices structuraux et sédimentaires autres qu'une possible incision du substratum (visible au niveau du profil 5 - fig. 27).

D'autres paléochenaux ligériens sont très probablement associés au réseau hydrographique secondaire du val. Il s'agit par exemple de la Bergeresse, de la Dhuy et du Loiret (fig. 7). Tous les trois sont plaqués contre la terrasse sud du val. Leur présence est associée en profondeur à une incision du substratum relevée sur les profils 11, 13 et 14 (fig. 87, 89, 36) évaluée à 4 ou 5 m selon les endroits. Il s'agit encore de la Loue en amont d'Ouvrouer-les-Champs. Une incision du substratum évaluée à 4 m est visible sur le profil 6. A cette incision est associée une sédimentation argilo-sableuse (sondages 1360-1238/profil 6 - fig. 30).

c) Synthèse des résultats du val d'Orléans rive gauche

Dans le val d'Orléans rive gauche, les indices géomorphologiques et sédimentaires sont moins explicites que dans le val d'Ouzouer. Leur corrélation nous a cependant permis d'identifier un certain nombre de paléochenaux d'une part et des éléments de réflexion sur la structuration du val d'autre part.

Au niveau des paléochenaux, nous trouvons toujours une adéquation entre les indices structuraux superficiels et profonds et la nature des sédiments. Parfois, nous avons constaté l'association : talweg et fossé en surface, incision du substratum, et remplissage argilo-sableux. C'est le cas du paléochenal situé au sud d'Orléans. Nous identifions ainsi, le paléochenal de Jargeau, le paléochenal de Saint-Denis/Saint-Pryvé-Saint-Mesmin et supposons le paléochenal de « Bouteille », le paléochenal réemployé par la Bergeresse, La Dhuy et le Loiret, puis le paléochenal réemployé par la Loue.

L'exhaussement du lit majeur de la plaine alluviale est supérieur dans la moitié nord du val où coule la Loire actuelle entre Ouvrouer-les-Champs et Saint-Denis-en-Val. Nous pouvons peut-être considérer la Loire actuelle bloquée contre la terrasse de rive nord par un bourrelet de rive sableux qui enregistre les plus fortes accumulations alluviales (8 à 9 m). Une telle interprétation est faite dans la fenêtre de Tours (Carcaud, 1998).

Nous déduisons, à ce premier niveau d'interprétation, que l'organisation structurale du substratum, l'organisation géométrique sédimentaire et l'hydrographique du val d'Orléans sont au moins partiellement héritées de la dynamique ligérienne passée.

Cependant, la collecte et l'interprétation des indices de cette dynamique ligérienne dans le val d'Orléans reste complexe. Par exemple, la quasi-intégralité du val est recouverte par une épaisseur variable de limons de débordement avoisinant en moyenne 1 m. Ces dépôts limoneux qui ont exhausé le lit majeur de la plaine alluviale ont vraisemblablement contribué à masquer des morphologies héritées des dynamiques ligériennes depuis le Tardiglaciaire, les rendant actuellement invisibles.

3.2. DISCUSSION

3.2.1. La remise en question des modèles de Macaire et Gigout

Les travaux menés sur les fleuves et les rivières nord-européens notamment dans la Loire moyenne (Carcaud *et al.*, Garcin *et al.*, 1996-2002) et nos résultats présentés ci-dessus nous amènent à percevoir les relations géométriques entre les dépôts dans le val d'Orléans de manière radicalement différente à celle de Macaire et Gigout. En effet, la relation géométrique apparente entre des dépôts de même nature sédimentaire ne signifie pas forcément un synchronisme dans leur mise en place.

Prenons l'exemple du secteur de Jargeau. Nous constatons la présence de trois talwegs dans la topographie du substratum :

- le premier, au sud vers le coteau ;
- le second, au niveau des sondages 4004 et 4336 qui bordent en surface le ruisseau « La Marmagne » ;
- le troisième au niveau du paléoméandre de Jargeau (profil transversal 9 - fig. 33). La base du val connaît, sur toute sa largeur, un remplissage sédimentaire sablo-graveleux. En surface le niveau sédimentaire fréquemment retrouvé est celui des limons d'épaisseur variable avec trois exceptions : des argiles sableuses au niveau des sondages 4220, 4337 et 4232.

Tentons d'interpréter cette stratigraphie selon le modèle de Macaire et Gigout. Le substratum aurait connu une phase maximale d'incision au Weichsélien générant les talwegs observés. Un niveau ancien attribué au Weichsélien se serait déposé en fond de lit. Il serait surmonté d'un niveau holocène lequel serait recouvert d'un niveau moderne superposé ou encaissé. Ainsi, les dépôts gravelo-sableux puis limoneux de la stratigraphie relevée auraient **une relation géométrique verticale**.

Des arguments géomorphologiques, sédimentaires et anthropiques nous ont permis d'identifier un paléoméandre dans le secteur de Jargeau. Nous proposons que l'incision du substratum associée à ce paléoméandre ait été générée par le transport de la charge de fond. Cette charge de fond est actuellement retrouvée à la base de la stratigraphie des sondages 4337 et 4232.

Les processus d'érosion en rive concave et de dépôt en rive convexe lors de la migration latérale de ce méandre ont pu générer une stratigraphie ponctuellement similaire à celle d'une accrétion simplement verticale d'alluvions par diminution progressive de la compétence des flux liquides transporteurs (fig. 52, 53). La migration du méandre voit l'érosion frontale du corps sédimentaire incisé par la rive concave, et parallèlement la progression de sa rive convexe par accrétion latérale de la charge de fond. La rive convexe présente donc en un premier temps une stratigraphie limitée à

des dépôts de charge de fond, ici des galets, graviers et sables transportés par charriage et roulage. Ensuite, par migration du méandre, la stratigraphie de la rive convexe se voit complétée par l'accrétion de sédiments issus d'un transport en suspension : des limons ou sables fins essentiellement. Ainsi, la partie ancienne de rive convexe est d'épaisseur croissante, elle se rattache progressivement au lit majeur du val.

Nous suggérons que le fonctionnement de ce méandre ait incisé le substratum et le corps sédimentaire antérieur (corps 1). Son abandon a pu être la conséquence d'un ensablement du lit initial et de l'ouverture en amont d'une passe formant un nouveau tracé. Le bras mort n'a reçu alors que les dépôts de crue et a éventuellement favorisé une sédimentation authigène. Le fonctionnement et l'abandon de ce paléochenal a pu mettre en place un corps sédimentaire (corps 2) diachronique du corps antérieur (corps 1). Les alluvions ont en ce sens **une relation géométrique à dominante horizontale** (fig. 34a, 34b).

Nous proposons ce modèle de construction de la plaine alluviale au niveau de la fenêtre 2 dans le secteur de Jargeau. S'il n'est pas invalidé par les futures études menées dans ce secteur, cela ne signifie pas pour autant que l'intégralité du val se soit construite selon le même schéma.

3.2.2. Le lit majeur du val d'Orléans : une mosaïque de corps sédimentaires hétérochrones

L'hypothèse d'une mise en place diachrone des corps alluviaux nous permet d'exploiter les observations géomorphologiques et sédimentaires afin de localiser et de préciser la géométrie des principaux corps alluviaux de la fenêtre val d'Orléans. Nous avons établi une chronologie relative sommaire entre les différents corps sédimentaires supposés. Compte tenu des informations dont nous disposons aujourd'hui, nous distinguons les corps anciens des corps récents (historiques récents). À cette distinction chronologique, nous ajouterons une distinction basée sur les processus supposés de mise en place de ces corps.

a) Les corps sédimentaires anciens : l'héritage morphologique des dynamiques ligériennes tardiglaciaire et holocène

• Les corps sédimentaires du val d'Ouzouer et de Lion-en-Sullias

Lors de l'étude de la fenêtre 1-Bonnée, nous avons proposé un isolement de la Loire actuelle vis-à-vis de son lit majeur distal par une butte du substratum (fig. 20, 22, 24, 25). Le lit majeur comprend de multiples paléochenaux dont la morphométrie dévoile des rayons de courbure proches de ceux des méandres actuels de Guilly ou de sinuosité moindre. Ils sont associés à une incision du substratum équivalente à celle évaluée dans le secteur de la Loire actuelle.

Nous suggérons que l'ensemble de ces observations géomorphologiques résulte des divagations de chenaux ligériens dans la moitié nord du lit majeur (entre la « butte » de substratum et le coteau nord). Ces chenaux sont actuellement abandonnés pour un écoulement dans la moitié sud du val (entre la butte et le coteau sud). Ces divagations ont pu emprunter des chenaux pré-existants, weichséliens ou tardiglaciaires. Elles ont

pu contribuer à la structuration actuelle du val mettant en place des corps sédimentaires hétérochrones.

Il est nécessaire de mettre en place un cadre chronostratigraphique rigoureux afin d'apporter des éléments de réponse aux questions suivantes. L'arrêt de fonctionnement de ces chenaux débute-t-il dès le Tardiglaciaire ? S'étale-t-il sur le Tardiglaciaire et le début de l'Holocène ? Le substratum a-t-il ainsi subi des incisions multiphasées ? Quelles dynamiques ligériennes se sont succédé dans ce secteur du lit majeur ?

L'aspect fusiforme des montilles séparant les paléochenaux pourrait être celui d'interfluves qui auraient séparé les chenaux en tresses d'un lit fluvial ligérien de la largeur du lit majeur actuel. La géomorphologie du val d'Ouzouer semble nous dévoiler à la fois les indices d'un écoulement selon des chenaux en tresses (interfluves) mais aussi selon des chenaux méandriformes (chenaux à fort rayon de courbure).

Dans la fenêtre 1-Bonnée, les montilles du Bois de la Champagne et du Climat des Arpenteurs sont situées à l'aplomb des hauts reliefs du substratum (fig. 20, 22). Certaines montilles du val de Saint-Benoît, situées à l'aplomb des interfluves, résultent de l'érosion différentielle du substratum. Cela n'empêche pas que les montilles situées en aval de la fenêtre 1-Bonnée résultent de la présence entre le substratum et les dépôts tardiglaciaire et holocène de lambeaux d'une très basse terrasse. C'est par exemple l'interprétation faite de l'origine de montilles dans la fenêtre du val d'Authion en Loire moyenne (Carcaud 1998). Il peut alors s'agir ici d'une terrasse contemporaine ou postérieure à la terrasse de Tigy constituant le coteau sud du val d'Ouzouer.

Dans les deux cas, les montilles se développent à l'aplomb des interfluves hérités des dynamiques ligériennes successives dans le val. Elles contrôlent ainsi partiellement par l'intermédiaire de l'écoulement le réseau hydrographique actuel du val qui semble surimposé aux multiples paléochenaux ligériens compris entre l'interfluve et la terrasse nord du val.

● **Les corps sédimentaires du val d'Orléans rive gauche**

Le paléoméandre de Jargeau. Lors d'une excavation temporaire d'une carrière au lieu-dit « Le Talus » de la commune de Jargeau, des fragments de céramiques roulés et en place ont été découverts par Horemans (carte géologique de la Ferté-Saint-Aubin 1/50 000). Ils ont été identifiés par Bordet et Courtois comme des morceaux d'amphores romaines et de tuiles gallo-romaines. Le lieu-dit « Le Talus » se situe au niveau de l'extrémité du paléoméandre de Jargeau. Nous constatons que les fragments de céramiques ont participé à l'accrétion sédimentaire du paléoméandre de Jargeau. De part leurs dimensions, ces fragments appartenaient probablement à la charge de fond. Nous remarquons que des fragments de céramiques gallo-romaines, constituant des sédiments de la classe granulométrique des graviers ou galets, existent dans le lit actuel de la Loire, certains ont été trouvés au niveau de l'île aux Caves au sud de Bou et de l'île des Bienfaits en amont de Bou.

Ces remarques ne nous permettent pas de dater la période complète de fonctionnement et de fermeture de ce bras de Loire. Cependant, compte tenu du caractère « en place » des morceaux de céramiques comme sédiments de Loire, nous pouvons affirmer que le paléochenal de Jargeau a fonctionné au moins au-delà de la

période gallo-romaine. Il ne semble cependant pas qu'il ait fonctionné au point de dissuader l'obstruction de son entrée lors de la construction de la levée moderne au niveau de Jargeau. Son fonctionnement, même par intermittence, a cependant été pris en compte dans la construction des turcies qui épousent sa forme (fig. 34a, 34b).

Le paléobras situé au sud d'Orléans est antérieur aux évolutions géomorphologiques récentes (historiques récentes) identifiées dans le val d'Orléans. Il semble qu'il soit aussi antérieur au paléoméandre de Jargeau car il n'est pas pris en considération dans les aménagements médiévaux du lit majeur. De plus, les indices géomorphologiques superficiels de son existence sont moins perceptibles que ceux du paléoméandre de Jargeau, peut-être à cause d'un recouvrement supérieur par les limons de débordement.

L'accrétion alluviale de la moitié nord du val d'Orléans rive gauche (ensemble E) dépasse celle de la moitié Sud (ensemble D) d'environ 2 m (fig. 43, 45, 49). Les divagations de la Loire ont pu se cantonner majoritairement à la moitié nord du val favorisant l'incision du substratum et l'accrétion sédimentaire dans ce secteur. Cette accrétion a pu en retour isoler progressivement la Loire du reste de sa dépression latérale en période normale de régime hydrologique. Cette hypothèse n'empêche pas la communication entre la Loire et son lit majeur, notamment son réseau hydrographique secondaire : la Marmagne, le Leu, la Dhuy, le Loiret ou le Bras de Bou. La toponymie de ce dernier et la localisation de sa source à proximité du méandre de Bou, illustrent la communication tout au moins historique entre la Loire et son lit majeur, ne serait-ce qu'en période de crue (fig. 7).

b) Les corps sédimentaires récents : l'intégration historique des îles au lit majeur

De l'amont vers l'aval, nous distinguons une série de corps sédimentaires compris entre les turcies ou levées et le lit mineur actuel de la Loire. Cette localisation des indices cartographiques, géomorphologiques et des sources écrites nous amène à émettre l'hypothèse d'une structuration historique de ces unités.

Le secteur des méandres de Guilly a fait l'objet d'une étude morphodynamique dans le cadre du Programme Life Loire (Guérin, 1996). Il a été mis en évidence la présence d'anciens systèmes de « riots-îles-bras vifs » entre les levées des deux rives pour les périodes historiques (datant au moins de l'époque moderne). L'étude comparative de cartes du début du XVIII^e siècle (carte du cours de la rivière Loire depuis Briare jusqu'à Orléans dressée par l'ingénieur Mathieu en 1709 (DION 1934), du milieu du XIX^e siècle. (carte du val d'Orléans dressée par les ingénieurs des Ponts et Chaussées en 1850) et de l'actuel (carte IGN 1/25 000) montre l'intégration des îles au lit majeur (fig. 54, 55).

Par exemple, l'île aux Canes (au nord de Guilly) intègre le lit majeur du val par la fermeture d'un paléoriot déjà nommé « Vieille Rivière de Loire » sur une carte du XVIII^e siècle Le « Petit riot » et « Les Fosses » recensés sur la carte IGN sont les vestiges de ce riot (fig. 55). Un second paléoriot similaire, nommé « L'Ancienne Rivière du Riot des Vallées » dans la carte dressée au milieu du XIX^e siècle, séparait le lit majeur d'une île entre Sigloy et Châteauneuf-sur-Loire. Ce dernier s'est probablement fermé avant le paléoriot nommé « Vieille Rivière de Loire » car il n'est pas cartographié dès 1709 (fig. 54, 56).

Le secteur Jargeau-Orléans. Une étude de sources écrites réalisée par Audebert (Audebert, 2000) notamment à partir des travaux des historiens Boucher de Molandon (Boucher de Molandon, 1876) et De La Fournière (De La Fournière, 1986) révèle l'existence d'une succession d'îles entre Bou et Orléans pour des périodes historiques : le Moyen Âge et l'époque moderne.

Il s'agit d'amont en aval de :

- l'île Chalançois ou Haute île, de 300 arpents qui divisait le cours du fleuve en deux branches à la sortie immédiate du méandre de Bou et qui est attestée dès 1349 ;
- l'île aux Bourdons du nom de leurs propriétaires en 1348 avec 66 arpents, en aval de l'île Chalançois ;
- l'île de Guéret ou Groslot du nom des deux familles qui la possédèrent successivement, à l'ouest de l'île aux Bourdons et dont la surface était à peu près identique ;
- l'île aux Bœufs, au droit de Chécý, contenait 200 arpents et fût donnée à Pierre du Lys, frère de Jeanne d'Arc par le Duc d'Orléans en 1443 ;
- la Grande île Charlemagne à l'Est d'Orléans dont l'existence semble attestée dès l'époque carolingienne ferait partie d'une donation de Charlemagne au chapitre de Saint-Aignan ;
- l'île Saint Aignan ou île Rebours s'étendait de l'église Saint-Jean-de-Braye jusqu'au couvent de Saint-Loup ;
- l'île des Martinets ou l'île aux Canes s'étendait du couvent de Saint-Loup jusqu'à l'emplacement du pont de Vierzon.

Boucher de Molandon précise toutefois que l'étendue de ces îles était fréquemment modifiée par les atterrissements et les érosions de la Loire. Nous constatons aujourd'hui que cet ensemble de corps sédimentaires a complètement intégré la plaine alluviale sur sa rive gauche. La mise en place des unités géomorphologiques comprises entre la turcie et le cours actuel de la Loire est donc historique, datant du Moyen-Âge et de l'époque moderne.

Nous considérons aussi l'unité géomorphologique de l'extrémité du méandre de Bou comme le rattachement d'une île au lit majeur datant au moins de l'époque moderne. Elle est effectivement séparée de la rive de Bou par un riot au milieu du XVIII^e siècle. (carte de la Loire dressée par les ingénieurs de Ponts et Chaussées au milieu du XVIII^e siècle). Nous constatons aujourd'hui les indices topographiques de l'existence de ce paléoriot sous forme d'un talweg convexe en retrait de la rive actuelle du méandre de Bou.

De même, les Boires, situées en rive gauche en amont du méandre de Bou, nous semblent reproduire le même schéma que les évolutions recensées précédemment. Compte tenu de sa position et de sa forme (fusiforme) il pourrait s'agir d'un corps sédimentaire récemment intégré à la rive. Cette intégration doit être antérieure au XVIII^e siècle car il n'est pas cartographié comme une île au XVIII^e siècle.

Dans le val d'Orléans, les observations de terrain et nos hypothèses de mise en place des alluvions (notamment associée à des divagations de chenaux et migrations de

méandres) nous amènent à envisager des relations géométriques entre les dépôts alluviaux en premier lieu selon une composante horizontale. Par exemple, le secteur de Jargeau a, selon nous, été structuré par la migration d'un méandre qui a incisé à la fois le substratum et le corps sédimentaire précédent. Dans ce cas, le lit majeur est constitué de corps sédimentaires hétérochrones (fig. 34).

L'importante superficie du val d'Orléans impose la mise en place de fenêtres d'études qui ne reflètent pas forcément les mêmes périodes d'activité génétique du lit majeur ni les mêmes processus de structuration. Par exemple, les paléochenaux identifiés dans la moitié nord du lit majeur (fenêtre 1-Bonnée) semblent avoir structuré la plaine distale actuelle de la Loire : incision du substratum. Le cadre chronostratigraphique des secteurs de Jargeau et de la fenêtre 1-Bonnée devra être largement précisé.

La principale difficulté réside en la lecture des indices hérités de la superposition spatio-temporelle des différentes dynamiques ligériennes durant le Tardiglaciaire et l'Holocène. Nous relevons les indices d'un style en tresses (montilles fusiformes du val d'Ouzouer) puis celui d'écoulements assurés par un ou quelques chenaux et leurs migrations (secteurs de Jargeau et de la fenêtre 1-Bonnée) précédant le style actuel.

La plaine alluviale du lit majeur du val d'Orléans a été exhaussée par les dépôts de limons de débordement qui ont contribué à masquer les dénivellations éventuelles entre les différentes unités sédimentaires. Elle est en fait vraisemblablement caractérisée par une mosaïque d'unités géomorphologiques hétérochrones et probablement dénivelées les unes par rapport aux autres de quelques décimètres à quelques centimètres (fig. 57).

3.2.3. Critiques du modèle et perspectives

Ce premier modèle de la structuration du val d'Orléans du Tardiglaciaire à l'actuel nous apporte les premiers éléments d'une réflexion en terme d'évolution morphodynamique du val sur le long terme. Comprendre l'organisation du val à un premier niveau, à partir des informations du terrain (géomorphologiques et sédimentaires) est une étape incontournable nécessaire à l'évaluation des rôles respectifs des facteurs géodynamiques externes et anthropiques dans l'évolution du milieu et notamment de la dynamique fluviale. Nous devons donc tenir compte des nombreuses faiblesses d'un modèle comme celui-ci, qu'il s'agisse des sources d'erreurs dans son élaboration ou de la nécessité de le tester afin de le perfectionner et de relativiser son exploitation.

Les sources d'erreurs tiennent tout d'abord à la fiabilité des sources utilisées qu'il s'agisse des documents cartographiques anciens ou de la Banque de données du Sous-Sol (BSS). La réalisation de fenêtres spatiales d'étude a focalisé notre attention sur certains secteurs mais n'a pas réduit pour autant la maille, la résolution de l'information potentiellement contenue. De plus, l'extrapolation, qui est un élément nécessaire de réflexion, réalisée avec prudence a été une source d'erreur supplémentaire. Chacune des fenêtres spatiales peut témoigner d'un événement temporel qui lui est propre, de plus, même si elles témoignent d'événements synchrones, ils ne seront pas pour autant de même nature. Ce premier lot de risques s'ajoute à celui de l'interprétation que nous faisons des résultats obtenus.

Dès lors, **la nécessité de tester ce modèle** s'impose. Elle concerne à la fois l'identification des corps sédimentaires et la chronologie relative de leur mise en place.

- En premier lieu, nous proposons de vérifier et de caractériser l'extension des paléochenaux identifiés au sein des fenêtres spatiales. Il s'agit d'effectuer des sondages nécessaires à l'élaboration de coupes stratigraphiques permettant d'identifier les ensembles litho-stratigraphiques des paléochenaux. Ces résultats pourraient être couplés à la caractérisation géophysique du secteur étudié par cartographie de la conductivité électromagnétique (méthode adoptée pour l'étude du val d'Avaray, Garcin, 1998).
- Nécessaire à la compréhension du remplissage sédimentaire d'un paléochenal et à la structuration globale du val, les chronologies absolue et relative restent incontournables. Les méthodes de biochronologie (palynologie, dendrochronologie) et radiochronologie (^{14}C) sont applicables à partir des résidus de matière organique (pollens, bois) conservés dans les milieux réducteurs que constituent certains paléochenaux depuis leur comblement.
- En Loire moyenne, les dépôts essentiellement sablo-graveleux expliquent la difficulté de la caractérisation des environnements de dépôts et de leur datation. Or, la dynamique fluviale implique de définir un cadre chronologique et stratigraphique fiable qui jusqu'à présent fait défaut pour la Loire (Garcin, Farjanel, Giot, 2001). Les rares sources d'indicateurs paléoenvironnementaux régionaux et locaux contenus dans la plaine alluviale du val, tourbes, argiles et vases argilo-tourbeuses sont susceptibles d'avoir enregistré au moment de leur dépôt les indicateurs de la végétation du val et des versants de la région (spores et pollens) ou d'autres indicateurs de l'ambiance climatique du val (mollusques). Ces restes de végétaux et animaux constitueront des éléments de réflexion concernant le contexte climatique global, régional, local ou encore l'état des versants du bassin de la Loire.

À la lumière de ces premiers résultats et connaissant l'activité morphogénétique des plaines alluviales comme intégrative de facteurs géodynamiques et anthropiques, nous orientons nos recherches dans la réponse aux questions suivantes :

- En quoi les facteurs géodynamiques et anthropiques présents dans le bassin amont du val d'Orléans influencent-ils celui-ci ?
- De quelle manière la constitution puis l'évolution du val d'Orléans sont-elles influencées par les facteurs géodynamiques et anthropiques qui s'appliquent directement sur celui-ci ?
- Quelles influences respectives ont-ils sur l'évolution du val ?

4. Les interactions entre les facteurs géodynamiques et anthropiques dans l'évolution de l'anthroposystème - val d'Orléans

Le passage de l'hydrosystème au socio-hydrosystème (anthroposystème) tient au tableau de relations qui se sont nouées dans le temps et l'espace entre les sociétés et la Loire ou son bassin versant. Il ressort quelques idées directrices étant entendu que les relations avec le fleuve peuvent être ramenées au couple offre fluviale, demande sociale. Au fil du temps, la demande sociale s'est organisée autour de quelques constantes : pêche, transport, énergie, irrigation, matériaux (alluvions) qui ont varié selon les lieux et les époques. L'offre fluviale n'a pas toujours été perçue comme disponible en l'état par les sociétés. Sa mise en œuvre a donc supposé des interventions techniques plus ou moins complexes selon le niveau technologique des sociétés.

4.1. LE VAL D'ORLÉANS : MILIEU ET ENVIRONNEMENT DES SOCIÉTÉS DEPUIS LE TARDIGLACIAIRE

Nous percevons alternativement le val d'Orléans comme milieu et comme environnement des sociétés. Il est « milieu » lorsque nous considérons les sociétés, leurs habitats et leurs activités insérées dans un cadre préexistant sur lequel elles influent et où les habitats et les activités sont enchâssés. Dans ce cas, il y a d'un côté la « nature » et de l'autre l'« anomalie », l'élément perturbateur que sont les sociétés et leurs activités (Burnouf, 1998). Selon nous, cet angle de vue est favorable à la quête des facteurs anthropiques intervenant dans la dynamique ligérienne. Les sociétés sont alors une composante supplémentaire du milieu. Cependant, lorsque nous voulons expliciter les interactions sociétés-milieus, il nous semble nécessaire de nous placer aussi au cœur des activités des sociétés. La nature est alors perçue comme un lieu de contraintes qui sont ou seront maîtrisables ou non, le val d'Orléans est dans ce dernier cas l'« environnement » des sociétés.

4.1.1. Les représentations de l'occupation du Paléolithique à l'actuel

Les traces matérielles de l'occupation humaine du val pour les différentes périodes culturelles du Paléolithique à l'actuel sont recensées dans la base de données archéologiques. La réalisation de cartes de localisation des sites archéologiques sous SIG nous dévoile une première représentation de l'occupation du val pour ces différentes périodes (fig. 58, 59). L'ensemble des sites civils (villas, fermes), culturels (tumulus, sanctuaires chrétiens, tombes isolées, cimetières à incinération) militaires (enceintes), ou infrastructures (ponts, quais, moulins) montre **une hétérogénéité spatio-temporelle des représentations de l'occupation.**

L'étude de la carte archéologique de chaque grande période culturelle révèle un hiatus, celui des sites mésolithiques. D'autres hiatus apparaissent au sein de certaines périodes comme l'âge du bronze et l'âge du fer. Sur dix-sept sites, douze sont attribués à l'âge du bronze. Sur les douze, neuf témoignent d'une occupation au bronze final.

Aucun site n'atteste véritablement d'une occupation du val à l'âge du bronze ancien, moyen ou à l'âge du fer. La répartition des sites de la carte archéologique témoigne donc de l'absence totale de sites de certaines périodes culturelles.

À cette **hétérogénéité que nous pourrions qualifier de temporelle** s'ajoute une **hétérogénéité spatiale** de répartition des sites. Prenons l'exemple des périodes préhistoriques, protohistoriques et gallo-romaines. La répartition des sites paléolithiques, néolithiques, protohistoriques et gallo-romains dans le val d'Orléans se limite quasi exclusivement à la moitié sud du val (plaine d'inondation distale). Tous les sites se situent au sud de la ligne Sigloy, Ouvrouer-les-Champs, Férolles, Sandillon, Saint-Denis-en-Val, à l'exception de cinq d'entre eux (fig. 60). Un de ces cinq est un objet isolé découvert dans le bourg de Jargeau. Les quatre autres ont été trouvés dans le lit ou les îles de la Loire. Aussi les seuls sites témoignant d'une réelle occupation se trouvent au sud de la ligne définie. De même, au sud du val, la répartition reste hétérogène.

4.1.2. Des représentations à la réalité de l'occupation

a) La prospection différentielle

Les hiatus constatés peuvent refléter des hiatus culturels, l'absence d'occupation. Les facteurs intervenant dans la répartition observée sont multiples. Parmi eux, nous pensons tout d'abord à l'investissement relatif dans la prospection et les fouilles. Le nombre de sites recensés par commune est variable. Certaines communes comme Saint-Pryvé-Saint-Mesmin (17 sites), Orléans (27 sites), Sandillon (25 sites), Férolles (14 sites), Guilly (10 sites), Bonnée (10 sites) sont nettement mieux représentées que d'autres communes comme Saint-Jean-le-Blanc (1 site), Darvoy (1 site), Jargeau (4 sites), Sigloy (3 sites). Il faut pondérer ces résultats à la surface de chacune d'elles pour comparer des densités de sites (fig. 11). Par exemple, Sandillon comprend une densité de sites archéologique de $5.8.10^{-3}$ site/ha alors que Jargeau possède une densité de $2.7.10^{-3}$ site/ha. L'action de groupes locaux peut expliquer en partie ces distorsions. À Sandillon, ce sont J. Soyer et les dossiers du Service régional de l'Inventaire, à Sandillon et Saint-Cyr-en-Val, ce sont F. Trautmann et le groupe et le groupe archéologique du BRGM, œuvrant en Sologne, qui font remonter les effectifs de ces communes. Il convient maintenant de tenter une première évaluation la part de la taphonomie dans l'image de l'occupation du val d'Orléans.

b) L'hétérogénéité du potentiel archéologique du val d'Orléans : principes de taphonomie

En premier lieu, un des acquis des études réalisées depuis une vingtaine d'années réside dans le fait que les fonds de vallées ne peuvent plus être considérés comme des espaces homogènes dans lesquels le risque archéologique serait en quelque sorte, inversement proportionnel au risque d'inondation (Bravard, 1997). Le potentiel archéologique du val d'Orléans est directement lié aux processus taphonomiques qui se sont exercés et continuent de s'exercer sur les vestiges de l'occupation du val par les sociétés. Il s'agit notamment des dynamiques sédimentaires de recouvrement et d'érosion qui ont conduit à la conservation d'un site, mais aussi des transformations post-dépositionnelles qui sont intervenues sous l'étroite influence des processus pélohydrologiques, pédo-sédimentaires et anthropiques. Nous pouvons dès à présent

utiliser les interprétations concernant la structuration du val faites à partir des études géomorphologique et sédimentaire. Nous avons émis l'hypothèse d'une mise en place complexe du val faisant largement appel à la dynamique ligérienne.

● **La migration latérale : une source d'hétérogénéité de potentiel archéologique**

La structuration du val, notamment par la migration latérale des méandres, est une hypothèse que nous avons émise. Il en découle une mise en place diachronique des sédiments du val selon un ensemble de corps sédimentaires.

Les migrations latérales des méandres de la Loire dans le val furent à la fois source de destruction et de conservation des sites archéologiques. En effet, les érosions des rives concaves des méandres ont incisé des corps sédimentaires qui pouvaient contenir des sites archéologiques antérieurs ou des occupations contemporaines des incisions. En ce sens, il s'agit d'une perte. Cependant l'accrétion latérale de la charge de fond et le recouvrement par des dépôts plus fins des rives convexes ont rassemblé des conditions favorables à la conservation des vestiges archéologiques. C'est probablement le cas du corps sédimentaire du méandre de Jargeau qui, en incisant la plaine alluviale, a en quelque sorte rajeuni ce secteur du lit majeur (fig. 34). De même, la migration par déplacement brutal du cours principal a pu détruire par érosion les sites localisés à l'emplacement du nouveau bras de Loire. Parallèlement, le comblement du bras et de ses berges abandonnées par la Loire fut propice à la conservation des artefacts liés aux occupations.

Il résulte de l'évolution taphonomique des sites archéologiques sous contrôle de la dynamique ligérienne une hétérogénéité du potentiel archéologique du val d'Orléans (fig. 60) :

- une mosaïque de corps sédimentaires mis en place de façon diachronique impose une mosaïque d'ensembles de sites archéologiques aux périodes culturelles variables ;
- les niveaux archéologiques rencontrés à une même profondeur du lit majeur ne concerneront pas forcément des périodes synchrones d'occupation du val. Il sera donc théoriquement envisageable de fouiller des sites néolithiques et médiévaux espacés de seulement 500 m et à une même profondeur. Ils n'appartiendront simplement pas au même corps sédimentaire.

● **L'exhaussement : une source de distorsion de l'image de l'occupation réelle**

Entre l'image de l'occupation réelle du val et celle de la carte archéologique les facteurs de distorsion sont nombreux y compris pour les occupations d'une même période. Nous avons déjà évoqué les prospections et fouilles différentielles et une première série de processus taphonomiques liés à la dynamique ligérienne.

L'exhaussement du lit majeur par les apports en flux solides tels que les sables ou les limons d'inondation modifie l'image actuelle de l'occupation passée du val.

Par exemple, il existe une corrélation étroite entre l'épaisseur des alluvions et la quantité de sites découverts dans la plaine alluviale du val d'Orléans rive gauche pour les périodes allant du Paléolithique au Gallo-romain inclus. La quasi-absence de sites archéologiques au nord de la ligne Sigloy, Ouvrouer-les-Champs, Férolles, Sandillon,

Saint-Denis-en-Val est directement superposable à l'ensemble E identifié à partir des cartes des épaisseurs des alluvions des secteurs 2A et 2B (fig. 60).

Nous émettons ici l'hypothèse du recouvrement des sites archéologiques par les dépôts sédimentaires ligériens et/ou d'une destruction des sites par une bande active de la Loire. Le méandre actuel de Bou et le paléoméandre identifié de Jargeau sont tous les deux localisés dans cette bande qui est aussi l'ensemble E d'accrétion sédimentaire supérieure à celle du reste du val et la bande d'absence de sites archéologiques.

Dans le cadre de la suite des travaux menés sur le val d'Orléans, il sera important de distinguer les domaines totalement remaniés et dépourvus de potentiel archéologique, des domaines éventuellement épargnés par les divagations du fleuve [démarche adoptée dans la Loire amont (Cubizolle, Georges, 2001)].

4.2. LES SOCIÉTÉS DU VAL D'ORLÉANS : FACTEURS ANTHROPIQUES DE LA DYNAMIQUE LIGÉRIENNE

4.2.1. Le système fluvial : un système ouvert à processus réponse

Depuis les années 1950, la compréhension de la dynamique des rivières passe par la combinaison de l'approche descriptive et interprétative de la géomorphologie fluviale et celle de l'hydraulique. A. N. Strahler (1950) fut pionnier dans l'application de la théorie des systèmes et du concept d'équilibre aux bassins versants. Des progrès décisifs furent réalisés au début des années 1970 avec l'explicitation du concept de système fluvial dans toutes ses composantes.

Le système fluvial est perçu comme un arrangement significatif des entités morphologiques que sont les pentes, les plaines et les lits. Il s'agit d'un système ouvert dont les limites sont celles données par le bassin versant et les talwegs hiérarchisés qui sont les éléments du réseau hydrographique. Comme tout système ouvert, le système fluvial comporte des flux entrants et sortants, ici en eau, en sédiments et en solutés et matières organiques pour élargir le système fluvial au fonctionnement de l'écosystème. Le système fluvial est un système à processus réponse. En effet, la géométrie en long et en travers du chenal et le style fluvial peuvent se transformer à partir d'un état initial si les flux en transit connaissent des modifications. Ainsi le jeu des variables externes (indépendantes, de contrôle) se traduit par un ajustement des variables internes (géométriques, d'ajustement) et ainsi la morphologie du chenal (Bravard, Petit, 1997).

4.2.2. L'exploitation du bassin versant amont du val d'Orléans

Appréhender la part des facteurs anthropiques dans l'évolution de la dynamique ligérienne nécessite de comprendre les liens qui unissent l'activité morphogénétique de la plaine alluviale du val avec celle de l'ensemble du bassin versant. Les systèmes socio-économiques d'exploitation du milieu ont des conséquences sur les processus géomorphologiques actifs sur les versants et ainsi vraisemblablement indirectement sur la dynamique ligérienne. Nous avons donc tenté de relier les observations réalisées dans le val d'Orléans à celles concernant les processus géologiques

tardiglaciaires et holocènes dans le bassin versant au niveau de la Loire orléanaise et de la Loire amont.

a) L'ouverture du milieu associée à l'« acquisition » d'une économie de production

● **Dans le bassin versant de la Loire amont**

La densité d'occupation des moyennes montagnes du bassin versant ligérien amont est attestée depuis au moins le Néolithique. Dès le Néolithique, des déboisements sont mis en évidence dans la plupart des diagrammes polliniques du Massif central. Ces déboisements affectent principalement la hêtraie-sapinière. Les diagrammes polliniques réalisés dans la tourbière de Vireennes, située à une altitude de 1 090 m dans le bassin versant amont de la Loire, montrent que des clairières ouvertes par l'Homme existent sans doute déjà dès l'âge du Bronze Moyen, période du début du fonctionnement de cette tourbière. À partir de la Tène, nous observons la chute des pourcentages de pollen de chêne, puis de hêtre et de sapin, tandis que se développent les héliophiles, aulne et bouleau, conséquence d'un important défrichement. Par la suite un équilibre semble s'installer au niveau forestier, ce qui signifie que la forêt est gérée comme une réserve de matériaux indispensables aux activités de la société (constructions, activités artisanales, charbonnage, métallurgie, mines...). Dans le paysage en mosaïque qui en résulte, les espaces libérés sont alors dévolus aux cultures (avec céréales) et aux pâturages. (Burnouf, Carcaud, Cubizolle, Trément, Visset, Garcin, Serieyssol, 2001).

● **Dans les versants de l'Orléanais**

L'occupation des versants de la région orléanaise est attestée par la carte archéologique DRACAR depuis le Paléolithique (fig. 58). Cependant, les indices d'une exploitation du milieu par ces sociétés sont encore peu nombreux. Le val d'Orléans n'a pas encore fait l'objet d'études palynologiques nécessaires à une première évaluation de l'exploitation de l'environnement végétal et des sols par les sociétés. Nous exploitons cependant les résultats d'une étude palynologique menée 50 km en l'aval d'Orléans dans le val d'Avaray (Garcin, Farjanel, Giot, 2000). Conscients du caractère parfois local mais aussi régional de ces données, nous envisageons une transposition seulement partielle à la région du val d'Orléans. Aussi, ces résultats ne remplaceront pas ceux de l'exploitation des indicateurs paléoenvironnementaux identifiés dans le val d'Orléans.

Cette étude palynologique a été réalisée sur la base de quatre sondages carottés réalisés dans le comblement argilo-tourbeux de paléochenaux. Dans chacun des diagrammes polliniques, des palynozones ont été définies. La chronologie associée à ces palynozones résulte de datations ^{14}C AMS réalisées sur des fragments de bois et restes de gastéropodes qui ont permis la mise en place d'un « modèle » âge-profondeur. Des étapes du peuplement végétal du val d'Avaray ont été définies du Tardiglaciaire au Subatlantique. Les principales essences herbacées, arbustives et arborescentes sont mises en évidence pour l'Alleröd, le Dryas récent, le Boréal, l'Atlantique et le Subboréal. Les périodes non représentées du Tardiglaciaire et de l'Holocène sont principalement la conséquence de hiatus sédimentaires et de l'oxydation quasi totale de la matière organique dans des niveaux sableux (fig. 61a, 61b, 62a, 62b, 63).

Divers indices de l'exploitation du milieu ont été relevés au cours de l'Holocène :

- Les premiers pollens de céréales apparaissent à l'Atlantique où ils sont associés à l'apparition de représentants de la famille des plantaginacées (*Plantago*) [palynozone c du diagramme du sondage M30b et palynozone c du diagramme du sondage M25b - fig. 62b]. Cette association de céréales et d'espèces rudérales constitue un indice pollinique d'anthropisation. Cultivées pour les premières, convoitant les décombres, les bords de chemins ou la proximité des points d'occupation humaine pour les secondes, elles témoignent de l'exploitation du val d'Avaray. Leur pourcentage relatif est croissant au Subboréal et Subatlantique où il est associé à une importante diminution du rapport des pollens arboréens sur les pollens non arboréens (AP/NAP) [palynozones e et f du diagramme M25b – fig. 62b, palynozones a, b et c du diagramme M19c]. Le rapport AP/NAP revêt un caractère plus régional et témoigne de l'ouverture relative du milieu au Subboréal et puis au Subatlantique.
- Le taux des pollens remaniés du Mésozoïque au Cénozoïque est présent en faibles pourcentages (< 1 %) dans tous les sondages et à toutes les profondeurs. Toutefois, dans toutes les carottes analysées, le taux des pollens remaniés augmente fortement au Subatlantique. Ces taux atteignent parfois 10 % et forment des pics. Ces pics correspondent à un apport plus important pendant un temps restreint de ces pollens remaniés. Ils sont interprétés comme une augmentation de l'érosion des formations mésozoïques et cénozoïques qui les contenaient. Ces formations constituent le substratum du bassin versant de la Loire moyenne et notamment du bassin versant amont du val d'Avaray jusqu'aux environs de Nevers. Compte tenu de leur caractère paroxysmal, ces pics pourraient caractériser des augmentations brutales et de relative courte durée de l'érosion liée aux activités anthropiques. Les pics les plus marqués se produisent à l'âge du bronze et à l'époque gallo-romaine (Garcin, 2000).
- Dans le sondage M27b, un échantillon prélevé à 2,95 m a permis d'observer une feuille carbonisée. Entre 2,95 et 3,11 m, les palynofaciès sont caractérisés par de très nombreux débris charbonneux. Ces horizons sont les témoins d'indices de feu dont l'origine anthropique peut être suspectée.

Certaines informations obtenues dans le val d'Avaray ont un caractère local, très probablement limité à l'extension du val et à ses proches alentours. C'est par exemple le cas de l'agriculture, compte tenu du fait que les pollens de céréales connaissent un transport sur de très courtes distances (quelques dizaines à centaines de mètres) par rapport à des pollens de certaines familles arborescentes comme *Pinus* (plusieurs centaines de kilomètres). Cependant l'érosion des versants, enregistrée par le taux des pollens mésozoïques et cénozoïques remaniés, revêt un caractère plus régional. Nous émettons ainsi l'hypothèse d'une érosion des versants de la Loire orléanaise et amont en réponse à leur exploitation par les sociétés (agriculture, défrichements). Nous supposons que les pollens remaniés, déposés par les eaux de la Loire en crue dans les paléochenaux, intègrent une surface régionale de l'ordre de plusieurs centaines de kilomètres carrés.

b) Les conséquences sur les variables externes de la dynamique ligérienne

À l'échelle de l'Holocène, les variables externes sont influencées par la variabilité climatique et l'intensité de la mise en valeur des territoires (Bravard, 1997). Évaluons

les conséquences de l'exploitation Holocène des versants de la Loire amont sur les débits liquides et solides du fleuve au niveau du val d'Orléans.

● Les débits solides

Les processus permettant la production de sédiments, leur arrivée jusqu'aux rivières et leur évacuation par les océans sont variés. Nous nous attardons ici sur les processus de production et de transfert des sédiments jusqu'aux rivières. Les flux de sédiments ou flux solides se décomposent en trois modes de transport :

- le transport en solution ;
- le transport en suspension ;
- le transport par charriage.

Transportés en solution, en suspension ou charriés, les sédiments qui gagnent la Loire proviennent de la dégradation du bassin versant hydrographique ligérien. Ces flux minéraux témoignent de la dénudation ou dégradation spécifique du bassin ligérien. Actuellement, la dégradation spécifique du bassin versant de la Loire s'exprime au travers d'un flux de minéraux en solution de 36 t par kilomètre carré par an et un flux de minéraux en suspension de 8 t par kilomètre carré par an. Il convient en un premier temps d'identifier les processus qui contrôlent la dégradation spécifique des versants ligériens. Nous pourrions ensuite, selon le principe d'actualisme de Ch. Leyl² tenter une première évaluation qualitative de l'impact de l'exploitation holocène du bassin versant par les sociétés sur la dégradation spécifique.

Les processus de contrôle de la dégradation spécifique des bassins versants interviennent au niveau de l'interface sols-biosphère-atmosphère. L'essentiel de l'eau des cours d'eau a cheminé sur ou dans les versants, leurs sols et leurs formations superficielles, avant de rejoindre le réseau hydrographique. Cela justifie de l'importance accordée au fonctionnement hydrologique de cette interface (Auzet, 1995). L'écoulement de subsurface favorise l'altération chimique et se traduit par une dominance de la charge en suspension alors que le ruissellement et l'écoulement de surface permettent le transport de sédiments en suspension ou par charriage (fig. 64).

Le couvert forestier conditionne l'arrivée de l'eau au sol et assure partiellement son infiltration dans le sol. Par l'interception des eaux de pluie, il atténue l'énergie de l'eau qui atteint le sol. Aussi, il favorise un écoulement de subsurface et ainsi une dégradation du bassin versant par un transfert de minéraux en solution. Inversement, l'absence de couvert forestier favorise l'érosion mécanique de l'eau par un écoulement de surface. En l'absence d'un couvert forestier, lorsque l'intensité des pluies dépasse la capacité d'infiltration du sol, l'excès d'eau se met en mouvement du fait de la pente, il se produit un ruissellement en nappe ou concentré. Souvent sous la forme de filets d'eau anastomosés, ce ruissellement peut atteindre des vitesses de plusieurs centimètres par seconde (Auzet, 1995). Une telle action érosive mécanique est limitée par le couvert forestier (fig. 65, 66).

² Théorie postulant que les phénomènes géologiques actuels étaient également valables dans le passé. Principe dit des causes actuelles et des causes anciennes.

Nous émettons l'hypothèse que les défrichements et les mises en culture relevés dès l'Atlantique par les sociétés néolithiques occupant le bassin versant amont du val d'Orléans ont profondément modifié les processus de dégradation spécifique du bassin versant ligérien. La part du flux de minéraux en suspension dans le bilan suspension-solution a dû croître considérablement. Cette évolution s'est donc retrouvée dans le spectre du débit solide croissant de la Loire. Nous pouvons peut-être, en ce sens, envisager un parallèle qualitatif entre l'augmentation du taux de pollens remaniés et celle du rapport flux en suspension/flux en solution. Il est concevable que ce rapport suspension/solution des sédiments de Loire ait connu des augmentations brutales et de courtes durées au cours des périodes du bronze et gallo-romaine durant lesquelles les taux de pollens remaniés montrent une évolution semblable.

• Les débits liquides

Evaluons les conséquences de l'exploitation par les sociétés du bassin versant amont du val d'Orléans sur les débits liquides ligériens. Nous avons précisé précédemment que la présence ou l'absence de couvert végétal constitue une caractéristique majeure de l'interface entre l'atmosphère et les sols. Un couvert végétal influence les échanges avec l'atmosphère du fait de l'interception des pluies par la canopée et l'action du système racinaire sur le bilan hydrique. Il apparaît que, globalement, une végétation abondante a tendance à augmenter l'évapotranspiration et donc à réduire l'écoulement (Cosandey, 1995). Le couvert forestier a un rôle hydrologique majeur qui a fait et continue de faire l'objet de nombreuses recherches. La littérature concernant les effets de la suppression des couverts forestiers sur les débits liquides est abondante. Elle est fondée sur la comparaison de bassins forestiers déforestés ou non, leurs autres caractéristiques étant les plus similaires possible. La forêt diminuerait les écoulements rapides et sa suppression est généralement évoquée comme une des causes principales de l'aggravation des crues (Auzet, 1995).

Une étude des hydrogrammes de plusieurs centaines de crues observées sur des bassins de plusieurs dizaines à plusieurs centaines de kilomètres carrés dans l'Oregon [Jones et Grant cités par Auzet, (Auzet, 1995)] conduit à des hypothèses quant à la forme même de l'hydrogramme de crue : les coupes forestières seraient responsables d'un accroissement du volume des crues, tandis que la présence de routes et de pistes associées aux travaux forestiers accroîtrait le débit de pointe et diminuerait le temps de réponse, principalement du fait de la modification des chemins de l'eau. Parallèlement, des travaux de synthèse montrent un accroissement des débits annuels pour un taux de déboisement croissant (fig. 66).

Nous émettons l'hypothèse que l'exploitation du bassin versant ligérien depuis le Néolithique a modifié les débits annuels, les débits de crues et les temps de réponse du bassin versant aux précipitations. Les volumes de crues et les débits de pointes ont probablement augmenté. Les défrichements successifs associés à une exploitation agricole des sols puis à la mise en place de parcelles ont en ce sens modifié la fonction de transfert entre les précipitations du bassin ligérien amont et les caractéristiques du débit liquide de la Loire dans le val d'Orléans.

À partir du Néolithique, la dégradation du couvert végétal sous contrôle anthropique a pu se traduire par une modification des deux variables de contrôle de la dynamique ligérienne. Quelle fut la réponse du style fluvial ligérien à ces modifications ? Les

indices de métamorphoses ligériennes sont à identifier dans le val d'Orléans pour ces périodes d'apessantissement de la pression anthropique.

4.2.3. Les aménagements et les exploitations de la Loire dans le val d'Orléans

D'un point de vue social ou économique, tout cours d'eau peut être assimilé à une ressource dont la mobilisation et la valorisation n'ont cessé d'évoluer avec le temps et selon les capacités d'intervention technique des groupes riverains (Bethemont, 1999). Nous avons donc cherché à évaluer en un premier temps les aménagements ligériens associés à la mise en valeur du val d'Orléans par les sociétés, cela pour différentes périodes donc pour différents niveaux technologiques. Nos sources sont historiques et archéologiques. C'est seulement à la lueur de ces premiers résultats que nous pourrions estimer l'action des sociétés riveraines du val d'Orléans sur les variables de la dynamique fluviale ligérienne.

a) Des premiers aménagements du lit mineur aux levées modernes

Les aménagements du lit mineur

Les principaux aménagements du lit mineur de la Loire connus selon nos sources historiques et archéologiques témoignent de la Loire comme un fleuve frontière, un axe de communication, une ressource en énergie mais aussi une ressource halieutique et minérale. Nous relevons effectivement des aménagements associés au franchissement, à la navigation, à l'exploitation de l'énergie hydraulique, à la pêche et à l'extraction de sédiments.

• Le franchissement de la Loire

Le pont est une mise en œuvre qui implique une intervention technique directement dans le lit mineur. Le premier pont connu du val d'Orléans pour les périodes gauloise et gallo-romaine est mentionné par César dans le *Bellum Gallicum* au chapitre VII. Il se situe à Orléans, c'est un pont en bois, étroit et incommode d'accès. Un pont gallo-romain est supposé entre les agglomérations de Saint-Père et Sully-sur-Loire au niveau du val d'Ouzouer. Plusieurs ponts médiévaux ont ensuite été aménagés dans le lit mineur du val.

À Jargeau, un pont de pierre est construit de 1207 à 1221. Sensible aux crues et aux embâcles, il est détruit puis reconstruit au milieu du XV^e siècle.

À Orléans, un pont est attesté au milieu du IX^e siècle puis un second est construit en pierre vers le milieu du XII^e siècle. Ce dernier est détruit et remplacé par un ouvrage plus haut et plus large dans les années 1750 : le pont Royal.

D'autres ponts ou passerelles ont probablement été construits dans le val mais ne nous ont pas laissé de traces écrites ou archéologiques. Par exemple, en face de Chécy, dans le lit mineur actuel de la Loire, émergent lors des basses eaux, deux rangées parallèles de pieux distantes d'un mètre environ. Elles traversent en biais pratiquement tout le cours du fleuve. Les pieux de chêne ont un diamètre de 15 cm et leur date d'abattage a été située par datation dendrochronologique à 1266 ap. JC

(Miéjac, 2000). Cette construction pourrait correspondre à une passerelle légère, nous n'avons cependant pas encore la confirmation dans les archives (fig. 67). L'existence d'aménagements protohistoriques nécessaires au franchissement du fleuve n'est pas exclue. Nous remarquons cependant que la forte variation du régime hydrologique de la Loire au niveau du val d'Orléans autorise à l'étiage, le franchissement du fleuve à pied. L'écoulement se fait alors sur une faible largeur et une petite profondeur.

• La navigation

Le fleuve, comme axe de circulation et d'échanges, remonte au moins à l'époque gallo-romaine, période à laquelle la Loire est soumise à un important trafic fluvial. La Loire représentait alors un axe de circulation de tout premier ordre comme en atteste l'inscription mentionnant les « *nautae Ararici et Ligerici* » (C.I.L XIII, 7020) qui témoigne de la viabilité de la Loire (*Liger*) en amont et sa relation avec la Saône (*Arar*) dans le commerce de longue distance entre Nantes, Orléans et Lyon (Audebert, 2000). Une navigation en partie sous le contrôle des établissements religieux du val a existé entre les « *nautae* » gallo-romains et la « Communauté des Marchands Fréquentant » du bas Moyen Âge. Il s'agit notamment du chapitre de Saint-Aignan, des abbayes de Micy et de Saint-Benoît-sur-Loire dont les flottilles monastiques ont été abordées par les historiens (Dion, 1961 et Prou, Vidier, 1900). La Communauté des Marchands Fréquentant (la rivière Loire) dont la première mention date du XIV^e siècle assure ses fonctions jusqu'à la fin du XVIII^e siècle. Elle correspond à une fédération de corporations marchandes des villes de bord de Loire et réunit les marchands et voituriers par eau. En 1682, ces travaux sont confiés aux officiers de l'administration des levées et des turcies (Musée de la Marine de Loire, Châteauneuf-sur-Loire) (fig. 70).

Naviguer la Loire a nécessité d'aménager son lit mineur. Nous retenons ici, principalement les aménagements de berges et les interventions directes dans le lit mineur.

L'aménagement des ports sur les berges du fleuve depuis la période gallo-romaine

Le seul port gallo-romain aménagé, connu aujourd'hui dans le val d'Orléans est celui de *Cenabum*, la ville gallo-romaine d'Orléans. Les fouilles menées par Pascale Dupont et le SAMO sur l'îlot du Jeu de Paume en 1993 et sur l'îlot Nazareth de 1994 à 1995 ont montré l'existence d'un complexe portuaire dont était dotée la ville gallo-romaine (fig. 78, 79). Nous constatons l'aménagement de nombreux ports au Moyen Âge. Il s'agit par exemple du port de Combleux construit au milieu du XV^e siècle, du port de Bou, du port Saint-Denis-de-l'Hôtel, des ports du « Laiz » (Châteauneuf-sur-Loire) et du « Bich » (Sigloy) ou encore du port de Saint-Benoît (Audebert, 2000). Nous supposons cependant l'existence de multiples autres ports aménagés dans le val d'Orléans.

Certains ont pu être scellés par la construction ultérieure des levées ou d'un autre port au même emplacement. En effet, les ruines d'un port ont été mises à jour sous une levée moderne à l'occasion de la crue de 1846 (lieu-dit « Les Vaussundun », commune de la Chapelle-Saint-Mesmin). Il s'agit d'un port dont les fondations, profondément imprégnées de sel attestent que là, s'étaient perçus les péages sur les bateaux salins qui remontaient le fleuve. De plus, R. Dion émet l'hypothèse que le port médiéval de

Saint-Benoît soit l'héritier du port antique qui desservait la villa Floriacus (lieu-dit Fleury, commune de Saint-Benoît).

D'autres ports, consécutivement à la migration latérale de la Loire, ont pu perdre leur fonction indissociable de la présence immédiate du fleuve et subir l'accrétion limoneuse subatlantique. Aussi, M. Provost propose que des portions de quais, tel celui observé en 1976 au lieu-dit « la Pointe des Prés » (commune de Saint-Denis-en-Val) rappelant les quais romains trouvés à Orléans, puissent être scellées par plusieurs mètres de sédiments (Provost, 1993). Le lieu-dit « Port Morand » de la commune de Chécy actuellement séparé de plusieurs centaines de mètres de la Loire, pourrait en ce sens faire l'objet de recherches géoarchéologiques. Ce site est décrit dans les archives de la navigation sur la Loire au Moyen Âge comme un port avec déchargement des bateaux ligériens et compte la présence de quatre sites archéologiques avérés (Miéjac, communication orale).

Dans ses travaux sur le val d'Orléans, R. Dion remarque que l'action combinée de l'érosion et de la sédimentation fluviales crée côte à côte des chenaux offrant à la navigation un mouillage suffisant et de véritables quais naturels, dont la hauteur, supérieure à celle qu'atteignaient ordinairement les berges assure à l'habitat humain une sécurité relative vis-à-vis du risque de crue. Il propose que les berges élevées et attaquées par les courants aient été naturellement des sites privilégiés d'installations portuaires (fig. 68). Nous soulignons ici la nécessité de garder au niveau d'un port un mouillage suffisant et que la profondeur de ce mouillage est dépendante de l'évolution morphologique du lit mineur. La morphologie du lit mineur ligérien se caractérise au niveau du val d'Orléans par un système de seuils, de mouilles et de grèves (fig. 69). Les actions physiques qui peuvent déplacer le système des seuils et des mouilles sont celles qui modifient la direction des courants obliques (Dion, 1934). Une mouille change de position si le courant ne vient plus taper contre la berge au même endroit. C'est pourquoi toute déformation d'une rive directrice d'un courant oblique détermine aussitôt, sur l'autre bord du fleuve, le déplacement d'une mouille : le fait se produit souvent lorsque les berges viennent de subir la violence d'une grande crue.

Un tel constat dévoile la nécessité pour les sociétés du val de stabiliser les berges. R. Dion émet l'hypothèse que l'homme aurait grandement contribué à corriger cette instabilité en consolidant par des empierrements les berges sableuses ou en substituant des levées de défense à la rive naturelle. Un édit de François II de 1559 note que « **le principal commerce de notre royaume se fait sur ladite rivière de Loire** » (Audebert, 2000). Nous imaginons ici la demande sociale qui s'est organisée au Moyen Âge autour du contrôle de la position des mouilles à l'aplomb des ports principaux du val. Aussi, l'aménagement hydraulique d'un duit qui barre la moitié du cours de la Loire depuis l'île aux Toiles jusqu'à la Motte Saint-Antoine pour amener l'eau devant les ports de la ville d'Orléans est une illustration de cette forte demande sociale (fig. 70).

L'entretien d'un chenal de navigation au Moyen Âge

Les fonctions principales de la Communauté des Marchands Fréquentant illustre une partie des aménagements du lit mineur : elles sont de garantir la sûreté de la navigation et d'assurer l'entretien du lit du fleuve et de ses abords. Un chenal de navigation est délimité par des balises qui indiquent la partie navigable du fleuve. Sa largeur est en moyenne de 16 m, il serpente d'une rive à l'autre du fleuve (musée de la

Marine de la Loire - Châteauneuf-sur-Loire). Nous percevons les limites de cette bande navigable imposée par les grèves et autres haut-fonds sur la Loire actuelle (fig. 69). Les bancs de sables modifiant la configuration du chenal, la Communauté des Marchands Fréquentant est chargée de l'organisation d'une campagne annuelle de balisage, de nettoyage et de désensablement du chenal. C'est effectivement sur les hauts-fonds du milieu du lit que s'observent les variations les plus fréquentes et les plus importantes. Les sillons d'eau qui traversent cette zone médiane sont multiples, mal définis et sans profondeur. « Il suffit du moindre encombrement ou du moindre approfondissement de l'un d'eux pour que les courants s'en éloignent ou s'y trouvent attirés » (Dion, 1934). Les travaux consistent alors à retirer les pierres, les arbres tombés ou bâtons de mariniers fichés au fond. Parallèlement, les chemins de halage aménagés sur les berges sont entretenus. L'équipement des chalands reflète les difficultés de navigation causées par la mobilité des bancs de sables et la présence de pieux. Le chevalis est utilisé pour désengraver ou désensabler les chalands, de même, un collier cranté et sa chaîne sont utilisés pour arracher les pieux encombrant le lit mineur (musée de la Marine de la Loire – Châteauneuf-sur-Loire).

- **L'exploitation des autres ressources du fleuve : énergétique, halieutique et minérale**

L'exploitation de la Loire comme **ressource en énergie hydraulique** a notamment été réalisée par les grands établissements religieux. « À l'époque mérovingienne, sous l'impulsion d'établissements religieux, on commence à barrer la rivière avec des digues pour y établir des moulins ». Le chapitre de Saint-Aignan d'Orléans détient au moins depuis 1093 des moulins sur la Loire auprès du clos de la Grève, l'abbaye de Micy détient également des moulins. Des moulins sont aussi aménagés au niveau des ponts qui supportaient des bâtisses et notamment des moulins suspendus. Ces usines étaient connues sous le nom de moulins à arches ou moulins pendants, parce que ces mécanismes étaient attachés à la voûte de l'arche. L'exploitation de la Loire était telle qu'on compte en 1673 à Orléans, quarante-huit moulins à bac, moulins flottants (Audebert, 2000).

La Loire a aussi fait l'objet d'aménagements de son lit mineur pour ses **ressources halieutiques**. « Les pêcheurs devaient occuper (dans les rivières de Gaule) une place importante en construisant des viviers, des barrages et en construisant divers engins de pêche (...) ». La place des abbayes du val fût à nouveau prépondérante. Par exemple, au XI^e siècle, l'abbaye de Saint-Benoît-sur-Loire impose aux possesseurs de bateau sur son territoire fluvial d'accomplir une « corvée » en fabriquant des combres à Bouteille (*ad combras de Bouteilles faciendas*), les combres désignant des grands filets ou bien plutôt ici des aménagements pour retenir les poissons car l'abbaye fournit des pieux et des branches (palos et ramos) [Jeanson, Mantellier cités par Audebert (Audebert, 2000)]. Les populations riveraines barraient les riots ou même le fleuve avec des pêcheries, alignement de pieux battus disposés en cône à la pointe duquel elles plaçaient un filet (musée de la marine de la Loire - Châteauneuf-sur-Loire - fig. 71).

La toponymie du val d'Orléans nous renseigne sur l'usage du fleuve comme **ressource minérale** : Grand ou Petit Mortier, Sables ou Sablons, La Sablière, La Gravière, La Ballestière, Les Roches, Les Jards. L'extraction des sédiments du lit mineur a été historiquement réalisée à deux fins. Nous avons évoqué la première, il s'agit d'une extraction réalisée par les mariniers pour la navigation : le chenilage. La seconde est

le dragage qui fournit des sédiments utilisés comme matériaux de construction. Pour les époques moderne et contemporaine, un dragage manuel est recensé dès le XIX^e siècle. Des extracteurs occasionnels avaient la permission de prélever un volume de sable pendant quelques jours contre une redevance au service de la navigation qui délivrait un permis d'extraction. Une extraction continue était cependant réalisée par les marchands de sable qui exploitèrent en premier lieu le jard (sédiments ligériens de la classe granulométrique des galets et graviers) puis les sables notamment pour l'aménagement des bâtiments et travaux publics. L'extraction à des fins industrielles est en augmentation sur les deux derniers siècles parallèlement à la demande et aux innovations technologiques. Aussi, en 1910, apparaissent les dragues mécaniques avec prélèvement par chaîne de godets. La demande de volume extrait augmente avec la reconstruction de l'après guerre. Vers 1960, certaines dragues sont équipées de grues à bennes automatiques : la drague à benne preneuse sur chaland et drague suceuse autoporteuse depuis les chalands (Barray, 2002) (fig. 72).

L'édification des turcies et des levées

La digue, construction longitudinale destinée à contenir les eaux fluviales à l'intérieur d'un lit qu'elle délimite, est érigée dans le val d'Orléans à différentes périodes, elle porte le nom de turcie puis de levée.

• Les turcies

Un capitulaire de Louis le Pieux de 821 amène R. Dion à dater les premières turcies au haut Moyen Âge « *De aggeribus juxta Ligerim faciendi* ». Néanmoins, R. Dion émet quelques réserves : les travaux ont-ils réellement été exécutés ? L'empereur prévoyait-il la création d'ouvrages nouveaux à l'aide d'une technologie innovante ou bien la restauration d'ouvrages plus anciens et moins élevés ? La stratigraphie relevée au niveau de la turcie de Bou nous laisse envisager une restauration ou élévation de cette turcie. Cette stratigraphie a été relevée à l'occasion du creusement d'une tranchée dans le cadre de travaux urbains (fig. 74). Une carte des turcies connues du val d'Orléans nous est proposée par R. Dion (fig. 73). La turcie qui entoure le village actuel de Bou a pu protéger des crues la villa Bullus attestée dès le X^e siècle (Audebert, 2000). Dans ce cas, l'âge des turcies supposé par le capitulaire serait vérifié. Toutes les autres turcies du val sont attestées depuis au moins le début du XVI^e siècle. Devant Orléans, la Loire est contenue sur sa rive gauche en 1415 par des turcies habitées auxquelles font suite vers l'amont, des ouvrages qui se prolongent en 1460 jusqu'à Saint-Denis-en-Val au moins. La ville de Jargeau possède, dès 1412, ses « talus et turcies ». Au début du XVI^e siècle, le val d'Orléans tout entier comprend une seule et même digue longue de 42 km, depuis le hameau de Bouteille, à son extrémité supérieure, jusqu'à l'abbaye de Saint-Mesmin-de-Micy voisine de la confluence Loire - Loiret (fig. 76).

• Les levées

Au XVI^e siècle, on redoute que les turcies soient incapables de conjurer définitivement le danger d'un brusque déplacement du fleuve par lequel la ville riveraine se trouverait privée de l'usage du port et du pont. « Les levées du XVI^e siècles sont conçues par les bourgeois et marchands avant tout comme un organe de fixation, une sorte de tuteur imposant une barrière inflexible aux divagations de la Loire, pour contraindre son cours jusqu'aux ponts ou au port de la ville prochaine » (Dion, 1934).

Les crues de la première moitié du XVI^e siècle détruisent partiellement les levées. Aussi elles sont rehaussées à la fin du XVI^e siècle (œuvre de Colbert de 1682 à 1705, à une hauteur de 15 pieds au-dessus de l'étiage), le gouvernement royal ayant l'idée qu'elles devaient être insubmersibles.

La crue de 1707 (niveau : 5,85 m au-dessus de l'étiage à Orléans) provoque de très nombreuses brèches dans la levée déjà rehaussée. Le gouvernement royal prend alors la décision de rehausser la levée jusqu'à 22 pieds par rapport à l'étiage. Leur profil transversal est élargi, des déversoirs sont aménagés et un triple barrage de retenu est construit en amont dans les gorges rouennaises.

La crue de la Pentecôte 1733 provoque à son tour la rupture des levées malgré le rehaussement et les aménagements annexes. Elle atteint la cote de 6 m au-dessus de l'étiage à Orléans. Le projet d'ouvrir dans le val d'Orléans des passages obliques à travers les levées afin de permettre aux crues de répandre leurs eaux sur le val est rejeté en 1791, notamment suite aux critiques du directoire d'Orléans qui considère ce projet comme nuisible à la navigation et dangereux vis-à-vis de l'agriculture du val.

La crue de 1846 ouvre 100 brèches dans les levées entre Briare et Langeais. En réaction, une banquette de protection arasée à 0,5 m au-dessus du plus haut niveau atteint par la crue de 1846 est édifiée sur la plate-forme des digues insubmersibles (fig. 75).

La crue de 1856 monte à une cote de 7,10 m au-dessus du niveau de l'étiage à Orléans. Elle fut, à l'échelle du bassin versant ligérien, la seule à rompre les levées de l'amont de Nevers à l'aval des Ponts de Cé, elle cause 160 brèches.

Les turcies puis les levées constituent donc des aménagements du lit majeur d'importance croissante depuis le Moyen Âge (fig. 73, 76, 77).

Cette étude diachronique des aménagements et des exploitations du val puis de l'édification des turcies et levées montre une pression anthropique croissante sur le lit mineur depuis au moins la période gallo-romaine et exponentielle depuis le bas Moyen Âge. Tentons à présent d'évaluer les conséquences de cette pression anthropique menée directement sur le val d'Orléans en terme de dynamique hydro-sédimentaire du val.

b) Conséquences sur la dynamique hydro-sédimentaire du val d'Orléans

Les mises en valeur successives du val d'Orléans par l'ensemble des sociétés riveraines ont eu de multiples conséquences en interrelations les unes avec les autres. Nous les rassemblons à travers deux thèmes qui se situent au cœur des interactions sociétés-milieux en val d'Orléans. Le premier est le bouleversement des relations hydro-sédimentaires entre la Loire et son lit majeur, le second est la modification du style fluvial.

Un bouleversement des relations hydro-sédimentaires entre la Loire et son lit majeur

De par leur position et leur extension, les turcies puis levées du val d'Orléans ont contribué à transformer le statut du val. Ce tronçon de Loire moyenne, initialement

zone de stockage devient, sous l'action anthropique, une **zone de transfert** [selon la définition de ces zones par Amoros et Petts, (Amoros, Petts, 1993)].

La largeur du lit majeur comprise entre 2 000 et 8 000 m est réduite à quelques centaines de mètres par les levées (fig. 76). En période de crue, lorsque le débit à plein bord est dépassé, les eaux de Loire ne peuvent plus gagner la plaine d'épandage. Le volume d'eau excédentaire du lit mineur, initialement déversé dans la plaine alluviale du lit majeur, reste dès lors contenu entre les levées. Aussi, le lit majeur, comme surface et comme aquifère, ne joue plus son rôle de zone de stockage des eaux en période de crue. De même, la propagation de l'onde de crue n'est plus ralentie, la masse d'eau n'étant plus freinée, voire immobilisée, par la surface du lit majeur.

Les apports sédimentaires alluviaux dans le lit majeur sont profondément modifiés. Depuis le XVI^e siècle les crues susceptibles d'engendrer des dépôts alluviaux dans le val d'Orléans se limitent aux seules crues exceptionnelles qui ont provoqué des ruptures de levées (par opposition aux crues provoquées par les remontées de nappe). Les entrées d'eau dans le val se font ainsi brutalement et depuis des hauteurs supérieures depuis l'existence des levées (cote de la crue de 1856 à Orléans : 7,10 m). Les dépôts alluviaux reflètent l'énergie du fluide qui les a transportés. Il s'agit donc d'apports plus grossiers d'une puissance pouvant atteindre plusieurs mètres. Nous constatons à la sortie du méandre de Guilly, à la ferme « La Brèche » de la commune de Guilly, une mare au cœur d'une dépression d'une trentaine de mètres de diamètre. De part et d'autre de cette mare, les champs cultivés sont riches en galets dont la taille peut dépasser les 10 cm. Une prospection révèle que les champs situés plus à l'intérieur du val et de part et d'autre du secteur sont limoneux sans galet. L'agriculteur retraité habitant cette ferme (R. Coutant, 81 ans) témoigne des campagnes de ramassage de galets organisées dans le secteur suite aux crues du XIX^e siècle. Le hameau de Lizy (commune de Saint-Benoît-sur-Loire) voisin d'une levée rompue par la crue, fut détruit pour les deux tiers et l'une des maisons restées debout fut ensevelie jusqu'à la toiture par le sable apporté par la Loire (Dion, 1934). Aussi, la masse d'eau qui fit irruption dans le val par la brèche de Jargeau laissa derrière elle quatre-vingt maisons détruites et des dépressions profondes de 5 à 6 m voisinant avec des monticules de sable hauts de 2 à 3 m (Dion, 1934) (fig. 76).

Les secteurs de communication entre la Loire et le val se trouvent aussi modifiés. Par l'étranglement des écoulements que constituent certains ponts et aménagements de quais, par l'endiguement à 2,5 ou 3 m au-dessus des terrains les plus élevés de la plaine alluviale, les eaux font irruption en des points dont la localisation est moins étroitement déterminée qu'autrefois par le relief du val (Dion, 1934).

Depuis au moins le XV^e siècle, l'endiguement a favorisé l'augmentation de la vitesse d'onde de crue, il a fortement réduit l'accrétion limoneuse subatlantique du val la remplaçant par une accrétion localement sablo-graveleuse puis a modifié les secteurs privilégiés de communication entre la Loire et le val.

L'hypothèse d'une modification du style fluvial

Un ensemble de facteurs anthropiques nous semble être intervenu dans l'évolution subatlantique récente de la dynamique ligérienne dans le val d'Orléans.

L'endiguement constitue un véritable cadre limitant l'érosion latérale du lit majeur par la stabilisation du lit mineur. L'ingénieur Patriot a montré en 1871 que lors de la crue de 1856, les berges ligériennes non endiguées de l'amont du bec d'Allier avaient libéré 6 310 000 m³ de sédiments contre 1 260 000 m³ pour les berges endiguées situées à l'aval du bec d'Allier (Bravard, Petit, 1997).

En période de crue, la présence d'un lit endigué impose au volume d'eau écoulé de passer dans une section de surface inférieure à celle que ne l'aurait imposée le lit majeur. Ce rétrécissement de la section, à volume écoulé constant, entraîne l'accélération du flux. L'augmentation de la vitesse du flux écoulé est un facteur qui a une incidence, le style fluvial, le méandre pouvant être considéré comme une adaptation des variables internes du fleuve à un excès d'énergie des eaux.

L'entretien d'un chenal, réalisé du XIV^e au XIX^e siècle par la Communauté des Marchands Fréquentant, a constitué durant le Moyen Âge et l'époque moderne une pression constante et directe sur les variables internes de la Loire. Il s'agit essentiellement de la profondeur et de la rugosité du chenal. Les objectifs des mariniers étant, comme nous l'avons évoqué, de maintenir un chenal suffisamment profond et désencombré propice à la navigation, ils ont aussi contribué à l'accélération des flux hydriques en période de crue.

La fermeture des chenaux secondaires et le rattachement des îles à la berge fut une logique des acteurs locaux dans le val d'Orléans (Gautier, 2002) (fig. 54, 55).

Le processus d'incision verticale est partiellement associé aux extractions d'alluvions du lit mineur. Il s'est développé de deux manières en plus de l'abaissement du lit lié à l'extraction du stock en place. L'érosion régressive s'est produite depuis les sites d'extraction vers l'amont jusqu'à l'obtention d'une nouvelle pente d'équilibre. L'érosion progressive s'est propagée des sites d'extraction vers l'aval en raison du déficit de charge alluviale provoqué par le brusque piégeage de la charge solide en charriage, saltation et même suspension. Les centaines de millions de mètres cubes (150 à 200 millions prélevés en aval du bec d'Allier depuis 1950) ont entraîné une incision généralisée du lit mineur d'environ 1,5 m (Malavoi, 2002). Nous constatons cette incision du lit mineur par la présence de terrasses multiples en bord du lit mineur de la Loire dans le val notamment au niveau de Saint-Benoît-sur-Loire. De même, la Bonnée, dans le secteur de Germigny-des-Prés semble avoir subi une incision par érosion régressive liée à l'incision du lit mineur de la Loire.

Nous émettons l'hypothèse d'une action prépondérante des sociétés dans l'évolution géomorphologique récente du val d'Orléans. L'ensemble des corps sédimentaires récents situés à proximité du lit mineur traduisent selon nous l'individualisation d'un chenal unique comme conséquence de la fermeture des riots et du rattachement des îles aux berges (fig. 57). La fixation du lit mineur et l'augmentation de la vitesse des flux hydriques lors des crues par le cadre oppressif des levées, la fermeture des chenaux secondaires volontaire ou en réaction à l'encombrement des riots puis l'incision verticale associée aux extractions sont autant de facteurs qui individuellement et combinés favorisent l'individualisation d'un chenal unique. L'évolution géomorphologique du val a pu se produire localement rapidement. C'est notamment le cas du tronçon des méandres de Guilly. En 40 ans (de 1809 à 1849) le lobe contenu dans la rive convexe, divisé en îles séparées par des bras secondaires, voit la fermeture des chenaux secondaires et le rattachement des îles à la berge

(Gautier, 2002). Ces évolutions géomorphologiques rapides traduisent-elles des réponses courtes du milieu à l'action combinée des facteurs anthropiques et géodynamique de la dynamique ligérienne ? Sont-elles des réponses brèves en réaction à un effet de seuil ? Dans ce dernier cas, le temps de réponse du milieu serait plus long et ferait suite à un appesantissement de la pression des sociétés.

L'examen des sources historiques et archéologiques concernant la mise en valeur du milieu (val d'Orléans et bassin versant amont) par les sociétés montre une interaction croissante entre les facteurs anthropiques et géodynamiques au cours de l'Holocène. Ces interactions sont responsables de la construction du val d'Orléans à la fois comme milieu et environnement. Nous synthétisons maintenant l'ensemble des résultats et interprétations précédents afin de replacer la globalité des interactions sociétés-milieu du val d'Orléans dans une perspective dynamique et diachronique.

4.3. SYNTHÈSE DES INTERACTIONS ENTRE L'ÉVOLUTION DU MILIEU ET CELLE DES SOCIÉTÉS

4.3.1. Un milieu à forte contrainte pour les sociétés paléolithiques

Au Finiglaciaire et vraisemblablement au début du Tardiglaciaire (Dryas ancien - Bolling), la Loire pourrait occuper l'ensemble de la plaine alluviale du val d'Orléans. Un style en tresse occasionne le dépôt de la série gravelo-sableuse de base. L'étude morpho-sédimentaire du val d'Orléans a montré la présence probable de paléochenaux de tressage incisant le toit du substratum notamment dans le val d'Ouzouer. L'existence d'un style fluvial en tresse pour le début du Tardiglaciaire est supposée dans la Loire moyenne au niveau des fenêtres de Tours et du val d'Authion (Carcaud *et al.* 1998).

Le seul site paléolithique du val recensé est très probablement remanié. En effet, selon la classification de la carte archéologique DRACAR il s'agit d'une concentration lithique située dans la rive convexe du méandre actuel de Bou. Au Paléolithique final, le style en tresse de la Loire étendu à l'ensemble du val présente une grande instabilité. Ce milieu, soumis à de forts débits liquides et solides, instable, a pu être contraignant pour les sociétés paléolithiques. Cette hypothèse pourrait en partie expliquer que la majorité des sites paléolithiques soient recensés sur les coteaux du val (fig. 80). Nous n'excluons cependant pas une occupation du val pour cette période. Les fonds de vallées du Bassin parisien ont révélé des occupations magdaléniennes conservées sous des limons notamment dans la vallée de la Seine (site de Pincevent).

4.3.2. La libération d'une surface potentielle d'occupation pour les sociétés mésolithiques

Le val d'Orléans ne présente aucune trace d'occupation mésolithique. Nous considérons ici le Mésolithique pris dans son sens le plus large, c'est-à-dire en y incluant les cultures les plus proches du Paléolithique final (Azilien). Il se développe à partir du stade Dryas II et de l'interstade Alleröd.

Nous suggérons que pendant le Mésolithique, la physionomie du val ait évolué vers celle de grands chenaux abandonnés incisant l'ancien lit majeur et d'un nombre limité de chenaux (voire un seul), assurant la quasi-totalité des écoulements. En effet, dans

les fenêtres de la Loire moyenne, les premiers dépôts tourbeux observés à la base des comblements de bras morts apparaissent au Tardiglaciaire mais se multiplient au début de l'Holocène (Carcaud, 2002). Dans le val d'Avaray, l'abandon du premier méandre est situé à l'Alleröd daté à 11460 +/- 90 BP (corps A1, sondage M30b - fig. 2, 3). À Tours, le comblement des chenaux de la zone des boires débute au Préboréal. À Cinq-Mars-la-Pile, le remplissage d'un chenal comprend une tourbe correspondant à une partie de l'Alleröd (Mush, Visset *in* Carcaud, 2002). Les premiers remplissages argilo-tourbeux des paléochenaux identifiés dans le val d'Orléans devront être datés. Cela nous permettra de replacer chronologiquement la contraction du lit mineur ligérien.

À l'hypothèse d'une stabilisation morphodynamique du val d'Orléans nous ajoutons celle du rôle stabilisateur joué par la végétation.

En effet, les études palynologiques du val d'Avaray montrent que dès l'Alleröd, la végétation steppique de plateau est bien représentée (Garcin *et al.*, 2001). L'extrapolation de ces données au val d'Orléans situé 50 km en amont n'est réalisée ici qu'à titre de supposition en attendant que des études palynologiques y soient réalisées. *Pinus* et *Betula* sont les éléments importants du paysage de l'Alleröd (fig. 63). Ils sont accompagnés par des espèces mésothermophiles (*Corylus*, *Quercus*, *Ulmus*). La strate herbacée est alors représentée par un fort pourcentage d'*Artemisia*.

La reconquête forestière est très marquée dans le val d'Avaray au Préboréal avec de forts pourcentages de *Pinus*. Il est accompagné par *Betula*, *Corylus*, *Quercus* et *Alnus* en faibles pourcentages. *Alnus* reflète peut-être la mise en place d'une première ripisylve modeste au sein du val.

Au Boréal, nous assistons au déclin de *Pinus* et *Betula*, à l'optimum de *Corylus*, à la progression de *Ulmus*, *Quercus*, *Salix* et à l'établissement de *Tilia*. Les Cypéracées sont les mieux représentées de la strate herbacée.

La fin du Mésolithique, au début de l'Atlantique, est caractérisée par l'extension maximale d'*Alnus* contemporain de l'apparition de *Fagus*. Les massifs forestiers sont constitués par *Corylus*, *Quercus* et très secondairement *Ulmus*. *Tilia* prend de l'essor attestant du caractère tempéré du climat. La strate herbacée est ici représentée par une association de Composées, Graminées et Cypéracées.

La contraction du lit mineur, à un ou quelques chenaux, libère une surface potentielle d'occupation par les sociétés mésolithiques. Cette surface connaît une reconquête par la végétation herbacée, arbustive et arboréenne qui traduit du Préboréal à l'Atlantique un réchauffement climatique régional. Ce réchauffement est directement lié au réchauffement climatique global identifié notamment à travers le recul des glaciers alpins ou l'augmentation du rapport isotopique $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ des glaces du Groenland.

L'absence de site mésolithique recensé aujourd'hui dans le val d'Orléans témoigne-t-elle d'un hiatus culturel ? d'un recouvrement ? d'une érosion par migration latérale de chenaux ? Les découvertes de sites mésolithiques dans les lits majeurs du Bassin parisien nous laissent envisager la possible d'occupation du val d'Orléans par les sociétés mésolithiques.

4.3.3. La constance des conditions environnementales durant l'occupation néolithique

Jusqu'au Subboréal, une stabilité dynamique marque l'ensemble de la plaine alluviale de la Loire moyenne et aval. Ce phénomène est accompagné régionalement d'une série de dépôts argilo-tourbeux, « la jalle » dans le lit mineur du fleuve sur toute la Loire océanique entre Saumur et l'estuaire (Carcaud, 2000). Cette stabilité morphodynamique qui reste à démontrer dans le val d'Orléans a probablement été synchrone d'une ripisylve développée dans la plaine alluviale orléanaise. Une aulnaie fut effectivement dominante durant l'Atlantique dans le val d'Avaray. Ce contexte a pu favoriser les premières occupations du val d'Orléans par les sociétés à partir du Néolithique ancien. Les sites archéologiques référencés témoignent d'une occupation dès le Néolithique ancien jusqu'au Néolithique récent sans pour autant que l'occupation soit continue.

La carte archéologique actuelle montre une répartition des sites néolithiques dont le point commun semble être l'étroite corrélation à la topographie. En effet, les trois sites du val d'Ouzouer sont localisés sur des montilles du val. Le site n° 3 se situe au sommet de la montille du lieu-dit « La Fosse Cigue » de la commune de Bonnée. Le site n° 2 est localisé sur le flanc de la montille du lieu-dit « Beaune » de la commune de Bonnée. Le site n° 118 occupe la montille du bourg de Saint-Benoît-sur-Loire. Nous faisons la même observation pour les sites n° 122, 121, 171 et 172 situés sur les points hauts des communes de Saint-Cyr-en-Val et Sandillon. Cette observation va dans le sens de la thèse de R. Dion. Il avait constaté que les sites néolithiques du val étaient fort rares et fort espacés par opposition à leur présence sur les coteaux. Il en déduisit que les sociétés néolithiques se tenaient à l'écart du lit majeur et qu'elles y pénétraient seulement au niveau des monticules insubmersibles (montilles).

Nous proposons que le déterminisme « risque d'inondation-terrains inhospitaliers » n'ait pas été systématique dans l'occupation du val d'Orléans dès le Néolithique. Les données archéologiques issues de l'opération A.85 illustrent notre propos, il s'agit du tracé de l'autoroute longeant le cours du Lane (fenêtre val d'Authion). Il semblait à peu près certain que les témoins d'une occupation humaine dans ce secteur inondable et inhospitalier seraient très réduits. Aujourd'hui encore, l'habitat le fuit. Les prospections et évaluations révélèrent la présence de sites d'époque néolithique, protohistorique et gallo-romain dans la vallée du Lane sous d'épais dépôts tourbeux puis sablo-limoneux (Violot, Pont, *in* Carcaud, 1999) correspondant au colmatage d'un paléochenal. Ce constat met en lumière le danger d'écarter systématiquement toute possibilité d'implantation humaine dans un milieu interprété comme franchement hostile de tout temps (Carcaud, 1999).

Aussi, nous pensons que les paléochenaux ligériens empruntés aujourd'hui par le réseau hydrographique secondaire du val peuvent masquer des occupations (exemple : La Bonnée, Le Dureau - fig. 7). En ce sens, les grands chenaux ligériens délaissés au Tardiglaciaire ont pu faire du val d'Orléans un milieu fluvial en grande partie amphibie, dont les sociétés néolithiques et postérieures ont peut-être su tirer partie (Lecompte dans la vallée du Bourgueillois, Carcaud dans la vallée du Lane *in* Carcaud, 1999). De tels milieux amphibies présentent une diversité de facteurs écologiques sur une faible variation spatiale. Les bras morts ont ainsi très certainement été le siège d'une importante biodiversité exploitée par les sociétés.

L'état actuel des études menées sur le val d'Orléans ne permet pas d'évaluer l'impact des sociétés sur les versants et le val. Cependant, les diagrammes polliniques du val d'Avaray décrivent les premières traces d'anthropisation dès le néolithique ancien par la présence de céréales et d'éclaircissements forestiers. C'est aussi le cas à Cinq-Mars-la-Pile. Parallèlement, les différentes fenêtres d'étude montrent une occupation de l'espace par les sociétés très limitée et sans impact sur la dynamique du système (Carcaud, 1999).

4.3.4. Une fragilisation sensible de l'hydrosystème contemporain des sociétés protohistoriques

La fin du Subboréal et le début du Subatlantique sont marqués par un contexte d'hydrologie active dans les fenêtres de la Loire moyenne. Dans la fenêtre la plus proche du val d'Orléans, le val d'Avaray, une reprise de l'érosion sur les versants est suggérée par le remblaiement du paléochenal M25b (corps A3) enrichi en pollens du Mésozoïque et du Cénozoïque entre 3300 BP et 1900 BP (fig. 2, 3, 62a, 62 b). Le val prend un caractère plus humide confirmé par un taux élevé de plantes aquatiques : Sparganiacées, *Potamogeton*, Cypéracées, Typhacées attestant d'une remontée du niveau de l'eau (Garcin et al., 2001).

Une telle évolution du milieu reste à démontrer dans le val d'Orléans. Nous suggérons que les sociétés protohistoriques du val d'Orléans aient connu cet épisode hydrologique plus actif. Il a pu augmenter la fréquence et l'intensité des communications entre la Loire et son lit majeur. De plus, le contraste entre les paléochenaux et les montilles a pu être accentué notamment dans le val d'Ouzouer. Ce contraste pouvait alors concerner à la fois les propriétés édaphiques des sols alluviaux (sols développés sur les montilles mieux drainés que les sols des paléochenaux engorgés) et la vulnérabilité des sociétés vis-à-vis des crues (montilles comme zone refuge).

La représentation des occupations protohistoriques du val d'Orléans est sensiblement la même que celle des occupations néolithiques au niveau de la fréquence et de la répartition. La carte archéologique montre une localisation des implantations protohistoriques dans les mêmes secteurs que les implantations néolithiques. Il s'agit ainsi à nouveau des montilles du val d'Ouzouer sur la commune de Bonnée et du secteur sud des communes de Sandillon et de Férolles. Nous remarquons cependant les premières implantations au niveau d'Orléans au site fouillé n° 78 « llot de la Charpenterie » (T. Massat, INRAP) et de Châteauneuf-sur-Loire au site n° 27 « Le parc du Château ».

Les mêmes déterminismes environnementaux ont-ils guidés l'implantation des sociétés néolithiques et protohistoriques ? Nous proposons à nouveau que les risques d'inondation et la qualité agronomique des sols n'aient pas été les seuls pris en considération par les sociétés protohistoriques. Elles ont pu savoir tirer profit d'un milieu amphibie.

4.3.5. Un forçage de l'hydrosystème par les sociétés gallo-romaines

Les données paléoenvironnementales du val d'Avaray montrent une accélération des transformations du paysage au profit d'une ouverture du milieu. En effet, les diagrammes polliniques montrent des taux quasi nuls d'*Alnus* traduisant un déclin des aulnaies dans le val. Nous pouvons nous poser la question d'une action humaine directe (déforestation du val), indirecte (déforestation des versants et augmentation des débits) ou d'une cause

naturelle (péjoration climatique) car nous constatons parallèlement une augmentation des connections avec le lit vif du fleuve (Carcaud, 2002). Elle est attestée par une augmentation du phytoplancton d'eau douce qui se traduit dans les dépôts par un état de la matière organique qui est de « type colloïdale » alors que dans tous les autres niveaux analysés, la matière organique est constituée de grands restes de tissus végétaux et de fragments de bois (Garcin, 1999). Parallèlement à cette ouverture du milieu, les vitesses de sédimentation sont accrues (corps A du val d'Avaray) et la nature de l'alluvionnement devient plus sableux (corps B à E - fig. 2, 3). Cette modification hydrodynamique du Subatlantique est retrouvée dans les fenêtres de la Loire moyenne (Carcaud, 2002).

Nous émettons l'hypothèse d'un tournant dans la dynamique du val d'Orléans à partir de l'époque gallo-romaine. Elle devra être testée dans ce val notamment à l'aide des études lithostratigraphiques et palynologiques. Nous pouvons dès à présent affirmer qu'il s'est produit un tournant dans la dynamique du peuplement et des interactions sociétés-milieus dans le val d'Orléans à partir de cette époque.

- **La carte archéologique nous donne l'image d'une occupation gallo-romaine du val plus importante que durant la protohistoire**

Parmi les cinquante-neuf sites retenus dans notre base de données nous relevons des « pôles de romanisation ».

Il s'agit tout d'abord du secteur orléanais. L'agglomération gauloise d'Orléans - *Cenabum* - prenait place, en l'état des connaissances, sur le coteau de la rive Nord, sous l'actuel centre ville. Elle nous est connue par les différentes mentions qu'en fait César (BG, VII, 3 ; VII, 11 ; VIII, 5) et par de nombreuses découvertes mobilières qui émaillent le XIX^e et la première moitié du XX^e siècle. Ces dernières années, les opérations archéologiques mettant en évidence des éléments de cette agglomération se sont multipliées (1996-2001). Désormais dotées d'un corpus de sites élargi et d'éléments de datation plus assurés, certaines hypothèses sont avancées sur les rythmes et les formes de l'émergence du phénomène urbain à Orléans. La « romanisation » de la ville à la période augusto-tibérienne peut être abordée par trois types de sites. Le bâti mis en place à l'époque gauloise en centre ville est entièrement remodelé, des quartiers nouveaux sont conquis en périphérie Est de la ville gauloise, enfin, certains espaces voient leur mode d'occupation radicalement modifié. D'une part, est mise en place la parure monumentale de la ville, et d'autre part, le quartier ouest semble se spécialiser dans les activités artisanales (Massat, communication orale). Aussi, c'est à l'époque gallo-romaine que l'agglomération s'étend pleinement dans le val d'Orléans, en rive gauche, où l'artisanat semble très présent : bronziers, verriers, tanneurs, etc. (Audebert, 2000).

Dans le val d'Ouzouer, l'agglomération antique de Bonnée - *Bonodium* - semble faire figure de carrefour. Elle est selon R. Dion au carrefour de la voie Décize-Orléans et Bordes-Saint-Père-sur-Loire. La première est mentionnée à la fois sur la table de Petinger et l'itinéraire d'Antonin, la seconde, conservée, fut ensuite une voie transversale du val importante aux premiers capétiens pour l'accès à leur possession en rive gauche [nommée *strata publica* dans la charte de 1157 (Prou, Vidier, 1990)].

Nous constatons entre ces deux pôles de romanisation, l'existence des sanctuaires ruraux de Vienne-en-Val, Neuivy-en-Sullias et de la villa *Floriacus* sur la commune de Saint-Benoît (Audebert, 2000).

- **Les interactions entre les sociétés gallo-romaines et le milieu s'expriment à travers les différentes composantes de l'écosystème du val d'Orléans**

Les interactions directes avec la dynamique de l'hydrosystème sont identifiées dans le val d'Orléans seulement à partir de l'époque gallo-romaine. Il s'agit de l'aménagement de quais et de ponts sur les berges et dans le lit mineur ligérien (fig. 78, 79). Les sites îlot du Jeu de Paume et îlot Nazareth d'Orléans ont révélé l'existence d'un complexe portuaire gallo-romain. Sur la rive droite de la Loire au niveau de l'agglomération antique *Cenabum*, cinq quais, construits successivement du dernier quart du I^{er} siècle av J.C. à 60 ap. J.C., progradent de 27 m vers le sud (Audebert, 2000). Une telle emprise des sociétés gallo-romaines sur le lit mineur peut être interprétée comme la possibilité d'une augmentation du gabarit des bateaux des *nautae ligerici* (Dupont, 1996). Il pourrait aussi s'agir d'une migration latérale du lit mineur vers le sud, le quai devant suivre la migration, au regard de la société, afin d'assurer un mouillage suffisant à ses bateaux.

La pression exercée sur la dynamique végétale fut probablement à l'image de l'augmentation relative de l'occupation du val. Aussi, les défrichements gallo-romains du val peuvent être responsables d'une régression de la série climatique de l'aulne traduite par le taux quasi nul d'*Alnus* dans les diagrammes polliniques.

Les premiers témoins directs d'une **exploitation de la faune du val d'Orléans** sont gallo-romains. Une étude archéozoologique a été menée sur le contenu de six fosses dépotoirs des sites de la rue de la Grille et de l'îlot de la Charpenterie (Mouchene, 2001). Elle sont contemporaines du I^{er} siècle ap. J.C. Les résultats précisent la contribution de la triade des espèces domestiques bœuf (*Bos taurus*), porc (*Sus domesticus*) et caprinés (*Ovis aries*, *Capra hircus*) dans l'alimentation carnée. L'exploitation de la faune sauvage du val et/ou des coteaux y est aussi représentée par le cerf (*Cervus elaphus*), le grand corbeau (*Corvus corax*) et le pygargue à queue blanche (*Haliaeetus albicilla*) (fig. 81).

4.3.6. L'évolution exponentielle du forçage anthropique par les sociétés médiévales et modernes

a) L'emprise paysagère des abbayes du val d'Orléans

Au cours de la période mérovingienne, la ville d'Orléans fut choisie cinq fois comme siège des conciles nationaux (quatre) ou régionaux (un). Lyon et Paris pour la même époque, ne furent le théâtre que de quatre conciles régionaux sauf celui de Paris, en 552, qui fut national. Dans le val d'Orléans, trois abbayes remontent à l'époque mérovingienne : Saint-Aignan d'Orléans, Ferrière et Fleury ; une à l'époque Carolingienne : Micy-Saint-Mesmin (Debal, 1983). Nous nous attardons ici à l'étude de l'emprise paysagère d'une d'entre elles : l'abbaye de Fleury (commune de Saint-Benoît-sur-Loire).

Elle fut fondée à l'époque mérovingienne par un personnage nommé Leobode sous le règne de Clovis II (639-657). Le fondateur, abbé de Saint-Aignan d'Orléans possédait un grand domaine héréditaire à Attigny, sur l'Aisne, qu'il échangea avec Clovis II contre le fisc royal de Fleury afin d'y établir un monastère dédié à Saint-Pierre. L'abbaye tient sa renommée de la translation des reliques de Saint-Benoît et de sa sœur depuis le

Mont-Cassin à Saint-Benoît (670-672). C'est ainsi que dès l'époque carolingienne, les religieux de Fleury eurent rapidement la jouissance de domaines dispersés dans toute la France et même l'Angleterre (Debal, 1983). Aussi, à l'échelle du val d'Orléans, les moines possédaient au IX^e siècle un domaine compact autour de l'abbaye. Il s'étendait en rive droite sur les communes de Germigny, Saint-Martin-d'Abbat, Saint-Aignan-des-Gués, Bray-en-val, Les Bordes et Bonnée. Il couvrait en rive gauche du val les communes de Tigly, Guilly, Neuvy, Sigloy, Ouvrouer-les-Champs et Férolles (fig. 11).

L'exploitation du val et l'emprise paysagère résultante nous est perceptible en premier lieu par les sources écrites. Il s'agit du recueil des chartes de l'abbaye de Saint-Benoît réalisé par Prou et Vidier (Prou, Vidier, 1990). Ce recueil mentionne notamment des droits et usages de l'abbaye dans la forêt d'Orléans, de pêche dans les eaux de la châtelierie de Saint-Benoît, dans la Loire, dans les fossés de Bouteille (lieu-dit de la commune de Guilly), dans les rivières Bonnée et Neufve. Il révèle également la possession de moulins et de biens divers (vignes, prés, terres). Nous avons développé ce type d'exploitation précédemment.

Des plans de Saint-Benoît-sur-Loire du XVII^e siècle montrent deux fossés concentriques encerclant pour le premier seulement l'abbaye, pour le second l'abbaye et la ville (plans de l'abbaye et de la ville 1645 - fig. 83). Ils sont alors connectés par un fossé situé au niveau de la face Est de l'abbaye. Le fossé externe a été réaménagé entre 1645 et 1780, il contourne alors le parc de l'abbaye présent sur un plan de cette date (plan de Saint-Benoît de 1780 - fig. 83). Le réseau hydrographique constitué par ces deux fossés est actuellement connecté au cours d'eau des Places qui rejoint en aval de Saint-Benoît l'Ancienne Bonnée au sud de Germigny. La comparaison du réseau hydrographique actuel à celui du XVIII^e siècle révèle une modification de l'alimentation en eau des fossés.

Les apports de la Bonnée semblent aujourd'hui extrêmement réduits en comparaison à ceux du cours d'eau des Places (fig. 84). La forme circulaire de ces fossés nous amène à émettre l'hypothèse que le réseau hydrographique du bourg de Saint-Benoît est d'origine anthropique. Nous proposons qu'il soit partiellement contemporain de l'édification de l'abbaye. Il a pu être construit en deux temps, le premier fossé peut-être antérieur, se limitant au périmètre de l'abbaye, le second postérieur, intégrant à la fois l'abbaye et le village développé secondairement. Les rôles potentiels de ces aménagements du réseau hydrographique sont multiples. Nous les déduisons de l'étude combinée des sources écrites et environnementales.

L'histoire de l'abbaye est jalonnée de destructions par incendies et de reconstructions (archives du Loiret). La présence d'eau disponible à proximité a pu jouer en ce sens un rôle protecteur contre les incendies. Parmi les principales obédiences dans l'abbaye, nous relevons les fonctions du jardinier. Les fossés ont dû jouer un rôle certain dans la capacité d'irriguer les terres du bourg et de ses alentours proches. R. Dion remarque dans sa thèse que « l'abbaye et la petite ville qui l'entoure actuellement occupent une butte isolée du val de Saint-Benoît dont les contours sont assez exactement marqués par un fossé ». Il s'agit du fossé externe.

Si la construction de l'abbaye sur une butte (montilles) fut un atout concernant la vulnérabilité des sociétés carolingiennes vis-à-vis des crues, la qualité agronomique des sols développés sur les montilles nécessita probablement les aménagements du réseau hydrographique supposés. En effet, ici, la perméabilité des sols développés sur

des alluvions sablo-limoneuses est importante et le drainage est facilité par la pente associée à la butte. Les apports d'eau par les fossés en saison sèche furent donc probablement nécessaires aux cultures. En période humide, avec la montée de la surface piézométrique de la nappe alluviale, il est nécessaire de drainer les sols.

Des notices cantonales et communales réalisées pendant la seconde guerre mondiale dans le val d'Orléans témoignent des propriétés du sol sur la commune de Saint-Benoît. Elles ne permettent pas de labour à plat compte tenu de son humidité. Toute la commune est alors labourée en planches et en billons selon les espèces cultivées. Le système du labour en planches constitue un système d'écoulement des eaux par les dérayures de planches et les fossés collecteurs (notices cantonales et communales, travaux mis en place par la préfecture du Loiret, 1942-1943).

Les difficultés liées au manque de drainage sont aujourd'hui partiellement occultées depuis l'installation depuis les années 1960 d'un vaste réseau de drainage à l'échelle du val d'Orléans. D'autre part, le rôle drainant de ces fossés a peut-être été d'autant plus convoité qu'un épisode de péjoration climatique a été relevé dans la Loire moyenne pour les VII^e et VIII^e siècles (Burnouf, 1998).

L'emprise de l'abbaye de Fleury sur les paysages du val d'Orléans est illustrée ici à travers les contraintes menées sur le réseau hydrographique secondaire. Les fossés de l'abbaye de Fleury ont pu selon nous jouer le double rôle de ressource en eau et de drainage. Ils pourraient ainsi témoigner de la maîtrise des techniques de l'aménagement hydraulique assurant un juste équilibre entre drainage et arrosage des terres.

Nous proposons que les abbayes du val d'Orléans aient marqué l'histoire mais aussi l'environnement du val. La poursuite de travaux géoarchéologiques pourra certainement nous éclairer d'avantage. L'emprise sociale, économique et paysagère des abbayes des bords de Loire a été étudiée dans d'autres secteurs de la Loire. Il s'agit par exemple de l'abbaye de Bouzay dont la gestion du marais de l'estuaire de la Loire avait été prise en charge par les moines (Debal-Marche ; Manase, 2002). Une question essentielle reste en suspens dans le cadre de l'emprise paysagère des abbayes sur le val. Quel rôle, les abbayes du val d'Orléans, dont certaines étaient de renommée internationale, ont-elles joué dans l'édification des premières turcies ? L'étude de R. Dion sur les levées s'appuie en effet uniquement sur des textes et les interprétations qu'il en fait peuvent être sujettes à caution. Les sources sédimentées peuvent s'avérer en ce sens d'une précieuse utilité.

b) Du risque naturel au risque hérité

Les successions plus ou moins irrégulières des crues ligériennes dans le temps furent pour les sociétés du val d'Orléans un phénomène aléatoire : **l'aléa**. La sensibilité aux inondations, intimement liée aux occupations et aux activités des sociétés du val constitue **la vulnérabilité**. L'aléa et la vulnérabilité ont coexisté en tout lieu du val. C'est la confrontation des deux qui a fait naître pour les sociétés **la notion de risque**. Les sociétés se sont trouvées en situation de risque lorsque l'aléa fut trop fort par rapport à ce que leur vulnérabilité pouvait admettre.

Le choix du val d'Orléans comme cadre de vie a impliqué une forte intégration des sociétés au fleuve et une dépendance à l'égard de ses aléas. Nous considérons que la vulnérabilité

des sociétés du val est en évolution constante depuis le Néolithique. Une société, qui considère le côté fertilisant de la crue primordial comparé à ses effets destructeurs, est une société moins vulnérable. Le risque est alors plus « admissible ». Dès lors que des habitations ou des cultures doivent être protégées des aléas de la Loire aux yeux d'une société, le risque croît. L'encerclement de la commune de Bou par les turcies protégeant vraisemblablement la villa Bullus attesté au X^e siècle et une possession du chapitre de Sainte-Croix d'Orléans avant 1030, atteste du second cas de figure (fig. 73). C'est aussi le cas de la turcie de Saint-Jean-le-Blanc, prolongée au moins en 1460 jusqu'à Saint-Denis-en-Val, qui a pu protéger les dépendances de l'église de Saint-Denis, possession de Fleury au VII^e puis de Micy dès le IX^e siècle (Audebert, 2000). L'érection des turcies symbolise probablement la volonté de limiter le risque de destruction d'habitations ou de cultures en diminuant leur vulnérabilité. Cette volonté de limiter la vulnérabilité de l'occupation du val semble avoir été le moteur des premiers endiguements du val. C'est ensuite prioritairement la volonté d'assurer une meilleure navigabilité de la Loire qui devint le moteur de l'aménagement des levées [Un édit de François II de 1559 note que « le principal commerce de nostre royaume se fait sur ladicté rivière de Loire » (Dion, 1934)]. Depuis le développement du chemin de fer, responsable de la chute de la navigation marchande ligérienne, le rôle premier des levées se porte à nouveau sur la protection des biens des sociétés du val. Quelle que soit la motivation de ces grands aménagements, ils furent assurés par une politique commandée par la demande sociale de l'instant et en possession de moyens importants.

Nous considérons que la crise des XVIII^e et XIX^e siècles (ruptures successives des levées rehaussées) est en partie la conséquence d'une politique hédoniste menée durant le Moyen Âge et l'époque moderne. Une telle politique a pu être menée dans le val à l'époque gallo-romaine. Cependant les techniques d'interventions médiévales se sont faites toujours plus puissantes entraînant une accélération des transformations effectives. Le forçage anthropique ne nous semble cependant pas être le seul responsable de cette crise. Il est en effet contemporain de la péjoration climatique du Petit Âge Glaciaire (fig. 82). L'ingénieur Comoy nommé en 1856 par l'Empereur, directeur des études en vue d'arrêter un plan de défense des inondations de la Loire puis R. Dion, n'avaient pas conscience de l'interaction supposée des forçages climatique et anthropique sur le temps long de plusieurs siècles. L'ingénieur Comoy avait démontré que l'augmentation de la hauteur des crues à l'intérieur du lit endigué était autre chose que la simple déformation d'un volume regagnant en hauteur ce qu'on lui avait fait perdre en largeur, et que l'effet le plus important des levées était d'aggraver le caractère torrentiel des crues en augmentant leur débit maximum. Il fallait ainsi pour garder les eaux de la crue de 1856 dans le lit, endiguer ce dernier jusqu'à 9 et 10 m au-dessus de l'étiage. R. Dion précise par la suite dans sa thèse que « l'énigme du fléau toujours supérieur à lui-même était résolue et la longue série de mécomptes éprouvés jusqu'alors à cause de l'insuffisance des levées devenait intelligible ». Ils ne prenaient ainsi pas en compte les données de paléoclimatologie qui nous sont aujourd'hui mieux connues (fig. 82).

Compte tenu du forçage de l'hydrosystème ligérien depuis les sociétés néolithiques puis du forçage gallo-romain, le milieu physique du val d'Orléans au Moyen Âge ne peut que difficilement être qualifié de naturel. Il pourrait être considéré plutôt comme un produit « culturel », transformé, construit, produit de six ou quatre millénaires d'exploitation, d'aménagement et de transformations, radicales quelquefois, de l'environnement (Burnouf, 1998). Le terme de risque « naturel » apparaît dès à présent ambigu. La crise des XVIII^e et XIX^e siècle est selon nous le fruit d'une interaction entre les forçages climatique et anthropique. En ce sens, nous considérons que le « concept de risque naturel » ne semble

pas opératoire et qu'il serait plus juste de parler de risque « hérité ». La crue étant un comportement normal du fleuve (décennal, centennal, millénaire), les sociétés, par les contraintes qu'elles ont exercées sur la Loire ont contribué à déstabiliser le milieu dont la rétroaction, même normale, peut être interprétée comme une catastrophe (Burnouf, 1999).

5. Conclusion

Pour atteindre les objectifs que nous nous sommes fixés dans le cadre du sujet de recherche « **val d'Orléans : dynamique fluviale tardiglaciaire et holocène, interactions entre les facteurs géodynamiques et anthropiques** », nous avons choisi une méthodologie résolument ancrée dans l'interdisciplinarité. Cette étude menée à l'interface des sciences de la nature et des sciences de l'homme a nécessité l'exploitation de sources aussi diverses que les données géomorphologiques, sédimentologiques, pédologiques, hydrologiques, phytosociologiques, archéologiques et historiques. Le croisement de l'ensemble de nos sources à l'aide d'un système d'information géographique illustre l'importance accordée à la vision systémique que nous avons voulu adopter.

La logique suivie a été de rechercher, en un premier temps, l'état actuel de la construction du val d'Orléans postulant que la dynamique ligérienne tardiglaciaire et holocène avait joué un rôle majeur dans le façonnement du val. Les résultats nous amènent à émettre l'hypothèse que le val d'Orléans est structuré selon une mosaïque de corps sédimentaires hétérochrones dont les manifestations géomorphologiques et sédimentologiques principales sont des paléformes d'écoulement de la Loire depuis le Tardiglaciaire (paléolits en tresse, paléoméandres). Nous distinguons dès à présent un corpus d'unités morphosédimentaires récentes ayant intégré le lit majeur depuis le Moyen Âge, d'un corpus d'unités plus anciennes, témoins des dynamiques antérieures. En ce sens, nous remettons en question le modèle de construction du val mis en place par Gigout *et al.* (1974) puis Macaire (1981).

Ces données nouvelles nous éclairent d'une part sur l'hétérogénéité du potentiel archéologique du val d'Orléans. Il devient possible, à un premier niveau, de distinguer les domaines remaniés et dépourvus de potentiel archéologique, des domaines éventuellement épargnés par les divagations du fleuve ou encore des domaines ayant subi un fort recouvrement par accrétion alluviale. Cette évaluation est nécessaire en matière d'aménagement et d'archéologie préventive. D'autre part, ce premier degré de compréhension de la mosaïque fluviale du val nous a permis la caractérisation des interactions entre les facteurs géodynamiques et anthropiques sur le long terme.

La dynamique ligérienne du val d'Orléans a été contrôlée en un premier temps par l'évolution globale et exclusive des facteurs géodynamiques externes. Le réchauffement relatif du Tardiglaciaire puis de l'Holocène semble avoir contrôlé une métamorphose fluviale identifiée. Il s'agit de la contraction des écoulements d'un lit fluvial en tresses de la largeur du lit majeur à ceux de quelques-uns ou un seul chenal incisant le substratum. Cette métamorphose est probablement contemporaine de la deuxième moitié du Tardiglaciaire et du début de l'Holocène. Le contrôle de la dynamique ligérienne commence à s'articuler autour de l'interface des facteurs géodynamiques et anthropiques à partir du Néolithique, première période d'occupation attestée du val d'Orléans par les sociétés. Le passage d'une économie de prédation à une économie de production, l'augmentation démographique et l'amélioration des techniques nous laissent des archives d'un rôle croissant puis exponentiel joué par les sociétés sur la Loire et son bassin versant pour les périodes protohistorique, gallo-romaine, médiévale, moderne et contemporaine. Nous supposons plusieurs

métamorphoses fluviales sous le double forçage géodynamique et anthropique. Nous identifions l'individualisation d'un chenal ligérien unique amorcé probablement au-delà du XV^e siècle.

Les interprétations et modèles mis en place présentent de nombreuses limites. Elles concernent la nature et la fiabilité des sources exploitées, la méthodologie adoptée mais aussi les interprétations que nous avons faites des résultats et du temps qui nous a été imparti. Aussi, les paléochenaux identifiés devront être vérifiés, leur remplissage devra faire l'objet d'analyses fines qui permettront notamment d'identifier les fines variations verticales et latérales de faciès ainsi que les rythmes de remplissage. Les résidus de matière organique et autres indicateurs paléoenvironnementaux rares et précieux en Loire moyenne permettront d'établir un cadre environnemental, chronologique et stratigraphique nécessaire à la rigueur des interprétations escomptées. De même, les autres sources sédimentées de l'exploitation du milieu par les sociétés du val d'Orléans devront être pleinement exploitées. Il s'agit par exemple du forçage anthropique du réseau hydrographique du val d'Ouzouer dans le cadre de l'emprise paysagère des abbayes sur le val. Il s'agit encore d'évaluer le rôle des abbayes dans l'édification des turcies. Elles permettront la caractérisation de l'emprise des sociétés sur le val d'Orléans, vu alternativement comme milieu et comme environnement.

La continuité de cette étude nécessite de développer une recherche systémique, interdisciplinaire, menée au sein du val d'Orléans. Elle doit être conduite aux différentes échelles spatio-temporelles d'observation et d'analyse. En ce sens, cette recherche devra aussi s'intégrer, au-delà de la fenêtre val d'Orléans, à la globalité des travaux menés dans le bassin versant de la Loire, dans les rivières et fleuves du Bassin parisien et des autres bassins versants de France et d'Europe occidentale. Elle pourra déboucher sur une thèse concernant la dynamique fluviale tardiglaciaire et holocène et les interactions entre les facteurs géodynamiques et anthropiques dans le val d'Orléans.

Dans ce val de Loire, des relations entre les hommes et la Loire se sont nouées depuis la période néolithique, notamment en région orléanaise devenue aujourd'hui métropole et capitale de la région Centre. Nous pensons qu'une recherche de cette nature peut jouer un rôle dans le développement en référence aux problèmes environnementaux auxquels le monde d'aujourd'hui doit faire face. Le pouvoir de décision relatif à l'aménagement d'un environnement acceptable pour les générations à venir ne peut pas se fonder uniquement sur des données et des modèles qui ne reflètent que les deux derniers siècles au maximum. Les conséquences d'une politique hédoniste de courte durée se sont déjà manifestées dans le val d'Orléans depuis le Moyen Âge.

Bibliographie

- Amoros, Petts (1993) - Hydrosystèmes fluviaux. Paris, Masson ed.
- Audebert (2000) - Interactions sociétés/milieus en val d'Orléans. Maîtrise d'archéologie sous dir. Burnouf, université de Tours.
- Audibert (1998) - Les digues de la Loire à Tours à la fin du Moyen Âge. Maîtrise d'histoire sous dir. Burnouf, université de Tours.
- Auzet (1996) - Les cheminements de l'eau naturels et/ou influencés. *In* « L'influence humaine dans l'origine des crues ». État de l'art et actes du colloque Paris, ministère de l'Environnement, 18-19 novembre 1996.
- Babonaux (1970) - Le lit de la Loire : étude d'Hydrodynamique fluviale. BNF, Paris.
- Barisano, Marcolongo (2002) - Méthodes d'analyse géoarchéologique par télédétection et systèmes d'information géographique. *In* Géologie de la préhistoire, sous dir. Miskovsky, Géopré ed.
- Barray (2002) - Les ligériens et le sable. *In* 303 Art, Recherches et Créations - Loire n° 75.
- Beck, Delort (1993) - Pour une histoire de l'environnement. Paris, CNRS ed.
- Bethemont (1999) - Les grands fleuves, entre nature et société. Armand-Colin ed.
- Blin (1998) - Contribution à la géoarchéologie et à la morphogénèse de la Loire dans le val de Tours. Constitution d'une base de données géologiques. Maîtrise de géographie, univ. Angers, sous dir. Carcaud.
- Boucher de Molandon (1876) - Première expédition de Jeanne d'Arc *in* : M.S.A.H.O - tome 15.
- Bravard, Verot-Bourrely, Salvador (1992) - Le climat d'après les informations fournies par les enregistrements sédimentaires fluviaux étudiés sur des sites archéologiques. Paris, Les nouvelles de l'Archéologie, Errance ed.
- Bravard, Petit (1997) - Les cours d'eau. Dynamique de système fluvial Armand Colin ed.
- Bravard, Prestreau (1997) - Dynamique du paysage. Entretien de géoarchéologie. Table ronde (Lyon - 17/18 novembre 1995) Lyon, DARA.
- Bravard *et al.* (1999) - La géologie, les sciences de la Terre. Paris, Errance ed.
- Bravard, Magny *et al.* (2002) - Les fleuves ont une histoire. Paris, Errance ed.
- Burnouf, Bravard, Chouquer (1997) - La dynamique des paysages protohistoriques, antiques, médiévaux et modernes. Actes des 17^e rencontres internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes (19/21 octobre, 1996). Sophia Antipolis, APDCA.
- Burnouf (1998) - « Du paysage imaginaire à l'interaction de l'homme et du milieu : l'environnement » *in* Le village médiéval et son environnement, Paris, Sorbonne ed.
- Burnouf (1999) - Interactions hommes/milieus dans le bassin versant de la Loire (Fin du Tardiglaciaire à l'époque industrielle). Rapport final, vol. 1 - Tours.

- Burnouf, Carcaud, Cubizolle, Trément, Visset, Garcin, Sereyssol (2001) - Les relations sociétés/milieus physiques depuis la fin du Tardiglaciaire : les apports du programme Loire. *In* : Quaternaire (décembre 2001).
- Burnouf, Carcaud, Garcin (2002) - Aléa et risque dans la vallée de la Loire au Moyen Âge : la question des « levées » (le cas de la Loire océanique entre Tours et Angers).
- Carcaud *et al.* (1999) - Géoarchéologie de la Loire moyenne et de ses marges (région Centre). Rapport de synthèse 1996-1999.
- Carcaud *et al.* (2002) - Géoarchéologie de la Loire moyenne et de ses marges (région Centre). Rapport annuel PCR 2002.
- Carcaud *et al.* (2002) - Géoarchéologie de la Loire moyenne et de ses marges (région Centre). Rapport de synthèse 2000-2002.
- Chouquer (1993) - Histoire d'un paysage de l'époque gauloise à nos jours, Errance, Paris.
- Cosandey (1995) - La forêt réduit-elle l'écoulement annuel ? *in* : Le bassin versant : fonctionnement naturel, interventions humaines. Paris, Armand Colin ed.
- Cubizolle, Georges (2001) - L'évolution holocène de la plaine alluviale de la plaine de la Loire dans le bassin du Forez. Mise en évidence d'un potentiel archéologique *in* Quaternaire (décembre 2001).
- Cubizolle, Valadas, Gagnaire, Evin (2001) - La dynamique des versants dans le bassin de la Dore durant la deuxième moitié de l'Holocène (Massif central, France) : premières données géoarchéologiques et datations radiocarbone *in* : Quaternaire (décembre 2001).
- Dacharry, Gautier, Laganier (2002) - De la nature aux paysages ; Hydrologie des paysages ligériens *in* Les études ligériennes (mars 2002).
- de La Fournière (1986) - Histoire de l'île Charlemagne à Orléans *in* : Bulletin de la Société Archéologique et Historique de l'Orléanais (BSAHO).
- Debal (1983) - Histoire d'Orléans et de son terroir Horvath, Roanne.
- Debal (1996) - Cenabum, Aurelianis, Orléans PUL, Lyon.
- Debal-Marche, Manase (2002) - Les abbayes de la Loire *in* 303 Art, Recherches et Créations, Loire n° 75.
- Dion (1934) - Le val de Loire : étude de géographie régionale Tours, Arrault ed.
- Dion (1961) - Histoire des levées de la Loire Paris, Flammarion ed.
- Dupont (1996) - Orléans, interventions archéologiques de 1992 à 1996. *In* Bulletin de la Société Archéologique et Historique de l'Orléanais (BSAHO).
- Garcin, Farjanel, Giot (2001) - Éléments radiochronologiques et palynologiques sur les alluvions du lit majeur de la Loire (val d'Avaray, Loir-et-Cher, France) *in* Quaternaire (décembre 2001).
- Garcin, Giot, Farjanel, Gourry, Kloppmann, Negrel (1999) - Géométrie et âges des alluvions du lit majeur de la Loire moyenne, exemple du val d'Avaray (Loir-et-Cher, France). Académie des sciences/Scientifiques et médicales SAS ed.
- Gigout, Cadet, Horemans (1974) - Carte géologique de la France, carte à 1/50 000, feuille de Beaugency.

- Giot, Garcin (2002) - « Le val de Loire du Miocène à l'actuel (de Châtillon-sur-Loire à Blois) » *In* : Paysages ligériens.
- Guerrin (1996) - Étude morphodynamique de la Loire dans les méandres de Guilly (Loiret). Maîtrise de géographie sous dir. Gautier, université d'Orléans.
- Jung (1998) - La photo- et la carto-interprétation *in* : La prospection archéologique, Paris, Errance ed.
- Leblois (1996) - *in* « L'influence humaine dans l'origine des crues ». État de l'art et actes du colloque Paris, ministère de l'Environnement, 18-19 novembre 1996.
- Macaire (1981) - Contribution à l'étude géologique et paléopédologique du Quaternaire dans le sud-ouest du bassin de Paris (Touraine et ses abords). Thèse Univ. Tours.
- Malavoi (2002) - Hydrologie et géomorphologie fluviale. *in* : La Loire : vallées et vals du grand fleuve sauvage, Delachaux et Niestlé ed.
- Miéjac (1997) - Passer la Loire, ponts, bacs et gués au fil du fleuve autour de la boucle d'Orléans. Les lieux de franchissement de la Loire de Cosne-sur-Loire à Chaumont-sur-Loire aux époques médiévales et modernes. Thèse Université Paris I, dir. Pressouyre.
- Miéjac (2000) - « Quelques sites archéologiques de la Loire moyenne, problèmes de méthodes de recherche » *in* Archéologie des fleuves et des rivières, Paris, Errance ed.
- Prou, Vidier (1990) - Recueil des chartes de l'abbaye de Saint-Benoît-sur-Loire. Paris, Picard ed.
- Provost (1993) - Le val de Loire dans l'antiquité. Paris, CNRS ed.
- Rieth (1998) - Des bateaux et des fleuves. Archéologie de la batellerie du Néolithique aux temps modernes en France. Paris, Errance ed.
- Soyer (1971) - Les voies antiques de l'Orléanais. *in* : Bulletin de la Société Archéologique et Historique de l'Orléanais (BSAHO), hors série.
- Taberly (1999) - Interprétation lithostratigraphique sur la fenêtre de Tours. Intégration des données géologiques, palynologiques et géochronologiques. Maîtrise de géographie, université d'Angers, dir. Carcaud.
- Van Der Leuw (1995) - L'homme et la dégradation de l'environnement. *in* : XV^e rencontres internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes - Antibes APDCA ed.
- Van Der Leuw (1998) - « La nature serait-elle d'origine culturelle ? » *in* : La culture est-elle naturelle ? Histoire, épistémologie et applications récentes du complexe de culture, Paris, Errance ed.
- Visset, Pont, Carcaud, Bernard, Violot (1999) - Étude paléoenvironnementale de la vallée du Lane du Néolithique au Moyen Âge, Saint-Nicolas-de-Bourgueil (Indre-et-Loire), La prairie du Cassoir. *In* : Quaternaire (décembre 2001).

Sources cartographiques

- **Cartes actuelles**

Cartes IGN -1/25 000 - série bleue (Institut Géographique National)

Cartes géologiques (Bureau de Recherches Géologiques et Minières)

Châteauneuf-sur-Loire 1/50 000

La Ferté-Saint-Aubin 1/50 000

Orléans 1/50 000

Carte archéologique DRACAR (Service Régional d'Archéologie - Région Centre)

- **Cartes anciennes**

Carte du « Cours de la rivière Loire » dressée par les ingénieurs des Ponts et Chaussées au milieu du XIX^e siècle suite aux crues de 1846 et 1856.

Carte de Cassini dressée durant la seconde moitié du XVIII^e siècle (Institut Géographique National).

Carte du « Cours de la Loire et de l'Allier reliée aux armes de Louis XV », dressée par les ingénieurs des Ponts et Chaussées, datée du milieu du XVIII^e siècle.

Carte du « Cours de la rivière Loire depuis Briare en descendant jusqu'à Orléans » dressée par l'ingénieur Mathieu en 1709.

- **Photographies aériennes et images satellitaires**

Ortho-photographies aériennes du val d'Orléans (Institut Géographique National)

- mission IGN - 1975

- mission IGN - 1960

Images satellitaires SPOT (Bureau de Recherches Géologiques et Minières)

Centre scientifique et technique
Service environnement industriel et procédés innovants
3, avenue Claude-Guillemin
BP 6009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France – Tél. : 02 38 64 34 34

Document public

**Le val d'Orléans : dynamique
fluviale tardiglaciaire et holocène,
interactions entre les facteurs
géodynamiques et anthropiques**

Volume 2

BRGM/RP-52552-FR
octobre 2003

Document public

**Le val d'Orléans : dynamique
fluviale tardiglaciaire et holocène,
interactions entre les facteurs
géodynamiques et anthropiques**

Volume 2

BRGM/RP-52552-FR
octobre 2003

C. Castanet
Avec la collaboration de
M. Garcin, J. Burnouf, N. Carcaud

Liste des figures

Fig. 1 -	Transect schématique des alluvions en Loire moyenne d'après Gigout <i>et al.</i> , 1974.	7
Fig. 2 -	Transect schématique des alluvions du val d'Avaray d'après Garcin <i>et al.</i> , 1999.	7
Fig. 3 -	Carte des formations alluviales du val d'Avaray d'après Garcin <i>et al.</i> , 1999.	8
Fig. 4 -	La Loire moyenne dans le bassin versant ligérien.	8
Fig. 5 -	Localisation des différentes fenêtres du PCR « Géoarchéologie de la Loire moyenne et de ses marges ».	9
Fig. 6 -	La topographie peu contrastée du val d'Orléans.	9
Fig. 7 -	Le réseau hydrographique du val d'Orléans.	10
Fig. 8 -	Les différents vals du val d'Orléans.	10
Fig. 9 -	Dépression circulaire dans les alluvions du lieu-dit Le Grand Chemin au NW de la commune de Sigloy (val d'Orléans).	11
Fig. 10 -	Plan de situation des profils et fenêtres d'étude.	11
Fig. 11 -	Les communes du val d'Orléans.	12
Fig. 12a -	Extrait de la base de données archéologiques (val d'Orléans).	13
Fig. 12b -	Extrait de la base de données archéologiques (val d'Orléans).	14
Fig. 13 -	Les indices géomorphologiques du val de Saint-Aignan-le-Jaillard.	15
Fig. 14 -	Profil transversal 1.	15
Fig. 15 -	La végétation hygrophile de la parcelle située entre la ferme du Huisseau et le coteau sud (commune de Saint-Aignan-le-Jaillard).	16
Fig. 16 -	Végétation hygrophile située entre le lieu-dit « Le Buisson » et le coteau nord « Le Poreux ».	16
Fig. 17 -	Les indices géomorphologiques de la fenêtre 1-Bonnée.	17
Fig. 18 -	Les indices géomorphologiques du secteur Le Buisson (fenêtre 1-Bonnée).	17
Fig. 19 -	Profil transversal 2.	18
Fig. 20 -	Interprétation lithostratigraphique du profil transversal 2.	18
Fig. 21 -	Profil transversal 3.	19
Fig. 22 -	Interprétation lithostratigraphique du profil transversal 3.	19
Fig. 23 -	Épaisseur des alluvions - Fenêtre 1.	20
Fig. 24 -	Topographie du toit du substratum - Fenêtre 1.	20
Fig. 25 -	Représentation de la topographie du substratum en trois dimensions - Fenêtre 1.	21

Fig. 26 - Profil transversal 4.	21
Fig. 27 - Profil transversal 5.	22
Fig. 28 - Les indices géomorphologiques du paléochenal de Bouteille - La Petite Maison.	22
Fig. 29 - Les indices géomorphologiques du paléochenal dans le secteur La Petite Maison.	23
Fig. 30 - Profil transversal 6.	23
Fig. 31 - Les indices géomorphologiques du paléochenal de Jargeau.	24
Fig. 32 - Profil transversal 8.	24
Fig. 33 - Profil transversal 9.	25
Fig. 34 a - Carte des formations alluviales du val d'Orléans dans le secteur de Jargeau.	26
Fig. 34 b - Transect schématique des alluvions du val d'Orléans dans le secteur de Jargeau.	26
Fig. 35 - Les indices géomorphologiques du paléochenal d'Orléans - Sud.	27
Fig. 36 - Profil transversal 14.	27
Fig. 37 - Profil transversal 15.	28
Fig. 38 - Profil transversal 16.	28
Fig. 39 - Turcie de Jargeau au lieu-dit Le Talus.	29
Fig. 40 - Végétation du quartier les Barbottes constituée en partie de Cypéracées.	29
Fig. 41 - Échantillon de la famille des Cypéracées (quartier les Barbottes).	29
Fig. 42 - Polygones de dessiccation développés au niveau de l'horizon superficiel du sol (quartier les Barbottes).	29
Fig. 43 - Épaisseur des alluvions - Fenêtre 2, secteur A (2A).	30
Fig. 44 - Topographie du substratum - Fenêtre 2, secteur A (2A).	30
Fig. 45 - Épaisseur des alluvions – Fenêtre 2, secteur B (2B).	31
Fig. 46 - Topographie du substratum - Fenêtre 2, secteur B (2B).	31
Fig. 47 - Épaisseur des alluvions - Fenêtre 2, secteur C (2C).	32
Fig. 48 - Topographie du substratum - Fenêtre 2, secteur C (2C).	32
Fig. 49 - Épaisseur des alluvions dans le val d'Orléans, rive gauche.	33
Fig. 50 - Épaisseur cumulée des argiles dans le val d'Orléans.	33
Fig. 51 - Épaisseur cumulée des argiles - Fenêtre 2, secteur B (2B).	34
Fig. 52 - Les méandres, comme produits des modalités d'écoulement (Bravard, 1997).	35
Fig. 53 - Les implications stratigraphiques d'une migration latérale de méandre dans le val d'Orléans.	35

Fig. 54 -	Évolution du système « riot-îles-bras vif » de Sigloy du XVIII ^e au XX ^e siècle.....	36
Fig. 55 -	Évolution du système « riot-îles-bras vif » de Guilly du XVIII ^e au XX ^e siècle.....	36
Fig. 56 -	Adaptation du réseau de communication à la présence du paléoriot « Vieille rivière de Loire » au nord de Sigloy (surélévation des rails du tramway).	37
Fig. 57 -	Les formations alluviales du val d'Orléans.....	38
Fig. 58 -	Répartition des sites archéologiques du Paléolithique à la période gallo-romaine dans le val d'Orléans.....	38
Fig. 59 -	Répartition des sites archéologiques des périodes médiévale, moderne et contemporaine dans le val d'Orléans.....	39
Fig. 60 -	L'hétérogénéité du potentiel archéologique du val d'Orléans corrélée aux modalités de genèse de sa plaine alluviale.....	39
Fig. 61a-	Diagramme palynologique du sondage M27b (données du val d'Avaray - Garcin <i>et al.</i> , 2001).....	40
Fig. 61b -	Diagramme palynologique du sondage M27b (Garcin <i>et al.</i> , 2001).....	41
Fig. 62a -	Diagramme palynologique du sondage M25b (Garcin <i>et al.</i> , 2001).....	42
Fig. 62b -	Diagramme palynologique du sondage M25b (Garcin <i>et al.</i> , 2001).....	43
Fig. 63 -	Évolution de la végétation au cours de l'Holocène dans le val d'Avaray (d'après Garcin <i>et al.</i> , 2001).....	44
Fig. 64 -	Réseau hydrographique et écoulement (Bravard 1999).....	44
Fig. 65 -	Relation entre la production de sédiments (fraction solide) et l'écoulement annuel pour différents types d'affectation du sol (d'après Dune, 1979, <i>in</i> Bravard et Petit, 1997).	45
Fig. 66 -	Relation entre l'accroissement des débits annuels et le taux de déboisement (d'après Bosh et Helwett).....	45
Fig. 67 -	Alignement de pieux de chêne dans le lit mineur actuel.....	45
Fig. 68 -	Morphologie et dépôts des cours d'eau à méandre ayant pu favoriser les installations portuaires (Allen, 1970, modifié).....	46
Fig. 69-	Photo aérienne à la sortie du méandre de Bou au sud de la commune de Chécy (mission IGN, 1960).	46
Fig. 70 -	« Le vrai portrait de la ville d'Orléans » en 1575 (archives du Loiret).	47
Fig. 71 -	Principe des pêcheries fluviales obstruant le riot (Audebert, 2000).	47
Fig. 72 -	Extraction actuelle d'alluvions dans le lit majeur du val d'Orléans (rive gauche, en aval de Jargeau, derrière la levée).....	48
Fig. 73 -	Plan de rehaussement des levées et localisation des turcies et levées en 1707 (Dion, 1934).	48
Fig. 74 -	La turcie est de la commune de Bou : présentation et log stratigraphique.....	49

Fig. 75 -	Banquette pierrée construite sur la levée après la crue de 1846. (Lieu-dit Les Grands Prés, commune de Saint-Pryvé-Saint-Mesmin).....	49
Fig. 76 -	Les turcies, levées et déversoirs du val d'Orléans.....	50
Fig. 77 -	Évolution du profil de la levée depuis le XVI ^e siècle (Dion, 1934).....	51
Fig. 78 -	Empreintes de poteaux.....	51
Fig. 79 -	Bacs de tanneurs de l'îlot du Jeu de Paume, XV ^e , XVIII ^e	51
Fig. 80 -	La répartition des sites paléolithiques dans le val d'Orléans et ses coteaux.....	52
Fig. 81 -	Les espèces animales rencontrées sur le site de la rue de la Grille et de l'îlot de la Charpenterie.....	53
Fig. 82 -	Schéma de synthèse représentant l'évolution des flux hydriques et minéraux entre 1000 BC et l'époque actuelle (Rhône - Bravard <i>et al.</i> 1992).....	53
Fig. 83 -	Les fossés de l'abbaye de Saint-Benoît d'après les plans et figures de l'abbaye de Saint-Benoît de 1645 (archives du Loiret).....	54
Fig. 84 -	Évolution de la connexion des fossés de l'abbaye de Saint-Benoît au réseau hydrographique du val d'Ouzouer, depuis le XVII ^e siècle.....	54
Fig. 85 -	Profil transversal 7.....	55
Fig. 86 -	Profil transversal 10.....	55
Fig. 87 -	Profil transversal 11.....	56
Fig. 88 -	Profil transversal 12.....	56
Fig. 89 -	Profil transversal 13.....	57
Fig. 90 -	Profil transversal 17.....	57
Fig. 91 -	Profil transversal 18.....	58

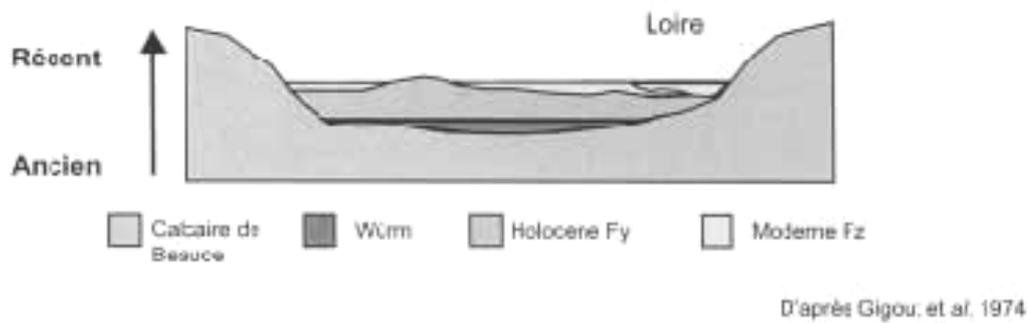


Fig. 1 - Transect schématique des alluvions en Loire moyenne d'après Gigout et al., 1974.

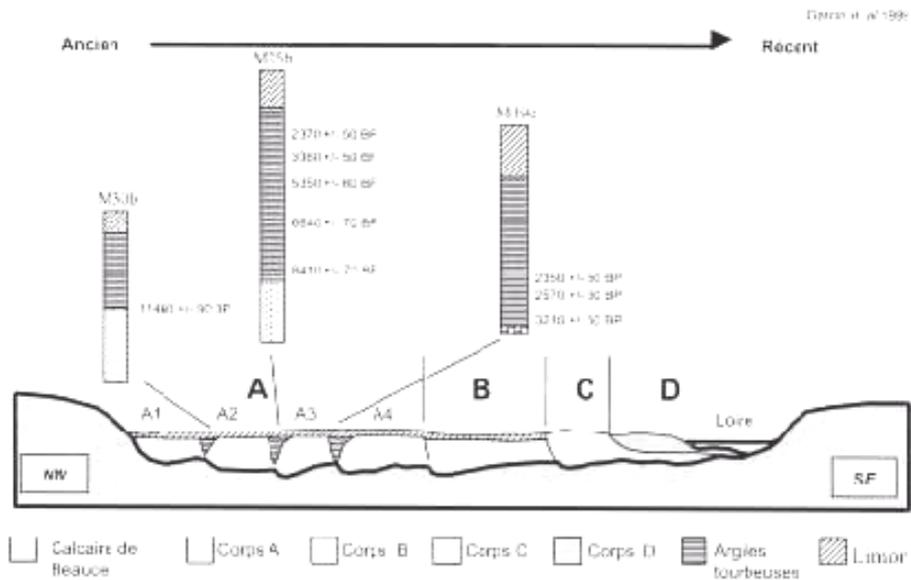


Fig. 2 - Transect schématique des alluvions du val d'Avaray d'après Garcin et al., 1999.

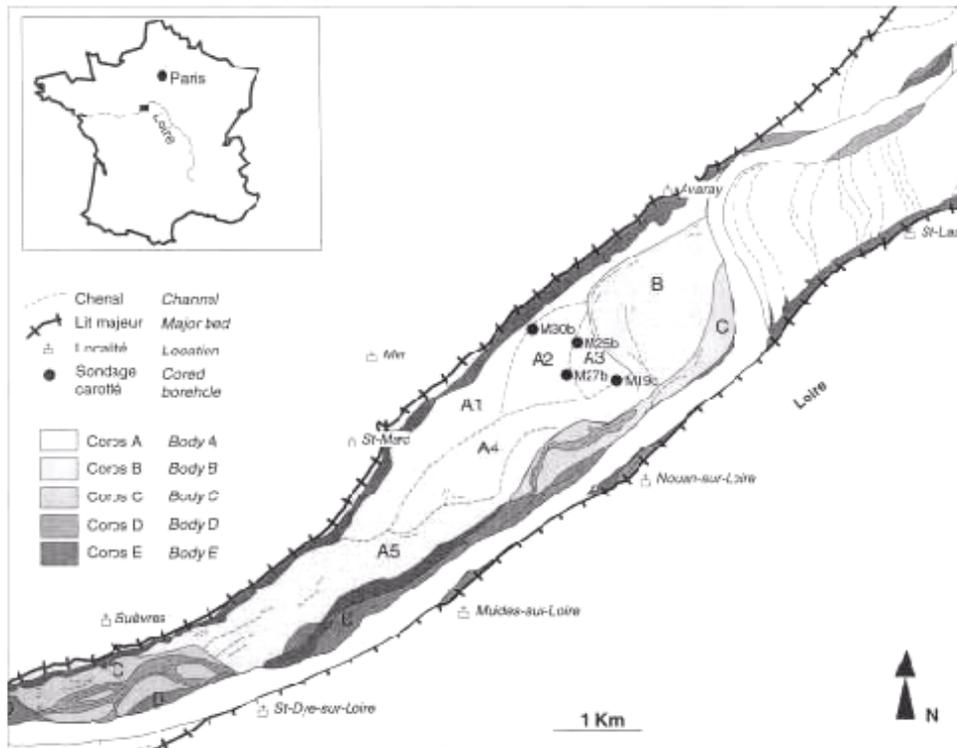


Fig. 3 - Carte des formations alluviales du val d'Avaray d'après Garcin et al., 1999.



Fig. 4 - La Loire moyenne dans le bassin versant ligérien.



Fig. 5 - Localisation des différentes fenêtres du PCR « Géoarchéologie de la Loire moyenne et de ses marges ».



Fig. 6 - La topographie peu contrastée du val d'Orléans.

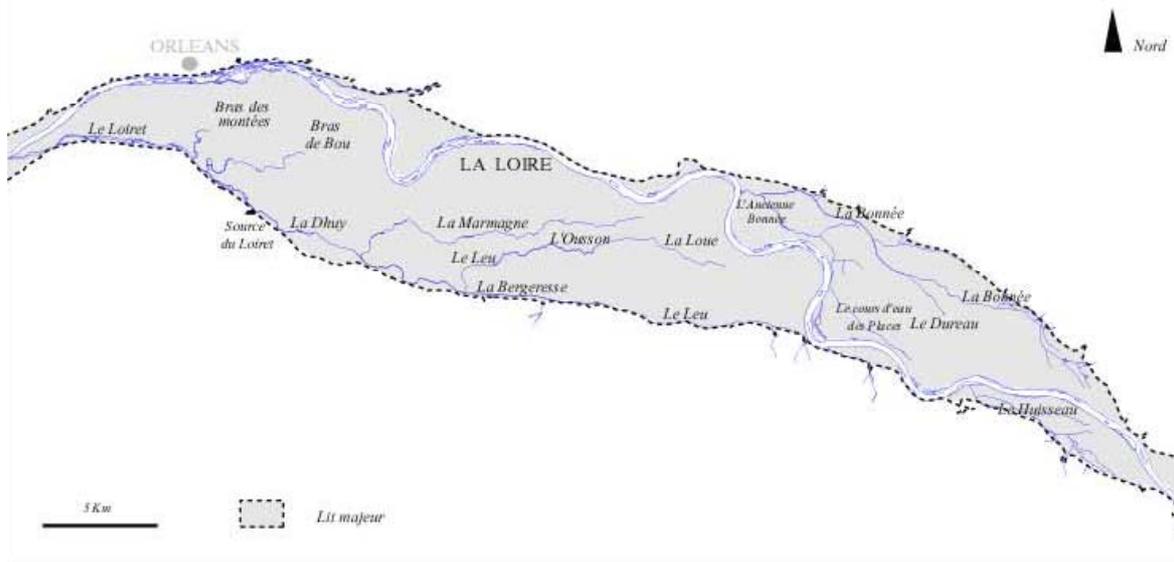


Fig. 7 - Le réseau hydrographique du val d'Orléans.

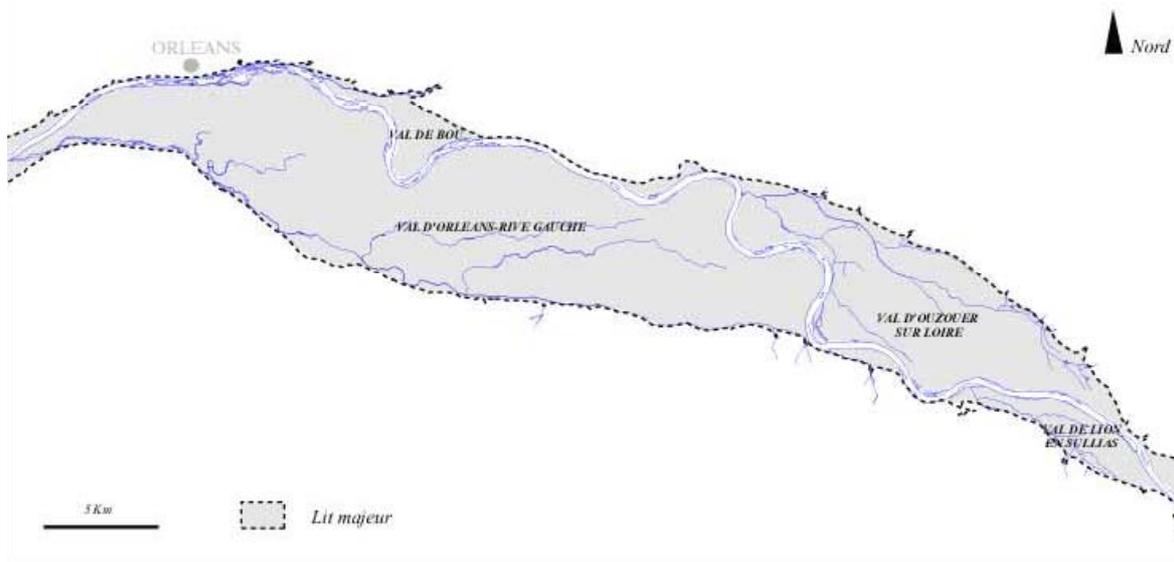


Fig. 8 - Les différents vals du val d'Orléans.



Fig. 9 - Dépression circulaire dans les alluvions du lieu-dit Le Grand Chemin au NW de la commune de Sigloy (val d'Orléans).

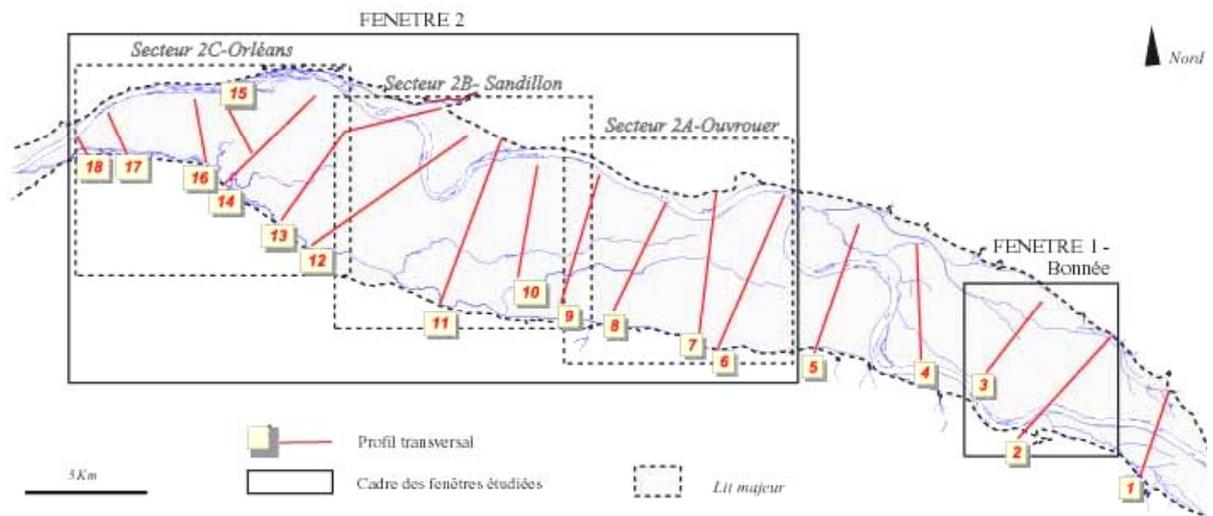


Fig. 10 - Plan de situation des profils et fenêtres d'étude.

N°SITE	N°INSEE	COMMUNE	LIEU_DIT	NOM_SITE	FIABILITE	X_LAMBERT	Y_LAMBERT
54	45164	GUILLY	La Caillotièrre	La Grosse-Pierre	indice de site	593730	2312455
55	45164	GUILLY	près du pont Saint-Benoit	En Loire	indice de site	596400	2311800
56	45164	GUILLY	L'Aunay	Launay	indice de site	594840	2313225
57	45164	GUILLY	La Sergenterie	La Mairie	indice de site	595540	2311900
58	45164	GUILLY	La Chaussy	La Chaussy	indice de site	595350	2310650
59	45164	GUILLY	A l'est du Ponteau	A l'est du Ponteau	indice de site	595710	2311130
60	45164	GUILLY	Bourg	Église St-Martin-St-Jacques	certain	595480	2311650
61	45164	GUILLY	Villabu	Villa Abbatis	indice de site	594250	2313700
62	45164	GUILLY	Bouteille	Bouteille	indice de site	596100	2310100
113	45270	SAINT-BENOIT-SUR-LOIRE	Fontaine Saint-Sebastien	Fontaine Saint-Sebastien	certain	598400	2311150
114	45270	SAINT-BENOIT-SUR-LOIRE	Le Bourg	Maison des Templiers	certain	597810	2312300
115	45270	SAINT-BENOIT-SUR-LOIRE	Ste Scholastique	Chapelle Ste Scholastique	certain	599720	2311680
116	45270	SAINT-BENOIT-SUR-LOIRE	Faubourg St Clément	Chapelle St Loupou St Clément	certain	597430	2312670
117	45270	SAINT-BENOIT-SUR-LOIRE	Fleury	Fleury	certain	598250	2311400
118	45270	SAINT-BENOIT-SUR-LOIRE	Le Bourg	Le Bourg	indice de site	597700	2312200
141	45284	SAINT-JEAN-DE-BRAYE	Eglise	Canal-d'OrléansCanal-d'Orléans	certain	572320	2322700
142	45284	SAINT-JEAN-DE-BRAYE	Eglise	Eglise	certain	572150	2322740
150	45298	SAINT-PRYVE-SAINT-MESMIN		SAINT-SANTIN LA NIVELLE		563880	2319500
151	45298	SAINT-PRYVE-SAINT-MESMIN		LES TACRENIERS		563900	2319360
152	45298	SAINT-PRYVE-SAINT-MESMIN		SAINT-SANTIN		563520	2319360
153	45298	SAINT-PRYVE-SAINT-MESMIN		STATION D'EPURATION		565720	2321580
154	45298	SAINT-PRYVE-SAINT-MESMIN		MOULIN A VENT		565580	2320660
155	45298	SAINT-PRYVE-SAINT-MESMIN		LA HAUTE MAISON		565080	2320860
156	45298	SAINT-PRYVE-SAINT-MESMIN		LA COSSONIERE		564680	2319880
157	45298	SAINT-PRYVE-SAINT-MESMIN		LA VIOLLERIE		564040	2321200
158	45298	SAINT-PRYVE-SAINT-MESMIN		LA TUILERIE NEUVE		563770	2320760
159	45298	SAINT-PRYVE-SAINT-MESMIN		LE CHAMP NEUF		563420	2320660

Fig. 12a - Extrait de la base de données archéologiques (val d'Orléans).

STRUCTURE_1	CHRONOLOGIE_1	STRUCTURE_2	CHRONOLOGIE_2	CIRC_DECOU	SOURCE	COTE
DOLMEN	NEOLITHIQUE			inventaire	DRACAR	15275
objets isolés histoire	HAUT MOYEN ÂGE			inconnue	DRACAR	15277
PLATE FORME FOSSOYEE	BAS MOYEN ÂGE	PLATE FORME FOSSOYEE	MODERNE	inventaire	DRACAR	15278
PLATE FORME FOSSOYEE	BAS MOYEN ÂGE	PLATE FORME FOSSOYEE	MODERNE	inventaire	DRACAR	15279
PLATE FORME FOSSOYEE	BAS MOYEN ÂGE	PLATE FORME FOSSOYEE	MODERNE	inventaire	DRACAR	15280
PLATE FORME FOSSOYEE	BAS MOYEN ÂGE	PLATE FORME FOSSOYEE	MODERNE	inventaire	DRACAR	15281
CIMETIERE INHUMATION	MEDIEVAL	mention d'archives	XIe SIECLE	inventaire	DRACAR	15282
mention d'archives	XIe SIECLE			inventaire	DRACAR	15285
mention d'archives	XIe SIECLE	mention d'archives	XVIIe SIECLE	inventaire	DRACAR	15286
ELEMENT D'HABITAT	GALLO ROMAIN	CHAPELLE	CONTEMPORAIN	inventaire	DRACAR	16164
MAISON	MOYEN ÂGE			inventaire	DRACAR	16165
ELEMENT DE CONSTRUCTION	MEDIEVAL	CHAPELLE	CONTEMPORAIN	inventaire	DRACAR	16166
CHAPELLE	MOYEN ÂGE	fresques	MOYEN ÂGE	inventaire	DRACAR	16167
CIMETIERE	MEDIEVAL	SANCTUAIRE CHRETIEN	VIIe SIECLE	inventaire	DRACAR	16169
objets isolés préhistoire	NEOLITHIQUE			inconnue	DRACAR	16173
AUTRE HYDRAULIQUE	MODERNE	AUTRE HYDRAULIQUE	CONTEMPORAIN	inventaire	DRACAR	16485
CIMETIERE	GALLO ROMAIN	CIMETIERE	MEDIEVAL	inventaire	DRACAR	16499
MOULIN	MODERNE				DRACAR	16507
MOULIN	MODERNE				DRACAR	16508
MOULIN	MODERNE				DRACAR	16509
TUILERIE	MODERNE				DRACAR	16510
MOULIN	MODERNE				DRACAR	16511
Toponyme	MEDIEVAL	PLATE FORME FOSSOYEE	MEDIEVAL		DRACAR	16513
PLATE FORME FOSSOYEE	MEDIEVAL	PLATE FORME FOSSOYEE	MODERNE		DRACAR	16514
TUILERIE	MODERNE				DRACAR	16516
TUILERIE	MODERNE				DRACAR	16518
TUILERIE	MODERNE				DRACAR	16519

Fig. 12b - Extrait de la base de données archéologiques (val d'Orléans).

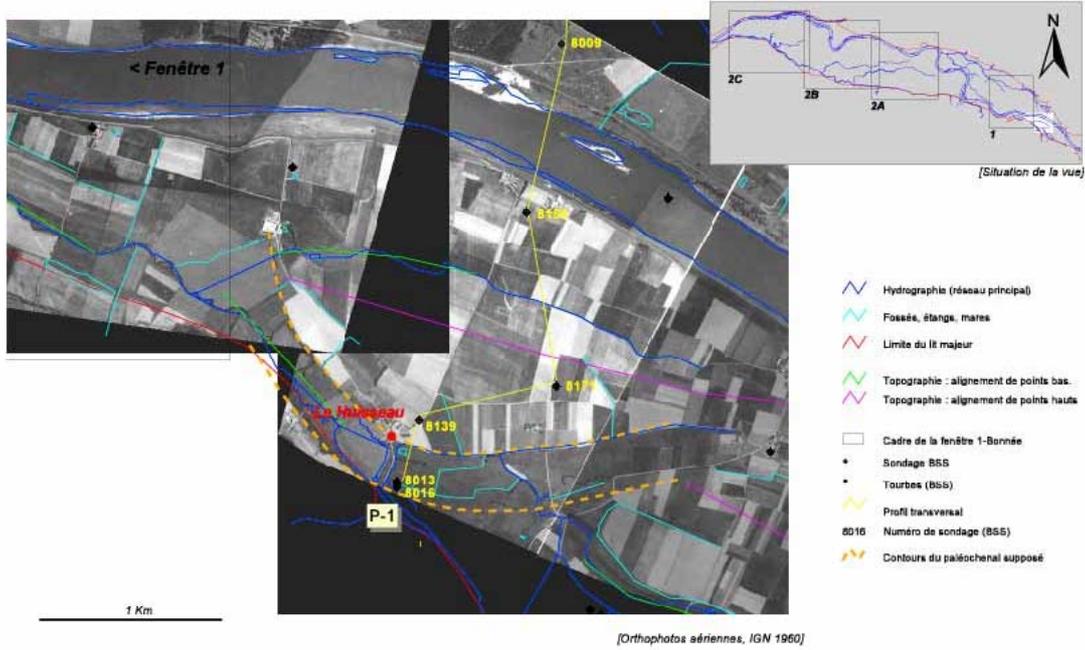


Fig. 13 - Les indices géomorphologiques du val de Saint-Aignan-le-Jaillard.

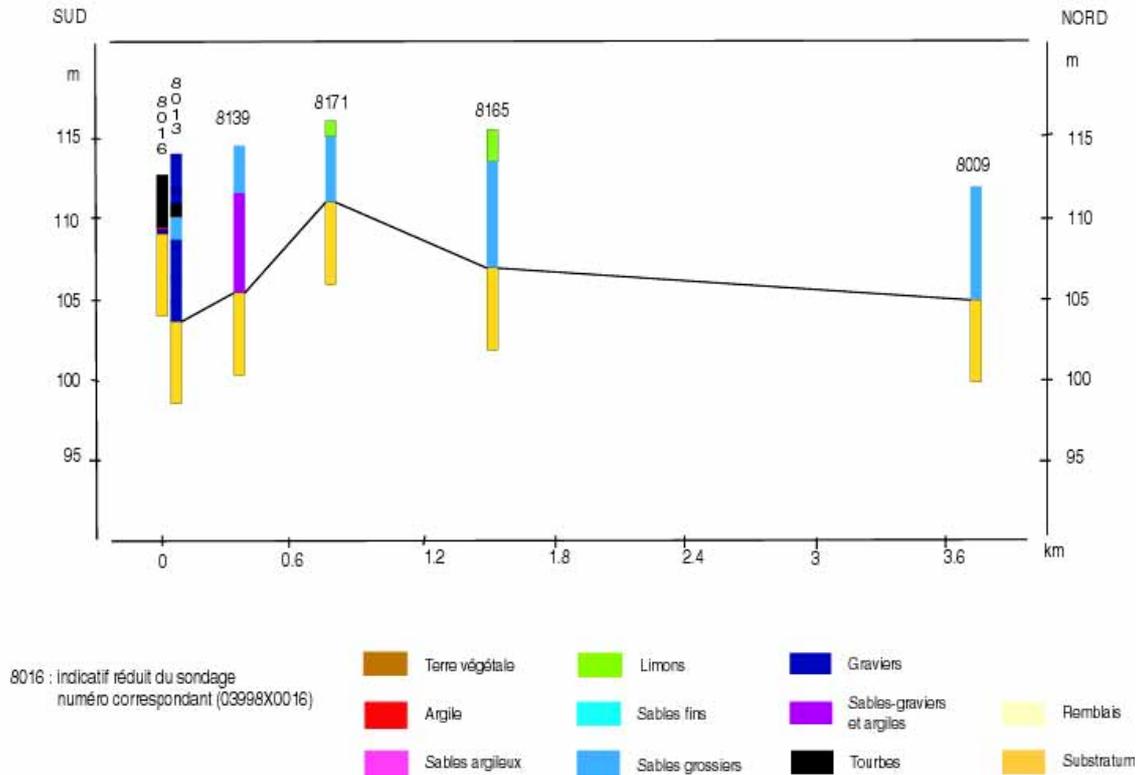


Fig. 14 - Profil transversal 1.



Fig. 15 - La végétation hygrophile de la parcelle située entre la ferme du Huisseau et le coteau sud (commune de Saint-Aignan-le-Jaillard).



Fig. 16 - Végétation hygrophile située entre le lieu-dit « Le Buisson » et le coteau nord « Le Poreux ».

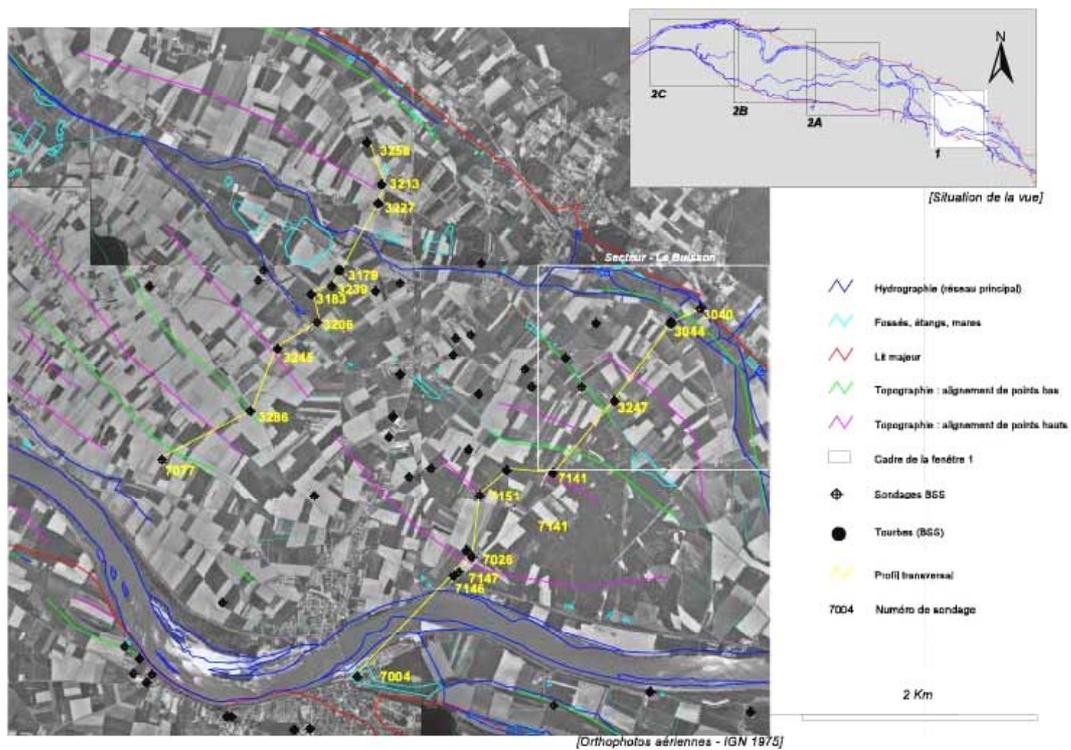


Fig. 17 - Les indices géomorphologiques de la fenêtre 1-Bonnée.

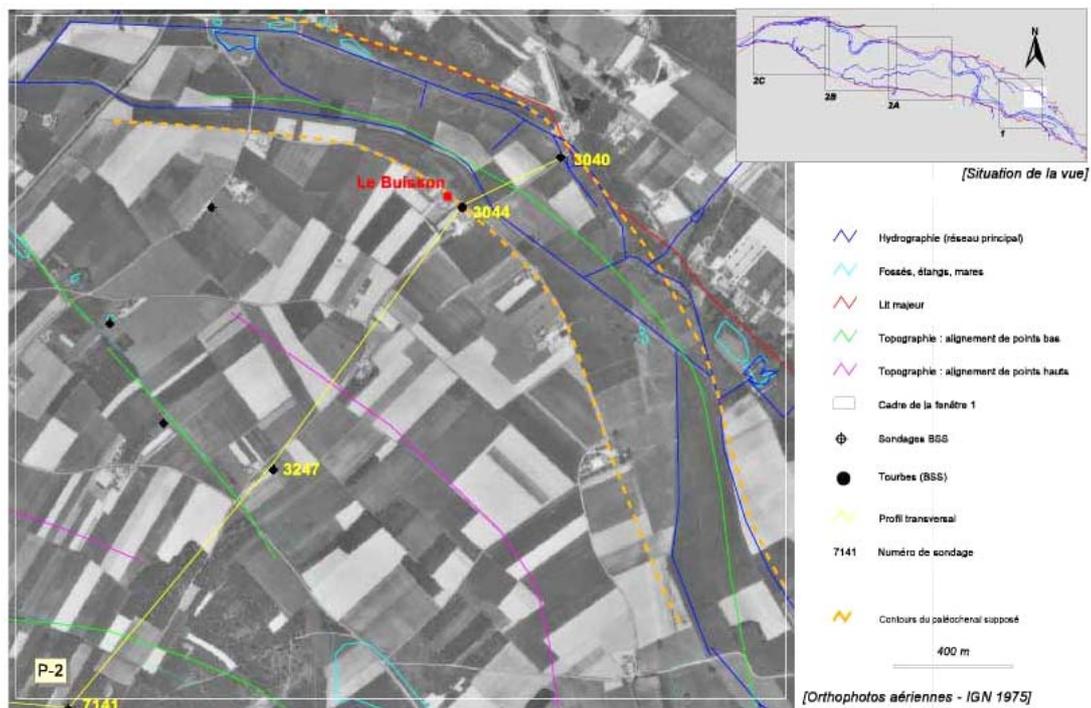


Fig. 18 - Les indices géomorphologiques du secteur Le Buisson (fenêtre 1-Bonnée).

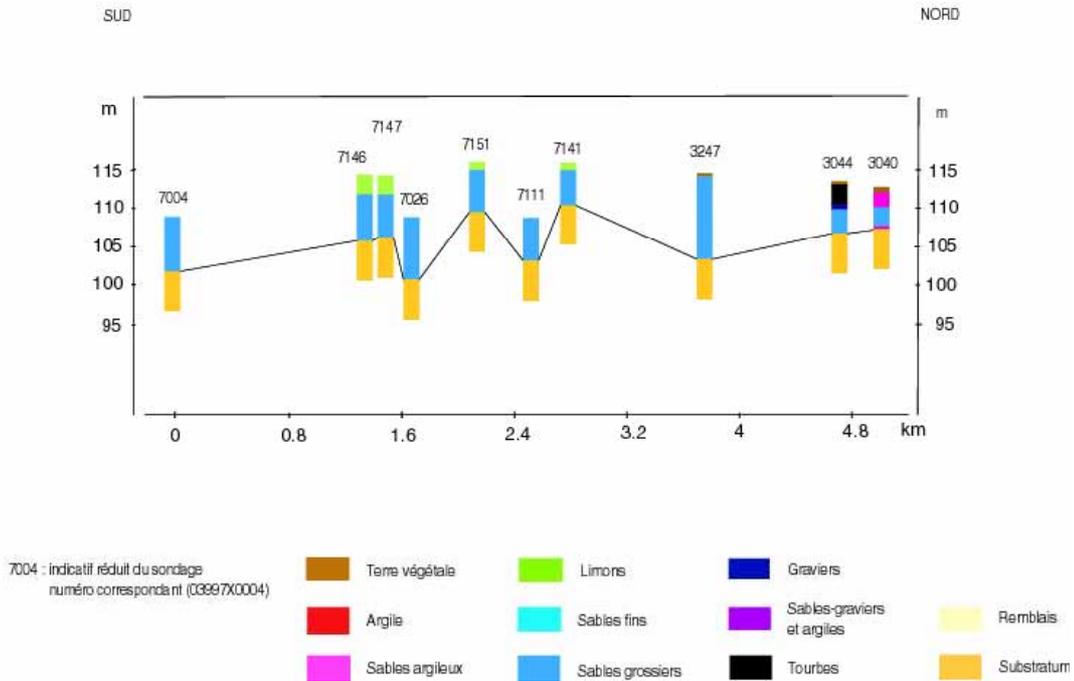


Fig. 19 - Profil transversal 2.

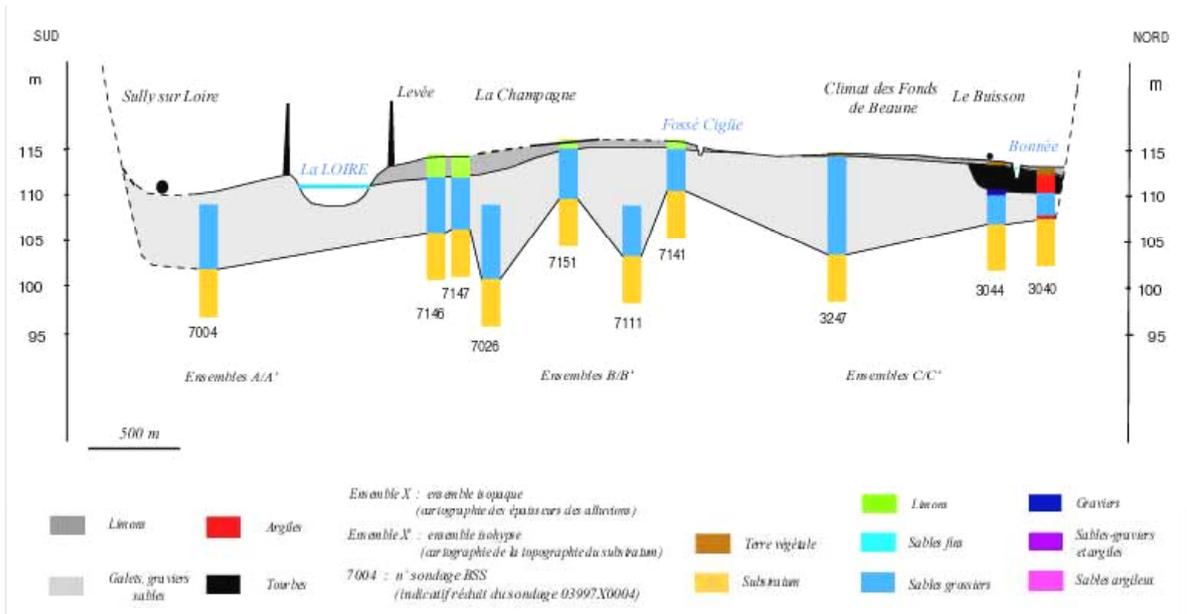
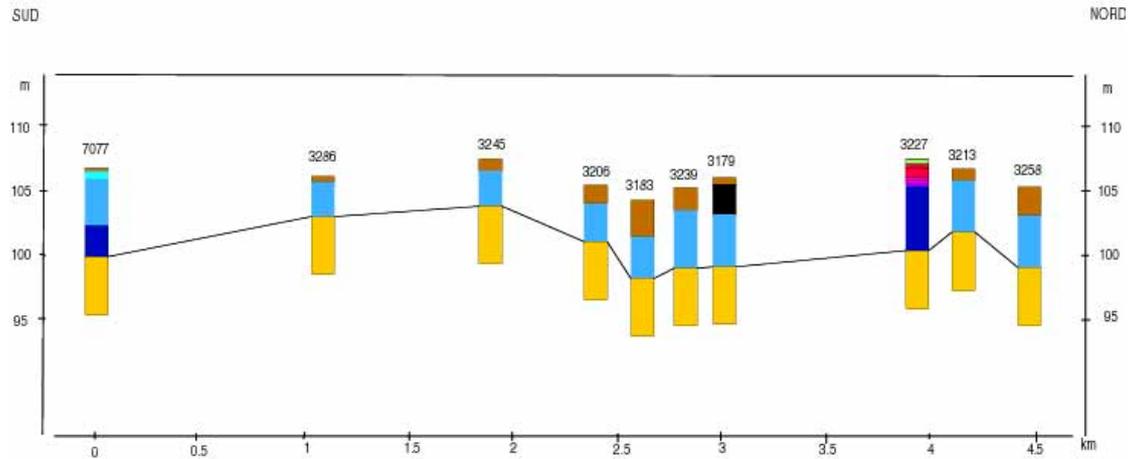


Fig. 20 - Interprétation lithostratigraphique du profil transversal 2.



7077 : indicatif réduit du sondage numéro correspondant (03997X0077)



Fig. 21 - Profil transversal 3.

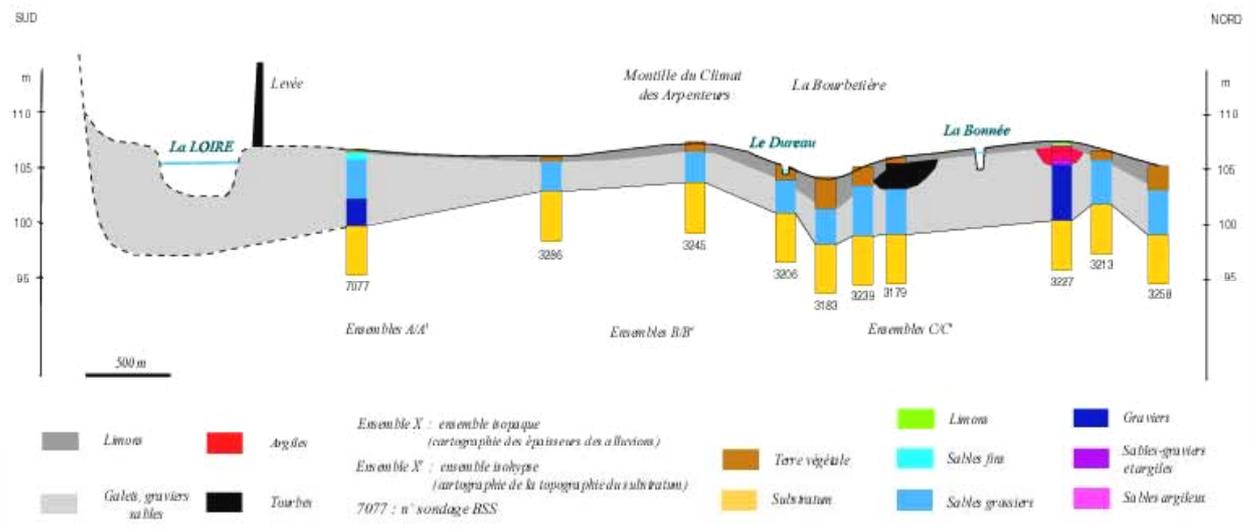


Fig. 22 - Interprétation lithostratigraphique du profil transversal 3.

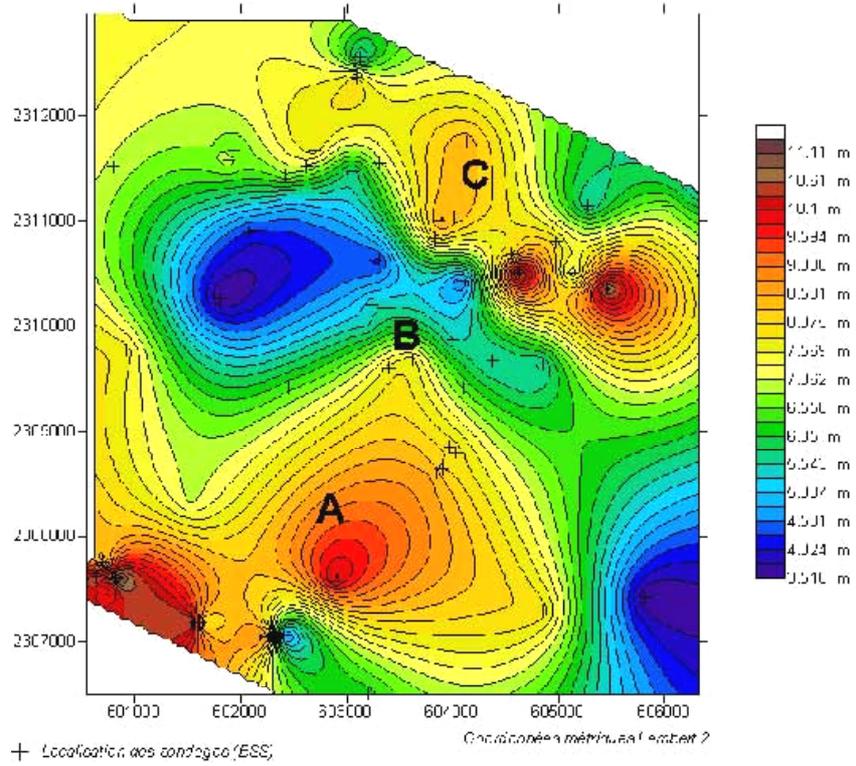


Fig. 23 - Épaisseur des alluvions - Fenêtre 1.

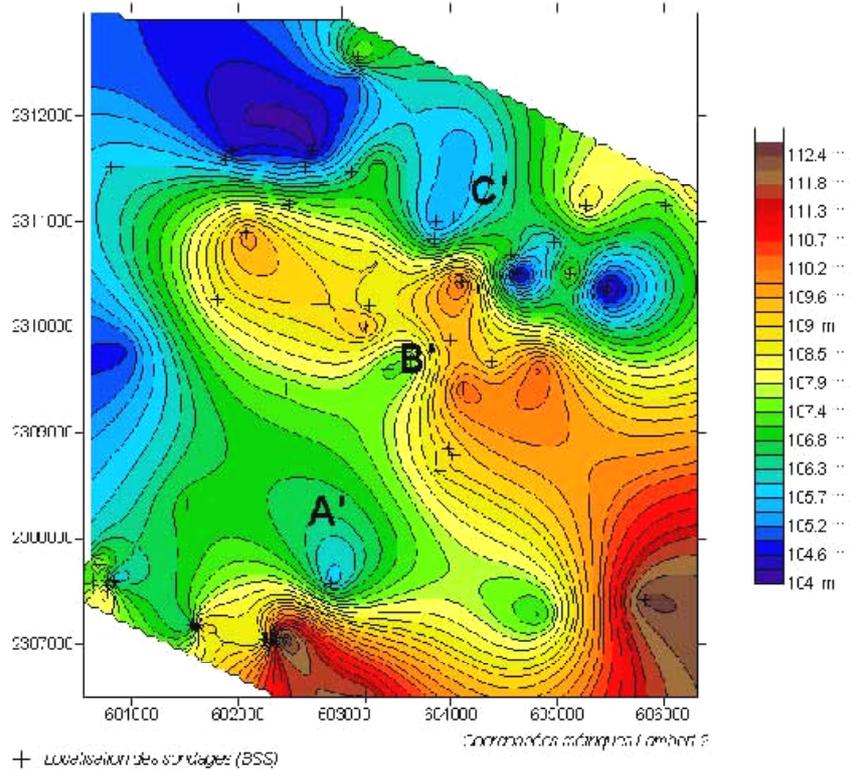


Fig. 24 - Topographie du toit du substratum - Fenêtre 1.

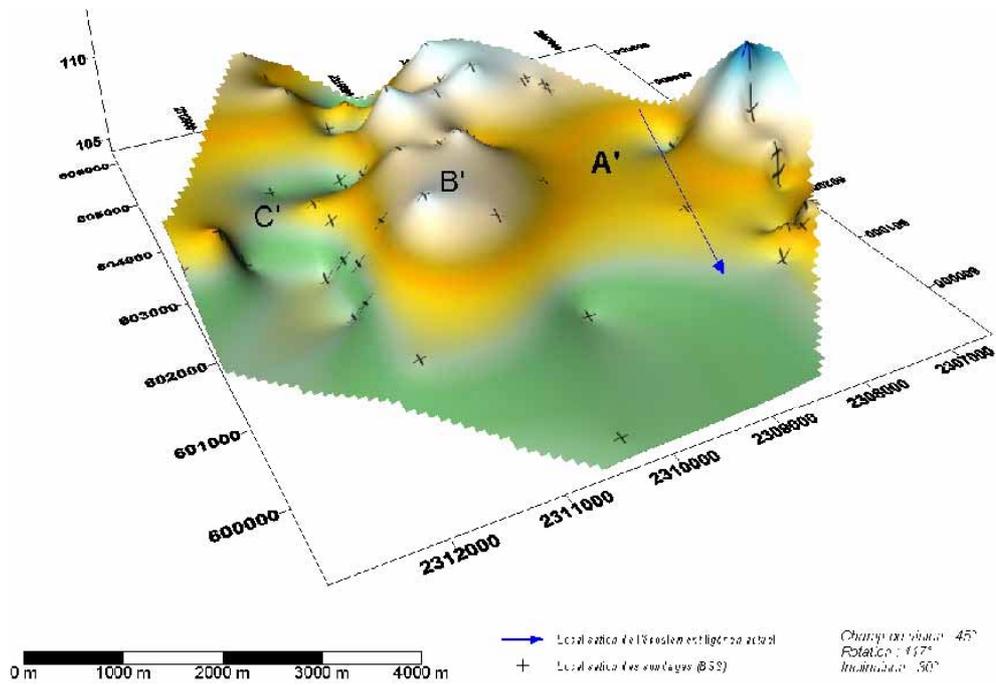


Fig. 25 - Représentation de la topographie du substratum en trois dimensions - Fenêtre 1.

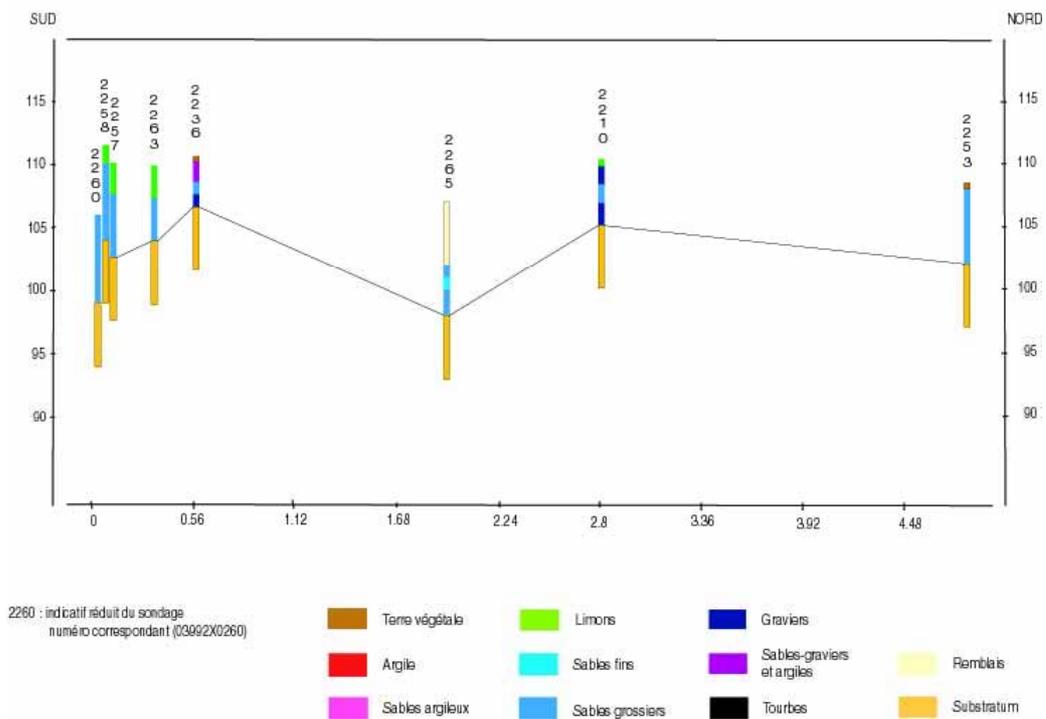


Fig. 26 - Profil transversal 4.

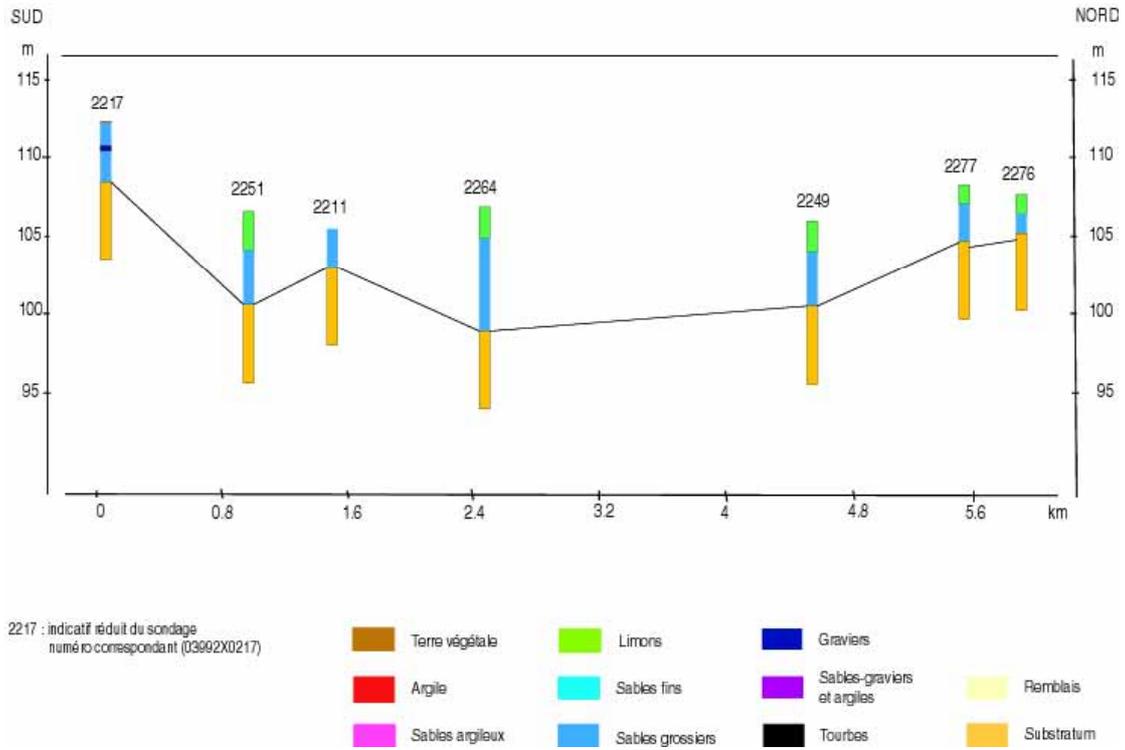


Fig. 27 - Profil transversal 5.

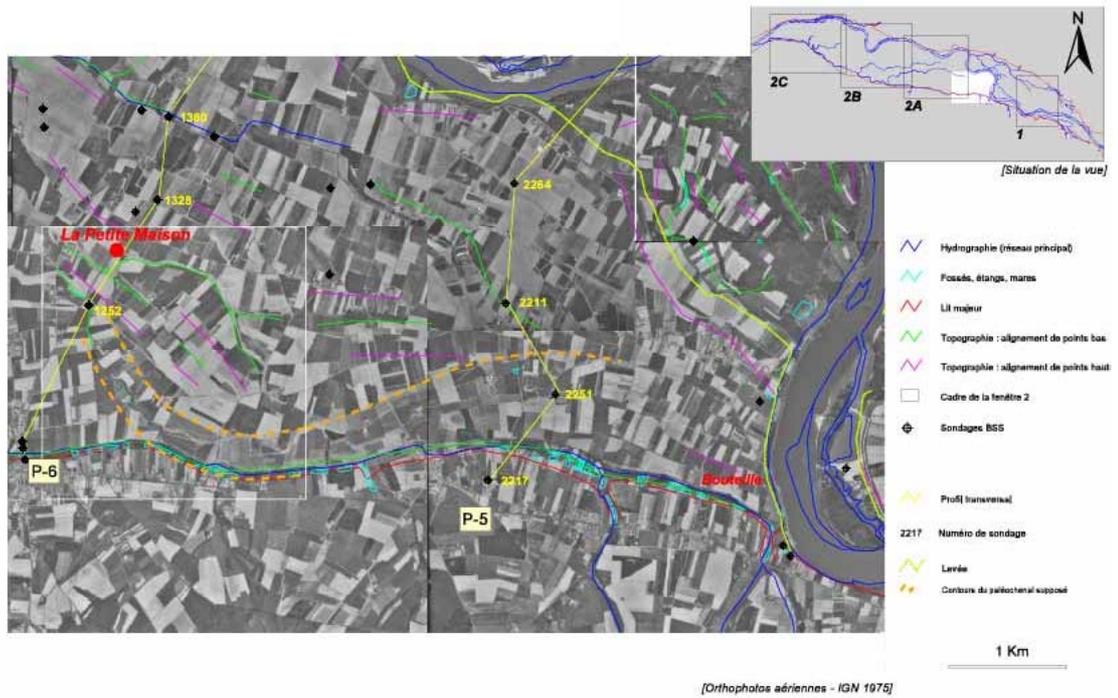


Fig. 28 - Les indices géomorphologiques du paléochenal de Bouteille - La Petite Maison.

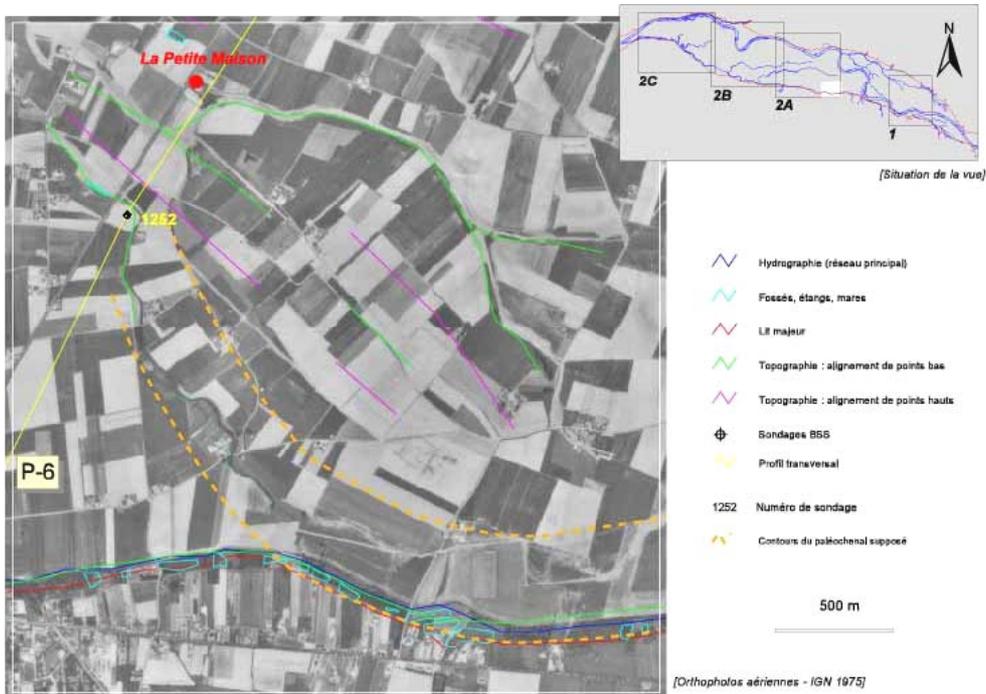


Fig. 29 - Les indices géomorphologiques du paléochenal dans le secteur La Petite Maison.

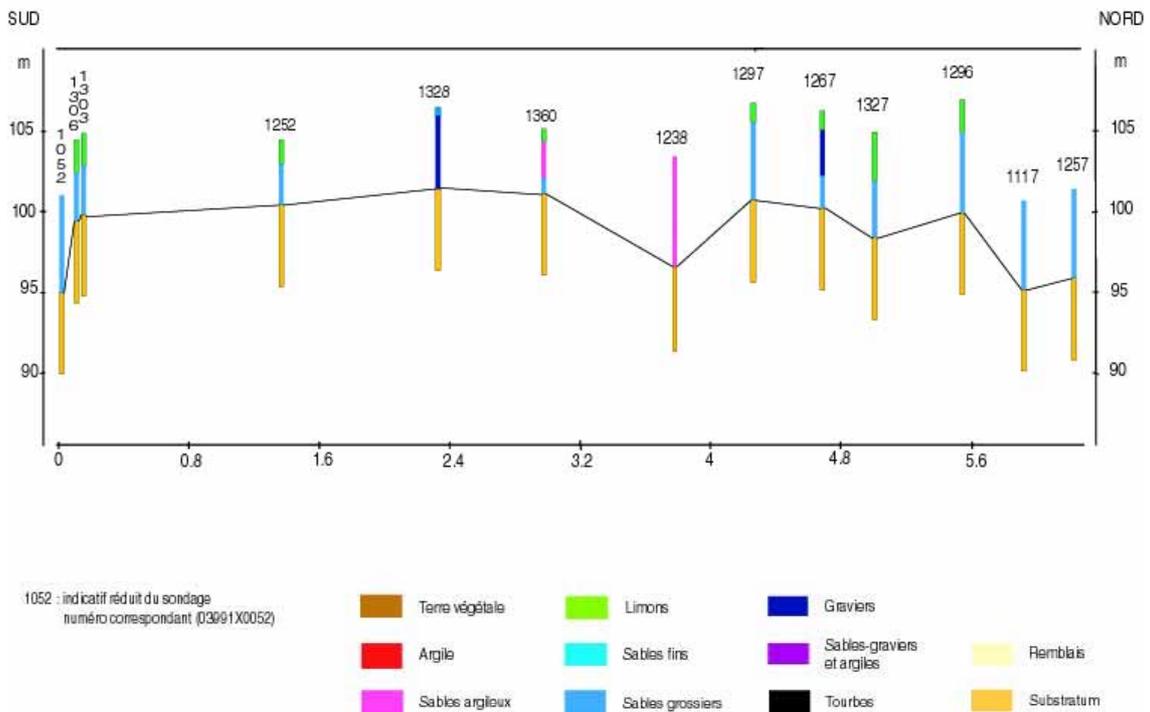


Fig. 30 - Profil transversal 6.

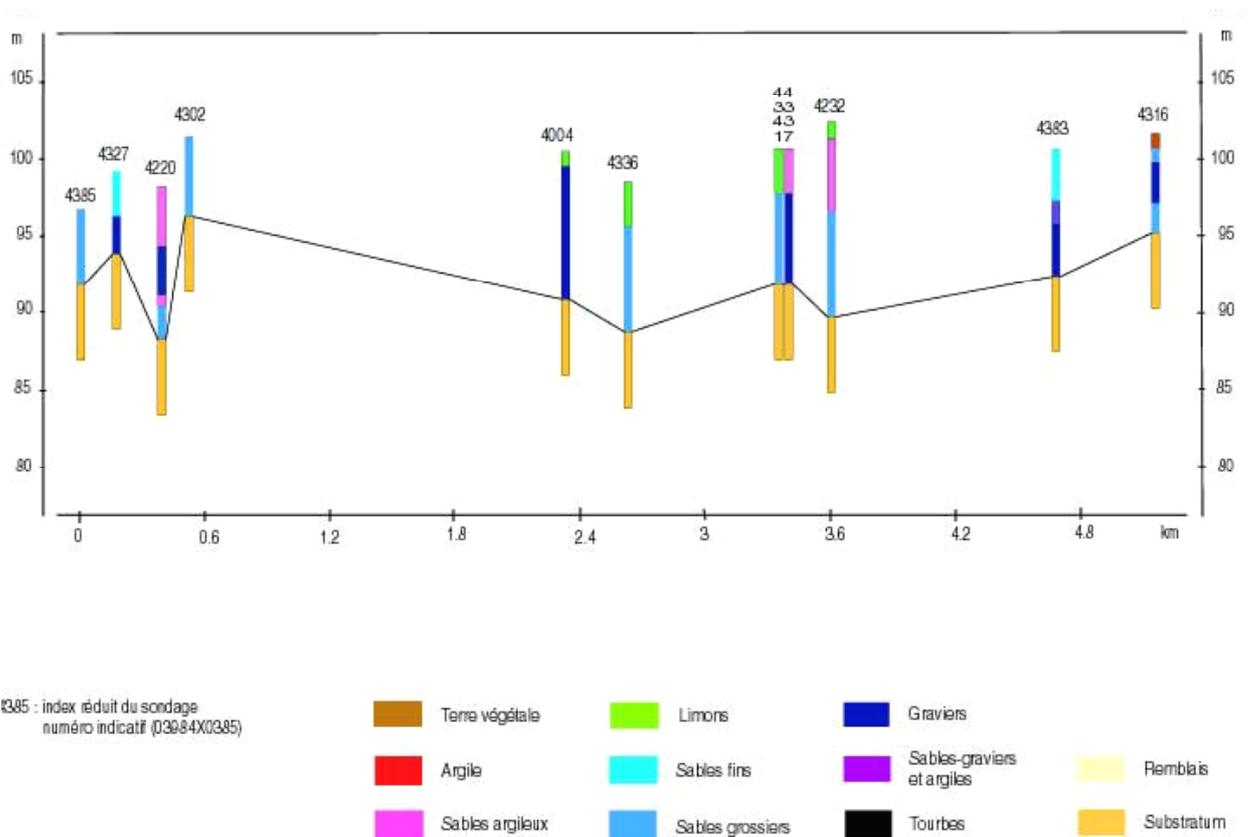


Fig. 33 - Profil transversal 9.

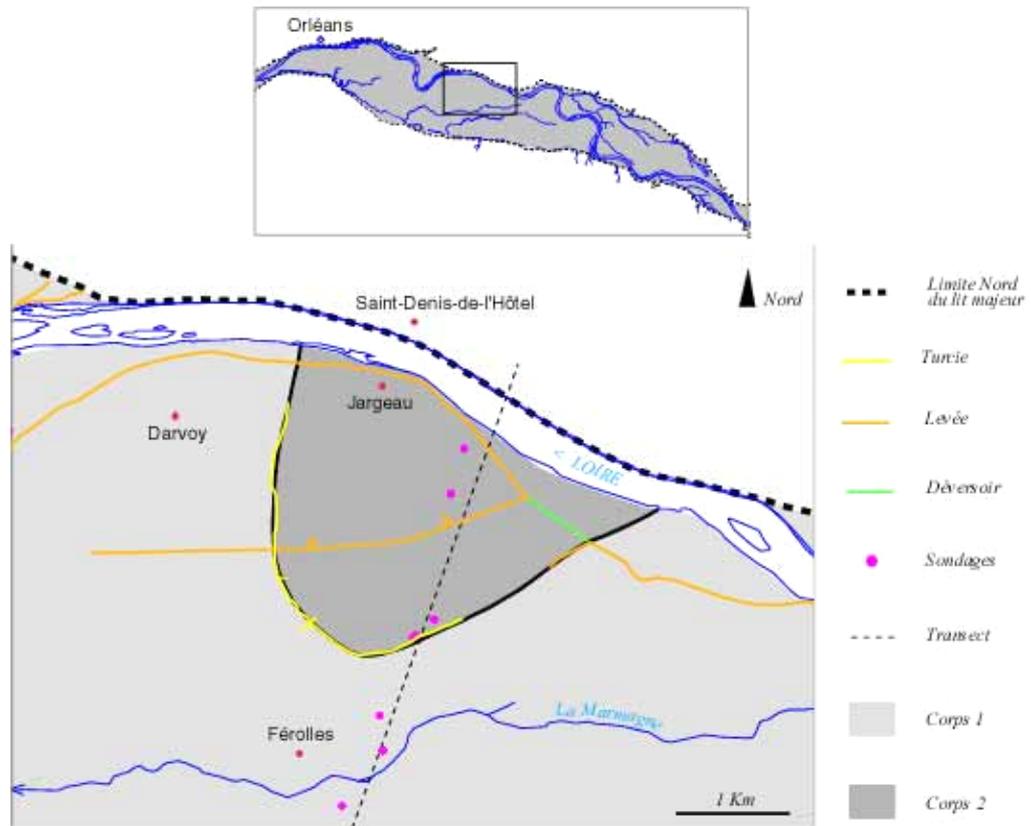


Fig. 34 a - Carte des formations alluviales du val d'Orléans dans le secteur de Jargeau.

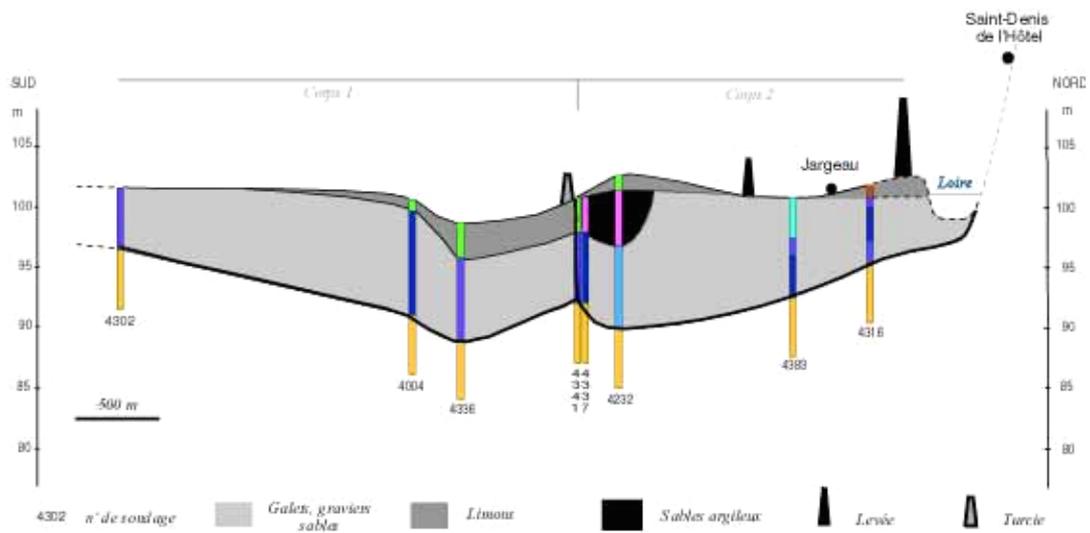


Fig. 34 b - Transect schématique des alluvions du val d'Orléans dans le secteur de Jargeau.

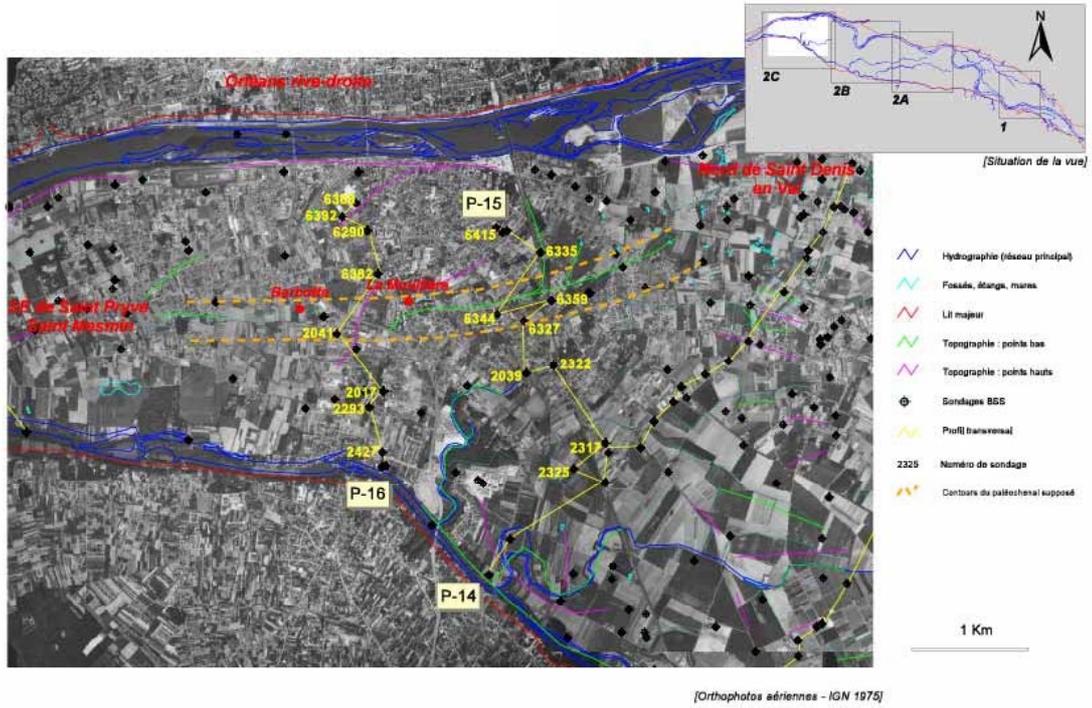


Fig. 35 - Les indices géomorphologiques du paléochenal d'Orléans - Sud.

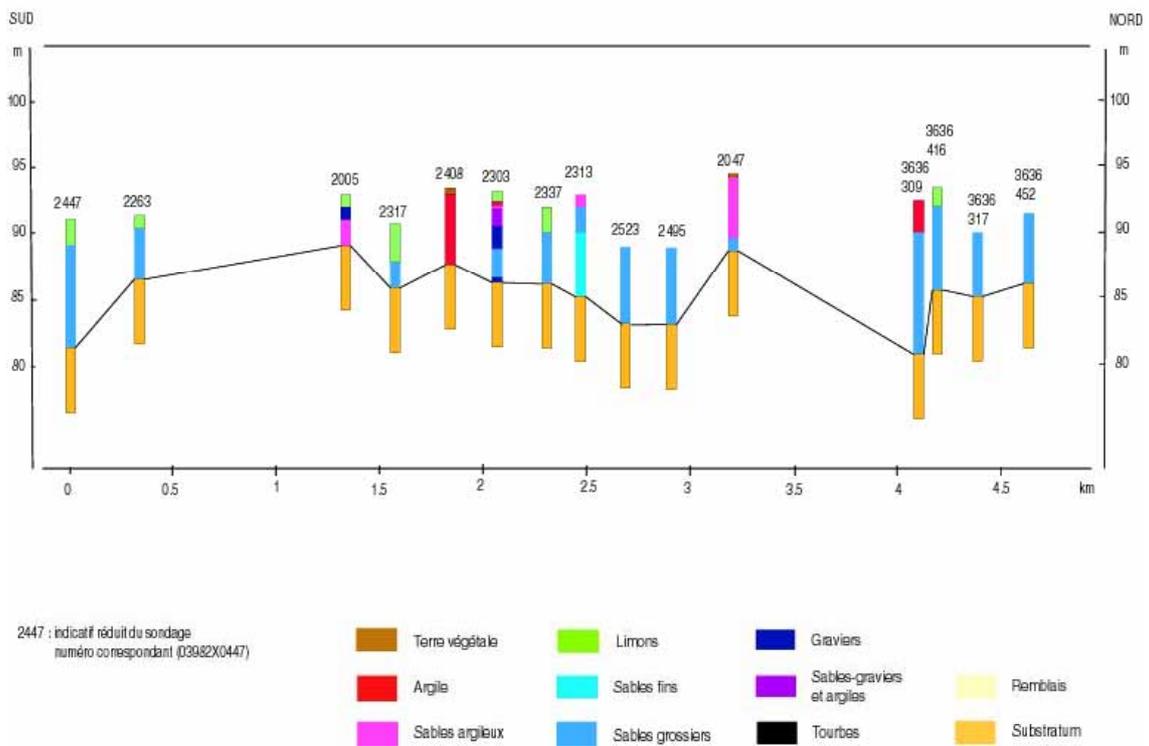


Fig. 36 - Profil transversal 14.

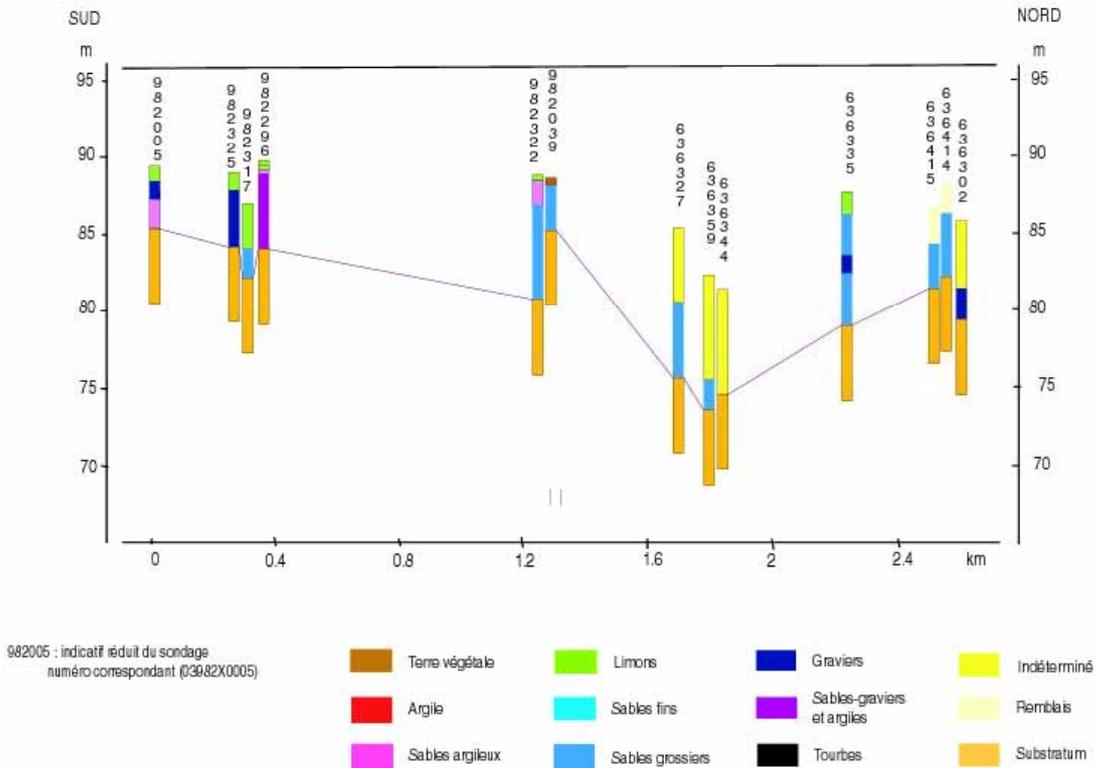


Fig. 37 - Profil transversal 15.

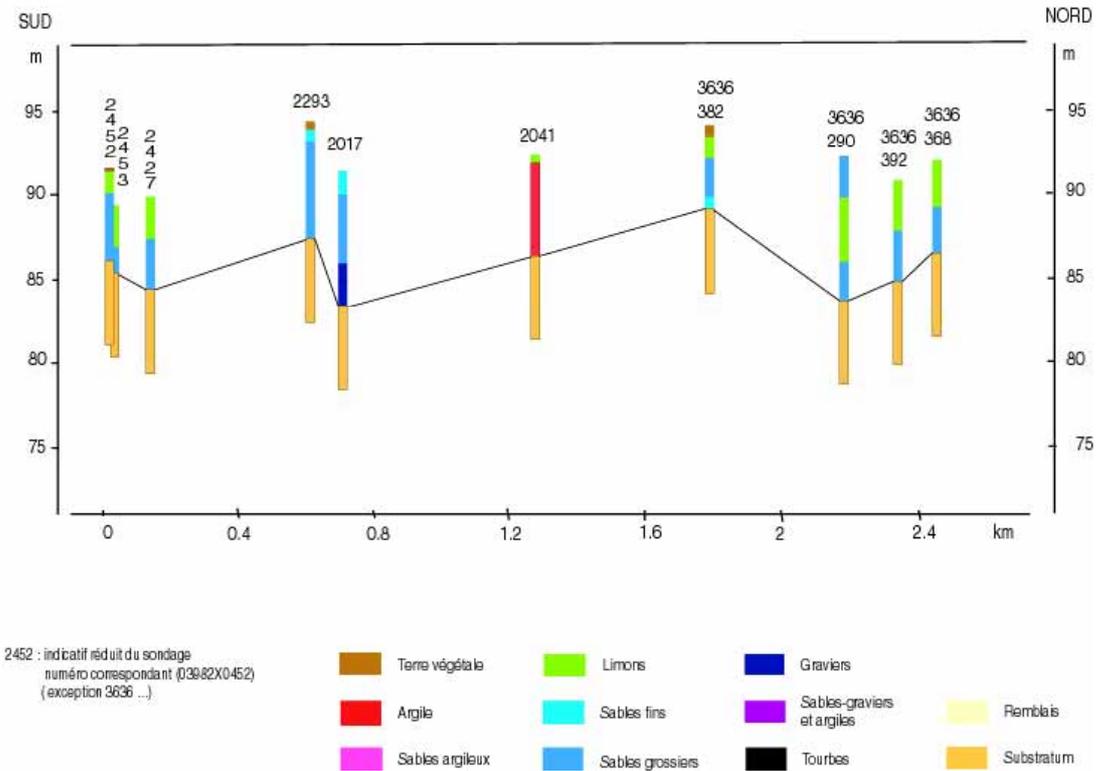


Fig. 38 - Profil transversal 16.

Fig. 39 - Turcie de Jargeau au lieu-dit Le Talus.

Au nord (à gauche) :
le Bourg de Jargeau.
Au sud (à droite) :
le reste du val.



Fig. 40 - Végétation du quartier les Barbottes constituée en partie de Cypéracées.



Fig. 41 - Échantillon de la famille des Cypéracées (quartier les Barbottes).



Fig. 42 - Polygones de dessiccation développés au niveau de l'horizon superficiel du sol (quartier les Barbottes).

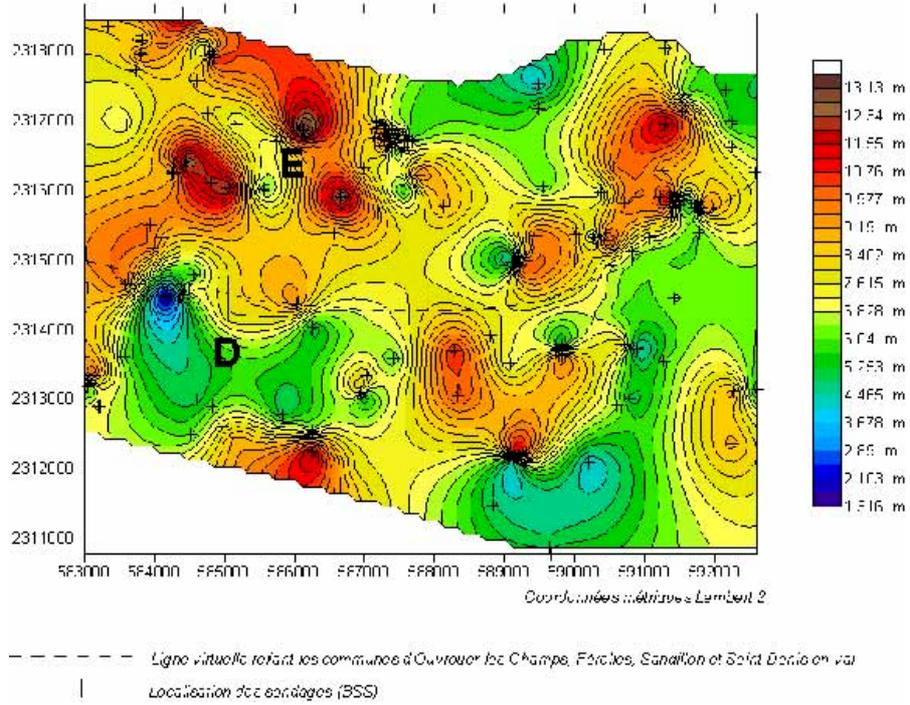


Fig. 43 - Épaisseur des alluvions - Fenêtre 2, secteur A (2A).

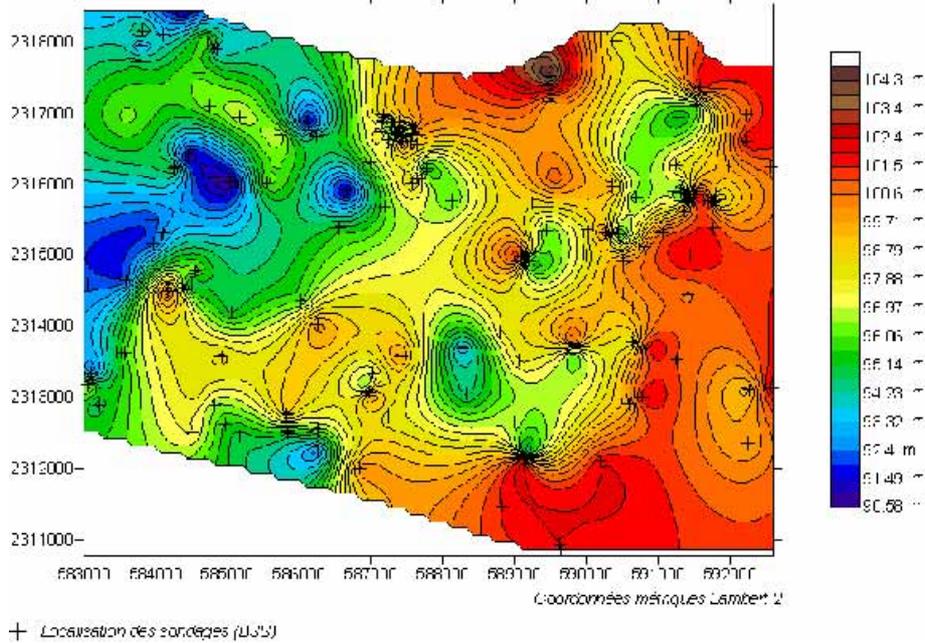


Fig. 44 - Topographie du substratum - Fenêtre 2, secteur A (2A).

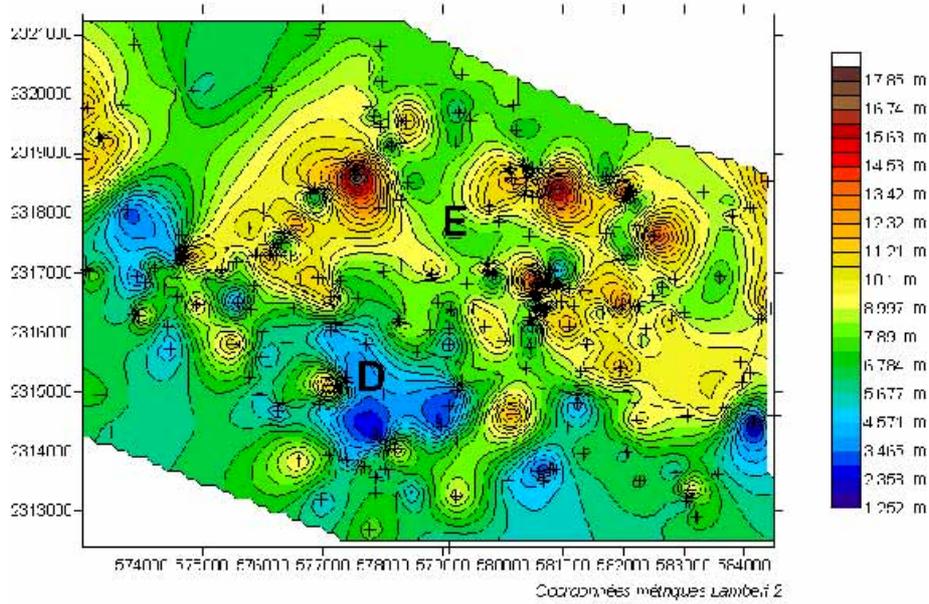


Fig. 45 - Épaisseur des alluvions - Fenêtre 2, secteur B (2B).

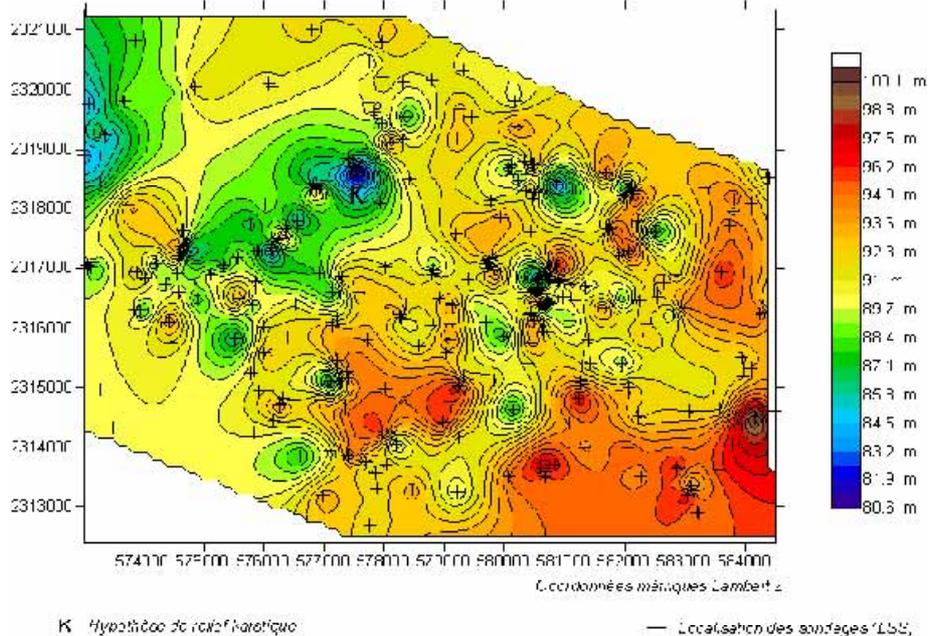


Fig. 46 - Topographie du substratum - Fenêtre 2, secteur B (2B).

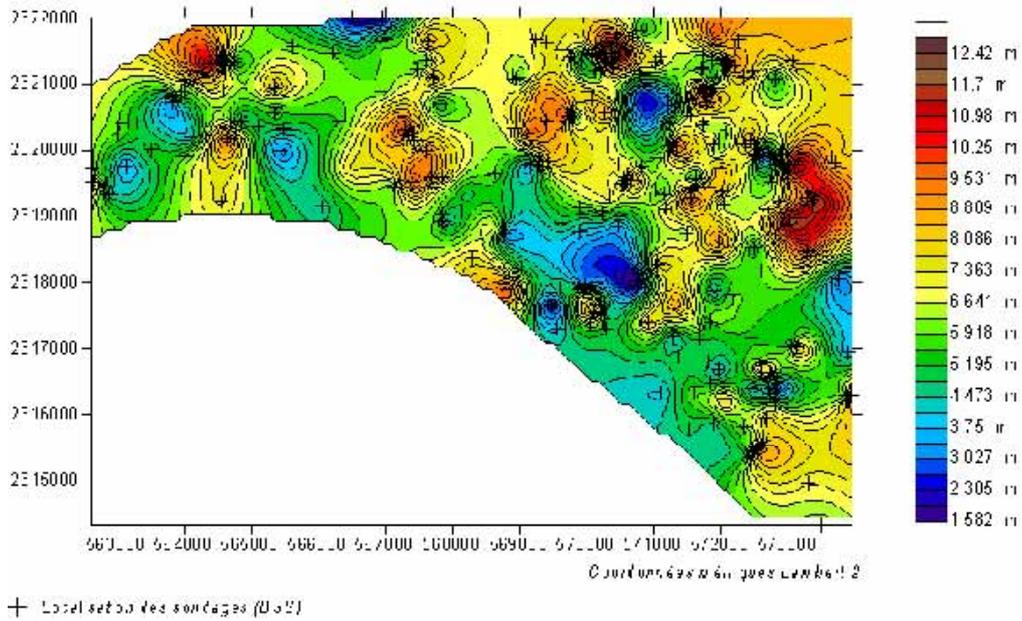


Fig. 47 - Épaisseur des alluvions - Fenêtre 2, secteur C (2C).

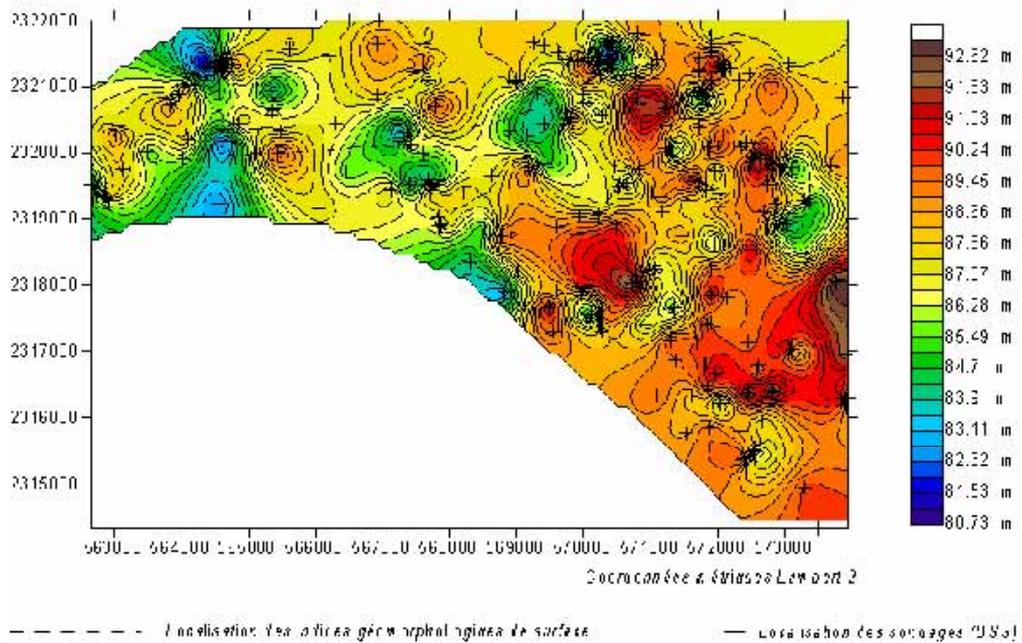


Fig. 48 - Topographie du substratum - Fenêtre 2, secteur C (2C).

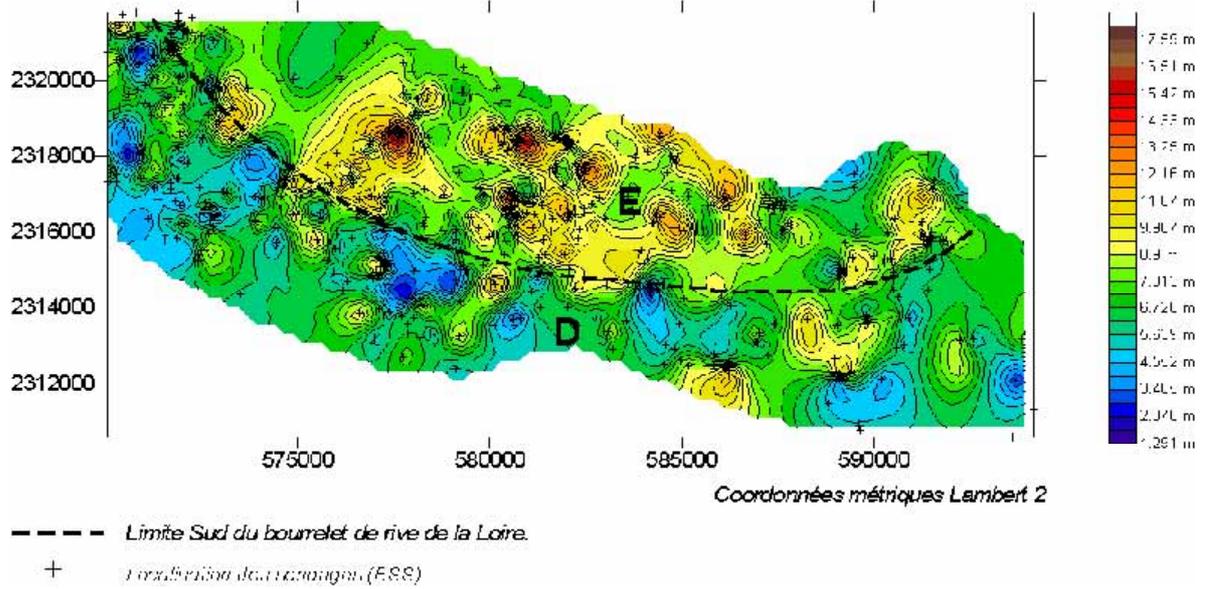


Fig. 49 - Épaisseur des alluvions dans le val d'Orléans, rive gauche.

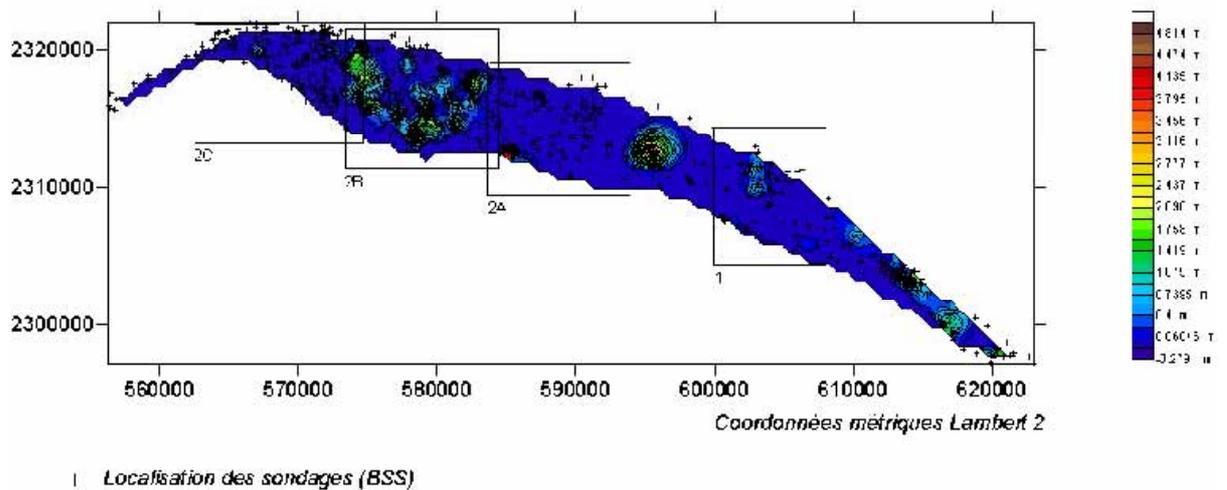


Fig. 50 - Épaisseur cumulée des argiles dans le val d'Orléans.

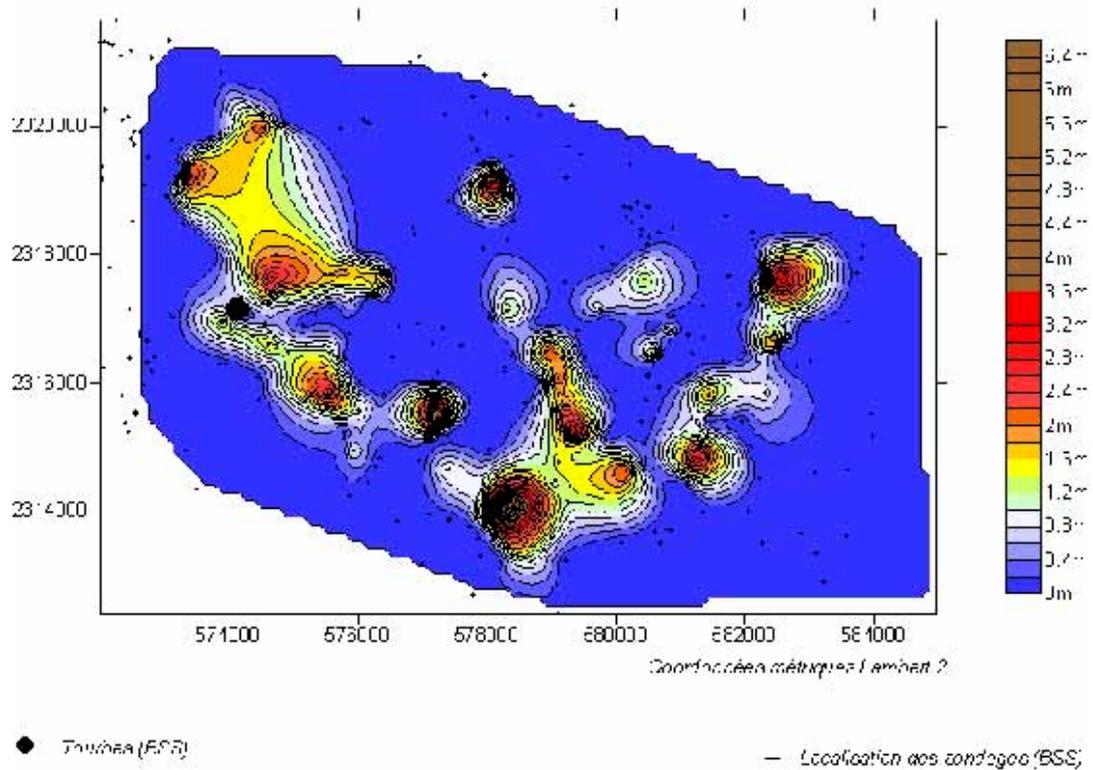


Fig. 51 - Épaisseur cumulée des argiles - Fenêtre 2, secteur B (2B).

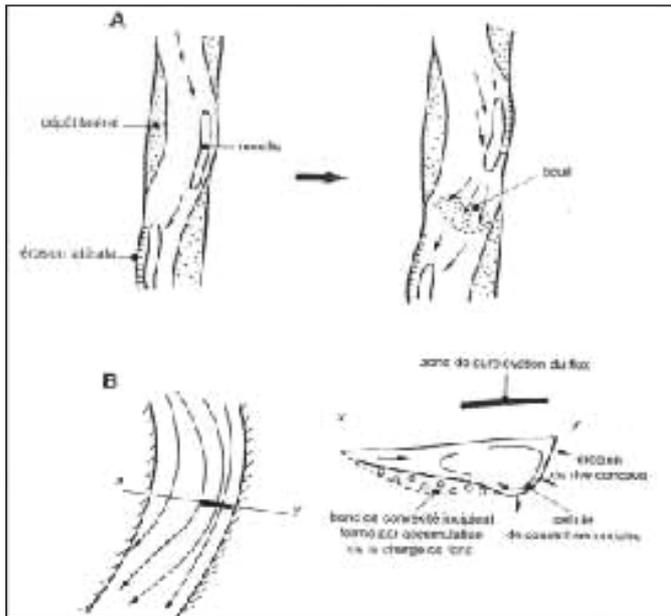


Fig. 52 - Les méandres, comme produits des modalités d'écoulement (Bravard, 1997).

A - Transformation de bancs alternés en seuils et mouilles, avec flux divergents sur les seuils et flux convergents dans les mouilles (Keller et Melhorn, 1973).

B - Oscillation d'un talweg potentiellement instable, une surélévation se produit en y et intensifie les cellules de courant secondaire avec formation de dépôts en x.

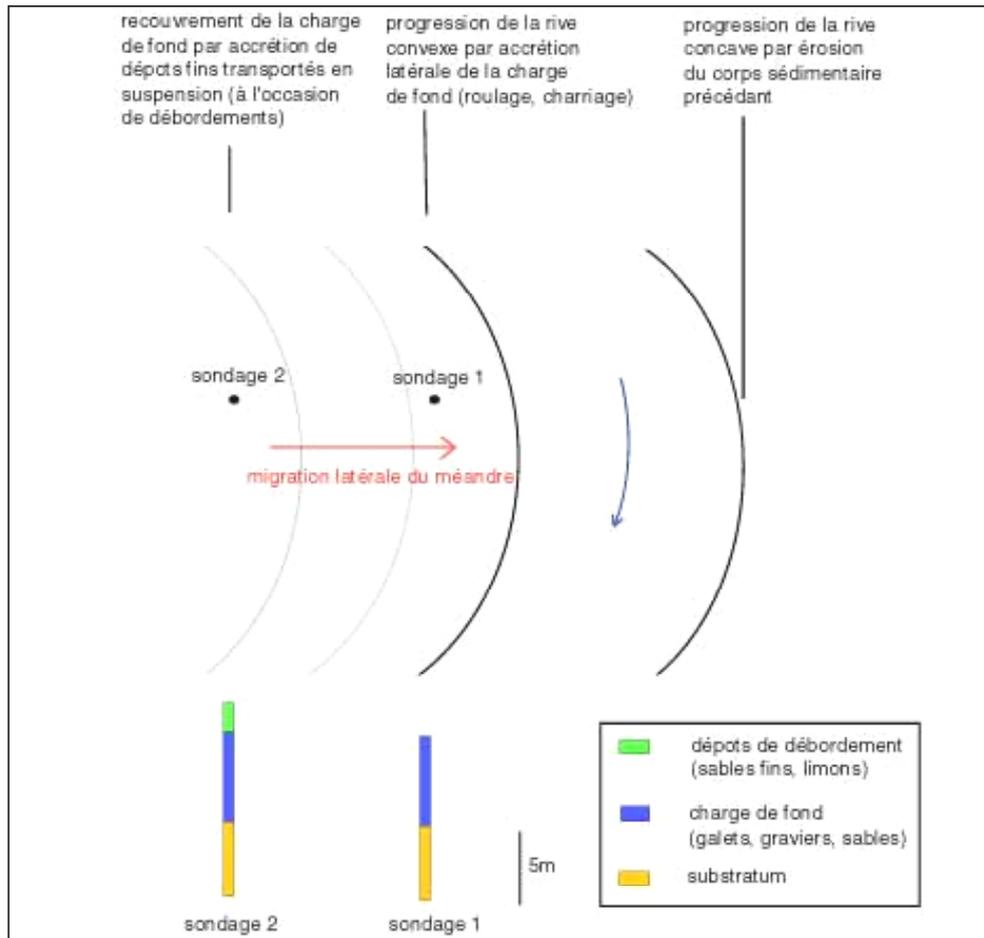


Fig. 53 - Les implications stratigraphiques d'une migration latérale de méandre dans le val d'Orléans.

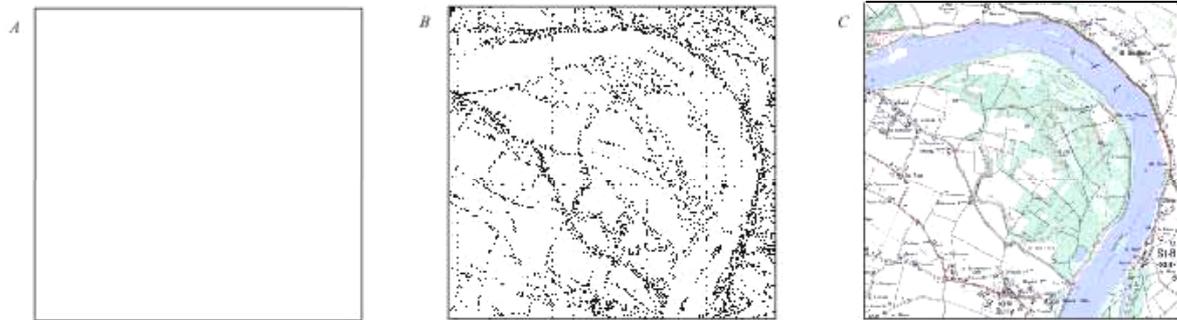
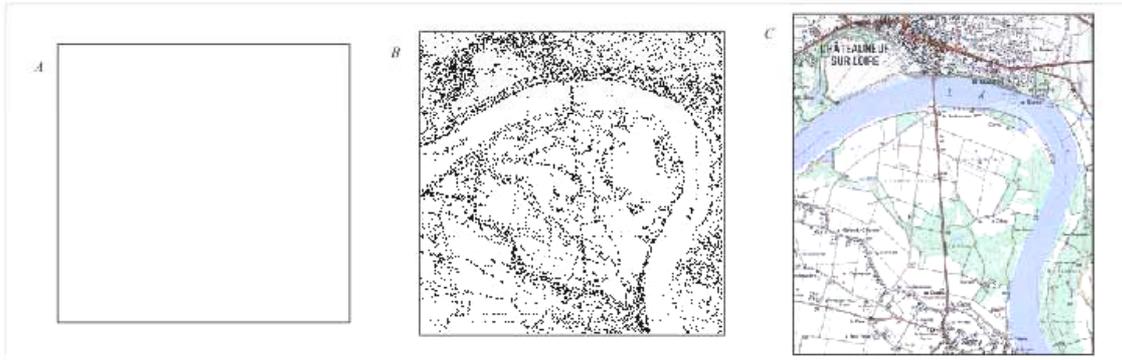


Fig. 54 - Évolution du système « riots-îles-bras vif » de Sigloy du XVIII^e au XX^e siècle.



*A : Extraits de la carte du cours de la rivière Loire depuis Braine jusqu'à Orléans dressée en 1709.
B : Extraits de la carte du val d'Orléans dressée par les ingénieurs des Ponts et Chaussées en 1850.
C : Extraits de la carte IGN 1/25 000.*

Fig. 55 - Évolution du système « riots-îles-bras vif » de Guilly du XVIII^e au XX^e siècle.



Fig. 56 - Adaptation du réseau de communication à la présence du paléoriot « Vieille rivière de Loire » au nord de Sigloy (surélévation des rails du tramway).

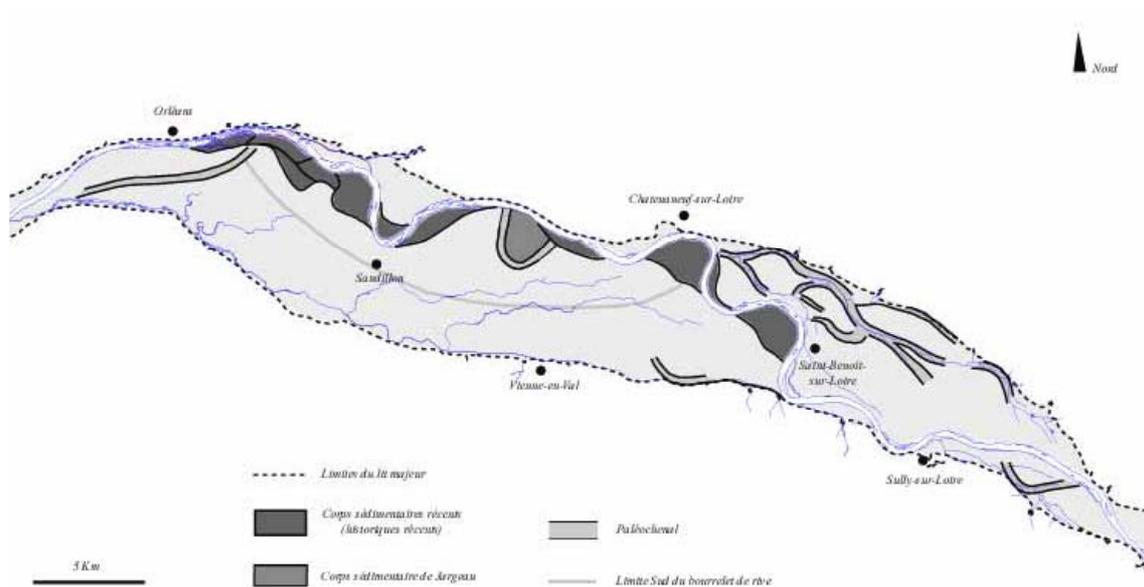


Fig. 57 - Les formations alluviales du val d'Orléans.

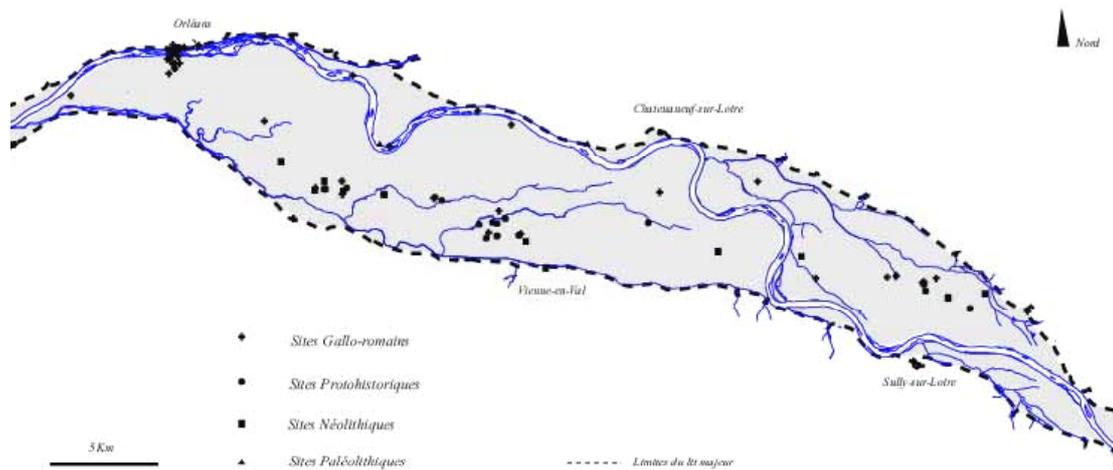


Fig. 58 - Répartition des sites archéologiques du Paléolithique à la période gallo-romaine dans le val d'Orléans.

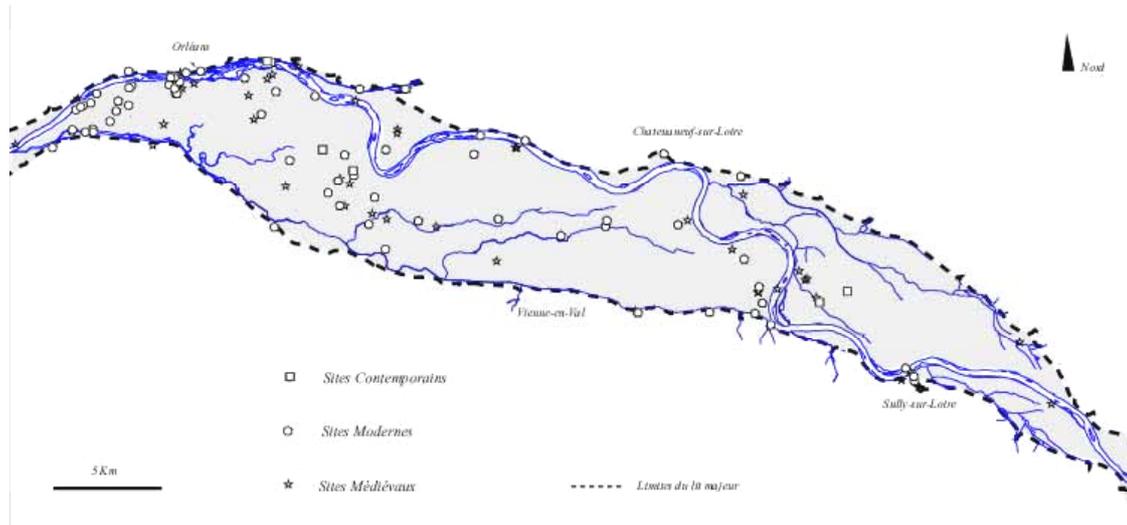


Fig. 59 - Répartition des sites archéologiques des périodes médiévale, moderne et contemporaine dans le val d'Orléans.

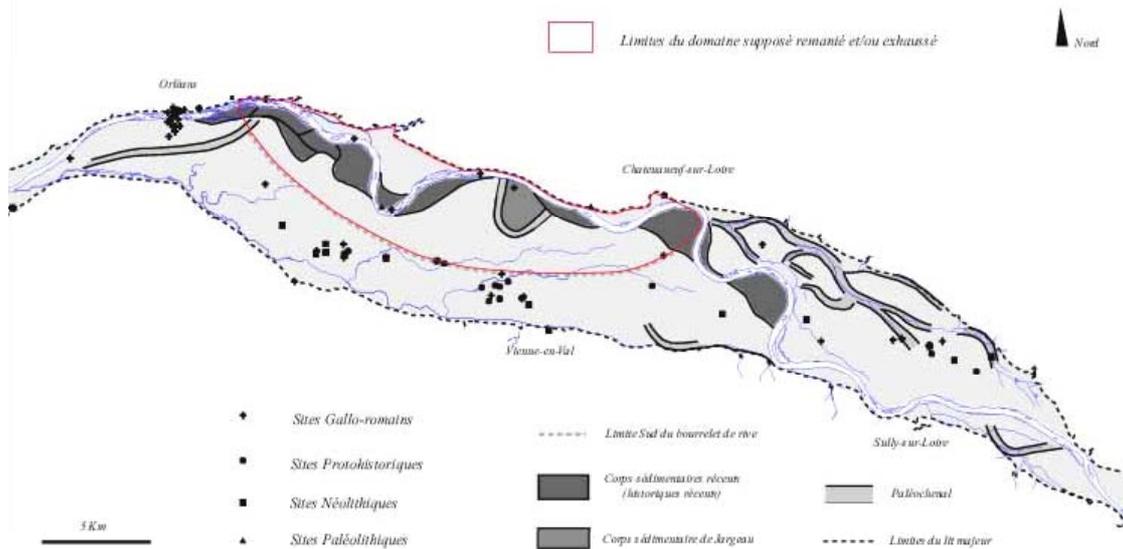


Fig. 60 - L'hétérogénéité du potentiel archéologique du val d'Orléans corrélée aux modalités de genèse de sa plaine alluviale.

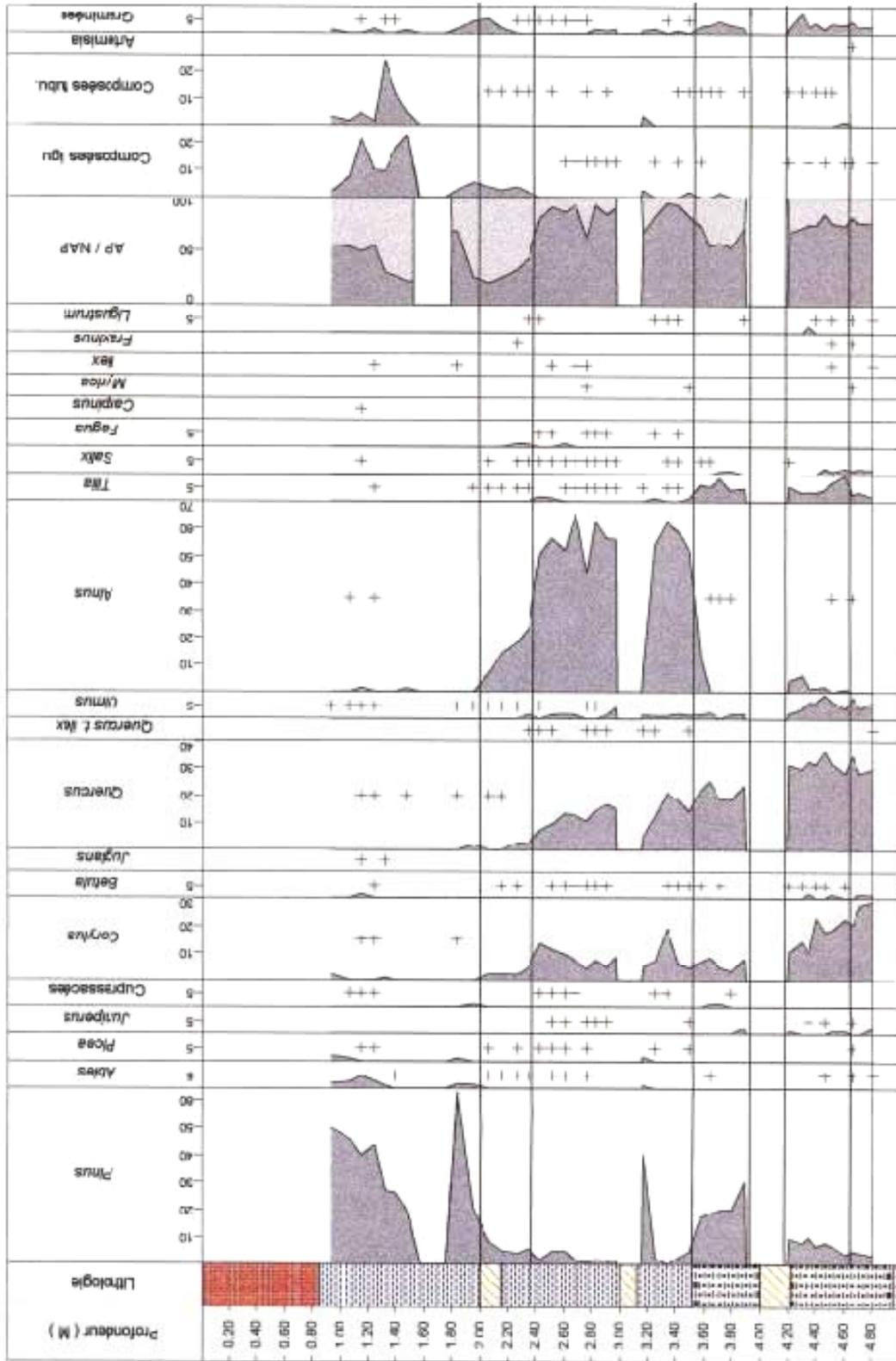


Fig. 61a - Diagramme palynologique du sondage M27b (données du val d'Avaray - Garcin et al., 2001).

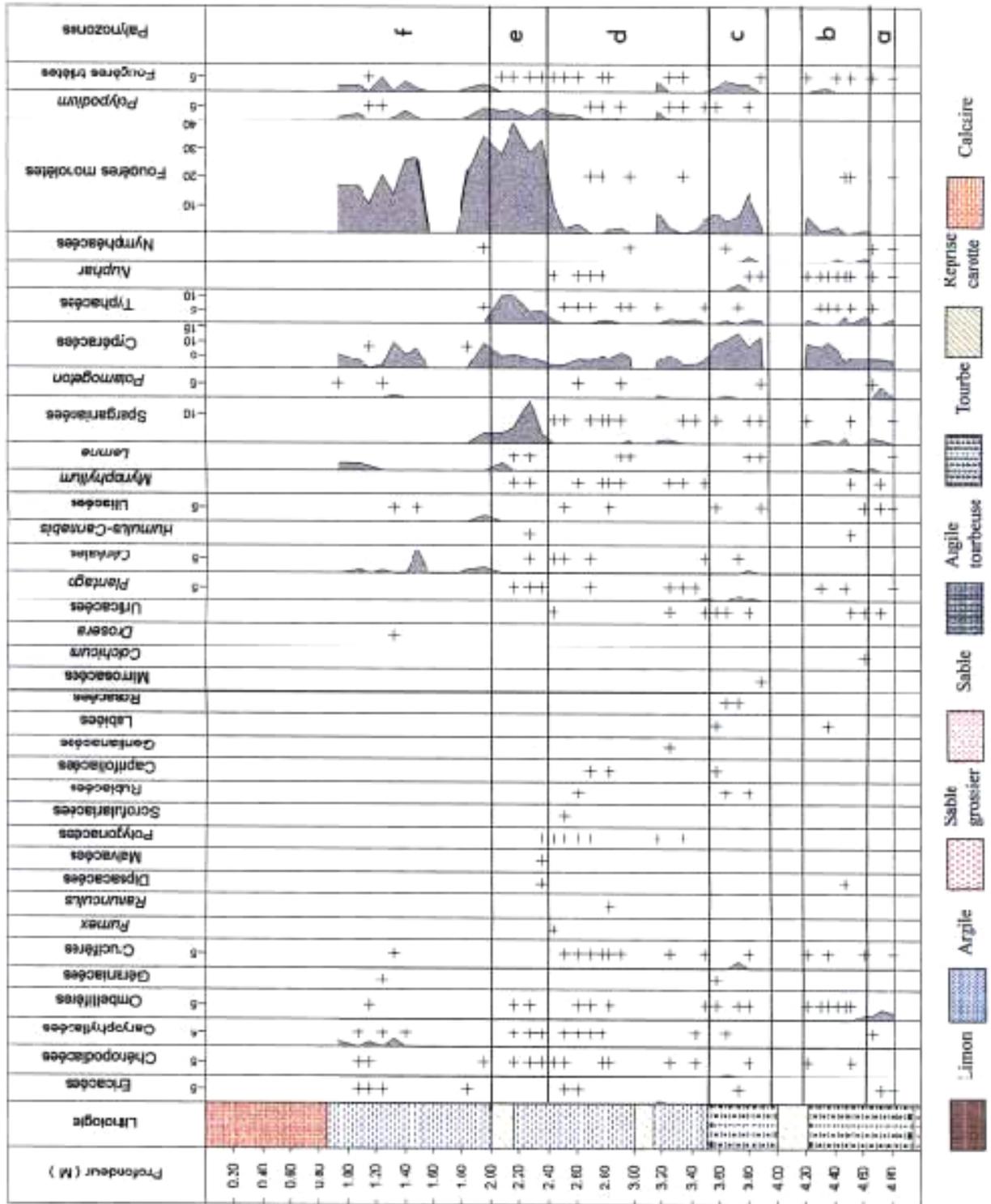


Fig. 61b - Diagramme palynologique du sondage M27b (Garcin et al., 2001).

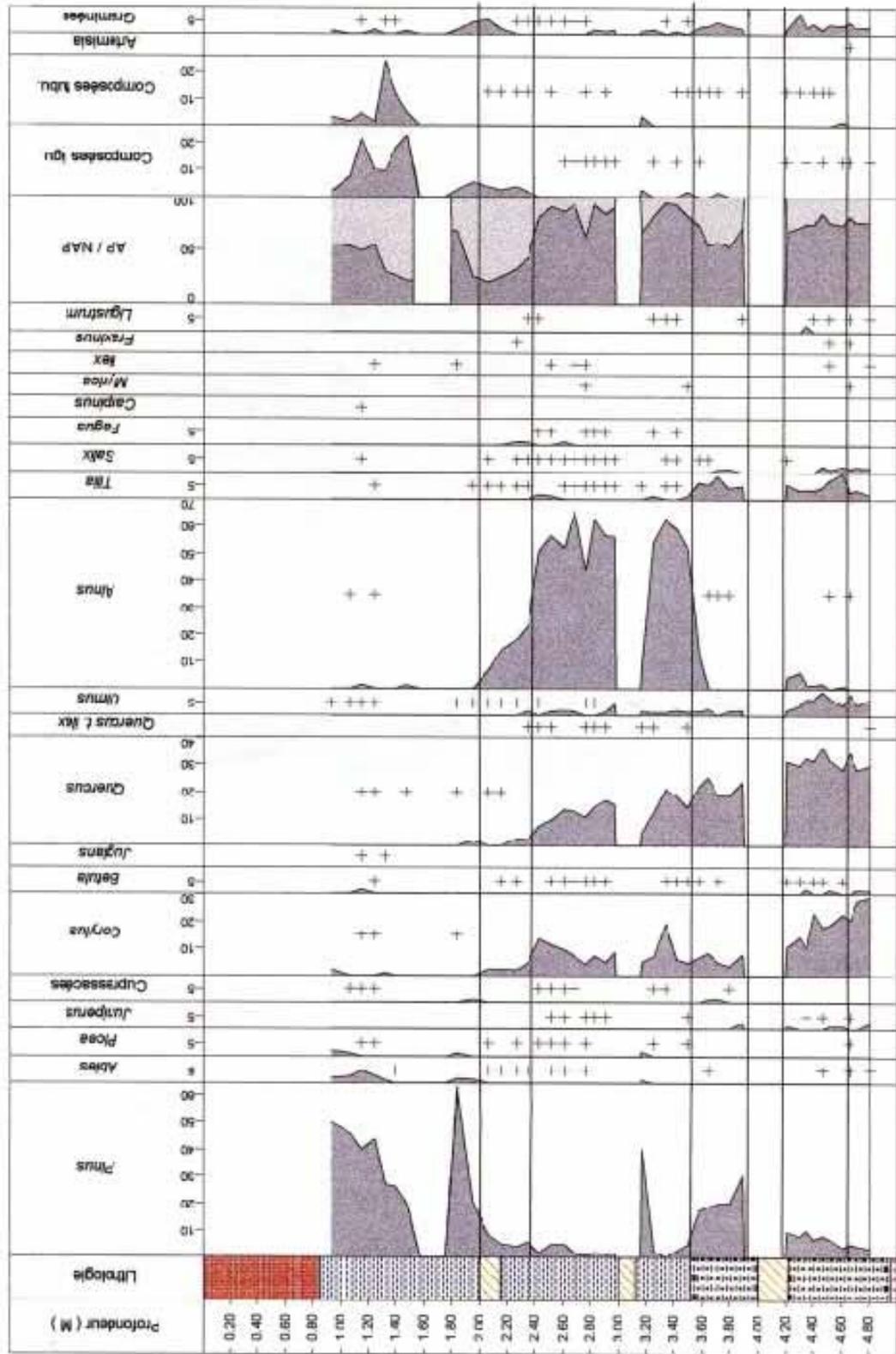


Fig. 62a- Diagramme palynologique du sondage M25b (Garcin et al., 2001).

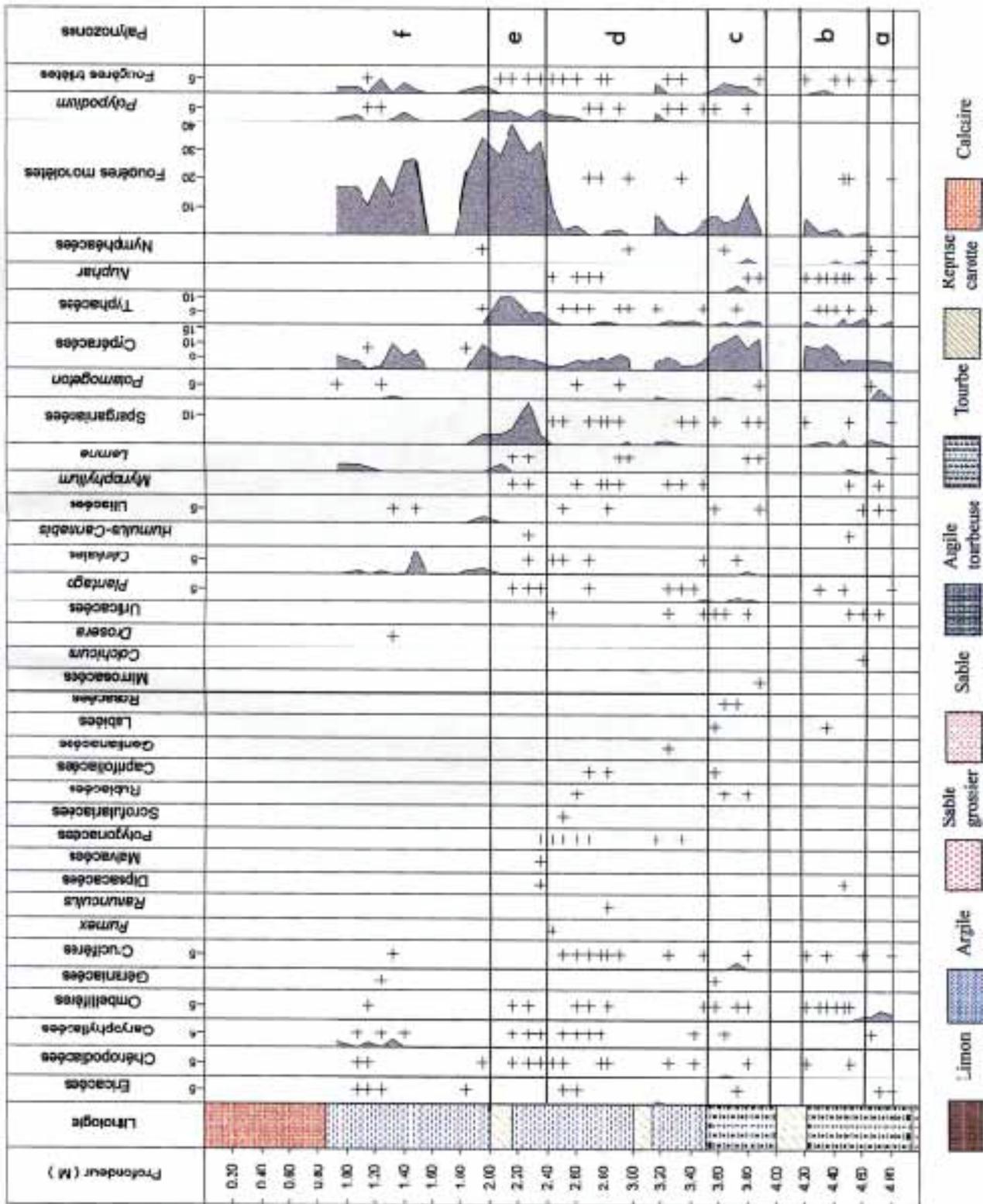


Fig. 62b - Diagramme palynologique du sondage M25b (Garcin et al., 2001).

Age (ka)	Ferocées	M100	R.	M2, D	R.	M200	R.	M190	R.		
1	Subatlantique			Pinus (Alnus, Quercus, Corylus), Fagales		Maximum Pinus, Fagales, Pityu. ou Pityu.	Maximum Pinus, Fagales, Pityu. ou Pityu.				
2				Maximum Pinus, Fagales						Diminution Quercus, Alnus, Fagus, Jugliformes, Quercus, Alnus, Fagus	
3	Subboréal			Pinus		Chêne d'Alnus, Quercus, Cory, Fagus et autres espèces supérieures					
4										Maximum Corylus, appaît Alnus, Fagus	
5	Atlantique	Maximum Alnus		Pinus		Maximum Corylus, appaît Alnus, Fagus					
6										Pinus, Pinus augmente	
7										Quercus, Tilia, Maximum Alnus, appaît Alnus, Corylus, Quercus, Quercus, Corylus (Pinus)	
8	Boréal	Hiatus		Maximum Corylus (Quercus, Ulmus)							
9	Preboréal	Maximum Pinus									
10	Tardiglaciaire	Hiatus									
11										Pinus, Fagales	
12											

Fig. 63 - Évolution de la végétation au cours de l'Holocène dans le val d'Avaray (d'après Garcin et al. 2001).

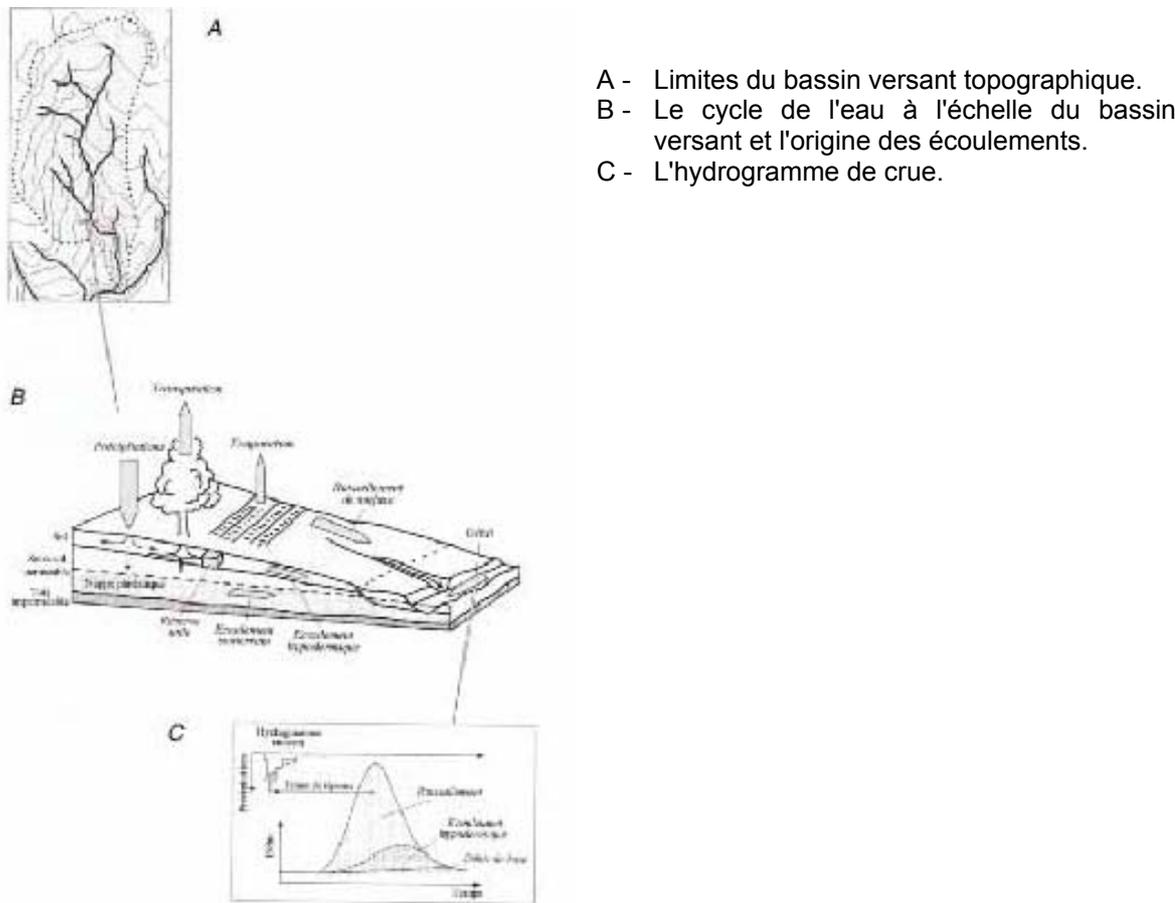


Fig. 64 - Réseau hydrographique et écoulement (Bravard 1999)

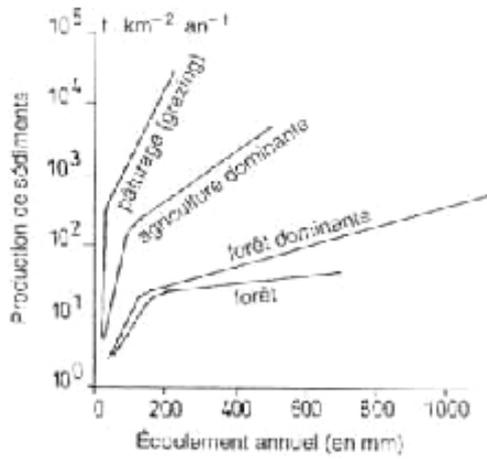


Fig. 65 - Relation entre la production de sédiments (fraction solide) et l'écoulement annuel pour différents types d'affectation du sol (d'après Dune, 1979, in Bravard et Petit, 1997).

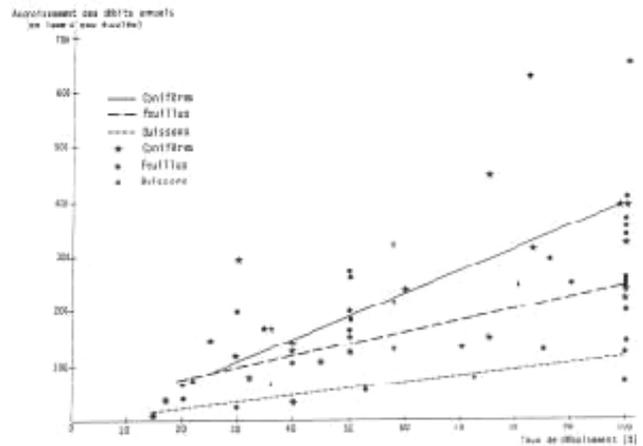


Fig. 66 - Relation entre l'accroissement des débits annuels et le taux de déboisement (d'après Bosh et Helwett).

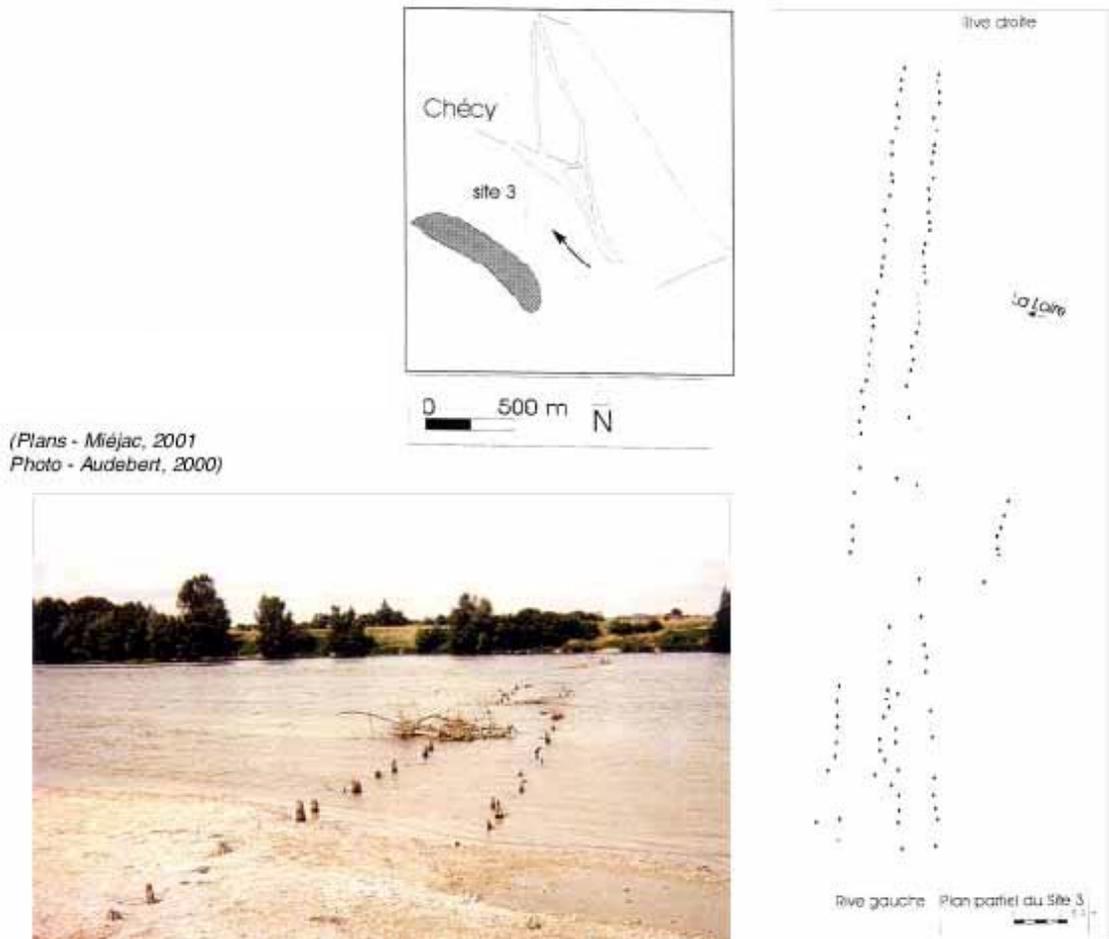


Fig. 67 - Alignement de pieux de chêne dans le lit mineur actuel.

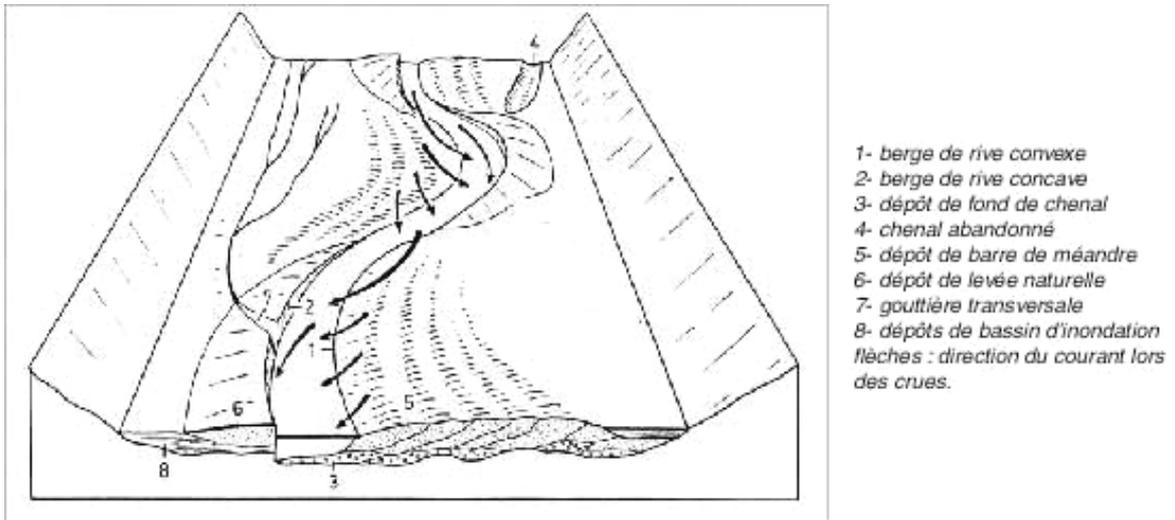


Fig. 68 - Morphologie et dépôts des cours d'eau à méandre ayant pu favoriser les installations portuaires (Allen, 1970, modifié).



La morphologie du lit mineur montre l'alternance de mouilles, seuils et grèves, les deux derniers constituant des obstacles pour la navigation.

Fig. 69 - Photo aérienne à la sortie du méandre de Bou au sud de la commune de Chécy (mission IGN, 1960).

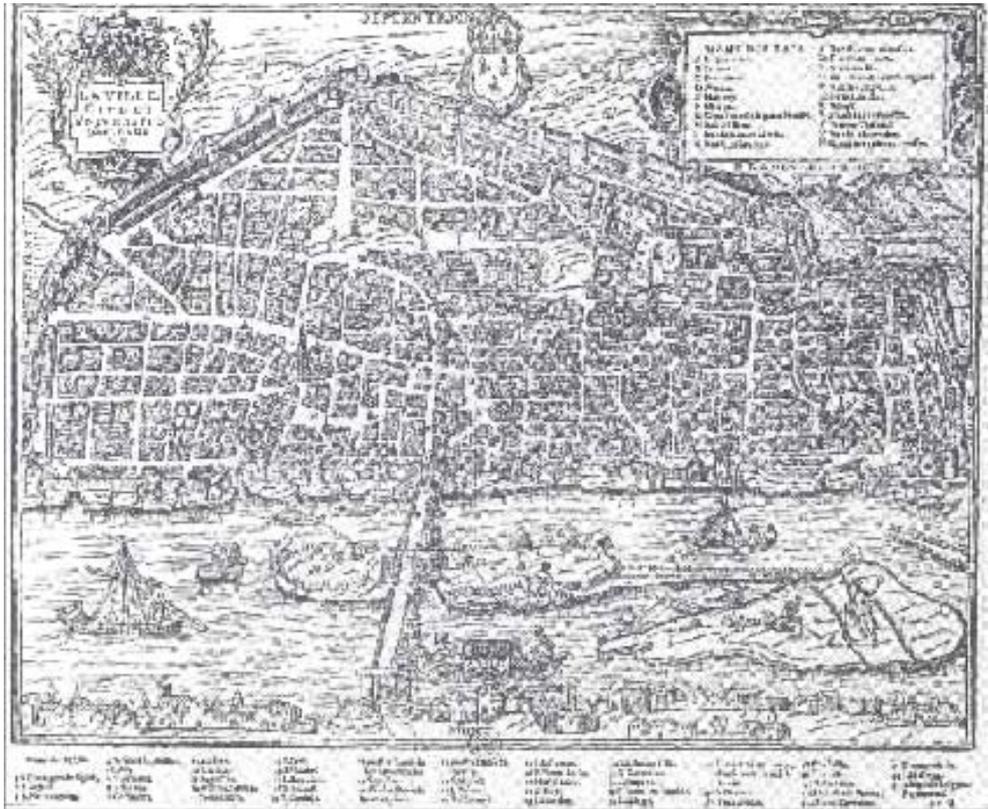


Fig. 70 - « Le vray portraict de la ville d'Orléans » en 1575 (archives du Loiret).
(Les aménagements du lit majeur sont à la mesure de l'intensité de la navigation).

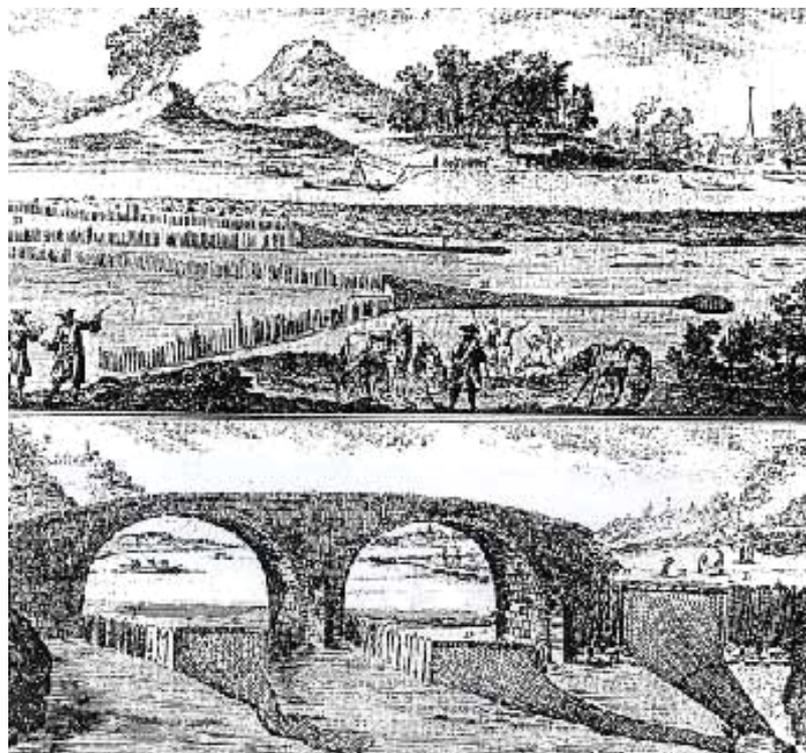


Fig. 71 - Principe des pêcheries fluviales obstruant le riot (Audebert, 2000).



Fig. 72 - Extraction actuelle d'alluvions dans le lit majeur du val d'Orléans (rive gauche, en aval de Jargeau, derrière la levée).

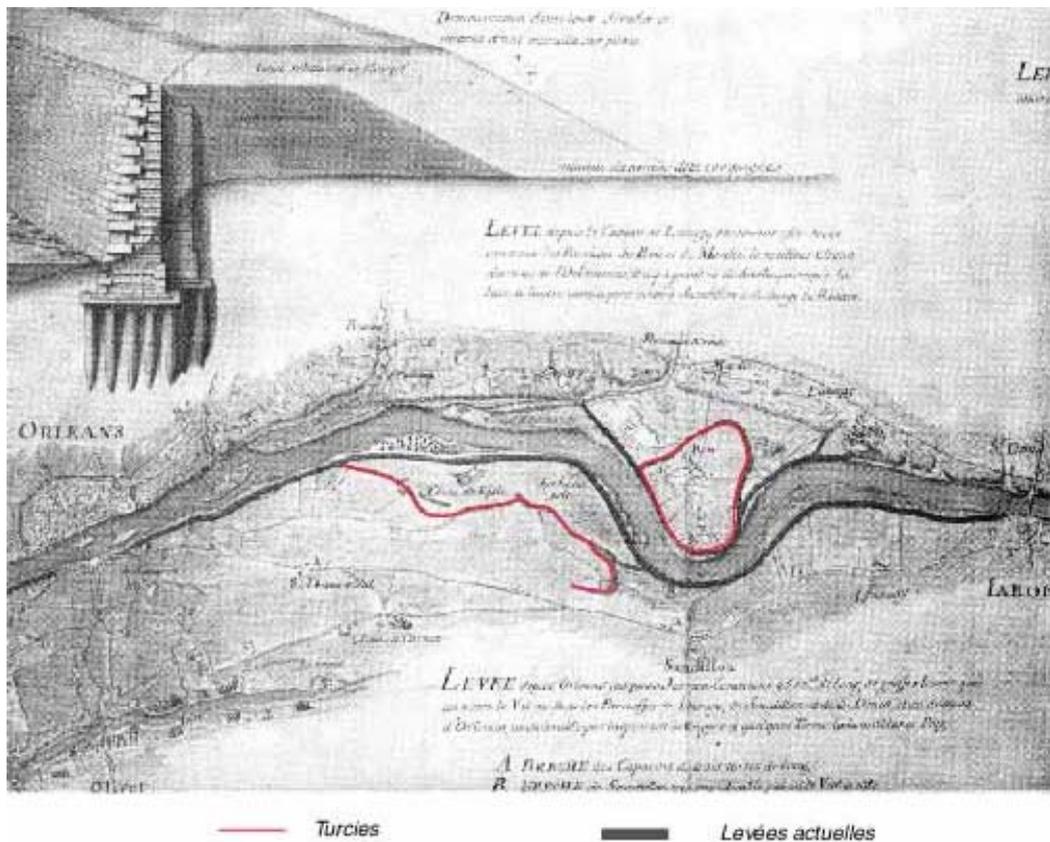


Fig. 73 - Plan de rehaussement des levées et localisation des turcies et levées en 1707 (Dion, 1934).



La rue de la petite levée construite sur la turcie Est de Bou.
A gauche : un talweg longeant la turcie sur toute sa longueur
(entre la Loire actuelle et la turcie).



US 1 : Terre végétale

US 2 : Sables roux avec graviers et quelques galets (Remblais)

US 3 : Limons bruns (Pédogénèse développée sur l'US 4)

US 4 : Argiles limoneuses avec quelques rares galets et morceaux de terre cuite

US 5 : Limons argileux

Les US 5 et 4 pourraient correspondre à des stades d'entretien ou de réhaussement de la turcie depuis son érection. Nous attribuons l'US 2 au remblaiement contemporain associé à la construction de la route.

Fig. 74 - La turcie Est de la commune de Bou : présentation et log stratigraphique.



Fig. 75 - Banquette pierrée construite sur la levée après la crue de 1846. (Lieu-dit Les Grands Prés, commune de Saint-Pryvé-Saint-Mesmin).

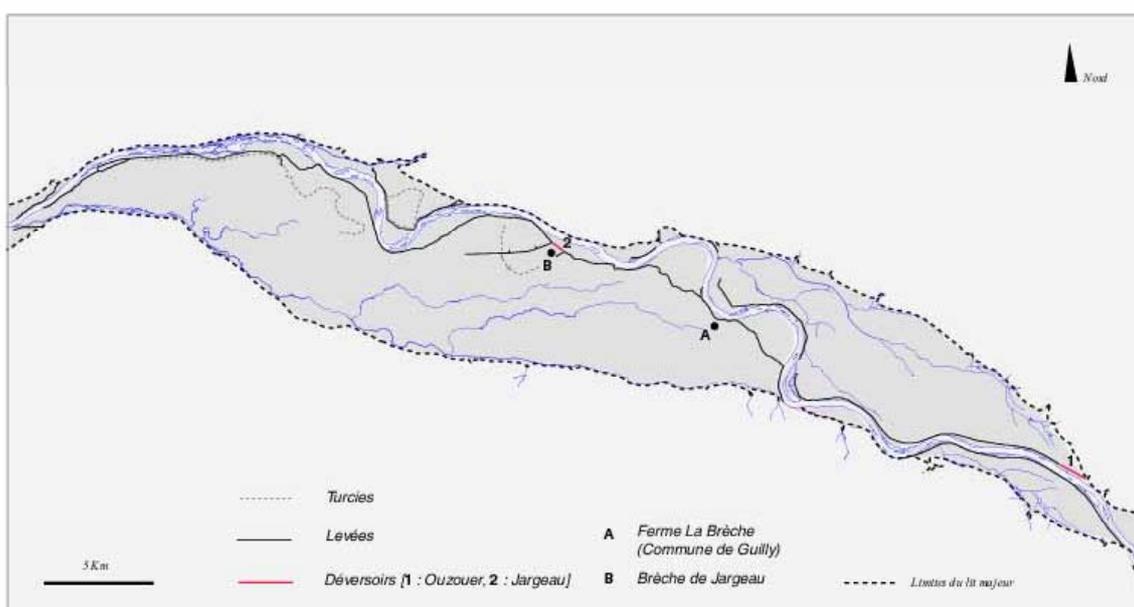


Fig. 76 - Les turcies, levées et déversoirs du val d'Orléans.

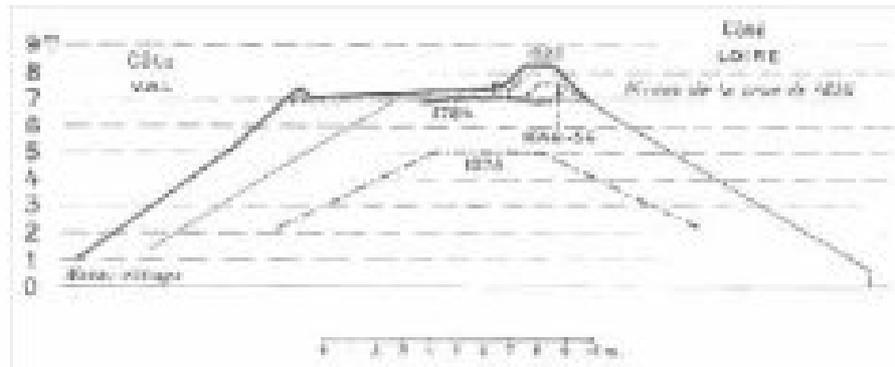


Fig. 77 - Évolution du profil de la levée depuis le XVI^e siècle (Dion, 1934).



Au second plan : coupe du quai et des empreintes des poteaux postérieurs.

(Photo : Dupont, S.A.M.C. in Massut, Dupont, Ruffier, 1988) - Source Audebert, 2000.

Fig. 78 - Empreintes de poteaux du second quai augustéen de l'îlot du Jeu de Paume.



(Photo : Dupont, S.A.M.C. in Massut, Dupont, Ruffier, 1988) - Source Audebert, 2000.

Fig. 79 - Bacs de tanneurs de l'îlot du Jeu de Paume, XV^e, XVIII^e.

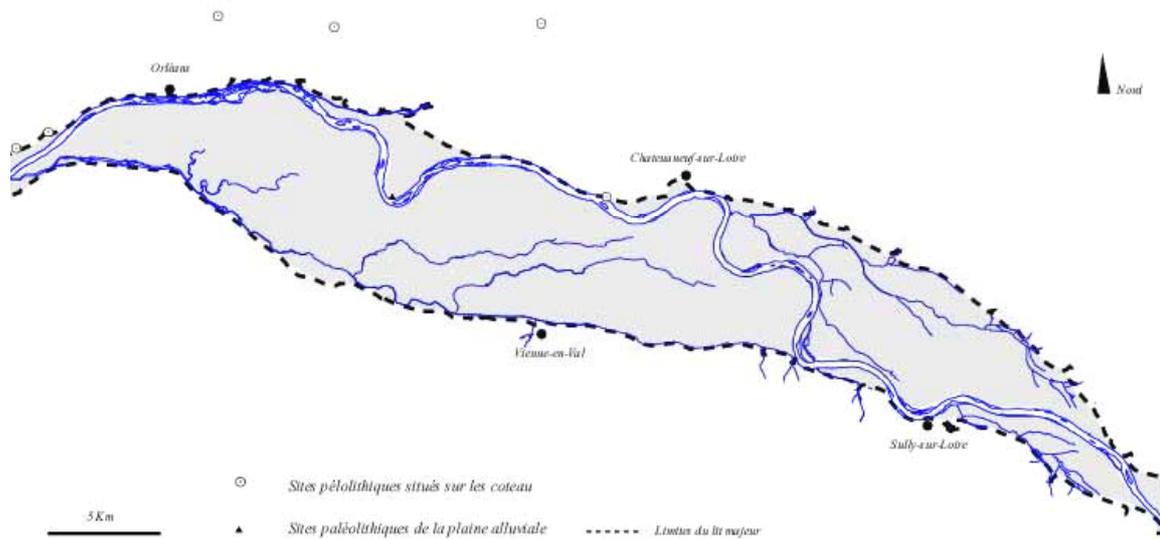


Fig. 80 - La répartition des sites paléolithiques dans le val d'Orléans et ses coteaux.

	Rue de la Grille						îlot de la Charpenterie		
	F. 16	F. 57	F. 166	F. 14	F. 7	F. 63	F. 98	F. 479	F. 16
bovif..... <i>Bos taurus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X
caprinés..... <i>Ovis aries / Capra hircus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X
porc..... <i>Sus domesticus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X
équidés..... <i>Equus sp.</i>	X	X	X	X	X	X	X		
chien..... <i>Canis familiaris</i>	X		X			X	X	X	X
coq..... <i>Gallus gallus</i>		X	X	X		X	X		X
canard..... <i>Anas platyrhynchos forma domesticus</i>			X						X
ois..... <i>Anser anser forma domesticus</i>									X
cerf..... <i>Cervus elanus</i>		X							
grand corbeau..... <i>Corvus corax</i>									X
pie..... <i>Halaeetus albicilla</i>								X	
rat noir..... <i>Rattus rattus</i>									X
coquille..... <i>Ostrea edulis</i>								X	X

(F : Fosse) C. Mouchenne, 2001.

Fig. 81 - Les espèces animales rencontrées sur le site de la rue de la Grille et de l'îlot de la Charpenterie.

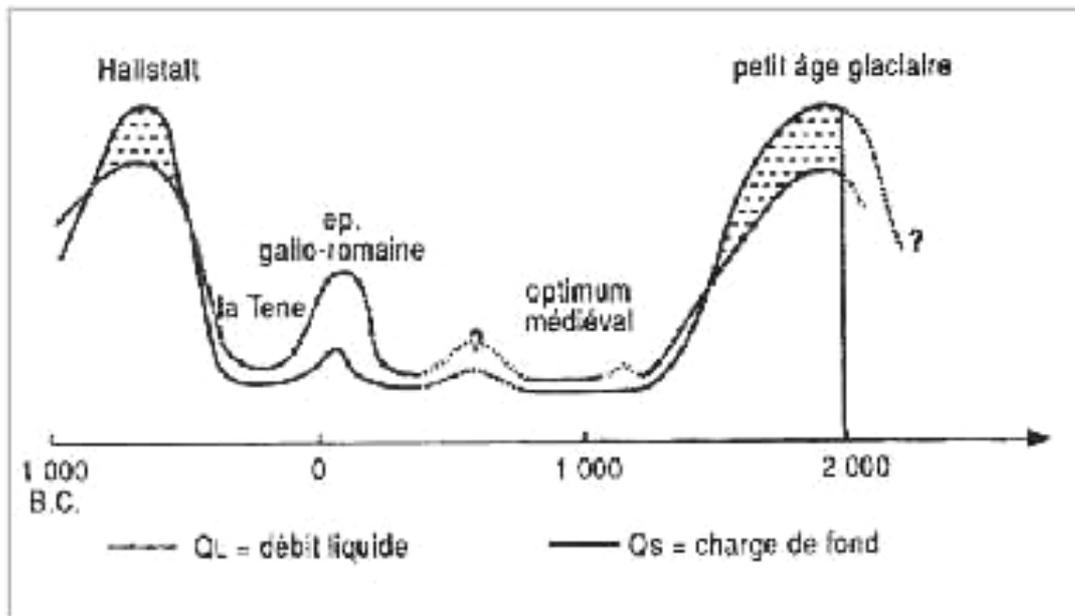


Fig. 82 - Schéma de synthèse représentant l'évolution des flux hydriques et minéraux entre 1000 BC et l'époque actuelle (Rhône - Bravard et al., 1992).

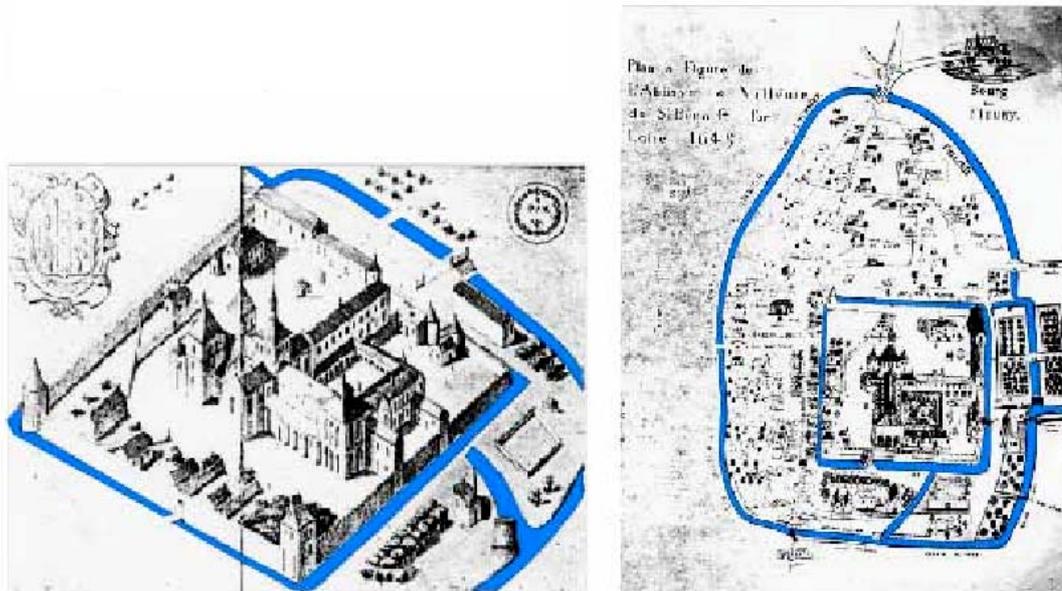


Fig. 83 - Les fossés de l'abbaye de Saint-Benoît d'après les plans et figures de l'abbaye de Saint-Benoît de 1645 (archives du Loiret).

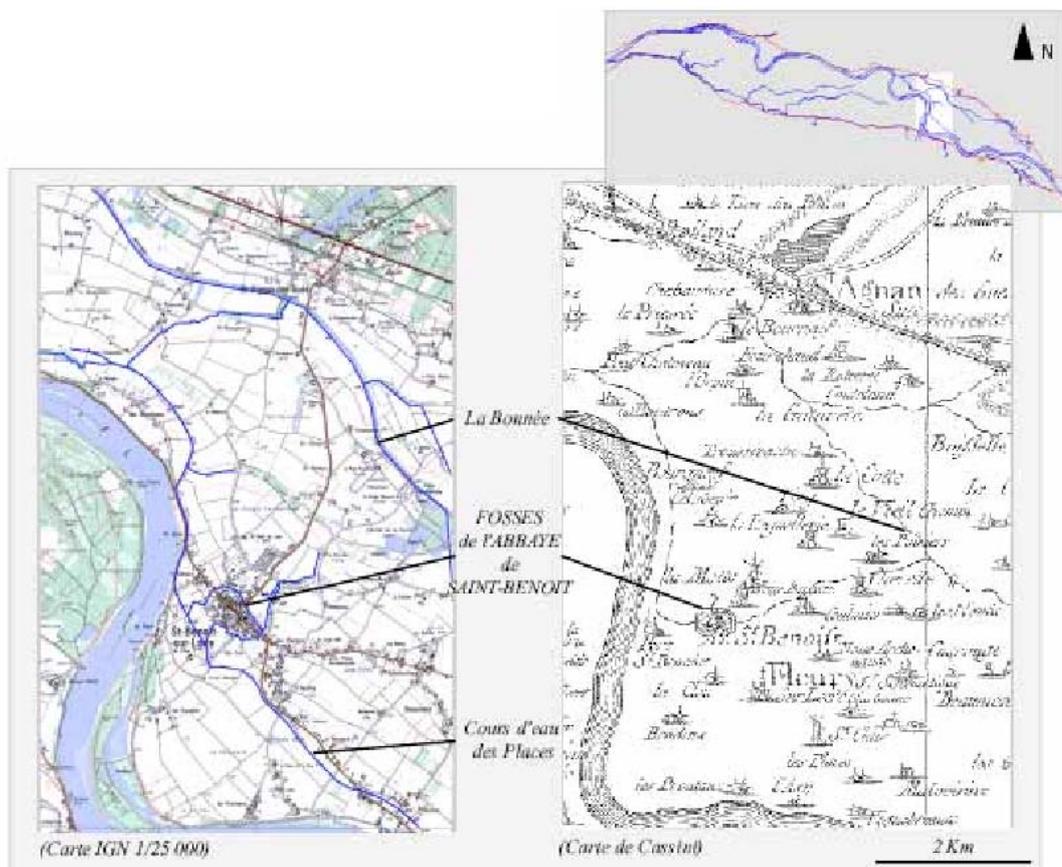


Fig. 84 - Evolution de la connexion des fossés de l'abbaye de Saint-Benoît au réseau hydrographique du val d'Ouzouer, depuis le XVII^e siècle.

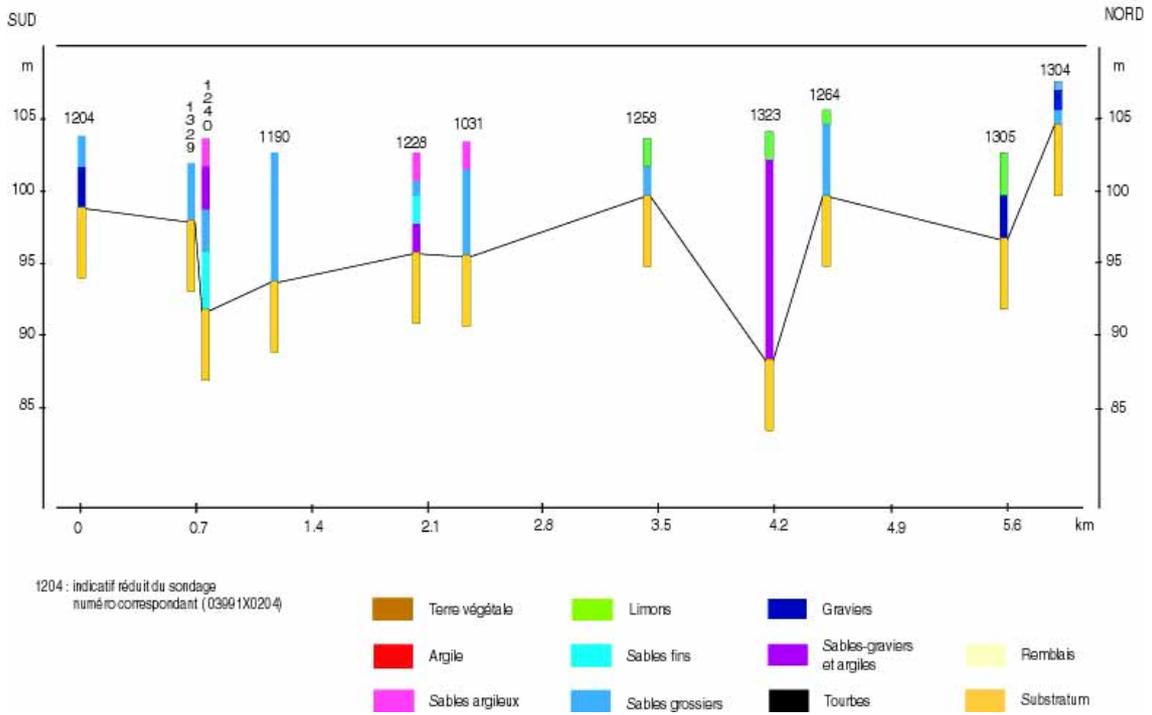


Fig. 85 - Profil transversal 7.

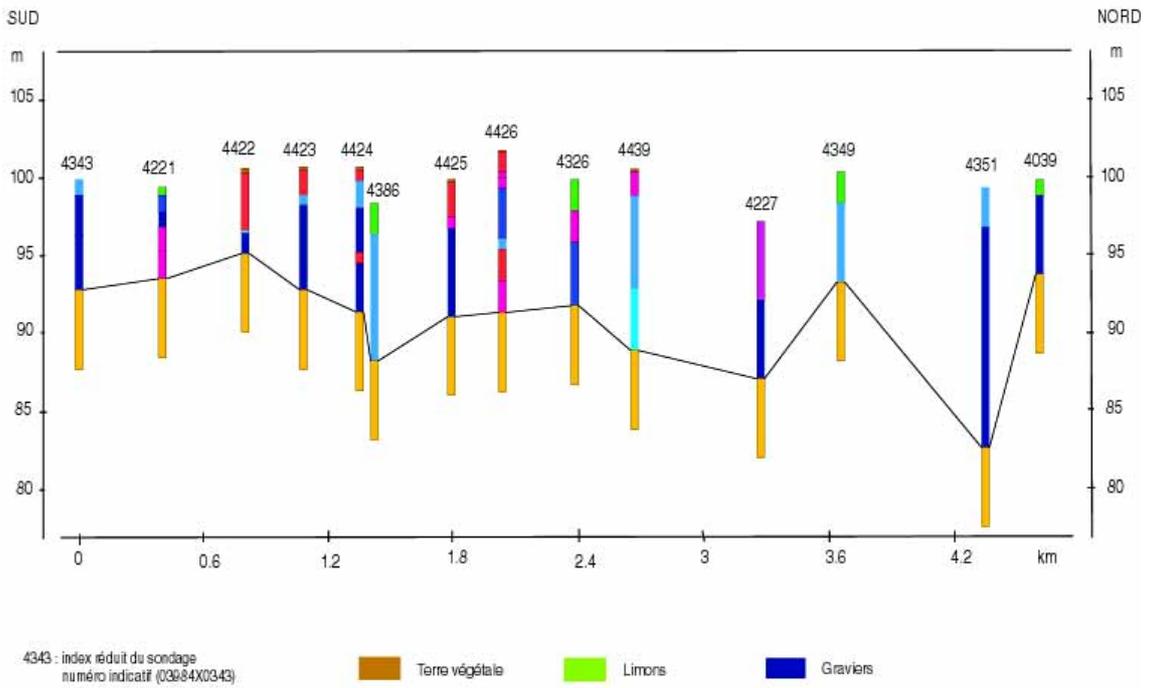


Fig. 86 - Profil transversal 10.

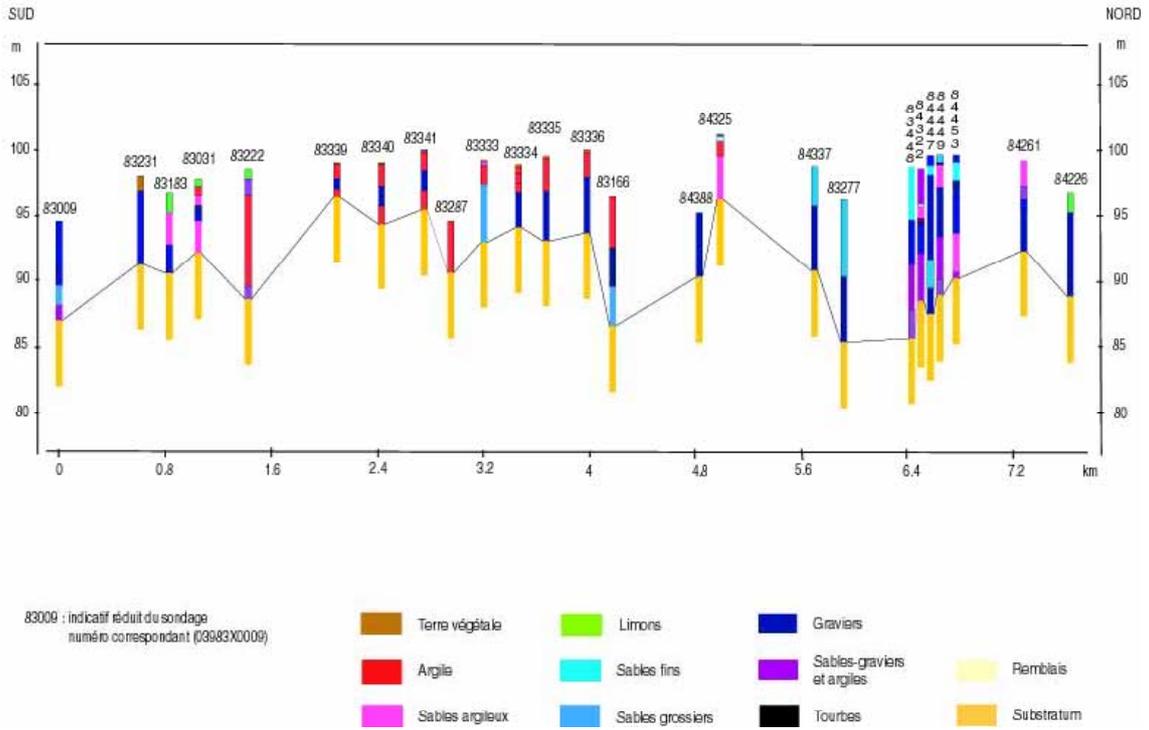


Fig. 87 - Profil transversal 11.

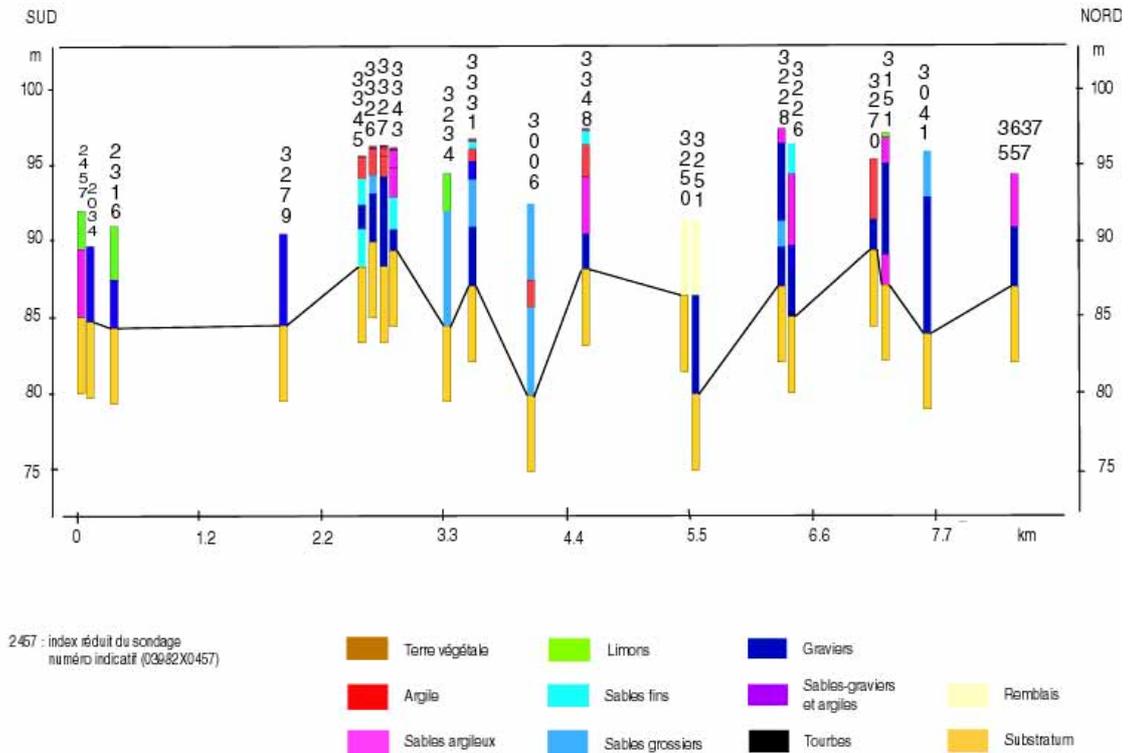
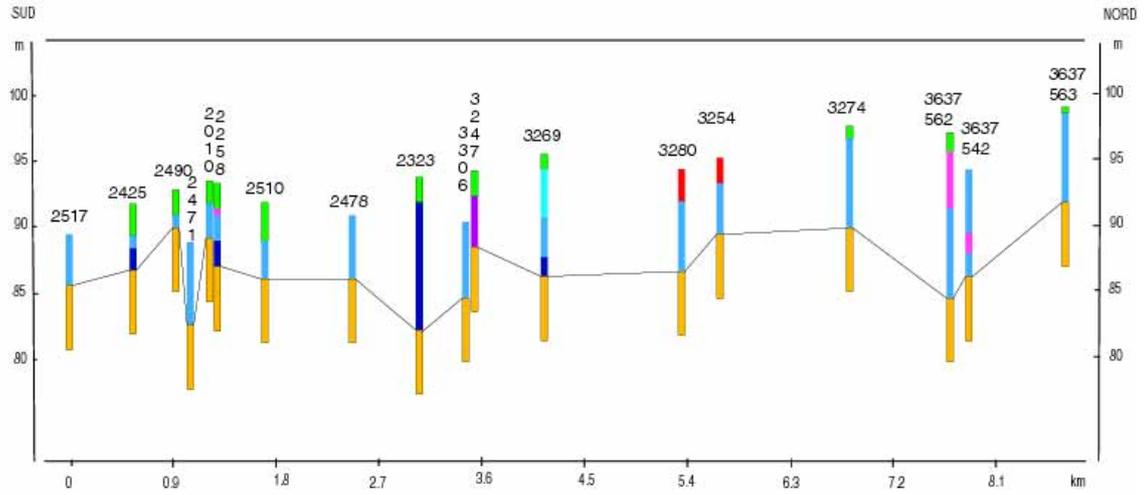


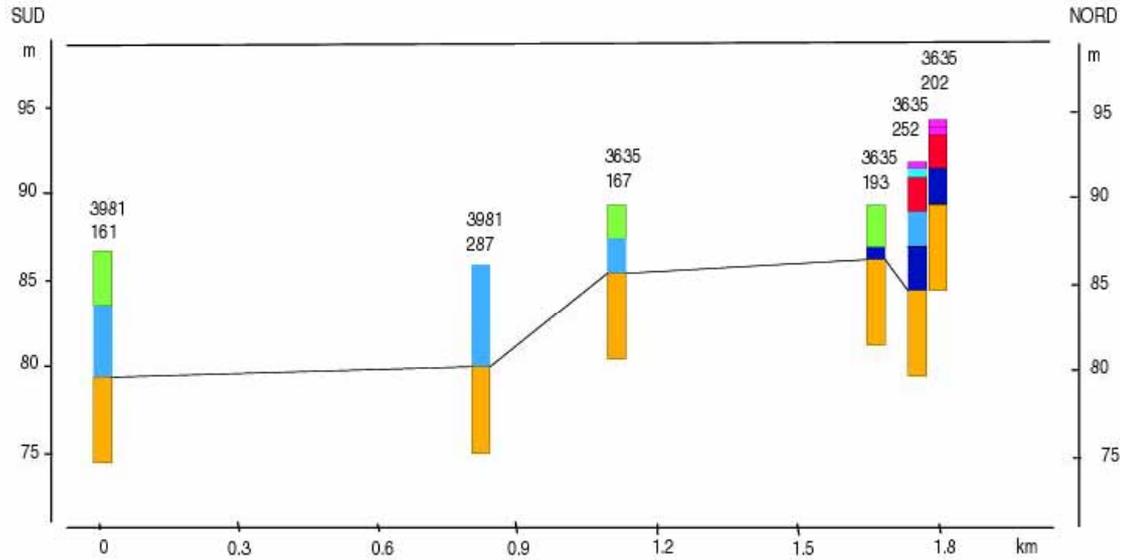
Fig. 88 - Profil transversal 12.



2517 : indicatif réduit du sondage numéro correspondant (03082X0517)



Fig. 89 - Profil transversal 13.



3981161 : indicatif réduit du sondage numéro correspondant (03081X0161)



Fig. 90 - Profil transversal 17.

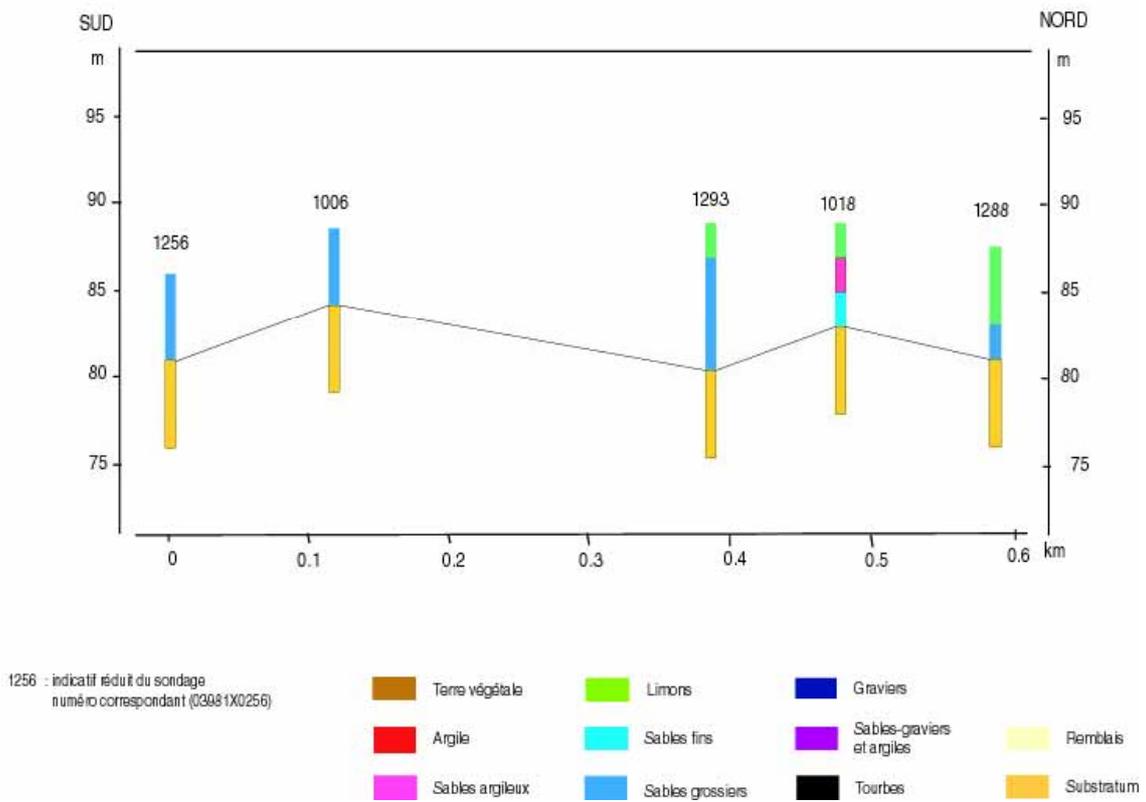


Fig. 91 - Profil transversal 18.

Centre scientifique et technique
Service environnement industriel et procédés innovants
3, avenue Claude-Guillemin
BP 6009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France – Tél. : 02 38 64 34 34