

LE SITE PLÉISTOCÈNE MOYEN DE LA NOIRA À BRINAY (CHER, RÉGION CENTRE, FRANCE) : CONTEXTE MORPHOSÉDIMENTAIRE, GÉOCHRONOLOGIE ET DONNÉES ARCHÉOLOGIQUES



Jackie DESPRIÉE¹, Pierre VOINCHET¹, Gilles COURCIMAULT²,
Jean-Jacques BAHAIN¹, Simon PUAUD¹, Davinia MORENO³, Yoann CHANTREAU⁴,
Hélène TISSOUX⁵, Xavier GALLET¹, Cécile CHAPON SAO¹,
Salah ABDESSADOK¹ & Christophe FALGUÈRES¹

RÉSUMÉ

En amont de Vierzon, le système fluvial fossile du Cher est composé de sept nappes alluviales, quatre formations sableuses étagées sur le versant ouest de la vallée et trois formations emboîtées dans le fossé tectonique dans lequel coule actuellement la rivière. D'après les données géochronologiques (ESR) disponibles, ces formations se sont déposées entre environ 1 Ma et 60 ka. Le site acheuléen de la Noira (Brinay, Cher) est situé à mi-hauteur du versant ouest, à la base de la nappe alluviale de la Formation des Fougères. À la Noira, l'unité grossière de base (*Unité a*), recouverte par la Formation des Fougères, aurait été déposée près du versant en début glaciaire. Les hommes y ont exploité les plaques de meulières contenues dans des sédiments grossiers déposés par solifluxion sur le substratum après l'incision du Cher. Les fragments des plaques qu'ils ont brisées ont été façonnés en bifaces et ont servi au débitage d'éclats. Cette *Unité a* et les ateliers qu'elle renfermait ont ensuite été recouverts par des colluvions, puis partiellement cryoturbés avant le recouvrement par la puissante formation fluviale sableuse des Fougères. À la Noira, est constituée, sur plus de 6 m d'épaisseur, de trois unités sableuses (*Unités b, c et d*) recoupés par plusieurs discontinuités, recouvertes par des dépôts pente, des débris cryoclastés, ou soulignées par des fentes de gel. D'après les dates ESR (âge moyen pondéré de 665 ± 55 ka), la formation se serait déposée après l'unité de base *a*, dans la première partie du MIS 16.

Mots-clés : vallée du Cher, la Noira, formations fluviales, dépôts de pente, Pléistocène moyen ancien, Acheuléen

ABSTRACT

THE MIDDLE PLEISTOCENE SITE OF LA NOIRA AT BRINAY (CHER): MORPHOSEDIMENTARY CONTEXT, GEOCHRONOLOGY, ARCHAEOLOGICAL DATAS

Upstream of Vierzon city, the fossil fluvial system of the Cher River is composed of seven sandy alluvial formations, which include four stepped sheets deposited on the western slope of the valley and three formations stacked in the fault trough where the river is currently flowing. According to the available geochronological data (ESR on optically bleached quartz), these formations were deposited between 1 Ma and 60 ka. The Acheulian site of la Noira (Brinay, Cher) is located on the western slope, at the bottom of one of the terraces, "Les Fougères Formation". At la Noira, the lowest *Unit a*, close to the valley side, is covered by the alluvial les Fougères Formation and could correspond to the beginning of a glacial stage. Hominins collected there lacustrine millstone slabs embedded in soliflucted coarse deposits lying on the substrate (*Unit a*). The slab fragments they broke were shaped into handaxes or knapped to produce large flakes. Subsequently, *Unit a* and the associated workshops were overlain by colluvium, then partly cryoturbated before being overlapped by the thick fluvial sands of the les Fougères Formation. This 6 m-thick formation at la Noira, is composed by a succession of three sand units (*Units b, c, d*) with unconformities covered by slope deposits or underlined by cryoturbation features and ice wedge pseudomorphs. According to ESR dates (mean weighted age: 665 ± 55 ka), deposition took place during the beginning of MIS 16.

Keywords: Cher valley, la Noira, fluvial formations, Early Middle Pleistocene, Acheulian

¹ UMR 7194 CNRS-MNHN, Département de Préhistoire du Muséum national d'Histoire naturelle, 1 rue René-Panhard, FR-75013 Paris. *Courriel* : jackie.desprie@free.fr ; voinch@mnhn.fr ; puaud@mnhn.fr ; gallet@mnhn.fr ; c.chapon.sao@mnhn.fr ; bahain@mnhn.fr ; abdessadok@mnhn.fr ; falgure@mnhn.fr

² Centre régional de Recherches archéologiques, 18 rue Charles-Lindbergh, FR-41000 Blois. *Courriel* : roquezon.41@gmail.com

³ Departamento de Geochronología, Centro Nacional de investigación Sobre la Evolución Humana, Paseo de Atapuerca, 3, SP-09002 BURGOS, Espagne. *Courriel* : davinia.moreno@cenieh.es

⁴ INRAP Grand Ouest 37 rue Bignon FR-35577 CESSON SEVIGNE. *Courriel* : ychantreau.geoarcheo.@ymail.com

⁵ Unité Géologie de l'Aménagement des Territoires, Bureau de Recherches Géologiques et Minières, 3 avenue Claude-Guillemain, FR-45060 ORLEANS CEDEX2. *Courriel* : h.Tissoux@brgm.fr

1 - INTRODUCTION

La présence de nappes d'alluvions fluviales « anciennes » disposées en terrasses à différentes hauteurs sur les versants des vallées a très tôt fait l'objet de recherches. L'étagement des terrasses de la Seine fut ainsi observé par Antoine dès 1750 (*in* Buffon, 1778). Cet étagement des nappes fossiles fut attribué par Coupé en 1806 à l'enfoncement progressif de la rivière à des périodes différentes avec comme hypothèse que les nappes avaient été déposées successivement et que les plus hautes étaient les plus anciennes. Des étagements similaires furent ensuite soigneusement décrits dans différentes vallées (Belgrand, 1864, 1869) avec des tentatives de corrélation d'une vallée à l'autre (Chaput, 1908, 1913, 1917, 1927 ; Denizot, 1930) en tenant compte des restes paléontologiques et préhistoriques. L'étagement fut aussi considéré comme la conséquence d'un lent soulèvement du sol (Mortillet, 1885).

Entre la fin du XIX^e siècle et les années 1970, des séries de pièces taillées préhistoriques ont été fréquemment retrouvées associées à ces formations alluviales désormais qualifiées de « quaternaires » (Mortillet, 1885). La position de ces assemblages archéologiques ainsi que les conditions de ramassage et leur corrélation avec les époques préhistoriques définies furent très tôt discutées (Gaudry, 1859 ; Mortillet, 1885 ; Déchelette, 1908 ; Denizot, 1930, 1931, 1950).

Les dépôts d'alluvions des rivières furent reliés aux débâcles glaciaires (Mortillet, 1885), puis rattachés aux glaciations successives reconnues dans les Alpes (Penk & Brückner, 1901-1909). La multiplicité des formations alluviales enregistrées dans les vallées fut ensuite progressivement reconnue et corrélée à des successions de phases climato-sédimentaires (Commont, 1907, 1909 ; Bourdier, 1938, 1964, 1969). Depuis les années 1990, les synthèses des travaux réalisés dans les vallées de la Somme, de la Seine et de la Tamise ont montré que la formation du système de terrasses des fleuves du nord-ouest de l'Europe résultait d'une succession d'érosions et de remblaiements principalement contrôlée par les cycles glaciaire-interglaciaire quaternaires (Lautridou *et al.*, 1984 ; Lefèvre *et al.*, 1994 ; Antoine, 1993, 1994 ; Bridgland & Allen, 1996 ; Antoine *et al.*, 2000 ; Bridgland, 2000). Ces phases sont concomitantes au soulèvement tectonique global du Bassin parisien en réponse à l'orogénèse alpine, qui a provoqué l'enfoncement des cours d'eau dans le substratum pendant tout le Quaternaire. Ce soulèvement a ainsi affecté le bassin versant de la Loire moyenne (Despriée *et al.*, 2003 ; Voinchet *et al.*, 2007 ; Tissoux *et al.*, 2011).

Dans les années 1970, suite au développement considérable des travaux de génie civil dans la région Centre-Val de Loire, de nombreuses découvertes de témoins de nappes alluviales furent faites dans les vallées de plusieurs rivières du bassin de la Loire moyenne (Loir, Cher, Indre...). Dans certains cas, un log stratigraphique fut relevé et la position des industries préhistoriques associées à ces dépôts fut indiquée (Yvard, 1967, 1968 ; Despriée & Lorain, 1972, 1982 ; Macaire, 1976, 1981 ;

Despriée, 1979, 1985 ; Gratier & Macaire, 1981 ; Dépont, 1984). La présence de nombreux niveaux archéologiques fut ainsi reconnue dans l'épaisseur et au sommet des alluvions visibles, mais, sauf en de rares exceptions, les assemblages de pièces lithiques ne furent généralement pas recueillis au cours de fouilles méthodiques et des incertitudes subsistent quant à la position de ces niveaux dans les séquences géologiques.

Le site de la Noira à Brinay (Cher) fut l'un des sites découverts à cette époque dans la vallée moyenne du Cher. L'importance des assemblages lithiques qui y furent recueillis et leur situation soit sous les niveaux d'alluvions, soit au sommet de l'une des terrasses fossiles du Cher, la nappe de Fougères, nécessitaient de mieux y caractériser les dépôts et de les replacer dans le système fluvial de ce secteur du Berry. Dans ce but, une reconnaissance des témoins des nappes alluviales pléistocènes du secteur, une datation de leur mise en place et, enfin, la caractérisation des strates composant la séquence de la Noira ont été effectuées. Les résultats de ce programme de recherche sont développés dans cet article.

2 - SITUATION GÉOGRAPHIQUE, GÉOLOGIQUE ET STRUCTURALE

Après sa sortie du Massif central, le Cher traverse la région du Berry (fig. 1). En amont de Vierzon la rivière incise des calcaires lacustres de l'Eocène-Oligocène qui ont comblé de vastes fossés ouverts dans les calcaires jurassiques en réponse à diverses phases tectoniques tertiaires. A la fin du Tertiaire, la région a été pénéplanée et recouverte à plusieurs reprises par de vastes épandages fluviaux détritiques assez grossiers (Debrand-Passard *et al.*, 1977, Debrand-Passard, 1978 ; Debrand-Passard & Gros, 1980 ; Debrand-Passard, 1982, Lablanche *et al.*, 1984, 1994). A partir de Vierzon (Cher), le cours de la rivière bascule vers l'ouest et rentre dans les formations marneuses, sableuses et crayeuses du Crétacé.

Le Cher et ses deux principaux affluents berrichons, l'Yèvre et l'Arnon confluent à Vierzon. Immédiatement en amont de la confluence, ces rivières ont érodé les alluvions tertiaires et incisé la bordure ouest des « Calcaires et Argiles du Berry » qui comblent le bassin lacustre paléogène de Mehun-sur-Yèvre (Debrand-Passard *et al.*, 1977, 1978 ; Manivit *et al.*, 1994).

Le secteur de Brinay-Quincy où est localisé le site acheuléen de la Noira se trouve dans la zone de contact entre les calcaires marins du Jurassique au sud, les dépôts sablo-argileux du Crétacé inférieur (Albien) à l'ouest, les marnes, gaizes et sables du Crétacé supérieur (Cénomaniens à Turonien) au nord, et le bassin lacustre Eocène-Oligocène à l'est (fig. 1 et 2).

3 - LE SYSTÈME FLUVIAL DU CHER DANS LE SECTEUR DE BRINAY-QUINCY

Située en milieu de versant (fig. 2 et 3), la nappe de Fougères, au sein de laquelle ont été découverts les niveaux

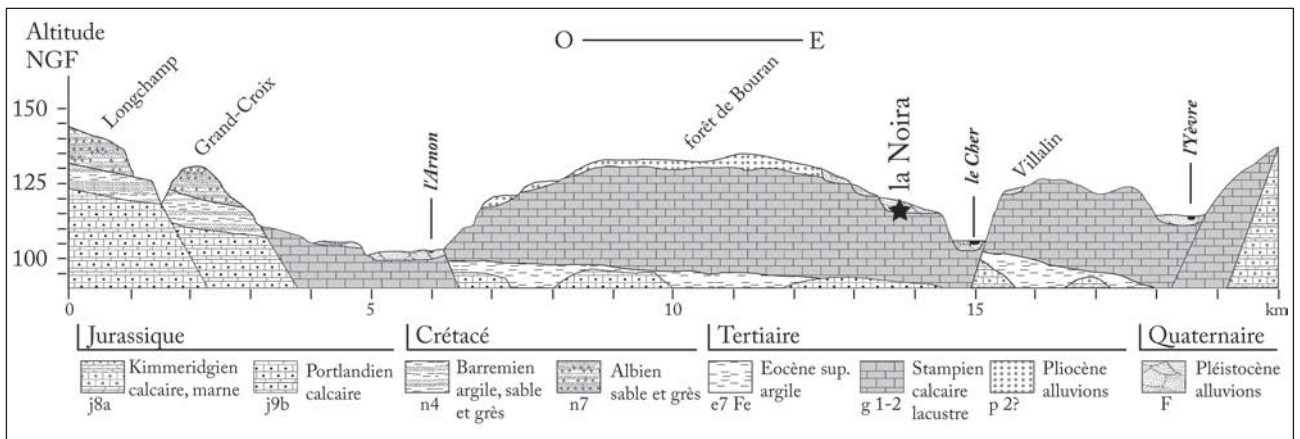
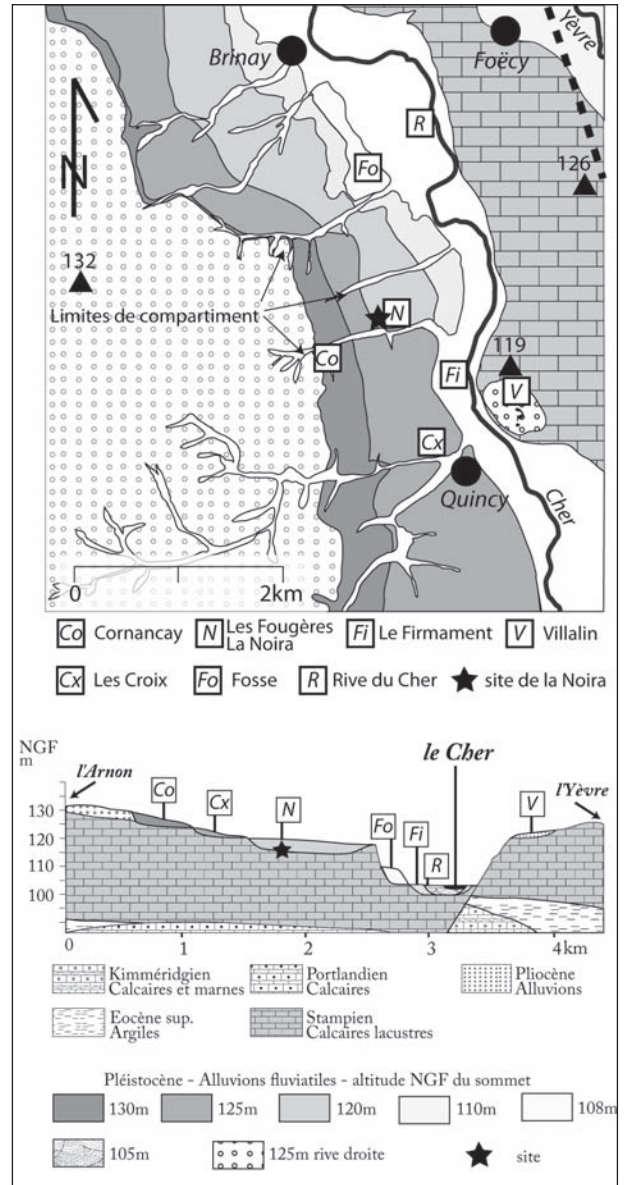
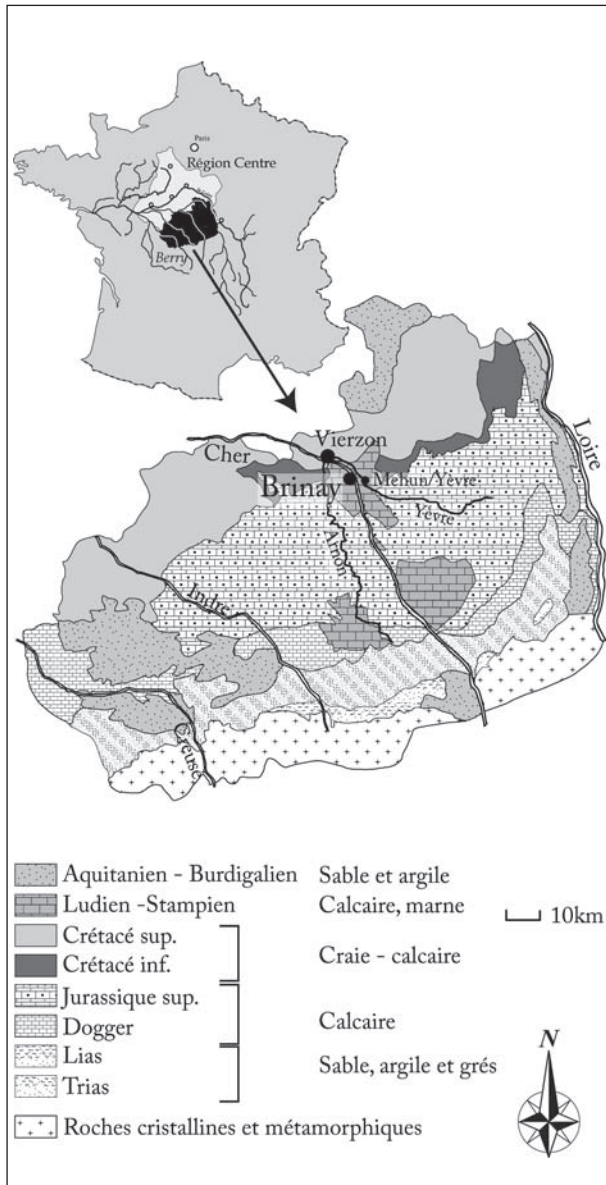


Fig. 2 : Coupe géologique simplifiée des interfluvies Cher-Arnon et Cher-Yèvre et position du site de la Noira sur le versant ouest de la vallée du Cher.
Fig. 2: Synthetic geological section of the Cher-Arnon and Cher-Yèvre interfluvies, and position of la Noira Site on the western slope of the Cher valley.

archéologiques de la Noira, s'intègre dans un ensemble de nappes déposées depuis le sommet de l'interfluve jusque sur le fond du fossé où coule actuellement le Cher (fig. 3). Afin de replacer cette nappe et le site de la Noira qui lui est associé dans l'évolution de la vallée du Cher pendant le Quaternaire et ainsi de situer la présence de l'homme au sein des cycles climatiques du Pléistocène, une étude géologique et géochronologique a été menée sur les différents témoins des nappes conservés sur le versant ouest de la vallée dans le secteur de Brinay et de Quincy.

Dans ce secteur, la vallée du Cher est large de 2,5 km et a un profil dissymétrique. Au-dessous de l'interfluve Arnon-Cher, le versant ouest (rive gauche) forme un glacis polygénique en pente régulière vers l'est. Quatre nappes fluviatiles étagées y ont été reconnues et dénommées Brinay-Cornançay (C), Quincy-les Croix (Cx), Brinay-Les Fougères-la Noira (N) et Brinay-Fosse (Fo) (fig. 3). Elles s'étalent en lanières sur plusieurs compartiments tectoniques limités par des accidents orientés NE/SO. Ces accidents sont soulignés par des talwegs qui descendent depuis l'interfluve jusqu'au fossé du Cher.

Les nappes inférieures (entre 0 et 10 m d'altitude relative) ont été déposées dans un fossé large de 500 m et profond de 15 m au-dessus du plancher de la nappe de fond. De multiples chenaux fossiles visibles à la surface de la plaine alluviale indiquent un déplacement fréquent de la rivière dans les alluvions sablo-graveleuses, dont l'épaisseur atteint jusqu'à 6 m (fig. 3).

Le versant est (rive droite) est un escarpement de calcaire lacustre stampien de 25 m de haut se raccordant au plateau. Un autre témoin d'alluvions fossiles, très érodé, a été observé à Villalin (V) au sommet de ce versant (fig. 3).

4 - DATATION DES FORMATIONS FLUVIATILES DU SECTEUR BRINAY-QUINCY

Afin de préciser la chronologie de la mise en place des dépôts fluviatiles dans le secteur de Brinay-Quincy, plusieurs campagnes de datation par la méthode de

résonnance de spin électronique (ESR) appliquée aux sables fluviatiles optiquement blanchis ont été entreprises depuis la fin de l'année 2003.

Pour replacer le site de la Noira dans son contexte, les prélèvements pour datation ont été effectués uniquement dans le secteur compris entre Brinay et Quincy (fig. 2 à 4 et tab. 1).

4.1 - LES PRÉLÈVEMENTS

Les quatre nappes étagées sur le versant ouest ont pu être échantillonnées, ainsi que deux nappes plus récentes déposées dans le fossé du Cher, au lieu-dit « le Firmament (Fi) » et dans les dépôts incisés par le cours actuel de la rivière (rive du Cher, R) (fig. 4). Pour cette dernière localité, deux prélèvements ont été effectués sur deux sections distantes d'une cinquantaine de mètres, dont seul la plu--s accessible (bord de rivière) a pu être relevée (fig.4F). A l'occasion de travaux de construction au sommet de l'escarpement de la rive droite, des témoins de la haute formation, très érodée, ont pu être prélevés en haut du versant est, à Villalin (fig. 3).

Les échantillons proviennent de niveaux sableux, généralement peu argileux, excepté pour les échantillons de Brinay-Cornançay où la présence d'argile est le résultat d'une évolution pédologique importante (fig. 4A).

Plusieurs séries de prélèvements pour datation par ESR sur quartz blanchis optiquement ont été effectuées dans la formation fluviatile sableuse des Fougères à la Noira en 2004 et 2006 (Despriée *et al.*, 2007 ; Moncel *et al.*, 2013). Les séquences fluviatiles (*Unité b*) recouvrant le niveau d'occupation préhistorique ont fait l'objet de sept datations ESR à partir de prélèvements effectués en divers points de son épaisseur sur deux logs (log nord et log sud) situés à environ 15 m de distance (fig. 4C et tab. 1).

4.2. - LE PROTOCOLE ANALYTIQUE

Les seize échantillons prélevés ont été analysés en utilisant le protocole proposé par Yokoyama *et al.* (1985) et modifié par Voinchet *et al.* (2004). Après extraction et purification des grains de quartz du sédiment, les frac-

Localités	Versants	Nappes (NGF sommet)	Noms des échantillons
Brinay, Cornançay (C)	ouest	Nappe + 35 (130m)	Cornançay 1 et 2 (fig. 5, A)
Quincy, les Croix (Cx)		Nappe +22/+30m (125m)	les Croix 1 et 2 (fig. 5, B)
Brinay, les Fougères-la Noira (N)		Nappe +15/+20m (120m)	la Noira logs sud et nord (fig. 5, C)
Brinay, Fosse (Fo)		Nappe +10/+15m (110m)	Fosse 1 et 2 (fig. 5, D)
Quincy, le Firmament (Fi)	Fossé	Nappe +5/+10m (108m)	le Firmament (fig. 5, E)
Brinay, rive du Cher (R)	d'effondrement	Nappe 0/+5m (105m)	rive du Cher 1 et 2 (fig. 5, F)
Quincy, Villalin (V)	est	Nappe +30 (123 m)	les Grandes-Vignes (fig.5, G)

Tab. 1 : Nappes alluviales du Cher prélevées pour datation ESR dans le secteur Brinay-Quincy.

Les abréviations renvoient aux fig. 3 et 4.

Tab. 1: Alluvial sheets of the Cher river sampled for ESR dating in the Brinay-Quincy area. Abbreviations correspond to fig.3 and 4.

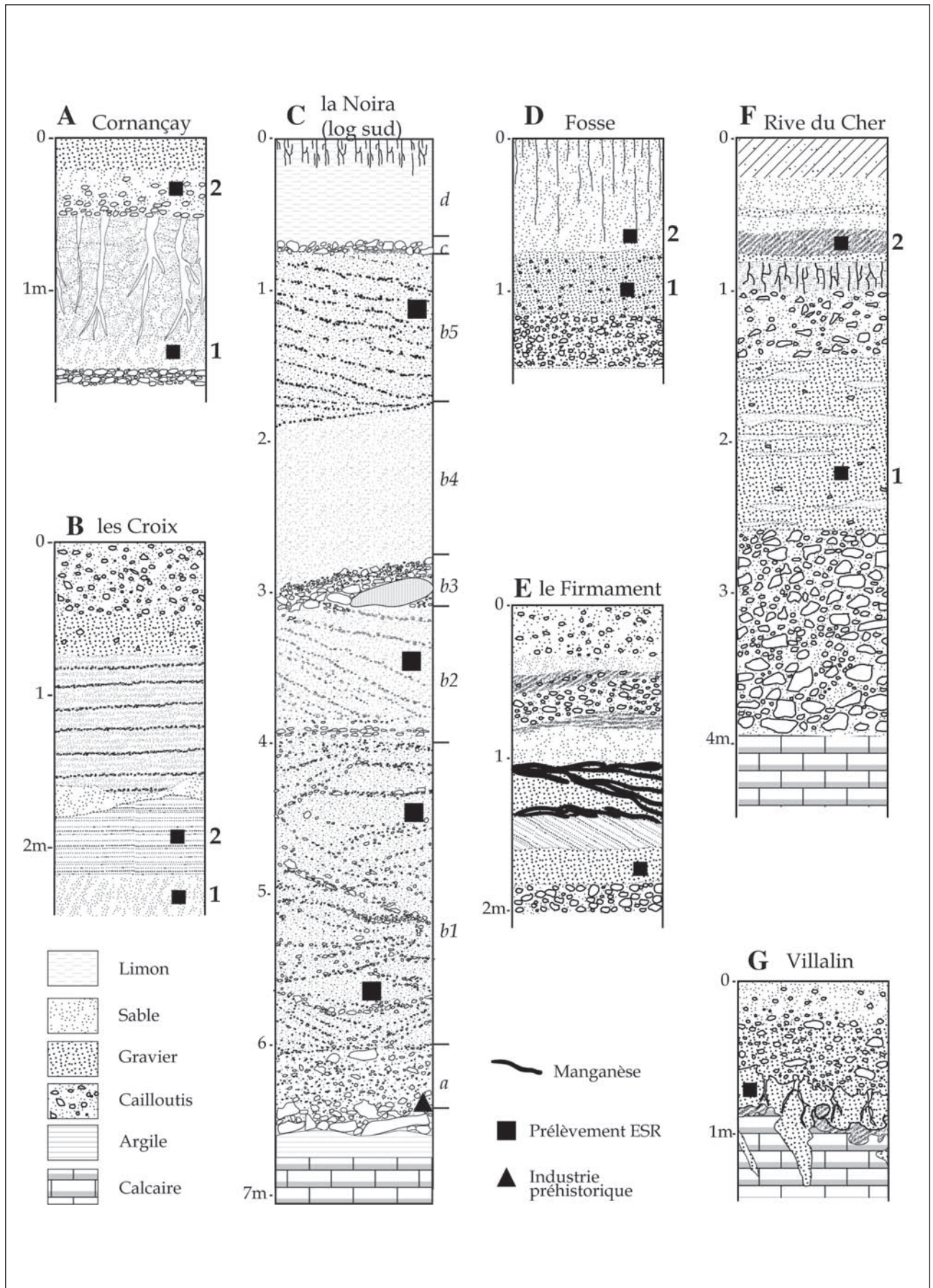


Fig. 4 : Logs stratigraphiques des témoins des différentes nappes alluviales du Cher reconnues dans le secteur Brinay-Quincy et position des échantillons ESR mesurés (relevés J. Despriée, P. Voinchet et J. Dépont).

Fig. 4: Stratigraphic logs of the studied remains of the alluvial sheets of the Cher River in the Brinay-Quincy area, with location of the measured ESR samples (drawings J. Despriée, P. Voinchet & J. Dépont).

tions 100 - 200 µm de ces derniers ont été séparées en une dizaine d'aliquotes qui ont été, à l'exception de deux, irradiées à des doses croissantes avec une source panoramique de ^{60}Co (Dolo *et al.*, 1996). Les mesures ESR de ces aliquotes irradiées, d'une aliquote-témoin naturelle et d'une aliquote « blanchie » (exposée dans un insolaireur à la lumière issue d'une lampe UV reproduisant la lumière solaire pendant plus de 1 000 h) ont été effectuées avec un spectromètre Bruker EMX en utilisant des conditions expérimentales proposées par Voinchet *et al.* (2004). Chaque aliquote a été mesurée trois fois après une rotation d'un angle de 120°. Ce protocole a été répété trois fois, entraînant neuf mesures pour chaque aliquote.

Les doses totales de radiations reçues par les échantillons (ou doses équivalentes, D_E) ont été extrapolées à partir des courbes de croissances de l'intensité ESR corrigée (après soustraction de la partie non blanchie du signal observée sur l'aliquote illuminée dans l'insolaireur) par rapport à la dose d'irradiation ajoutée en appliquant une formule de régression exponentielle + linéaire (Duval *et al.*, 2011 ; Voinchet *et al.*, 2013) :

$$I(D) = I_{\text{sat}} (1 - e^{-\mu(D + D_E)}) + B(D + D_E)$$

dans laquelle $I(D)$ représente l'intensité ESR (unités arbitraires), I_{sat} l'intensité de saturation (unités arbitraires), μ le coefficient de sensibilité du terme exponentiel (sans unité) et B la pente du terme linéaire (sans unité). Les données ont été pondérées par l'inverse de l'intensité ESR au carré, ($1/I^2$) (Yokoyama *et al.*, 1985).

La dose annuelle a été calculée à partir des mesures de l'activité des radionucléides par spectrométrie γ en laboratoire (spectromètre Ortec à faible bruit de fond) et *in situ* (spectromètre Cambera - inspector 1 000). Les calculs d'âge ont été effectués en utilisant les facteurs de conversion de débit de dose de Adamiec & Aitken (1998),

une valeur k de $0,15 \pm 0,1$ (Yokoyama *et al.*, 1985) des atténuations α et β de Brennan (Brennan *et al.*, 1991 ; Brennan, 2003), et en tenant compte de l'atténuation liée à la présence d'eau dans le sédiment (Grün, 1994). La teneur en eau est mesurée par la différence de masse entre l'échantillon naturel et le même échantillon séché pendant une semaine, dans une étuve à 40 °C. Le débit de dose cosmique a été calculé à partir des équations de Prescott & Hutton (1994). Le débit de dose interne a été considéré comme négligeable en raison de la faible teneur en radionucléides des grains de quartz (Murray & Roberts, 1997 ; Vandenberghe *et al.*, 2008).

4.3 - LES RÉSULTATS

Les résultats sont présentés dans le tableau 2. Lorsque plusieurs échantillons d'une même nappe ont été datés, des âges moyens pondérés ont été calculés à l'aide du programme Isoplot (Ludwig, 2003).

L'échantillon prélevé dans le témoin très érodé de Villalin (fig. 4G) n'a pas donné de résultats interprétable. La courbe de croissance de l'intensité du signal ESR en fonction de la dose d'irradiation montre une très grande dispersion des points et n'a pas permis l'obtention d'une dose équivalente utilisable.

Les âges déterminés pour les différentes formations fluviatiles présentes sur le versant ouest de la vallée et dans le fossé d'effondrement du Cher montrent une bonne cohérence entre eux, avec des âges croissant avec l'altitude relative. La nappe de Brinay-Cornancay (fig. 4A), la plus élevée, a un âge moyen de $1\,007 \pm 100$ ka. La moyenne des âges obtenus pour les échantillons de Quincy - les Croix (fig. 4B) permet d'accorder un âge de 937 ± 100 ka à cette deuxième plus haute nappe.

Les âges des échantillons prélevés à la Noira (fig. 4C) sont compris entre 630 ± 70 ka et 700 ± 80 ka. L'âge

Nappes	Échantillons	Bl %	D_a (µGy/an)	Eau %	D_E (Gy)	Âges (ka)	Âges moyens pondérés (ka)
+35 m (base) (130 m)	Brinay, Cornancay 1	43	2108 ± 29	14	2156 ± 251	1023 ± 120	1 007 ± 100
	Brinay, Cornancay 2	51	2035 ± 33	15	2021 ± 224	993 ± 111	
+22/+30m (125 m)	Quincy, les Croix 1	49	2050 ± 32	9	1988 ± 207	970 ± 102	937 ± 100
	Quincy, les Croix 2	45	2099 ± 29	11	1896 ± 212	903 ± 102	
+13/21m (120m)	Brinay, la Noira log sud 2004-0 9	42	2901 ± 31	14	1885 ± 217	650 ± 80	665 ± 55
	Brinay, la Noira log sud 2004-10	48	3311 ± 36	12	2081 ± 220	630 ± 70	
	Brinay, la Noira log sud 2004-11	46	3294 ± 33	13	2301 ± 249	700 ± 80	
	Brinay, la Noira log sud 2004-12	44	3248 ± 36	12	2209 ± 250	680 ± 80	
	Brinay, la Noira log nord 2006-01	41	2626 ± 29	10	1654 ± 176	630 ± 70	
	Brinay, la Noira log nord 2006-02	42	2816 ± 29	9	1960 ± 177	700 ± 80	
	Brinay, la Noira log nord 2006-03	40	3387 ± 38	16	2221 ± 153	660 ± 50	
+10/15m (110 m)	Brinay, Fosse 2	46	2221 ± 24	13	943 ± 98	425 ± 44	395 ± 40
	Brinay, Fosse 1	40	2398 ± 27	11	842 ± 89	351 ± 37	
+5/+10m (105 m)	Quincy, le Firmament (sommets)	42	2785 ± 31	9	854 ± 75	307 ± 27	
0/+5m 100 m	Brinay, rive du Cher 2	45	3929 ± 39	13	432 ± 42	110 ± 11	
	Brinay, rive du Cher 1	42	3949 ± 38	13	247 ± 61	63 ± 15	
+30 m (base) (123 m)	Quincy, Villalin, les Grandes-Vignes	Non datable					

Tab. 2 : Données radiométriques et résultats des datations ESR des quartz optiquement blanchis extraits de sédiments fluviatiles prélevés dans le secteur Brinay-Quincy.

Les incertitudes sont de $\pm 1 \sigma$. Bl représente le taux de blanchiment maximal des échantillons (d'après Voinchet *et al.*, 2004).

Tab. 2: Radiometric data and results obtained by ESR dating on optically bleached quartz extracted from alluvial sediments sampled in the Brinay-Quincy area. Uncertainties are given $\pm 1 \sigma$. Bl indicate the level of maximal bleaching of the samples (after Voinchet *et al.*, 2004).

moyen pondéré de l'Unité b, de 665 ± 55 ka (7 échantillons), permet d'attribuer la mise en place de la Formation des Fougères au cycle climatique glaciaire-interglaciaire MIS 16 / MIS 15 (Moncel *et al.*, 2013 ; Despriée *et al.*, 2016). Cette antiquité a été confirmée par une date $^{26}\text{Al} / ^{10}\text{Be}$ de 730 ± 210 ka obtenue sur un échantillon de quartz issu de l'Unité a (Shen *et al.*, 2012).

À Fosse (fig. 4D), les âges de 425 ± 44 ka et 351 ± 37 ka pourraient correspondre à une seule formation dont l'âge moyen, malgré un écart apparent important, serait autour de 380 000 ans. Toutefois, l'hypothèse d'un emboîtement de nappes ne peut être exclue, même si lors des prélèvements effectués il n'a pas été constaté de discontinuité dans la série sédimentaire.

L'âge de 307 ± 27 ka obtenu pour l'échantillon prélevé à Quincy « le Firmament » (fig. 4E), au sommet des alluvions comblant le fossé actuel du Cher, indiquerait que ce fossé s'est approfondi il y a un peu moins de 400 000 ans après la mise en place de la nappe de Fosse (Fo). Le fossé a commencé à se combler pendant le cycle suivant. Un approfondissement similaire se serait produit sensiblement à la même époque dans les vallées du Loir et de la Creuse (Despriée *et al.*, 2003 ; Tissoux *et al.*, 2011).

Les résultats obtenus pour les prélèvements dans la rive du Cher à Brinay (fig. 4F) sont trop différents pour qu'il

s'agisse d'un seul dépôt. Compte tenu de la distance entre les deux prélèvements et de l'emboîtement des nappes dans cette partie basse de la vallée, ces dates pourraient indiquer que les échantillons sont issus de deux phases de dépôts distinctes.

5 - L'ÉTUDE DU SITE DE LA NOIRA : MÉTHODES ET RÉSULTATS

Dans le secteur Brinay-Quincy, la Formation des Fougères était anciennement connue pour de nombreuses découvertes fortuites de bifaces, de nucléus et d'éclats, effectuées lors de la surveillance des travaux d'extraction de sables dans plusieurs carrières ouvertes, dont celle de la Noira, dans cette formation sur la commune de Brinay.

Le site de la sablière de la Noira a été surveillé à partir de 1972 par Jean Dépont lors de prospections systématiques de la vallée du Cher en Berry. De nombreux bifaces, des nucléus et des outils sur éclats y furent ramassés entre 1972 et 1984 et attribués à plusieurs phases du Paléolithique ancien et moyen (fig. 5A et B). Les artefacts ne présentant aucun stigmate de transport semblaient se concentrer à la base et au sommet de la séquence sédimentaire. Une première étude géologique

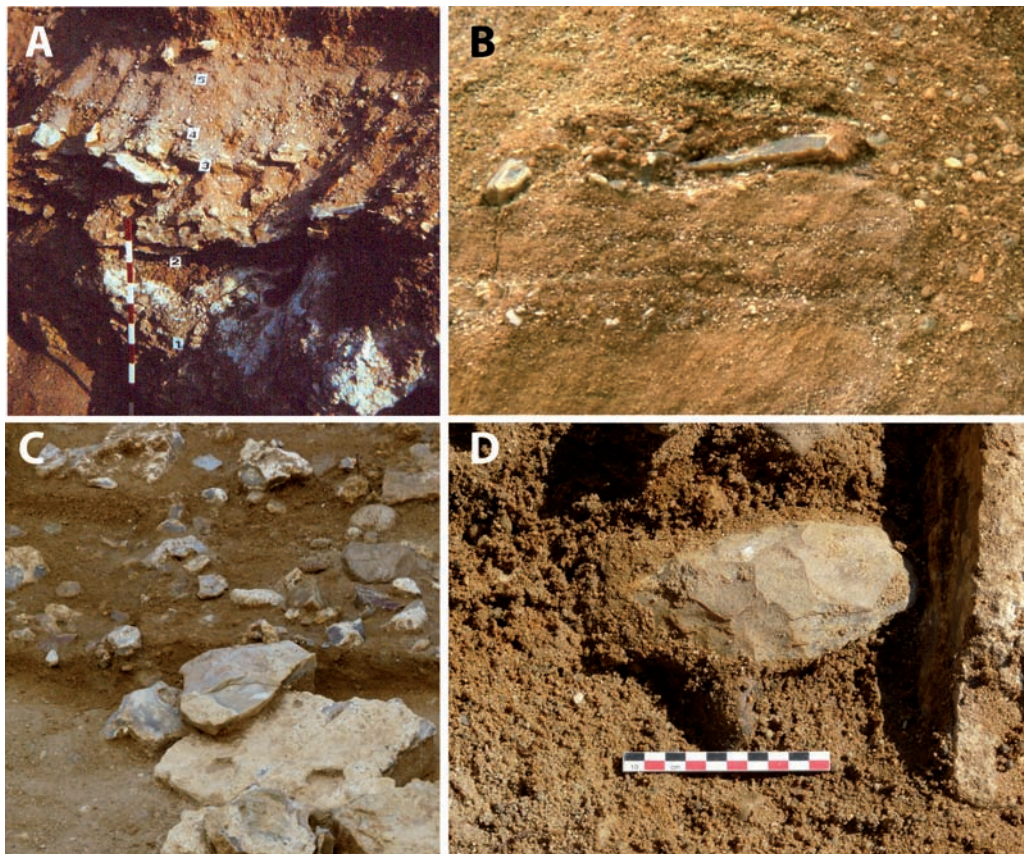


Fig. 5 : Exemples de pièces acheuléennes découvertes *in situ* sur le site de la Noira.

(A et B) : Découvertes en prospections de bifaces (3) associés aux meulières dans un niveau grossier (Unité a), sous les alluvions fluviatiles (4) et au-dessus des calcaires (1) et argiles lacustres (2) (clichés J. Dépont, 1982) ; (C et D) : Fouille de l'Unité a ; (C) Dégagement de dalles de meulière de taille métrique brisées par les hommes ; (D) Hachereau-biface reposant sur le plancher d'argile verdâtre (clichés J. Despriée, 2013).

Fig. 5: Examples of in situ Acheulian artifacts discovered at la Noira Site. (A and B): Discoveries during survey of handaxes (3) associated with millstone slabs in coarse deposits (Unit a), under an alluvium (4) and above the lacustrine limestones (1) and clays (2) (photo. J. Dépont, 1982). (C and D): Excavation of Unit a; (C) uncovering of metric millstone slabs broken by hominins. (D). Bifacial cleaver lying on the greenish clayey substrate (photo. J. Despriée, 2013).

fut alors menée dans cette sablière par J.-J. Macaire et la position des industries au sein de la séquence stratigraphique fut précisée (Dépont, 1984).

Il apparaissait donc nécessaire de confirmer la position primaire de ces artefacts dans cette carrière encore accessible. C'est pourquoi les études géologiques, géochronologiques et géoarchéologiques ont été systématiquement effectuées dans la sablière de la Noira entre 2003 et 2014 avant son comblement définitif.

Ces études ont été conduites dans le cadre d'un projet collectif de recherches sur « Les premiers peuplements dans les formations fluviales du bassin de la Loire moyenne en région Centre » autorisé par le ministère de la Culture (DRAC du Centre) et soutenu par le Département de Préhistoire du Muséum National d'Histoire Naturelle et la région Centre-Val de Loire. Le site de la Noira a fait l'objet de plusieurs campagnes de recherches. Dans un premier temps, un nettoyage de la coupe jusqu'au substratum a permis l'observation des divers dépôts sédimentaires composant la formation (*Unités a, b, c, d*). Par la suite, plusieurs séries de prélèvements ont été effectuées pour conduire des études sédimentologiques, paléo-environnementales et géochronologiques en vue de replacer la Formation alluviale des Fougères dans le système fluvial fossile du Cher.

D'après les datations obtenues pour la Formation des Fougères, l'âge du niveau d'industrie à bifaces situé à la base de la Noira pouvait être au minimum de l'ordre de 650 ka (*terminus ad quem*) et compter ainsi parmi les âges les plus anciens actuellement connus pour un niveau acheuléen en Europe (Despriée *et al.*, 2007). En 2010, le repérage du ou des niveaux préhistoriques dans la stratigraphie a conduit à organiser entre 2011 à 2014 plusieurs campagnes de fouilles, notamment dans le cadre du projet ANR « PremAchSept » coordonné par Marie-Hélène Moncel et Danielle Schreve (fig. 5C et D). Cent mètres carrés ont alors fait l'objet d'une fouille programmée dirigée par Jackie Despriée et Marie-Hélène Moncel. Ces fouilles ont permis de recueillir, en position primaire, des nucléus, des bifaces et des éclats débités dans les plaques

de meulière d'origine locale brisées par les hommes (fig. 5C). Certains fragments de plaques montrent de nettes traces de décorticage et un début de façonnage (80). Les nucléus (60) et de nombreux éclats (430) accompagnés d'une dizaine de pièces bifaciales (fig. 5D) sont attribués à une phase précoce de l'Acheuléen (Moncel *et al.*, 2013, 2016 ; Despriée *et al.*, 2016).

6 - LA SÉQUENCE STRATIGRAPHIQUE DE LA NOIRA

Sur la seule coupe encore accessible dans la sablière de la Noira (partie ouest), la Formation des Fougères est visible sur une hauteur moyenne de 6 m (fig. 6). Son étude a permis de reconnaître quatre unités sédimentaires dénommées *a, b, c* et *d*, qui se sont déposées successivement au-dessus du substratum carbonaté et argileux. On observe ainsi de bas en haut :

- un cailloutis hétérométrique emballé dans une matrice de graviers et de sables grossiers argileux qui constitue l'*Unité a* ;
- un ensemble de niveaux de sables fluviaux grossiers puis moyens (*Unité b*) ;
- un cailloutis de dragées de quartz reposant sur la surface de l'unité précédente et de débris de plaques de meulières géoliffractées (*Unité c*) ;
- une couverture de limons sableux (*Unité d*).

Les prélèvements ont été réalisés sur deux profils verticaux distincts (logs sud et nord) sur la coupe ouest de la Noira (fig. 6). Les analyses sédimentologiques ont été effectuées dans le laboratoire de la plateforme de Caractérisation et Datation des Archéomatériaux et Archives Sédimentaires (CD2AS) du MNHN au Musée de l'Homme à Paris, et les mesures de susceptibilité magnétique au laboratoire de Paléomagnétisme de l'Institut de Physique du Globe. Les résultats présentés ci-dessous permettent une première description du substratum et des quatre unités sédimentaires reconnues dans la coupe ouest de la sablière de la Noira (fig. 7 et 8).

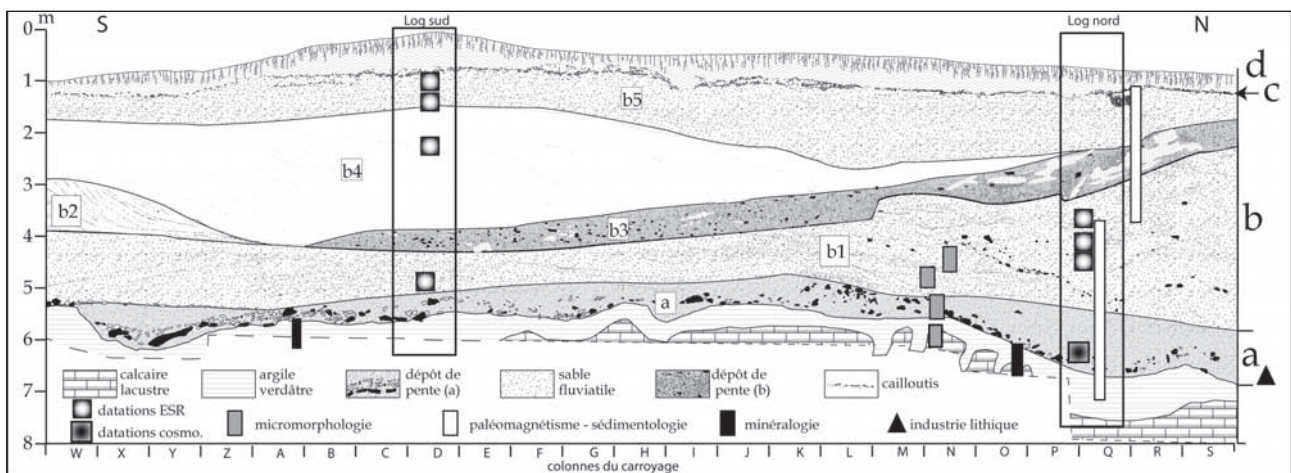


Fig. 6 : Stratigraphie de la formation fluviale des Fougères.

Relevé de la coupe ouest de la sablière de la Noira et position des prélèvements pour les analyses géologiques et géochronologiques (par Y. Chantreau, S. Puaud, P. Voinchet, J. Despriée et G. Courcimault).

Fig. 6: Stratigraphy of the fluvial Fougères Formation. Drawing of the western section in the la Noira sand quarry and location of geological and geochronological samples (by Y. Chantreau, S. Puaud, P. Voinchet, J. Despriée and G. Courcimault).

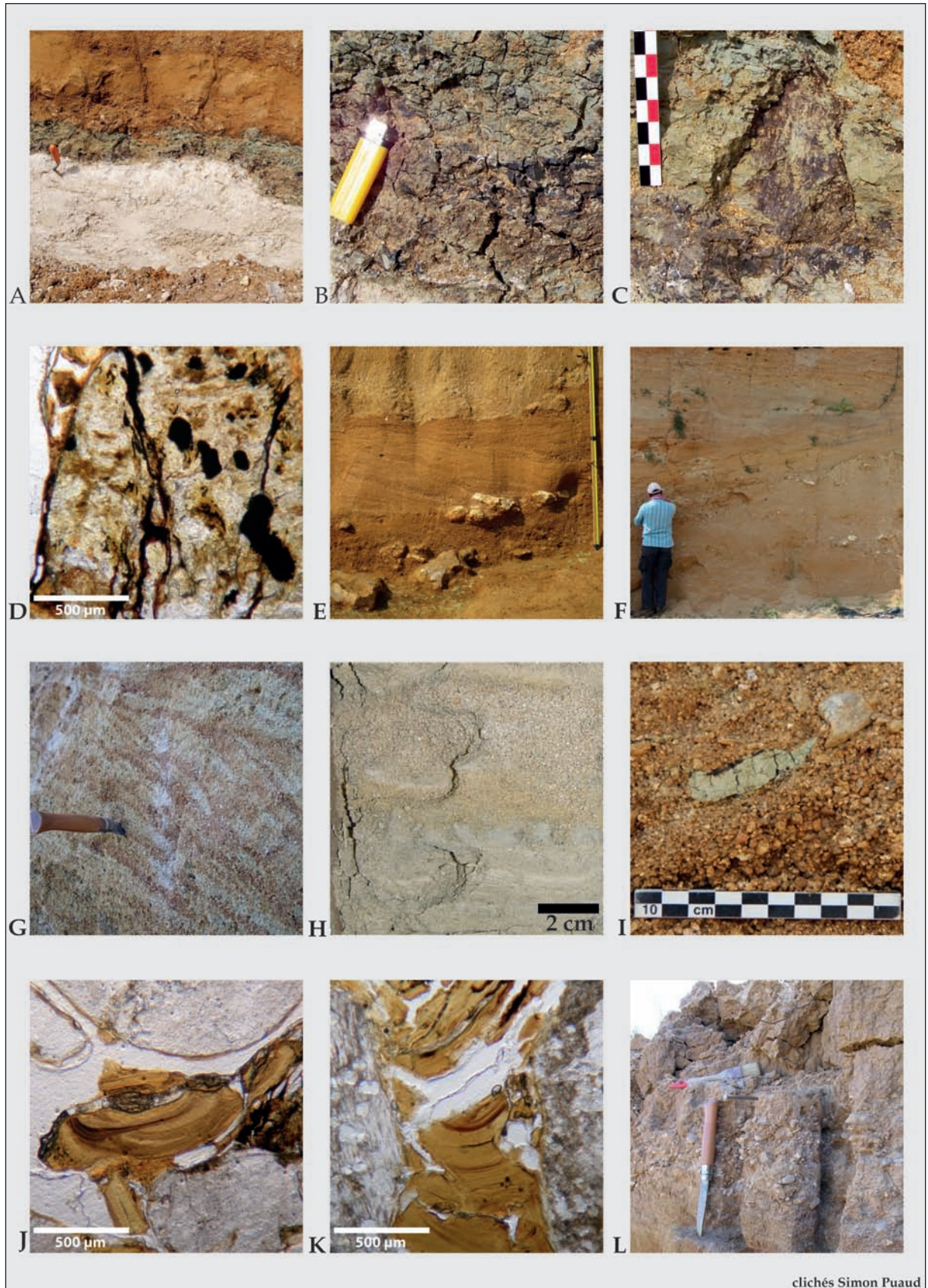


fig. 7 : Faciès et organisation des unités stratigraphiques du site de la Noira.

(a) Vue du substratum tertiaire ; (b) Détail du faciès des argiles vertes ; (c) Plans de glissement striés (slickensides) ; (d) Présence d'oxydes opaques et de plans de rupture à l'origine du débit polyédrique des argiles. ; (e) Base de l'Unité a et dalles de meulière ; (f) Coupe ouest de la sablière de la Noira ; (g) Détail de la sous-unité b2 ; (h) Sous-unité b3 : séquences à l'intérieur des blocs de limons ; (i) Galets mous ; (j et k) Argiles piégées dans la porosité des faciès sableux de l'Unité b. (l) Cailloutis à dragées de quartz (sous-unité c1) et sables limoneux de sommet de l'Unité d (clichés S. Puaud).
 fig. 7: Facies and organisation of the stratigraphic units in the la Noira site. (a) Tertiary bedrock; (b) Detail of the green clay; (c) Slickensides; (d) Opaque oxides and cracks due to desiccation; (e) Base of Unit a with millstone slabs; (f) Western section of the la Noira quarry; (g) Detail of sub-Unit b2; (h) Sub-unit b3; (i) Pebble of clay ("soft pebble"); (j and k) Illuvial clay deposited in the porosity of the sands of Unit b; (l) Gravel of quartz (sub-unit c1) and loamy sands at the top of Unit d (photos. S. Puaud).

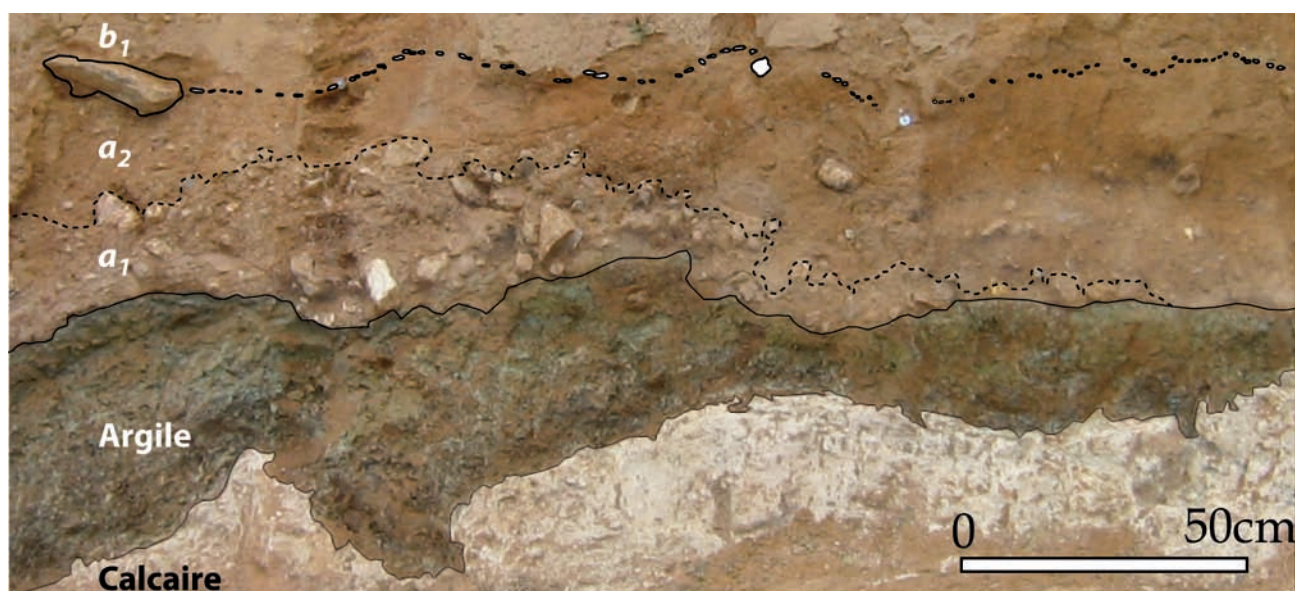


Fig. 8 : Base de la coupe de la Noira, partie nord (carrés P, Q, R, cf. fig. 6).

De bas en haut, calcaires et argiles lacustres (substratum) puis sous-unité a1 (masses discontinues de cailloutis) et sous-unité a2 (sables grossiers et graviers limoneux soliflués).

Fig. 8: Base of the geologic section of la Noira site, northern area (Squares P, Q, R, cf. fig. 6). From bottom to top, limestones and lacustrine clays (substrate), then Sub-Unit a1 (discontinuous pebbly accumulations) and Sub-Unit a2 (solifluction deposits composed of loamy coarse sand and gravel).

6.1 – LE SUBSTRATUM : CALCAIRES ET « ARGILES »

Le calcaire mis au jour à la base de la séquence de la Noira est de couleur blanche. Il se présente sous l'aspect d'une roche homogène et compacte. La nature de ce calcaire a été déterminée par spectroscopie infra-rouge (par absorption en mode ATR ; en transmission par dilution en KBr ; microscope IR - Bruker). La roche est essentiellement composée de carbonates de calcium (environ 95 %), de smectite et de quartz (tab. 3, éch. 01 et 02).

Dans sa partie supérieure, il est plus fragile, souvent d'aspect marneux, et devient plastique lorsqu'il est humide. Les analyses micromorphologiques ont montré que cette partie supérieure est constituée de nodules de calcaire de taille pluri-centimétrique qui sont recouverts par des imprégnations stratiformes noirâtres d'oxydes ferro-manganiques et qui sont emballés dans une matrice limono-argileuse (fig. 7A). Les mesures de susceptibilité magnétique de ce substrat calcaire indiquent une très

faible quantité de particules paramagnétiques ou ferromagnétiques ($0,03 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{kg}$).

Le calcaire est recouvert par des « argiles vertes », dénomination donnée lors de la première publication du site (Dépont, 1984). L'épaisseur de ces « argiles » varie de dix centimètres à près d'un mètre et le contact avec le calcaire sous-jacent est particulièrement net.

Le calcaire et les « argiles vertes » ont fait l'objet d'analyses au granulomètre Laser Coulter TM LS230 (Centre Européen de Recherches préhistoriques de Tautavel) et avec le diffractomètre Bruker D8 Advance (laboratoire de caractérisation et de datation des archéomatériaux et archives sédimentaires (CD2AS) du musée de l'Homme). Les résultats sont donnés ci-dessous.

Le calcaire non altéré est composé de calcite et de carbonates, alors que le calcaire altéré (« marneux ») est relativement plus argileux. L'analyse montre une homogénéité de la composition en smectite et kaolinite des différents échantillons prélevés dans l'épaisseur des

Zone de prélèvement secteur, carré	Échantillon	Profondeur en cm	Description	Calcite	Carbonates	Quartz	Kaolinite	Smectite
BFLN 13-0D0	07	70	« Argiles vertes »	0	+	+	+++	++
BFLN 13-0D2	05	80	« Argiles vertes »	0	traces	+	+++	++
BFLN 13-0D2	04	88	« Argiles vertes », passées ocre (Fe)	0	faible	+	++	++
BFLN 13-0D2	03	111	« Argiles vertes », passées noires (Mn)	0	faible	+	++	++
BFLN 13-0D2	02	127	Marnes blanches	0	+	+	++	++
BFLN13-1O24	06	129	Calcaire altéré	+++	+++	+	traces	+
BFLN 13-0D2	01	131	Calcaire blanc	+++	+++	+	0	+

Tab 3 : Composants majoritaires des calcaires et des argiles lacustres provenant du substratum de la Noira déterminés par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier.

Tab. 3: Major components of the lacustrine limestones and clays sampled in the la Noira substrate and determined by IRTF spectroscopy.

argiles avec une augmentation notable de la kaolinite dans la partie supérieure.

Dans le calcaire comme dans les argiles, la proportion des sables fins est assez constante (18 %). Ces sables sont composés de grains de quartz parmi lesquels dominent (85 %) les grains ronds mats (Moreno Garcia, 2007). Plastiques lorsqu'elles sont humides, ces argiles se débitent en polyèdres lorsqu'elles sont sèches. Sur lames minces, on observe des traits verticaux qui s'expriment macroscopiquement par des surfaces de glissement striés (fig. 7C). Ces stigmates confirment leur sensibilité aux alternances humectation / dessiccation (fig. 7B). La sensibilité à la dessiccation est à l'origine de leur fragmentation en polyèdres dont les faces ont été tachées par des enduits noirâtres d'oxydes ferro-manganiques par des processus d'oxydo-réduction postérieurs (fig. 7D). L'étude de la susceptibilité magnétique en fonction de la température a permis d'identifier de la magnétite dans ces argiles. La présence de cette magnétite indique que ces argiles ne résultent pas d'une altération sur place du calcaire (Caillère *et al.*, 1982 ; Millot, 1964).

Des calcaires et des « argiles vertes » ayant une composition voisine de celle observée à la base de la séquence de « la Noira » ont été décrits dans les autres bassins lacustres du Berry et en particulier dans celui de Lignières (Cher). D'après les diverses études menées dans ces bassins, ils appartiennent à la Formation éocène supérieur des « Calcaires et Argiles lacustres du Berry » (Lablanche, 1982 ; Lablanche *et al.*, 1994). Ces « argiles » ou « marnes » qui résultent d'un changement de sédimentation dans le milieu lacustre ont été souvent accumulées par de faibles courants dans des dépressions limitées, proches du rivage, et ne sont donc pas observées systématiquement dans les formations lacustres locales (Denizot, 1927 ; Ménillet, 1974 ; Yvard, 1976, Lablanche, 1982).

6.2 - LES DÉPÔTS QUATERNAIRES

Les dépôts quaternaires comprennent une succession de dépôts de pente et de sédiments fluviatiles et ont été subdivisés en quatre unités indexées de bas en haut : *Unités a, b, c et d* (fig. 6).

6.2.1. - L'Unité a

Les dépôts de l'Unité a reposent sur la surface supérieure des « argiles vertes » qui correspond à une surface d'érosion sur laquelle sont visibles des chenaux larges mais peu profonds. Cette Unité a a été observée sur 25 m de longueur à la base de la Coupe ouest (fig. 6 et 8). D'une épaisseur variant de 30 à 90 cm, elle comprend à sa base un cailloutis hétérométrique discontinu recouvert par des sables grossiers et des graviers emballés dans une matrice argilo-limoneuse brun rouille. Cette unité a été subdivisée en deux sous-unités.

– *sous-unité a1 : le cailloutis de base*

Dans la partie nord de la coupe ouest (fig. 6), les accumulations, discontinues et variables en épaisseur, contiennent surtout des cailloux et des blocs très usés de quartz, granite et chailles jurassiques ; les plaques de meulière y sont rares. Quelques bifaces et éclats isolés étaient inclus dans ces accumulations ou reposaient sur la surface des argiles (fig. 8).

Dans la partie sud (partie gauche de la fig. 6), les plaques et fragments de meulière dominant (54 %). La fouille de cette zone a montré que tous les éléments grossiers, cailloux, blocs usés et plaques fragmentées étaient regroupés en amas subcirculaires de 4 à 5 m de diamètre accumulés sur des surfaces planes de part et d'autre d'un chenal orienté nord-sud (fig. 9). Ces amas ont une épaisseur irrégulière pouvant atteindre 40 cm et leur base repose directement sur le toit des « argiles verdâtres ».

Fouillé sur plus de 10 m de long, ce chenal a été trouvé à peu près vide de tout matériel grossier, à l'exception de petits cailloux répartis de manière diffuse sur le fond. D'autre part, un alignement continu de cailloux de taille moyenne est présent sur son versant Est. La présence de cet alignement ainsi que la quasi-absence de cailloux au fond du chenal sembleraient indiquer que ce chenal peut avoir fonctionné pendant les premières phases de dépôt (fig. 9A). Enfin, après un nouvel épisode sableux, un deuxième dépôt de plaques de meulière, paraît avoir été recoupé par des écoulements postérieurs (fig. 9B). L'orientation N-S du chenal est différente de celle de la pente du versant. Celui-ci est orienté SO-NE, alors que la pente du chenal est inclinée du N vers le S. Les phases d'érosion puis de remblaiement sableux du chenal pourraient être attribuées à la rivière.

La morphologie et la disposition relative de ces accumulations rappellent les lobes terminaux d'une coulée de solifluxion capable de transporter des gros débris. Le site se trouve en bordure d'un couloir d'érosion qui suit la fracture limitant un compartiment tectonique et se poursuit jusqu'au fond du fossé actuel du Cher (fig. 3). Cette position est favorable à de telles coulées qui se déclenchent après des précipitations abondantes (Cojan & Renard, 2006 ; Bertran & Coutard, 2004). Le talweg se prolonge jusqu'au sommet de l'interfluve sur lequel subsistent des témoins des épandages tertiaires contenant, avec les mêmes morphologies, des éléments présentant le même corpus pétrographique que ceux retrouvés dans les amas (Debrand-Passard *et al.*, 1978).

Une étude pétro-archéologique des blocs et cailloux constituant cette *sous-unité a1* été réalisée (*cf.* Despriée *et al.*, 2017a). Les 6 500 cailloux étudiés lors de ce travail ont des dimensions moyennes de 150 x 132 x 52 mm pour un poids moyen de 750 g et un poids maximal de 5 000 g. Des dalles de meulière de taille métrique qui ont un poids compris entre 50 kg et plus de 200 kg sont également présentes en périphérie des amas. Les roches endogènes sont peu représentées (13,5 %). Ce sont des roches magmatiques et métamorphiques, essentiellement des quartz (73 %) présents sous la forme de cailloux roulés et usés, accompagnés de granitoïdes (20 %) de laves et de gneiss très rares. Les roches sédimentaires (86,5 %) sont essentiellement siliceuses et représentées par des plaques et fragments de plaques non usés de meulière (54 %), des nodules souvent altérés colorés par la sépiolite (20 %), des fragments très usés et latéritisés de nodules de chailles jurassiques (20 %) et des galets de grès/arkose très altérés (4 %). Des fragments de minerai de fer pisolitique ont été observés ainsi que de petits

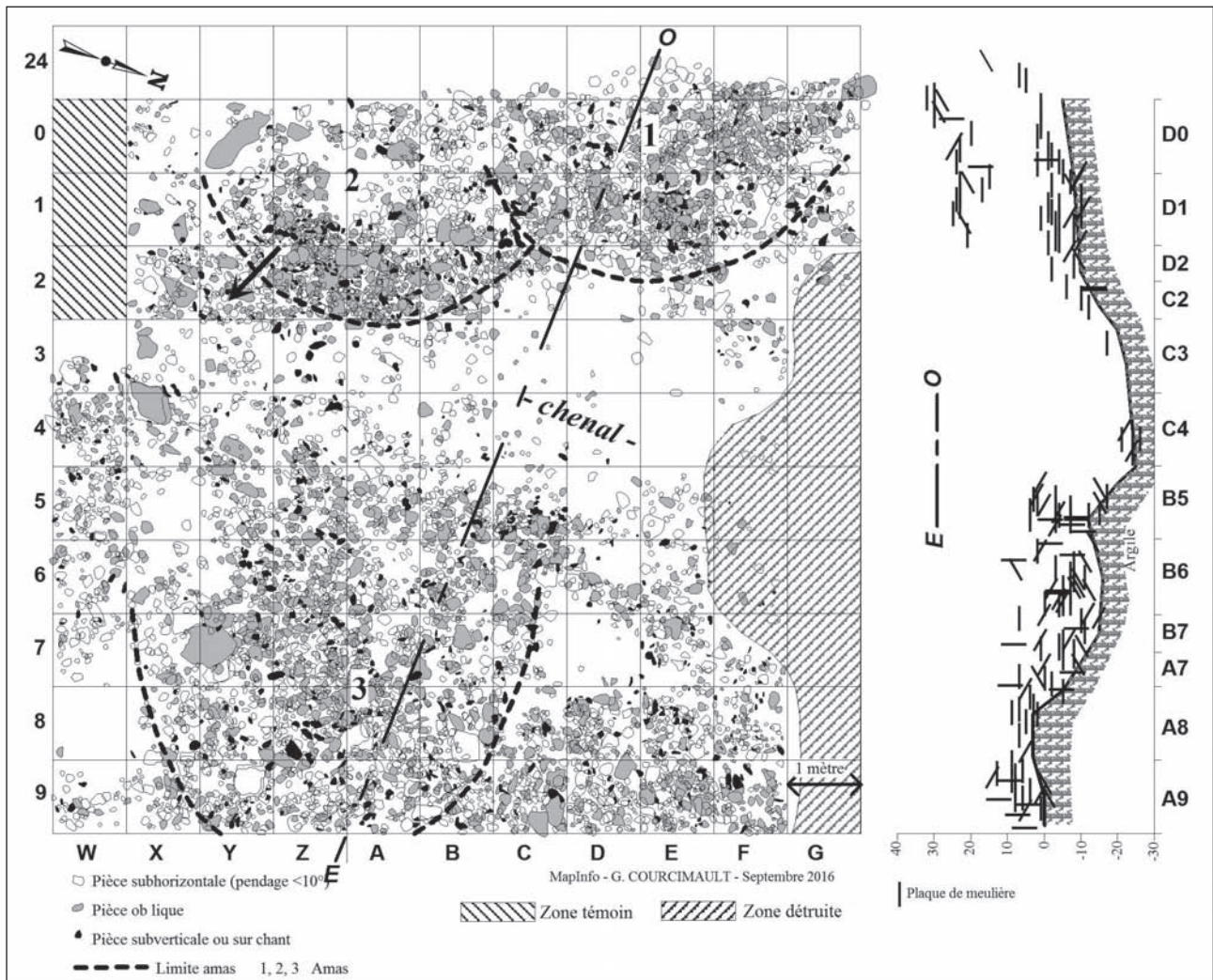


Fig. 9 : Brinay, la Noira. Secteur de fouille (zone sud). Répartition des trois amas d'éléments grossiers (1, 2, 3) de part et d'autre du chenal orienté nord-sud.

Fig. 9 : Brinay, la Noira Site. Excavation area (south of the study area). Distribution map of the three accumulations of coarse lithic elements on both sides of a channel oriented N-S.

galets mous de limon verdâtre similaire à celui observé au-dessus du calcaire (fig. 7I).

Dans la zone sud de la coupe ouest, des pièces acheuléennes taillées dans la meulière sont systématiquement associées à ces accumulations de cailloux, de blocs usés et de plaques de meulière, plus ou moins emballés dans une matrice sablo-limoneuse à graviers. Cette disposition semble indiquer que les amas ont servi de gîtes à matériaux pour les hominins (Moncel *et al.*, 2013 ; Despriée *et al.*, 2016).

L'étude géoarchéologique a permis de constater que la plupart des pièces taillées étaient associées aux trois amas. Ainsi, les bifaces et hachereaux se trouvaient souvent à la surface de ces amas, ou à leur périphérie immédiate. Un seul, biface a été trouvé au fond du chenal, deux paraissent avoir glissé avec un paquet de fragments de meulières (Carré Y2 dans fig. 9). Les fragments de plaques brisées par les hommes et les éclats débités se trouvaient le plus souvent à l'intérieur des amas. Une trentaine de blocs taillés ou d'éclats étaient présents dans l'alignement présent sur le rebord est du chenal (fig. 9A), ce qui semblerait indiquer que le chenal était actif pendant ou juste après la présence humaine. Une dizaine d'autres ont

été retrouvés sur le fond du chenal dans sa partie la plus profonde (partie sud). Enfin, si il a été parfois trouvé des artefacts au contact de la surface des limons en dehors de la zone fouillée (zones sud et centrale de la coupe), il n'a pas été trouvé d'artefact sous les lobes (Moncel *et al.*, 2013 ; Despriée *et al.*, 2016, 2017a).

– *sous-unité a2 : la couverture de sables grossiers*

Les amas de cailloux et de plaques ont été recouverts par des sables grossiers, graveleux, limoneux et argileux dans lesquels on ne distingue pas de stratification (fig. 6 et 8), qui sont interprétés comme des dépôts de pente. Ces sables sont composés de granules quartzo-feldspatiques et de pisolites d'oxydes de fer abondantes. Les grains de quartz émoussés luisants (85 %) dominent les grains non-usés. Des petits galets de quartz (dragées) et des petits galets mous d'argiles verdâtres issus de l'érosion du substratum sont également présents. Les argiles ferrugineuses forment des revêtements à la surface des cailloux et des grains et comblent, en partie, la porosité d'entassement des sables. Elles sont responsables de la couleur jaune-rouge du sédiment.

Si les valeurs de la susceptibilité magnétique obtenues pour le sédiment limoneux de l'Unité a ne soulignent pas

la discontinuité observée avec les limons lacustres sous-jacents, les mesures à haute température confirment la présence abondante d'hydroxydes de fer dans cette unité (fig. 10).

Postérieurement au dépôt de la *sous-unité a2*, des phénomènes de cryoturbation ont affecté l'Unité a, les argiles et calcaires sous-jacents dans la partie nord étudiée et dans d'autres secteurs de la carrière. Dans les zones cryoturbées, plus de 50 % des éléments lithiques sont géolifracés (Despriée *et al.*, 2017a).

Dans la zone sud, les éléments lithiques taillés ne portent aucun stigmate de gélivation ce qui suppose que l'épaisseur de la *sous-unité a2*, à cet endroit, aurait été suffisante pour les protéger pendant les cycles de gel-

dégel. L'épaisseur originelle de cette *sous-unité a2* est inconnue, la surface de l'Unité a est en effet marquée par une ligne continue de petits cailloux (dragées de quartz, de galets de granite, de fragments de chailles et de meulière) dégagés par le courant.

Dans la partie accessible du site, l'Unité a repose en discordance sur la surface incisée des « argiles vertes » par la rivière début du MIS 16 et constitue la première phase de remblaiement du nouveau fond de vallée. Cette unité contient des éléments grossiers, exogènes, provenant de l'érosion du plateau, de l'interfluve et de formations fluviales plus anciennes. En références aux travaux de Lefèvre *et al.* (1994), Antoine (1993, 1994) et Bridgland (2000) la mise en place de ces sédiments peut

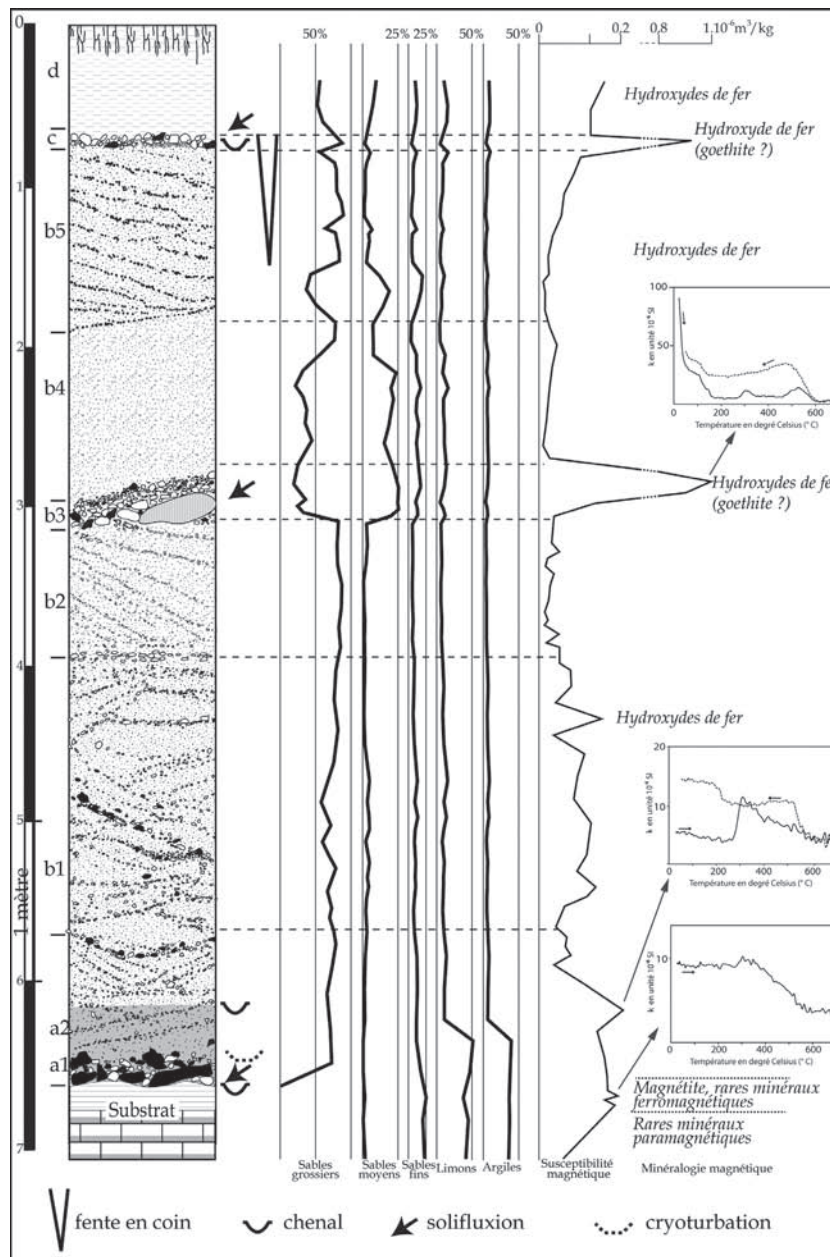


Fig. 10 : Colonne stratigraphique synthétique de la séquence de la Noira.

Résultats des analyses granulométriques et de la susceptibilité magnétique, avec quelques exemples représentatifs de courbes de la susceptibilité magnétique en fonction de la température (trait plein : chauffe ; trait pointillé : refroidissement). L'échelle des ordonnées n'est pas identique dans le but d'accentuer les variations des courbes thermomagnétiques.

Fig. 10: Synthetic stratigraphic log of the la Noira sequence. Results of grain-size analysis (% of coarse, medium and fine sand, silt and clay) and magnetic susceptibility with some representative examples of curves of magnetic susceptibility according to the temperature (full line: heating; dotted line: cooling). Y-axis scales are not identical to better identify changes in the thermomagnetic curves.

résulter de phénomènes de solifluxion et de ruissellement sur les pentes des vallées franchement incisées au début d'une phase glaciaire. De tels phénomènes d'érosion et de transport ont été observés et décrits sur les versants de la vallée moyenne du Cher en Berry (Debrand-Passard *et al.*, 1978 ; Lablanche *et al.*, 1984 ; Manivit *et al.*, 1994).

6.2.2 - L'Unité b

Sur le sommet érodé de l'Unité a, cinq mètres de sables (Unité b) ont été déposés en plusieurs séquences successives séparées par des phases d'érosion. Cette unité complexe a été subdivisée en cinq sous-unités nommées b1 à b5 (fig. 6 et 10).

On observe de bas en haut :

– la sous-unité b1 est constituée par des remplissages de chenaux superposés où les sables grossiers peu argileux dominant (fig. 6 et 7E). Ces sables sont essentiellement composés de grains de quartz émoussés luisants (origine fluviatile) mais aussi de 15 à 20 % de grains non usés qui pourraient provenir de la désagrégation, observée *in situ*, de boules de granite de taille décimétrique (Moreno Garcia, 2007) ;

– la sous-unité b2, dont un seul témoin reste visible dans la partie sud de la coupe ouest, est composée de sables grossiers, identiques en nature et en granulométrie à ceux de la sous-unité b1, à litage oblique (fig. 7G). Cette sous-unité a été érodée et entaillée sur environ 1,50 m de profondeur et sur une vingtaine de mètres de large (fig. 6). Dans cette sous-unité, comme dans la précédente, la porosité d'entassement du sédiment est en partie comblée par des argiles d'illuviation postérieures à l'activité fluviatile (fig. 7J et 7K). Ces argiles soulignent le litage oblique des feuilletts sédimentaires et les discontinuités horizontales (contacts érosifs). Les courbes thermomagnétiques sont similaires à celles obtenues pour des échantillons de l'Unité a sous-jacente ce qui indique que la minéralogie magnétique est semblable ; néanmoins, la concentration en hydroxydes de fer est bien plus faible que dans les sédiments sablo-limoneux colluviés de l'Unité a ;

– la sous-unité b3 correspond à un dépôt de pente (diamicton) constitué par un mélange de cailloux, de blocs et de plaques de meulière dans une matrice de sables grossier. Ce dépôt a glissé sur plus de vingt mètres sur la surface incisée dans les sous-unités b1 et b2 (fig. 6). Les meulières présentes dans ce diamicton sont toutes gélifractées. Dans la partie supérieure de ce dépôt, on observe des blocs de limons probablement gelés lors de leur transport comme le montre la conservation de leur structure originelle (fig. 7H). Ce matériau limoneux, gris, différent des apports issus des épandages tertiaires du plateau (cailloutis), pourrait provenir d'un effondrement de rive proche. Ce type de limon est visible sur les rives actuelles du Cher. Dans cette sous-unité, les valeurs de susceptibilité magnétique sont exceptionnellement très fortes (entre 0,9 et 1.10⁻⁶ m³/kg) et le niveau est sensiblement plus riche en hydroxydes de fer, probablement de la goethite (fig. 10) ;

– postérieure à ce diamicton, la sous-unité b4 correspond à un épais dépôt de sables moyens (250 à 400 µm)

lités où alternent des lits centimétriques à la granulométrie contrastée (pendage apparent vers le nord). Ces sables quartzo-feldspathiques de couleur jaune, sont toujours peu (fig. 7I). Cette sous-unité b4 se termine par une surface d'érosion très bien marquée (fig. 6) ;

– enfin, la sous-unité b5 est constituée par des sables grossiers, de couleur jaune-rouge à jaune, à stratification en auges formant une succession de petites séquences à granoclassement normal. Ces séquences élémentaires s'organisent elles-mêmes de bas en haut en une séquence granodécroissante. La proportion des grains non usés augmente régulièrement de bas en haut et devient dominante. L'examen micro-morphologique révèle des revêtements argileux (argiles d'illuviation) déposés dans la porosité d'entassement des grains (fig. 7J et 7K). Il s'agit de traits pédologiques acquis postérieurement à l'activité fluviatile et probablement liés au fonctionnement d'un sol brun forestier (Macaire, 1982 ; Baize & Girard, 2009 ; Kühn *et al.*, 2010).

6.2.3 - L'Unité c

Sur la coupe ouest de la carrière de la Noira, le toit des sables fluviatiles de l'Unité b (fig. 6) est marqué par une surface relativement plane, ne présentant pas de pendage apparent, sur laquelle est épandu un niveau grossier, compact, d'épaisseur centimétrique à décimétrique, de dragées de quartz et de plaquettes de meulière gélifractées mêlées à des graviers et des sables grossiers (Unité c).

En d'autres points de la carrière, des chenaux d'environ un mètre de profondeur et de deux mètres de largeur ravinant le toit de l'Unité b ont été observés anciennement. Ils contenaient plusieurs remplissages successifs de débris anguleux de plaques de meulière gélifractées. Les débris, aux formes anguleuses caractéristiques, proviennent de meulières identiques à celles contenues dans les bancs mis au jour plus haut sur le versant de calcaire lacustre. Les débris auraient été déposés sur cette surface et comblés des ravinelements. Puis la couche aurait été partiellement ou totalement érodée, et le sommet des remplissages des ravinelements aurait été tronqué et nivelé (Dépont, 1984).

Ces dépôts cryoclastiques sont très développés dans la vallée du Cher en Berry. Bien conservés en amont du site, ils ont été décrits sous le nom de « grèzes de versants ». Ces grèzes auraient été transportées par solifluxion sur les versants « à regard nord-est », ce qui est l'exposition du versant où se situe la Noira (Lablanche *et al.*, 1984).

Des fentes de gel prenant leur origine à partir de cette surface ont également été signalées lors des travaux antérieurs. Elles recoupaient une grande partie de l'Unité b sur des profondeurs comprises entre 2 et 3 m. L'ouverture mesurée en coupe pouvait atteindre le mètre (Dépont, 1984).

L'abondance de la goethite, dans l'Unité c, supposerait une source différente de celle de l'Unité b pour les sédiments de cette unité. Ceci pourrait indiquer une mise en place par ruissellement ou gélifluxion depuis la rive ou le versant.

6.2.4 - L'Unité d

L'Unité d, qui clôt l'enregistrement sédimentaire de la Noira, est un dépôt de limons sableux qui atteint par endroits 70 cm d'épaisseur. Ce niveau forme la couche

superficielle du versant aujourd'hui régularisé en glacis. La présence de grains de quartz émoussés luisants indique une origine fluviale pour une partie d'entre eux. Les grains de quartz non usés qui dominent nettement (64 %) suggèrent qu'ils pourraient être mélangés avec des colluvions provenant de l'érosion des formations supérieures (Moreno Garcia, 2007).

Dans les *Unités c* et *d*, les valeurs de la susceptibilité magnétique augmentent linéairement (fig. 10). Dans ces deux unités, les hydroxydes de fer sont toujours présents en très faible quantité.

7 - DISCUSSION

Pendant la réalisation du programme d'études, les dépôts sédimentaires de la Formation des Fougères n'ont pu être observés que très localement dans la coupe ouest de la sablière de la Noira. À cet endroit, situé près du versant, quatre unités (*indexées de bas en haut, a, b, c, d*) ont été individualisées au-dessus du plancher d'incision de la rivière. La sédimentologie de ces unités et leur géométrie, qui a pu être partiellement observée, permettent de discriminer une superposition de dépôts de pente et de dépôts fluviaux.

7.1 - LES UNITÉS SÉDIMENTAIRES DE LA NOIRA

L'unité de base (ou *Unité a*) contient des éléments grossiers provenant en partie des épandages tertiaires conservés sur l'interfluve et en partie du versant (Debrand-Passard *et al.*, 1978 ; Manivit *et al.*, 1994 ; Lablanche *et al.*, 1994). Les natures pétrographiques variées de ces cailloux permettent de situer leurs gîtes originels et d'estimer l'importance de leur transport jusqu'à la Noira (Despriée *et al.*, 2017a). Les roches métamorphiques et magmatiques ont été déplacées depuis l'amont, sur des distances comprises entre 120 et 60 km, notamment depuis la bordure nord du Massif central et la Limagne du Cher (Turland *et al.*, 1989 ; Lablanche *et al.*, 1994). Les diverses chailles jurassiques qui sont mélangées à ces roches endogènes proviennent de l'altération des dépôts de calcaires de la cuesta bajocienne située, quant à elle, à environ 50 km en amont.

Les plaques de meulière représentent environ 50 % des roches reconnues dans ce cailloutis de base. Elles sont d'origine locale, et proviennent du versant au-dessus du site étudié. D'après les études antérieures, portant sur les calcaires lacustres du Berry, elles ont pu être situées entre les cotes 120 et 130 m NGF (Lablanche, 1982) immédiatement au-dessus du plancher d'incision situé dans le secteur à 113 m NGF. Dans la *sous-unité a1*, ces roches sont regroupées en amas. Les trois amas de cailloux subcirculaires (fig. 9), pourraient chacune correspondre à l'extrémité de coulées qui auraient été guidées par l'accident qui limite le compartiment du Buisson-long au sud, et qui remonte jusqu'en haut du versant et favorise l'érosion des dépôts coiffant l'interfluve (fig. 3).

Selon les secteurs du site étudiés, 40 à 70 % des plaques de meulière ont montré des stigmates de gélivation

intense. Plusieurs phases de gélivation antérieures à la mise en place des coulées sur le site ont pu être discernées par la présence de négatifs, patinés, de grandes cupules de gel. Ces grandes « écailles » de gel n'ont pas été retrouvées, car probablement perdues lors des diverses phases de transport sur le versant. Une gélivation sur place des plaques non protégées par les colluvions s'est également produite postérieurement à l'arrivée sur le site. Les meulière mieux protégées par les dépôts de la *sous-unité a2*, comme ce fut le cas dans la partie fouillée (fig. 9) ne présentent que des cupules millimétriques sur la face corticale supérieure. La présence des micro-écailles à la surface des plaques indique une absence de mouvement et une durée relativement importante du froid, qui a pu pénétrer en profondeur avant le dépôt de l'*Unité b*.

Dans une zone située à environ 50 m à l'est de la zone fouillée, de nombreuses cellules de cryoturbation, coalescentes, larges d'environ un mètre, ont pu être observées dans une tranchée sur environ trente mètres de longueur. Les éléments grossiers y avaient été regroupés dans ces cellules polygonales irrégulières par les cycles de gel-dégel. Les plus gros éléments, généralement gélivés, montraient un pendage généralisé vers le centre de chaque cellule. Les artefacts préhistoriques retrouvés dans ces amas de cailloux montraient également des stigmates de gel (Despriée *et al.*, ce 2017a).

L'*Unité b*, déposée ensuite, comprend trois phases successives de remblaiement alluvial suivies chacune d'une phase d'érosion. A la première phase de remblaiement correspondraient les *sous-unités b1 et b2*, phase suivie par un épisode érosif important (creusement d'un chenal ou d'un ravinement depuis le versant) puis par la mise en place d'un dépôt de pente par solifluxion (diamicton, *sous-unité b3*). Ensuite, les *sous-unités b4 et b5* seraient les témoins successifs des deux phases suivantes d'alluvionnement suivies chacune par une phase d'érosion plus modérée.

Les stratifications entrecroisées et en auges de l'*unité b* – observées dans la seule coupe accessible – paraissent correspondre à des figures généralement décrites dans les géométries des dépôts des rivières de plaine qui se déplacent dans de larges lits majeurs (Campy & Macaire, 2003 ; Cojan & Renard, 2006). La proximité du versant (environ 250 m au-dessus de la Noira) expliquerait l'intercalation de dépôts de pente.

La surface de cette sous-unité a été érodée, puis un cailloutis (*Unité c*) s'est mis en place. Le cailloutis a ensuite été lessivé (disparition des éléments fins) puis des chenaux, ou des ravines, de taille métrique s'y sont installés et ont été remplis par des débris cryoclastiques de meulière provenant du versant. Enfin, un réseau de fentes de gel, profondes de plus de deux mètres s'est développé ensuite à partir de ces surfaces (Dépont, 1984).

Dans le dernier niveau, constituant le sommet de la formation, les sédiments déposés sont exclusivement des limons sableux de plus en plus fins (*Unité d*). Ils pourraient correspondre à des phases terminales de débordement de la rivière, mais pourraient aussi résulter d'un colluvionnement depuis les nappes plus anciennes pendant diverses phases de régularisation du versant. Des mesures par ESR

sont en cours sur les sables de l'Unité d en vue de mieux situer chronologiquement sa mise en place.

7.2 - INTERPRÉTATION CLIMATIQUE

La succession des différentes phases de dépôts sédimentaires grossiers décrites à la Noira a également été observée dans d'autres formations fluviales de la vallée du Cher, mais aussi dans d'autres vallées du bassin de la Loire moyenne (Creuse et Loir) (Despriée, 1985 ; Despriée & Gageonnet, 2003 ; Despriée *et al.*, 2017b).

Si l'on se réfère aux modèles proposés par P. Antoine et D. Lefèvre pour les vallées de la Somme et de la Seine (Antoine, 1993, 1994 ; Lefèvre *et al.*, 1994) et par D. Bridgland pour la vallée de la Tamise (Bridgland & Allen 1996 ; Bridgland, 2000), une incision du substratum par les rivières se produit à la fin d'une période interglaciaire et au début de la période glaciaire qui lui succède. A la Noira, après la fin de l'incision du substratum par la rivière, le début de la sédimentation est caractérisé par un ou plusieurs dépôts grossiers successifs parfois superposés contenant des matériaux provenant du plateau, de l'interfluve ou du versant. Comme semble l'indiquer la géométrie des dépôts, ces matériaux sont vraisemblablement descendus par solifluxion (Despriée & Gageonnet, 2003). Les éléments grossiers semblent avoir subi plusieurs phases de gélivation avant leur mise en place sur le site.

Ces dépôts semblent alors avoir servi de gîtes à matériaux siliceux pour les hommes qui fréquentaient les vallées à cette époque, la matière première utilisée variant alors selon les disponibilités. Ainsi, les quartz ont été utilisés à Pont-de-Lavaud, dans la vallée de la Creuse (Eguzon-Chantôme, Indre) (Lombera *et al.*, 2016) alors qu'à Lunery-Rosières, dans la vallée du Cher, ce sont les chailles jurassiques qui ont été recherchées. A la Noira, les hommes préhistoriques ont profité des accumulations de plaques de meulière pour mettre en place une stratégie d'approvisionnement (Moncel *et al.*, 2013, 2016 ; Despriée *et al.*, 2016). La présence de nucléus, d'éclats et de bifaces associés aux dépôts de pente grossiers indique que les hommes semblent donc avoir été présents pendant la période d'instabilité climatique située à la transition entre la fin d'une période interglaciaire et le début d'une période glaciaire (Moncel *et al.*, 2013, 2016).

Les hommes ont ensuite abandonnés la zone dès lors que de le climat se détériore. Les cailloux et les artefacts non protégés présentent des stigmates de gel, les autres sont regroupés dans des cellules de cryoturbation avec les autres éléments grossiers (Despriée *et al.*, 2017a). Après le départ des hommes, ces dépôts grossiers et les éventuels artefacts préhistoriques abandonnés sur place ont ensuite été localement protégés par de nouveaux dépôts. Néanmoins, ces dépôts de base, ainsi que le substrat sur lequel ils reposent, ont aussi souvent été cryoturbés, avant d'être recouverts par d'épaisses unités fluviales sableuses (Despriée & Gageonnet, 2003).

Compte tenu de la géométrie des dépôts grossiers et des stigmates importants de gélivation observés sur le

site de la Noira, la phase de dépôts de pente et de leur cryoturbation pourrait ainsi être partiellement corrélée aux phases d'un début de cycle climatique « glaciaire-interglaciaire » que les âges ESR obtenus sur les alluvions les recouvrant (âge moyen pondéré de 655 ± 55 ka) permet de corréliser avec le MIS16.

8 - CONCLUSION

La mise en place, dans le site de la Noira à Brinay (Cher), des séquences sédimentaires d'un unité de base grossière (Unité a), pourrait s'être effectuée lors de la transition climatique qui caractérise la fin d'une période interglaciaire et le début d'une période glaciaire. Cette transition correspondrait, d'après les données géochronologiques disponibles au début du MIS 16.

À la Noira, après une incision importante dans le substratum se sont mis en place, sur le plancher, des dépôts de matériaux grossiers issus du plateau et des versants (sous-unité a1). Ces sédiments ont alors servi de gîte à matériaux pour les hommes présents au début du Pléistocène moyen dans la vallée. L'abondante industrie acheuléenne retrouvée à la Noira atteste de la fréquentation importante de ce site il y a environ 650 000 ans.

La recherche et l'utilisation de ces dépôts grossiers soliflués comme gîtes à matériaux par les hommes préhistoriques en début de période glaciaire a déjà été signalé dans plusieurs autres formations alluviales fossiles quaternaires des différents systèmes fluviales de la région. La position des artefacts découverts à la Noira confirme la capacité des hommes, dans une région relativement méridionale, à supporter les prémices d'une glaciation. Elle confirme également une tendance de ces derniers à rechercher, dans le fond des vallées, les matières premières siliceuses locales qu'ils utilisent alors exclusivement.

L'accumulation de dépôts fluviaux (sous-unités b1, b2, b4 et unité d ?) et de dépôts de versant (sous-unité b3 et unité c), pendant le reste du cycle, a ensuite « fossilisé » le niveau archéologique. L'épaisseur importante de ces dépôts a ainsi limité l'impact des phases d'érosion ou d'incision postérieures.

REMERCIEMENTS

Nous remercions le ministère de la Culture (Drac du Centre), la région Centre-Val de Loire (ARCHÉA) et le Muséum national d'Histoire naturelle (Département de Préhistoire) pour le soutien financier au projet de recherches sur « Les premiers peuplements dans les formations alluviales fossiles du bassin de la Loire moyenne » depuis 2003. Nous remercions également le laboratoire de caractérisation et de datation des archéomatériaux et archives sédimentaires (CD2AS) du musée de l'Homme à Paris ; Mme France Lagroix du laboratoire de Paléomagnétisme de l'Institut de Physique du Globe de Paris qui nous a permis d'utiliser le Kappabridge ; Mme Alina Tudryn, Maître de conférence de l'Université d'Orsay-Paris Sud et

de l'UMR GEOPS pour les discussions et critiques ; M et Mme Le Roh et leur famille, propriétaires du terrain de la Noira à Brinay pour leur accueil et leur aide. Nous remercions vivement L. Deschodt et le deuxième relecteur pour leurs remarques et suggestions constructives qui ont permis d'améliorer sensiblement cet article.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ADAMIEC G. & AITKEN M., 1998** - Dose-rate conversion factor: update. *Ancient TL*, **16** (2), 37-50.
- ANTOINE P., 1993** - Le système de terrasses du bassin de la Somme : modèle d'évolution morphosédimentaire cyclique et cadre paléoenvironnemental pour le Paléolithique. *Quaternaire*, **4** (1), 3-16.
- ANTOINE P., 1994** - The Somme Valley terrace system (Northern France); a model of river response to quaternary climatic variations since 800 000 BP. *Terra-Nova*, **6** (5), 453-464.
- ANTOINE P., LAUTRIDOU J.P. & LAURENT M., 2000** - Long term fluvial archives in NW France: response of the Seine and Somme Rivers to tectonic movements, climatic variations and sea level changes. *Geomorphology*, **33** (3-4), 183-207.
- BAIZE D. & GIRARD M.-C., 2009** - *Référentiel pédologique 2008*. Association Française pour l'Étude des Sols, Collection Savoir Faire, Quae, Versailles, 406 p.
- BELGRAND E., 1864** - Note sur les terrains quaternaires du bassin de la Seine. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 2^e série, t **XXI**, 158-179.
- BELGRAND E., 1869** - *La Seine. Le Bassin parisien aux âges anté-historiques*, Paris, Imprimerie impériale, **CVII**, 289 p.
- BERTRAN P. & COUTARD J.-P., 2004** - Solifluxion, *Quaternaire, Hors-série 1*, 84-93.
- BOURDIER F., 1938** - Essai de synthèse sur le Quaternaire du sud-ouest de la France. *Bulletin de la Société d'Études Locales de la Charente*, **182 - 184**, 24 p.
- BOURDIER F., 1964** - Essai d'histoire sur la notion de nappes alluviales périglaciaires. *Bulletin de l'Association Française pour l'Étude du Quaternaire*, **21**, 5-7.
- BOURDIER F., 1969** - Étude comparée des dépôts quaternaires des bassins de la Seine et de la Somme. Excursion dans le Bassin de Paris de l'Association Internationale pour l'Étude du Quaternaire du 18 au 28 avril 1969. *Bulletin d'Information des Géologues du Bassin de Paris*, **21**, 169-220.
- BRENNAN B. J., 2003** - Beta doses to spherical grains. *Radiation Measurements*, **37** (4-5), 299-303.
- BRENNAN B.J., LYONS R.G. & PHILIPPS S.W., 1991** - Attenuation of alpha particle track dose for spherical grains. *Nuclear Tracks and Radiation Measurements*, **18**, 249-253.
- BRIDGLAND D.R., 2000** - River terrace systems in north-west Europe: an archive of environmental change, uplift and human occupation. *Quaternary Science Reviews*, **19** (13), 1293-1303.
- BRIDGLAND D.R. & ALLEN P., 1996** - A revised model of terrace formation and its significance for the early Middle Pleistocene terrace aggradation of the north-east Essex, England. In C. Turner (eds.), *The early Middle Pleistocene in Europe*. Bakelma, Rotterdam, 121-134.
- BUFFON G. L. & LECLERC de, 1778** - *Les Époques de la Nature*. Imprimerie royale, 364 p.
- CAILLÈRE S., HÉNIN S. & RATUREAU M., 1982** - *Minéralogie des argiles*. Masson, Paris, 355 p.
- CAMPY M. & MACAIRE J.-J., 2003** - *Géologie de la surface. Érosion, transfert et stockage dans les environnements continentaux*. Dunod, Paris, 440 p.
- CHAPUT E., 1908** - Sur les alluvions quaternaires de la Loire et de l'Allier. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **147**, 89-91.
- CHAPUT E., 1913** - Essai de synchronisation des alluvions anciennes de la Loire et de ses affluents. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **156**, 358-360.
- CHAPUT E., 1917** - *Recherches sur les terrasses alluviales de la Loire et de ses principaux affluents*. Annales de l'Université de Lyon, nouvelle Série, I. Sciences, Médecine, **41**, 303 p.
- CHAPUT E., 1927** - Les principales phases de l'évolution de la vallée de la Seine. *Annales de Géographie*, **36** (200) 125-135.
- COJAN I. & RENARD M., 2006** - *Sédimentologie*. Dunod, Paris, 444 p.
- COUPÉ J.-M., 1806** - Sur l'étude du sol des environs de Paris. *Journal de Physique, de Chimie, d'Histoire Naturelle et des Arts*, **LXII**, 287-297 & **LXIII**, 279-291.
- COMMENT V., 1907** - L'industrie des graviers supérieurs de Saint-Acheul. *Revue de l'École d'Anthropologie de Paris*, **XIII**, 14-32.
- COMMENT V., 1909** - Saint-Acheul et Montières. Notes de Géologie, de Paléontologie et de Préhistoire. *Mémoires de la Société Géologique du Nord*, **VI**, 1-67.
- DEBRAND-PASSARD S., 1978** - Données nouvelles sur la tectonique du Sud du Bassin de Paris. *Bulletin du Bureau de Recherches Géologiques et Minières*, **2** (3), 205-211 et 265-268.
- DEBRAND-PASSARD S., 1982** - *Le Jurassique supérieur du Berry (sud du Bassin de Paris, France)*. Mémoires du Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Orléans, **119**, 228 p.
- DEBRAND-PASSARD S. & GROS Y., 1980** - Fracturation de la Champagne berrichonne. *Bulletin de la Société géologique de France*, 7^e série, **22** (4), 647-653.
- DEBRAND-PASSARD S., LABLANCHE S., FLAMAND G., SOULAS D., CAVELIER J.-P., DESPREZ C., CAUDRON M. & LAFARGE M., 1977** - *Carte géologique de la France à 1/50 000 (519), Bourges. Notice explicative*. Bureau de Recherches géologiques et minières, Orléans, 45 p.
- DEBRAND-PASSARD S., MARTIN B., PETITFILS B., MEDIONI R., LABLANCHE R., FLAMAND D. & DESPREZ N., 1978** - *Carte géologique de la France à 1/50 000 (518), Vatan. Notice explicative*. Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Orléans, 48 p.
- DÉCHELETTE J., 1908** - *Archéologie préhistorique*. Manuel d'Archéologie préhistorique, celtique et gallo-romaine, I. A. Picard, Paris, 745p.
- DENIZOT G., 1927** - *Les formations continentales de la région orléanaise*. Imprimeries Launay, Vendôme, 582 p.
- DENIZOT G., 1930** - Les emplacements préhistoriques des vals du Loir vendômois. *Bulletin de la Société Archéologique, Scientifique et Littéraire du Vendômois*, 81-138.
- DENIZOT G., 1930 - 31** - Les corrélations entre les niveaux du Quaternaire et les époques du préhistorique français. *Bulletin de la Société Archéologique, Scientifique et Littéraire du Vendômois*, 15-42 et 37-90.
- DENIZOT G., 1950** - Sur la définition et la valeur du terme « Cheléen ». *Actes du Congrès Préhistorique de France*, Monaco, XVI^e session, 521-528.
- DÉPONT J., 1984** - Une industrie acheuléenne dans son contexte géologique : la sablière des « Fougères » à Brinay (Cher). *Cahiers d'Archéologie et d'Histoire du Berry*, **78**, 19-31.
- DESPRIÉE J., 1979** - *Les industries du Paléolithique inférieur et moyen dans la vallée du Loir vendômois (Loir-et-Cher) dans leur contexte géologique*. Thèse de doctorat, Université de Provence, Aix-Marseille I, 388 p.
- DESPRIÉE J., 1985** - Les industries du Paléolithique inférieur et moyen de la Formation des « Grouais-de-Chicheray », commune de Pezou, Loir-et-Cher. *Revue Archéologique du Centre de la France*, **XXIV - 2**, 145-189.
- DESPRIÉE J. & LORAIN J.-M., 1972** - Une industrie à choppers dans les alluvions du Loir à Pezou (Loir-et-Cher). *Gallia Préhistoire*, **15** (1), 2-30.
- DESPRIÉE J. & LORAIN J.-M., 1982** - Les industries du Paléolithique inférieur et moyen de la vallée du Loir vendômois dans leur contexte géologique. *Bulletin de l'Association Française d'Étude du Quaternaire*, **19** (2-3), 113-122.
- DESPRIÉE J. & GAGEONNET R., 2003** - La très haute nappe alluviale d'âge pléistocène inférieur de la vallée de la Creuse à Eguzon (Indre) : figures de cryoturbation, habitats préhistoriques et datations absolues. *Bulletin de la Société Géologique de France*, **174** (4), 383-400.
- DESPRIÉE J., VOINCHET P., BAHAIN J.-J., FALGUÈRES C., LORAIN J.-M. & DUVALARD J., 2003** - Les nappes alluviales pléistocènes dans la région de Vendôme (Loir-et-Cher, France) : contexte morphosédimentaire et chronologie RPE. *Quaternaire*, **14** (4), 207-218.
- DESPRIÉE J., VOINCHET P., BAHAIN J.-J., TISSOUX H., FALGUÈRES C., DÉPONT J., & DOLO J.-M., 2007** - Les nappes alluviales pléistocènes de la vallée moyenne du Cher (Région Centre, France) : contexte morphosédimentaire, chronologie ESR et Préhistoire. Premiers résultats. *Quaternaire*, **18** (4), 349-368.
- DESPRIÉE J., VOINCHET P., TISSOUX H., BAHAIN J.-J., FALGUÈRES C., COURCIMAULT G., DÉPONT J., MONCEL M.H., ROBIN S., M., SALA R., MARQUER L., MESSAGER E., PUAUD S. & ABDESSADOK S., 2011** - Lower and Middle Pleistocene human settlements recorded in fluvial deposits of the middle Loire River Basin, Centre Region, France. *Quaternary Science Reviews*, **30** (11-12), 1474-1485.
- DESPRIÉE J., COURCIMAULT G., MONCEL M.H., VOINCHET P., TISSOUX H., PUAUD S., GALLET X., BAHAIN J.-J., MORENO GARCIA D. & FALGUÈRES C., 2016** - The

- Acheulean site of la Noira (Centre region, France): Characterization of materials and alterations, choice of lacustrine millstone and evidence of anthropogenic behaviour. *Quaternary International*, **41**, 159-184.
- DESPRIÉE J., COURCIMAULT G., VOINCHET P., PUAUD S., BAHAIN J.-J., MORENO GARCIA D., MONCEL M.-H., GALLET X., CHANTREAU Y., TISSOUX H. & FALGUÈRES C., 2017a - Étude géochronologique du site acheuléen ancien de « la Noira » (Brinay, Cher, région Centre, France). *Quaternaire*, **28** (1), 51-73.
- DESPRIÉE J., COURCIMAULT G., VOINCHET P., JOUANNEAU J.-C., PUAUD S., ABDESSADOK S., DÉPONT J., DUVAL M., LEBON M., INGICCO T., MONCEL M.-H., FALGUÈRES C. & BAHAIN J.-J., 2017 b - Le site du Pléistocène inférieur de Lunery-Rosières, la Terre-des-Sablons (France, région Centre, Cher) : unités sédimentaires, datations ESR, études géochronologiques, préhistoire. *Quaternaire*, **28** (1), 5-30.
- DOLO J.-M., LECERF N., MIHAJLOVIC V., FALGUÈRES C. & BAHAIN J.-J., 1996 - Contribution of ESR dosimetry for irradiation of geological and archaeological samples with a 60-Co panoramic source. *Applied Radiation and Isotopes*, **47** (11-12), 1419-1421.
- DUVAL M., MORENO GARCIA D., SHAO Q., VOINCHET P. & FALGUÈRES C., 2011 - Datación por ESR del yacimiento arqueológico del Pleistoceno inferior de Vallparadís (Terrassa, Cataluña, España). *Trabajos de Prehistoria*, **68** (1), 7-24.
- GAUDRY A., 1859 - *Contemporanéité de l'espèce humaine et de diverses espèces animales aujourd'hui éteintes*. Savy, Paris, 317-318.
- GRATIER M. & MACAIRE J.-J., 1981 - Les alluvions anciennes de la Creuse à Yzeures-sur-Creuse (Indre-et-Loire). Paléoenvironnement et Préhistoire. *Gallia Préhistoire*, **24** (1), 229-238.
- GRÜN R., 1994 - A cautionary note: use of the "water content" and "depth for cosmic ray dose rate" in AGE and DATA. *Ancient TL*, **12** (2), 50-51.
- KÜHN P., AGUILAR J. & MIEDEMA R., 2010 - Textural pedofeatures and related horizons. In G. Stoops, V. Marcelino, F. Mees (eds.), *Interpretation of micromorphological features of soils and regoliths*. Elsevier, Amsterdam, 217-250.
- LABLANCHE G., 1982 - *Les calcaires lacustres paléogènes de la Champagne berrichonne (étude cartographique, pétrographique, reconstitution du milieu de sédimentation)*. Document du B.R.G.M., 49. Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Orléans, 127 p.
- LABLANCHE G., MARCHAND D. & DESPREZ N., 1984 - *Carte géologique de la France à 1/50 000 (546), Châteauneuf-sur-Cher. Notice explicative*. Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Orléans, 34 p.
- LABLANCHE G., MARCHAND D., LEFAVRAIS-RAYMOND A., DEBRAND-PASSARD S., GROS Y., DEBÉGLIA N., MAGET P. & LALLIER D., 1994 - *Carte géologique de la France à 1/50 000 (572), Saint-Amand-Montrond. Notice explicative*. Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Orléans, 81 p.
- LAUTRIDOU J.-P., LEFEBVRE D., LÉCOLLE F., CARPENTIER G., DESCOMBES J.-C., GAQUEREL C. & HUAULT M.-F., 1984 - Les terrasses de la Seine dans le méandre d'Elbeuf. Corrélation avec celles de la région de Mantes. *Bulletin de l'Association Française pour l'Etude du Quaternaire*, **21** (1-3), 27-32.
- LEFEBVRE D., ANTOINE P., AUFFRET J.-P., LAUTRIDOU J.-P. & LÉCOLLE F., 1994 - Réponses de la Seine et de la Somme aux événements climatiques, eustatiques et tectoniques du Pléistocène moyen et récent : rythmes et taux d'érosion. *Quaternaire*, **5** (3-4), 165-172.
- LOMBERA-HERMIDA A. de, RODRIGUEZ-ALVAREZ X.-P., PEÑA L., SALA R., DESPRIÉE J., MONCEL M.-H., COURCIMAULT G., VOINCHET P. & FALGUÈRES C., 2016 - The lithic assemblage from Pont-de-Lavaud (Indre, France) and the role of the bipolar-on-anvil technic in the Lower and Early Middle Pleistocene technology. *Journal of Anthropological Archaeology*, **41**, 159-184.
- LUDWIG K.R., 2003 - Isoplot 3.0, a geochronological toolkit for microsoft excel. *Berkeley Geochronology Center Special Publication*, **4**, 71 p.
- MACAIRE J.-J., 1976 - Sur les alluvions du Cher dans son cours inférieur (de Chabris à Tours). *Revue de Géographie Physique et de Géologie Dynamique*, **18**, 19-48.
- MACAIRE J.-J. 1981 - *Contribution à l'étude géologique et paléopétrologique du Quaternaire dans le sud-ouest du bassin de Paris (Touraine et ses abords)*. Thèse de doctorat de l'Université de Tours, Tours, 440 p.
- MACAIRE J.-J., 1982 - Sur la signification paléoclimatique des « vieux sols » élaborés au cours du Plio-Quaternaire. Le cas des formations alluviales du Sud-Ouest du Bassin de Paris (Touraine et ses abords). *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris, Série II*, **294** (22), 1335-1340.
- MANIVIT J., DEBRAND-PASSARD S. & GROS Y., 1994 - *Carte géologique de la France à 1/50 000 (491), Vierzon. Notice explicative*. Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Orléans, 54 p.
- MÉNILLET F., 1974 - *Etude pétrographique et sédimentologique des calcaires de Beauce et d'Etampes, formations dulcalquicoles du Stampien supérieur à l'Aquitainien du Bassin de Paris*. Thèse de doctorat de 3^e cycle, Institut de géologie, Strasbourg, 177 p.
- MILLOT G., 1964 - *La géologie des argiles, altérations, sédimentologie, géochimie*. Masson, Paris, 499 p.
- MONCEL M.-H., DESPRIÉE J., VOINCHET P., TISSOUX H., MORENO GARCIA D., BAHAIN J.-J., COURCIMAULT G. & FALGUÈRES C., 2013 - Early evidence of Acheulean settlement in Northwestern Europe - la Noira Site, a 700 000 year-old occupation in the center of France. *PLoS One*, **8** (11) 1- 22.
- MONCEL, M.-H., DESPRIÉE, J., VOINCHET P., COURCIMAULT G., HARDY B., BAHAIN J.-J., PUAUD S., GALLET X. & FALGUÈRES C., 2016 - The Acheulean workshop of la Noira (France, 700 ka) in the European technological context. *Quaternary International*, **393**, 112-136.
- MORENO GARCIA D., 2007 - *Étude stratigraphique et sédimentologique du site acheuléen en contexte alluvial de Brinay-Les Fougères, « la Noira » (vallée du Cher, région Centre, France)*. Mémoire de Master 2, Universitat Rovira i Virgili, Tarragona, 125 p.
- MORTILLET G. de, 1885 - *Le Préhistorique. Antiquité de l'Homme*. Bibliothèque des Sciences contemporaines. Reinwald, Paris, 2^e édition, 658 p.
- MURRAY A. S. & ROBERTS R. G., 1997 - Determining the burial time of single grains of quartz using optically stimulated luminescence. *Earth and Planetary Science Letters*, **152** (1-4), 163-180.
- PENCK A. & BRÜCKNER E., 1909 - *Die Alpen im Eiszeitalter*. Tautschnig, Leipzig, 3 vol., 1199 p.
- PRESCOTT J. R. & HUTTON J. T., 1994 - Cosmic ray contributions to dose rates for Luminescence and ESR Dating: Large depths and long-term time. *Radiation Measurements*, **23** (2-3), 497-500.
- SHEN G., MICHEL V., DESPRIÉE, J., HAN F. & GRANGER, D., 2012 - Datation d'enfouissement par ²⁶Al/¹⁰Be et son application préliminaire à des sites du Paléolithique inférieur en Chine et en France. *L'Anthropologie*, **116** (1), 1-11.
- TISSOUX H., DESPRIÉE J., VOINCHET P., BAHAIN J.-J., FALGUÈRES C. & DUVALARD, J., 2011 - Intérêt de la datation par ESR d'un transect complet pour la compréhension d'un système fluvial : exemple de la vallée du Loir. *Quaternaire*, **22** (4) 345-356.
- TURLAND A., HOTTIN A.-M. & FEYS R., 1989 - *Carte géologique de la France à 1/50 000 (619), Montluçon. Notice explicative*. Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Orléans, 115 p.
- VANDENBERGHE D., DE CORTE F., BUYLAERT J.-P., KUCERA J. & VAN DEN HAUTE P., 2008 - On the internal radioactivity in quartz. *Radiation Measurements*, **43** (2-6), 771-775.
- VOINCHET P., BAHAIN J.-J., FALGUÈRES C., LAURENT M., DOLO J.-M., DESPRIÉE J. & GAGEONNET R., 2004 - ESR dating of quartz extracted from Quaternary sediments: application to fluvial terraces system of Northern France. *Quaternaire*, **15** (1-2), 135-141.
- VOINCHET P., DESPRIÉE J., GAGEONNET R., BAHAIN J.-J., TISSOUX H., FALGUÈRES C., DÉPONT J., DOLO J.-M. & COURCIMAULT G., 2007 - Datation par ESR de quartz fluviaux dans le bassin de la Loire moyenne en région Centre : mise en évidence de l'importance de la tectonique quaternaire et de son influence sur la géométrie des systèmes de terrasses. *Quaternaire*, **18** (4) 335-347.
- VOINCHET P., YIN G., FALGUÈRES C., LIU C., HAN F., SUN X. & BAHAIN J.-J., 2013 - Dose response of late Quaternary fluvial sediments studied by Electronic Spin Resonance (ESR) method - Implication to the equivalent dose determination and dating. *Geochronometria*, **40**, 341-347.
- YOKOYAMA Y., FALGUÈRES C. & QUAEGBEUR J.-P., 1985 - ESR dating of quartz from Quaternary sediments: first attempts, *Nuclear Tracks and Radiation measurements*, **10** (4-6), 921-928.
- YVARD J.-C., 1967 - Préhistoire du moyen niveau de l'Indre à Montbazou (37). *L'Anthropologie*, **71**, 1-2.
- YVARD J.-C., 1968 - Préhistoire du moyen niveau du Cher à Gièvres (Loir-et-Cher). *Bulletin des Amis du Musée du Grand-Pressigny*, **19**, 50-53.
- YVARD J.-C. 1976 - Chronologie et sédimentation des calcaires lacustres du Sud-Ouest du Bassin de Paris dans leur environnement structural. *Norvis*, **2**, 529-540.