

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/281990742>

Dynamique de l'érosion dans le Barrois n et le Perthois (Est du Bassin parisien) : incision et karstification dans les...

Article · January 2004

CITATIONS

2

READS

31

14 authors, including:



[Stéphane Jaillet](#)

French National Centre for Scientific Research

205 PUBLICATIONS 411 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



[Edwige Pons-Branchu](#)

Université de Versailles Saint-Quentin

64 PUBLICATIONS 528 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



[Yves Quinif](#)

Université de Mons

249 PUBLICATIONS 1,550 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



[Alain Devos](#)

Université de Reims Champagne-Ardenne

99 PUBLICATIONS 81 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



PhD thesis - ANDRA [View project](#)



Quaternary continental units in Eastern France [View project](#)

DYNAMIQUE DE L'ÉROSION DANS LE BARROIS ET LE PERTHOIS (Est du bassin de Paris) : INCISION ET KARSTIFICATION DANS LES BASSINS-VERSANTS DE LA MARNE, DE LA SAULX ET DE L'ORNAIN

■
Dominique HARMAND¹, Olivier LEJEUNE², Stéphane JAILLET³, Jacques ALLOUC⁴, Serge OCCHIETTI¹, Jacques BRÜLHET⁵, Pierre-Jean FAUVEL⁶, Bruno HAMELIN⁷, Michel LAURAIN², Jacques LE ROUX⁶, Alain MARRE², Edwige PONS-BRANCHU^{5 & 7}, Yves QUINIF⁸ et Alain DEVOS²

RÉSUMÉ

Les études du groupe de géoprospective de l'Andra (Agence Nationale pour la Gestion des Déchets RadioActifs) apportent de nouvelles données sur le creusement des vallées de la Marne, de la Saulx et de l'Ornain et la karstification des calcaires tithoniens du Barrois.

Les datations U/Th sur spéléothèmes obtenues dans les trois systèmes karstiques étagés de Poissons, de Cousances et du Rupt du Puits, indiquent des âges de plus en plus récents vers le nord, témoignant d'une karstification diachrone, en fonction du recul de la couverture sablo-argileuse du Crétacé inférieur et de l'incision des cours d'eau dans les calcaires tithoniens.

Dans les vallées de la Marne, de la Saulx et de l'Ornain, les paléoflumes fluviaux du Barrois et des formations alluviales ont permis de reconstituer respectivement 7, 10 et 11 stades d'incision, regroupés en 4 épisodes principaux antérieurs (épisodes très ancien D et ancien C) et postérieurs (épisodes intermédiaire B et récent A) à la capture de l'Ornain/Saulx vers la Marne.

Le karst de Poissons (Marne), antérieur à 400 000 ans, a été réactivé pendant l'épisode D, lors du façonnement des larges paléovallées peu encaissées situées en contrebas de la surface infra-crétacée exhumée et conservée sur le plateau du Barrois. Les structures les plus anciennes du karst de la Cousances (Marne) sont contemporaines des stades d'incision de l'épisode C, marqué par un important creusement pléistocène effectué dans des vallées encaissées. Les puits du karst de la Cousances, plus récents, sont structurés avant 100 000 ans, âge approximatif de la première formation alluviale post-capture de la vallée de la Marne (épisode B). Dans le karst actif du Rupt du Puits (bassin de la Saulx, épisode A), les âges U/Th et ¹⁴C se situent dans les stades isotopiques 1 et 2.

Ainsi, la capture de l'Ornain-Saulx s'est vraisemblablement effectuée pendant le stade isotopique 6. Par conséquent, les taux d'incision post-capture atteignent environ de 20 à 25 cm/ka sur le site de capture (Perthois) dans les argiles du Gault, et 7,5 cm/ka dans les calcaires tithoniens du Barrois.

Mots-clés : Bassin de Paris, stades d'incision, karstification, spéléothèmes, datations U/Th, capture.

ABSTRACT

DYNAMICS OF EROSION IN THE BARROIS AND THE PERTHOIS REGIONS (EAST OF THE PARIS BASIN) : INCISION AND KARSTIFICATION IN THE WATERSHEDS OF THE MARNE, SAULX AND ORNAIN RIVERS

Within the region of the underground laboratory of Bure (East of the Paris Basin), the Geoprospective Group of the Andra Agency (Agence Nationale pour la Gestion des Déchets RadioActifs) is studying fluvial incision in the valleys of the Marne, Saulx and Ornain rivers, and karst in Tithonian limestones of the Barrois Plateau.

1 - CERPA, Département de Géographie, Campus Lettres et Sciences Humaines, BP 33-97, F-54015 NANCY Cedex. Courriel : Dominique.Harmand@univ-nancy2.fr

2 - GREURCA, UFR Lettres et Sciences Humaines, Département de Géographie, 57 rue Pierre Taittinger, 51096 REIMS Cedex.

3 - EDYTEM, Université de Savoie, Campus scientifique, F-73376 LE BOURGET-DU-LAC.

4 - École Nationale Supérieure de Géologie de Nancy, Institut National Polytechnique de Lorraine, 2 av. de la Forêt, BP 40, F-54501 VANDOEUVRE-LÈS-NANCY Cedex.

5 - ANDRA (Agence Nationale pour la Gestion des Déchets RadioActifs), Direction Scientifique, 1/7 rue Jean Monnet, 92298 CHÂTENAY-MALABRY.

6 - UMR CNRS 7566 G2R (Géologie et Gestion des Ressources Minérales et Énergétiques), Université Henri Poincaré (Nancy 1), BP 239, F-54506 VANDOEUVRE-LÈS-NANCY Cedex.

7 - UMR CNRS 6635 CEREGE, Géosciences de l'environnement ; Europole de l'Arbois, BP 80, F-13545 AIX-EN-PROVENCE Cedex 4.

8 - CERAK, Centre d'Études et de Recherches appliquées au karst, Faculté polytechnique de Mons, rue de Houdain 9, B-7000 MONS.

U/Th ages of speleothems from the stepped-karst systems of Poissons, Cousances, and Rupt du Puits, are decreasing to the north. Such a diachronous karstification is linked to the erosional retreat of the Infra-Cretaceous cover of clay and sand, and to the incision of the rivers in Tithonian limestones.

Fluvial paleoforms and alluvial formations record 7, 10 and 11 incision stages, respectively in the valleys of the Marne, Saulx and Ormain rivers. These stages are grouped into 4 major incision episodes, which occurred either before (very old episode D and old episode C), or after (intermediate episode B and recent episode A) the capture of the Ormain-Saulx paleoriver towards the Marne.

The karstic system of Poissons, older than 400 000 years, was reactivated during the D-incision episode, when wide but shallow valleys were encased into the Infra-Cretaceous exhumed surface of the Barrois Plateau. The oldest karstic features of Cousances ("vialles") occurred during incision-episode C, when narrow Pleistocene valleys were deeply entrenched into the previous valley system. Later shafts of the karst system of Cousances were shaped before circa 100 000 years, the approximate age of the first alluvial sediment of the Marne River deposited after the piracy of the Ormain-Saulx (B episode). U/Th and ^{14}C ages of the active karst system of a tributary of the Saulx river, the Rupt du Puits, range within the Ocean Oxygen Isotope stages 2 and 1 (A-episode).

From these data, the capture of the Ormain-Saulx paleoriver occurred probably during Ocean Oxygen Isotope stage 6. Incision rates after this capture reach about 20-25 cm/ka in the clay of the Gault Formation near the elbow of the captured river (Perthois), and only 7,5 cm/ka in the Tithonian limestones of the Barrois region.

Key-words : Paris Basin, incision stages, karstification, speleothems, U/Th datations, capture.

1 - PRÉSENTATION, MÉTHODOLOGIE ET OBJECTIFS

La zone étudiée se situe dans l'Est du bassin de Paris, dans le bassin supérieur de la Marne, affluent de la Seine (Est de la Champagne, Ouest de la Lorraine, fig. 1). Elle comprend la vallée de la Marne, entre Joinville et Saint-Dizier (Marre *et al.*, 2000, 2001 ; Lejeune *et al.*, 2002), les vallées de l'Ormain et de la Saulx, respectivement en aval de Gondrecourt-le-Château et de Stainville (Harmand et Fauvel, 2000, 2001 ; Harmand *et al.*, 2002), ainsi que le massif karstifié du Barrois (Jaillet, 2000, 2001 ; Jaillet et Gamez, 2000).

Cette étude présente les relations entre le creusement des vallées de la Marne, de la Saulx et de l'Ormain, et la karstification des calcaires tithoniens du Barrois. Elle s'est effectuée en trois étapes.

Dans une première étape, ce travail a consisté à retracer l'évolution géomorphologique des trois vallées, à partir des formations alluviales et des formes d'érosion fluviale. Dans une deuxième étape, il a consisté à effectuer une étude géomorphologique des cavités karstiques des calcaires tithoniens et à dater, par la méthode U/Th, les spéléothèmes des trois systèmes karstiques du bassin de la Marne (Poissons, Cousances) ou de la Saulx (Rupt du Puits) (Quinif, 1989 ; Quinif, *in* Jaillet, 2000 ; Pons-Branchu, 2001) (fig. 1). Dans une troisième étape, les résultats obtenus ont permis de reconstituer l'évolution du creusement des vallées en relation avec la karstification des calcaires. Les conclusions permettent également d'estimer les rythmes d'incision plio-pléistocène dans les principales vallées du Barrois.

Le Barrois est un plateau élevé de 400 m d'altitude qui coïncide avec le revers de la côte du Tithonien (ou côte des Bars, fig. 1). Vers le nord-ouest, les calcaires tithoniens sont recouverts par les sables et argiles du Crétacé inférieur. Dans ces calcaires, un karst de contact lithostratigraphique s'est développé en se déplaçant dans le temps au gré du recul de la couverture crétacée, tandis que des pertes et des émergences ont fonctionné dans les vallées encaissées dans le massif calcaire (Beaudoin, 1990 ; Jaillet, 2000). Les trois principales vallées, constituées d'ouest en est, de la Marne, de la Saulx et de l'Ormain, coulent dans des vallées subméridiennes, surimposées à la structure. Au Nord du Barrois, dans le Perthois, le tracé des

cours d'eau s'infléchit vers l'ouest, conséquence d'une ou de plusieurs réorganisations de drainage. En effet, l'Ormain et la Saulx ont été capturés aux dépens de l'Aisne et au profit de la Marne (Gardet, 1937 ; Pâque et Cailleux, 1946 ; Tricart, 1948 ; fig. 1). En témoignent les vastes terrasses qui existent au Nord de Revigny (dans le "Paléo-Perthois"), dans le prolongement de "l'Ormain-Saulx" (Harmand *et al.*, 2002 ; Allouc *et al.*, à paraître en 2005). En revanche, le paléo-tracé (Deshaies, 1994) de la Marne vers l'Aisne n'a pu être démontré faute de témoins morphologiques (Lejeune *et al.*, 2002).

Cette étude s'inscrit dans le programme de recherches entrepris par l'ANDRA (Agence Nationale pour la Gestion des Déchets RadioActifs) dans le Barrois autour du laboratoire souterrain de Bûre (Meuse/Haute-Marne) qui a pour objectif l'étude de la faisabilité d'un stockage des déchets radioactifs dans des formations géologiques profondes. Il s'agit ici de préciser ce que fut la dynamique de l'évolution géomorphologique de cette région afin de l'extrapoler vers un futur plus ou moins proche. Les recherches, effectuées par un groupement de laboratoires portent sur l'histoire de la karstification des plateaux du Barrois constitués de calcaires du Tithonien. Cette histoire est corrélée avec celle de l'incision des vallées de la Marne, de la Saulx et de l'Ormain car elle conditionne la vitesse d'érosion de ce plateau.

Cette étude a été complétée par la thèse de Jaillet (2000) sur le karst des calcaires tithoniens du Barrois et par les levés de la carte géologique de France à 1/50 000 (feuille Revigny-sur-Ormain, Allouc *et al.*, à paraître en 2005).

2 - RÉSULTATS

2.1 - ÉPISODES ET STADES D'INCISION DANS LES VALLÉES DE LA MARNE, DE LA SAULX ET DE L'ORNAIN

2.1.1 - Formations alluviales et formes d'érosion fluviale

Les levés cartographiques effectués ont permis de mettre en évidence trois formations alluviales antérieures à la capture de l'Ormain-Saulx dans le Paléo-Perthois et quatre formations postérieures à la capture dans le Perthois (fig. 2).

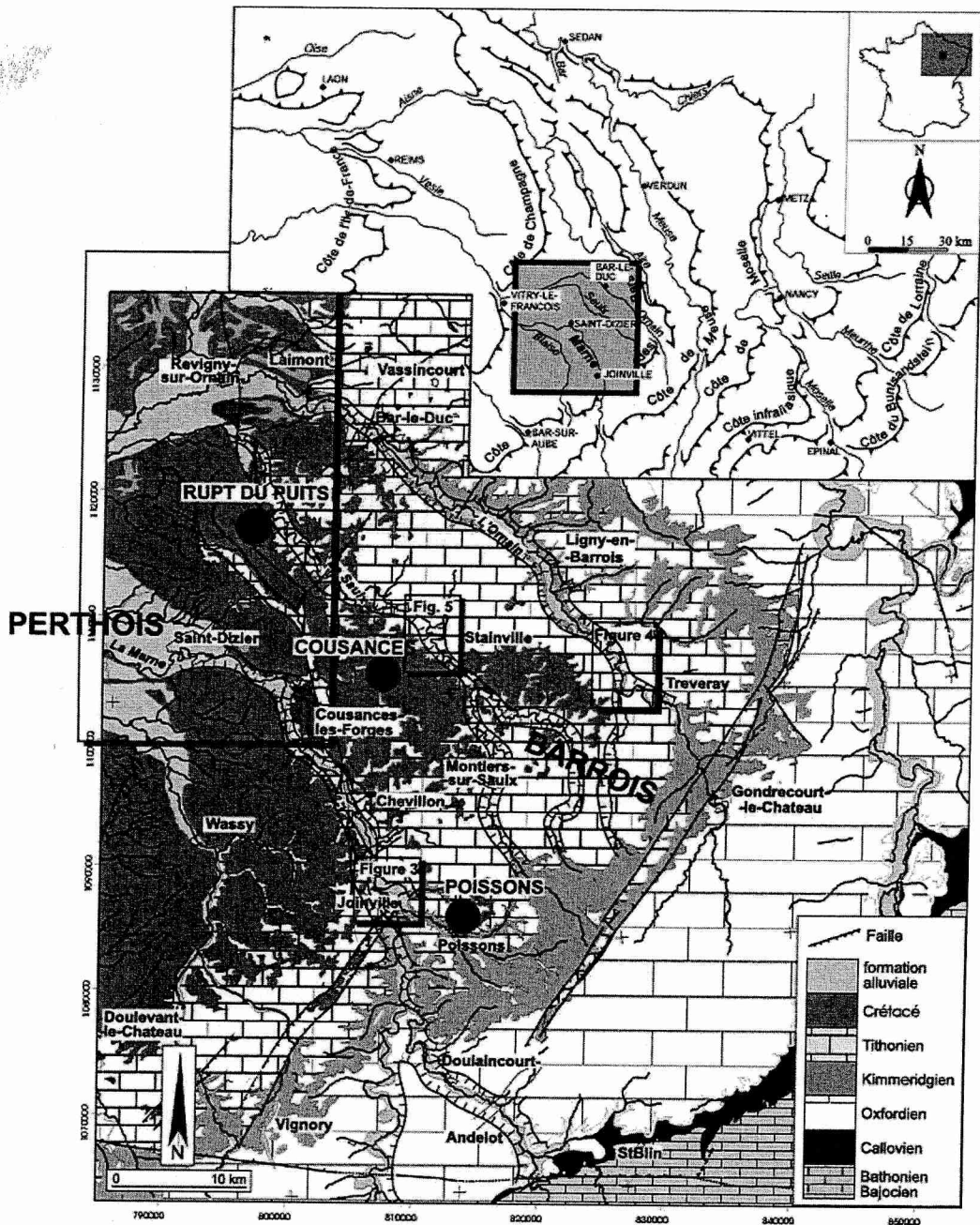


Fig. 1 : Localisation et cadre géomorphologique général (localisation des coupes, des karsts).
Fig. 1 : General location map.

Les cartes géomorphologiques et les coupes transversales des vallées de la Marne, à Joinville (fig. 3), de la Saulx, à Stainville (fig. 4) et de l'Ornain, à Tréveray et à Saint-Joire (fig. 5) montrent également l'existence de nombreuses formes d'érosion fluviale dans la partie supérieure des trois vallées (replats, méandres fossiles, etc). Ainsi, les formations alluviales et les formes d'érosion fluviale jalonnent les étapes du creusement des trois vallées (ou stades d'incision) en contrebas d'une surface d'érosion sommitale conservée sur les plateaux du Tithonien (Le Roux, 2000), et qui coïncide sur les plateaux du Trias et du Jurassique avec la surface infra-crétacée exhumée et remaniée au Tertiaire (Le Roux et Harmand, 2003).

Dans les trois vallées, les stades d'érosion-sédimentation fluviale ont été notés Ma pour la Marne, Sa pour

la Saulx, Or pour l'Ornain, et Or/Sa pour la paléovallée de l'Ornain/Saulx. Dans la première vallée, les stades ont été notés, du plus ancien au plus récent, de Ma 6 à Ma 0 (lit mineur actuel) dans la vallée de la Marne (Marre *et al.*, 2000 ; Lejeune *et al.*, 2002) (fig. 3, tab. I). Dans les deux autres vallées affectées par la capture de l'Ornain et de la Saulx, les stades anté-capture ont été notés du plus ancien au plus récent, de Or 7 à Or 1 (ou Sa 1), les stades post-capture de Or 01 (ou Sa 01) à Or 04 (ou Sa 04) (Harmand et Fauvel, 2001 ; Harmand *et al.*, 2002) (fig. 4, 5).

En fonction du cadre morphostructural régional et de leur antériorité ou de leur postériorité par rapport à la capture de l'Ornain et de la Saulx, ces stades d'érosion ont été regroupés en quatre grands épisodes d'incision notés de D à A du plus ancien au plus récent, tandis que la surface sommitale a été identifiée avec l'épisode E.

L'épisode très ancien (D) est représenté seulement dans le Barrois par des replats et des versants concaves en pente douce, uniquement recouverts de blocs et de cailloux de calcaire tithonien. Ces formes s'inscrivent dans des paléovallées, en forme de larges gouttières, dépourvues de méandres de vallées. Ces paléovallées peu encaissées se situent à +110/130 m (Ma 6, Or 7) et à +90/100 m

(Ma5, Or 6, Sa 6) au-dessus du talweg (fig. 3, 4, 5). Les formes et les formations postérieures s'inscrivent, dans le Barrois, dans des paléovallées à méandres encaissés, plus étroites (fig. 3, 4, 5). Dans le Paléo-Perthois et le Perthois, elles sont représentées le plus souvent par de vastes terrasses étagées dont les plus anciennes sont en inversion de relief. La distinction entre épisode ancien,

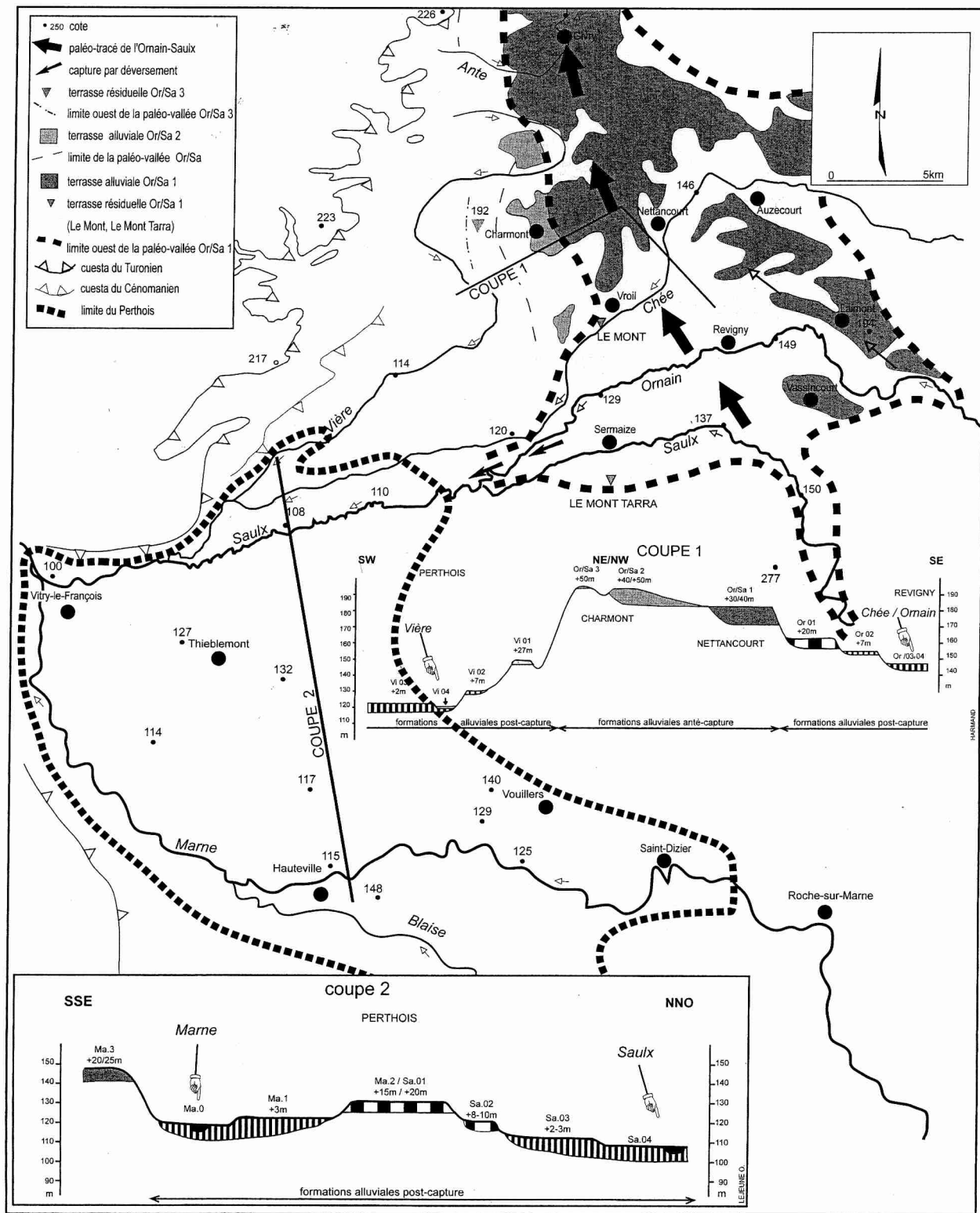


Fig. 2 : Le dispositif alluvial des vallées de la Marne, de la Saulx et de l'Ormain dans le Perthois et le Paléo-Perthois.
 Fig. 2 : Alluvial system of the Marne, Saulx and Ormain valleys in the Palaeo-Perthois and the Perthois areas.

épisode d'incision	stades d'incision-accumulation			
	BARROIS	BARROIS	BARROIS	PERTHOIS
	Marne	Ornain	Saulx	Ornain-Saulx
	Joinville	Tréveray	aval de Stainville	Nord de Revigny
D	Ma 6 (+130m)	Or 7 (+110-115m)		
	Ma 5 (+90-100m)	Or 6 (+95m)	Sa 6 (100m)	
C		Or 5 (+75m)	Sa 5 (+80m)	
	Ma 4 (+45-50m)	Or 4 (+55-65m)	Sa 4 (+60m)	
		Or 3 (+40-50m)	Sa 3 (+45m)	Or/Sa 3 (+20m)**
		Or 2 (+30-35m)	Sa 2 (+35m)	Or/Sa 2 (+10m)**
	Ma 3 (+20-25m)	Or 1 (+20m)	Sa 1 (+20m)	Or/Sa 1
CAPTURE DE L'ORNAIN-SAULX PAR LA MARNE				
B	Ma 2 (+10-15m)*	Or 01 (+15/20m)*	Sa 01 (+15/20m)*	
		Or 02 (+5-7m)*	Sa 02 (+5-7m)*	
A	Ma 1 (+2m)*	Or 03 (+2-3m)*	Sa 03 (+2-3m)*	
	Ma 0	Or 04	Sa 04	
(+2m)* : altitudes relatives par rapport au talweg				
** par rapport à la base des alluvions de la terrasse Or/Sa 1				

Tab. 1 : Les stades d'incision des vallées de la Marne, de l'Ornain, de la Saulx et de l'Ornain-Saulx dans le Barrois et le Perthois.
Tab. 1 : The incision stages of the Marne, Saulx, Ornain and Ornain-Saulx valleys in the Barrois and the Perthois regions.

C, anté-capture, épisode intermédiaire, B post-capture, et épisode récent, A, a été définie à partir des vallées de la Saulx et de l'Ornain, et a été étendue à la Marne.

Dans le Barrois, dans les deux vallées de l'Ornain et de la Saulx, l'épisode C est représenté par cinq stades (Or 5 ou Sa 5 à Or 1 ou Sa 1), les trois derniers correspondant à trois formations alluviales étagées dans le Paléo-Perthois (fig. 2) (Harmand *et al.*, 2002). Dans ces vallées, le dernier stade anté-capture (noté Or/Sa 1) est le mieux marqué. Il correspond à des alluvions abondantes, qui permettent de retracer le profil de l'Ornain et celui de la Saulx avant la capture. Cette paléovallée avait une pente plus faible que l'actuelle, comme le montrent les altitudes relatives des alluvions anté-capture, altitudes mesurées au sommet des terrasses et sur les talwegs. Les alluvions sont situées, à +50 m à Sermaize (fig. 2), à +40 m au Nord de Revigny et seulement à +10 m à Tréveray, en amont de Revigny, dans la vallée de l'Ornain (fig. 1, 5). Dans la vallée de la Marne, l'épisode C est représenté par deux stades (Ma 4 et Ma 3). Le stade Ma 4, associant versant réglé et replat, est le mieux exprimé et donne le calibre général de la vallée (fig. 3) (Lejeune *et al.*, 2002).

L'épisode B est représenté par deux stades d'incision (Or 01 et 02 ou Sa 01 et 02) dans le système Ornain/Saulx, et un seul dans celui de la Marne (Ma 2). Le plus ancien correspond au vaste épandage alluvial du Perthois, commun à la Marne (Ma 2) et à la Saulx (Sa 01), et situé environ à +15 m d'altitude relative.

L'épisode A est caractérisé par deux stades, notamment dans le Perthois. Le plus marqué s'identifie avec une très basse terrasse, située à +3/4 m d'altitude relative. Celle-ci correspond à l'entaille d'un vaste remblaiement épais de 5 m environ (Ma 1, Or/Sa 03) dans lequel sont incisés les cours d'eau actuels (Ma 0 et Or/Sa 04).

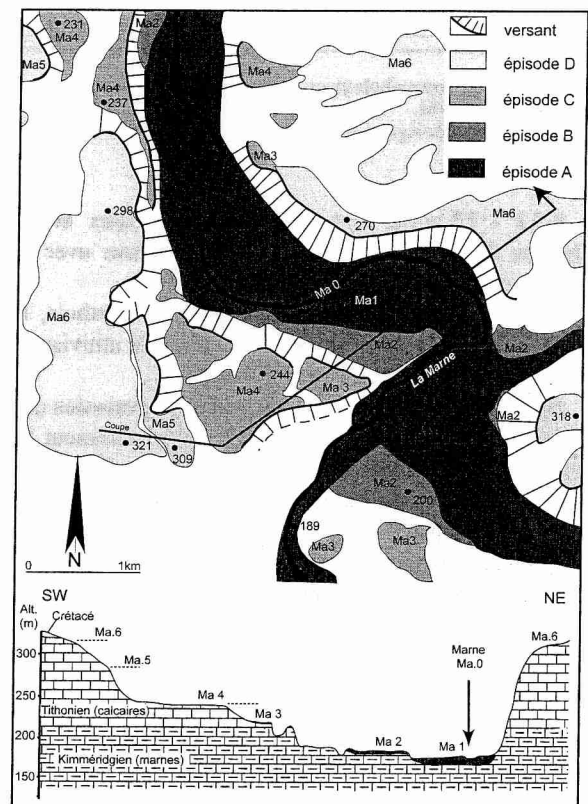


Fig. 3 : Carte géomorphologique et coupe en travers de la vallée de la Marne à Joinville.

Fig. 3 : Geomorphological map and cross-sections of the Marne valley at Joinville.

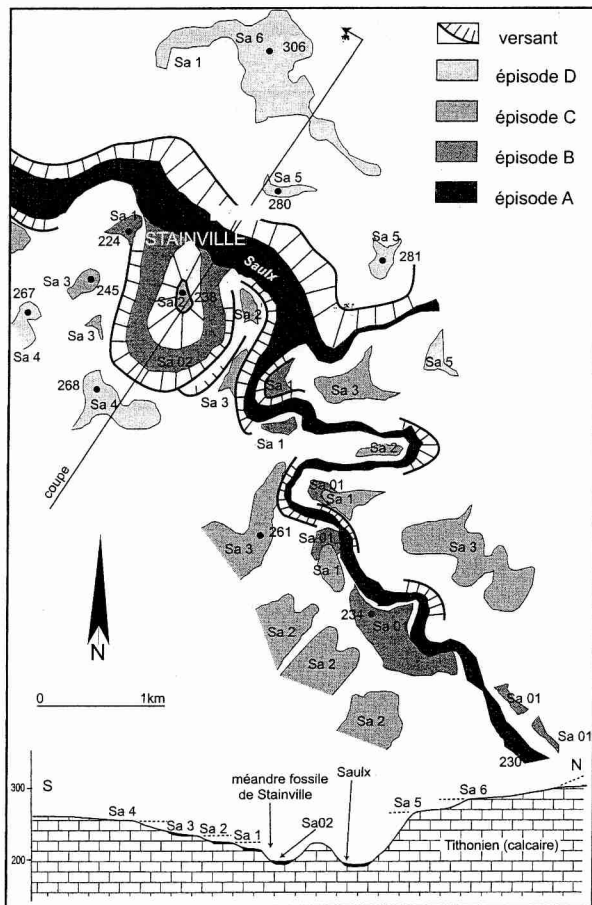


Fig. 4 : Carte géomorphologique et coupe en travers de la vallée de la Saulx à Stainville.

Fig. 4 : Geomorphological map and cross-sections of the Saulx valley at Stainville.

2.1.2 - Ubiquité des lithofaciès alluviaux et des formes d'érosion fluviale et comparaison avec les autres vallées de l'Est du bassin de Paris

Dans les deux régions du Barrois et du Perthois, les trois vallées présentent les mêmes lithofaciès alluviaux et les mêmes formes d'érosion fluviale.

En amont, dans les vallées supérieures encaissées dans les calcaires du Barrois, les témoins du creusement fluviale sont essentiellement représentés par des formes d'érosion : versants réglés et replats, restes de méandres encaissés recoupés. Les formations y sont peu abondantes, ont une épaisseur généralement faible d'ordre métrique. Ces alluvions recouvrent les niveaux d'érosion les plus bas topographiquement (Ma 0, 1, 2 ; Or – ou Sa – 04, 03, 02, 01, 1, 2) où elles sont quelquefois interstratifiées avec des dépôts de versant.

En aval, sur les formations argilo-marneuses du Perthois, les trois vallées présentent de larges terrasses étagées, dont les plus élevées sont fréquemment en position d'inversion de relief (fig. 2). Toutes les formations alluviales atteignent des épaisseurs élevées égales ou supérieures à 5 m.

Les coupes observées, comme à Laimont, dans la vallée de l'Ornain : Or 1 (Harmand *et al.*, 2002) et à Thiéblemont-Farémont, dans celle de la Marne : Ma 2, (Jacquot, 2003) ont montré que les alluvions antérieures ou postérieures à la capture de l'Ornain-Saulx possédaient

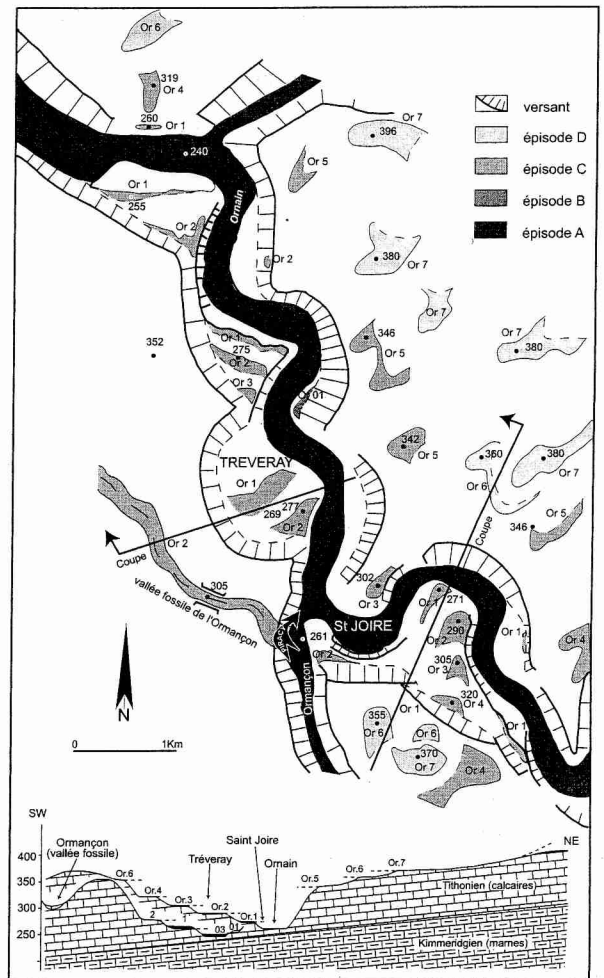


Fig. 5 : Carte géomorphologique et coupe en travers de la vallée de l'Ornain à Treveray.

Fig. 5 : Geomorphological map and cross-sections of the Ornain valley at Treveray.

des lithofaciès quasi-identiques. Les alluvions essentiellement grossières et mal classées (écart-type - indice d'Inman (Hadjaouis, 1987) - compris entre 0,94 et 1,50 phi à Laimont) sont constituées surtout de galets de calcaires tithoniens organisés en grands épandages à stratifications subhorizontales frustes. Les indices d'aplatissement des galets calcaires sont voisins de 3 aussi bien à Laimont qu'à Thiéblemont.

Sur toutes les formations alluviales, les alluvions grossières sont recouvertes de limons d'inondation.

Cependant, des différences significatives apparaissent entre la vallée de la Marne, d'une part, et celles de la Saulx et de l'Ornain, d'autre part. Bien que plus large et davantage encaissée, la vallée de la Marne a conservé un nombre limité de stades d'incision (7), tandis que les vallées de l'Ornain et de la Saulx présentent davantage de stades d'incision (respectivement 11 et 10).

De même, dans les autres vallées de l'Est du bassin de Paris, le nombre de stades d'incision est variable en fonction de la nature lithologique du substratum, des captures ayant affecté l'une ou l'autre de ces vallées et de la dynamique fluviale (Harmand *et al.*, 1998).

Généralement, les témoins de formations alluviales conservées sont moins nombreux dans les vallées issues des plateaux calcaires de Lorraine ou de Champagne, que

dans les vallées issues du Massif vosgien, partiellement englacé au Quaternaire. Ainsi, on compte 7 formations dans le bassin de l'Aisne, contre 15 dans les bassins de la Haute Moselle et de la Meuse lorraine (Harmand *et al.*, 1998), et au moins 10 dans ceux de la Meurthe et de la moyenne Moselle (Cordier, 2004 ; Cordier *et al.*, 2002, 2004).

2.2 - KARSTIFICATION DES CALCAIRES DU BARROIS : DES JALONS KARSTIQUES ÉTAGÉS

Trois systèmes karstiques étagés, de plus en plus récents du sud au nord, ont été étudiés. Ils jalonnent l'incision de la vallée de la Marne et de la Saulx (fig. 1, 6).

2.2.1 - Le karst de Poissons

Le karst de Poissons se situe à l'Est de Joinville, à la confluence des vallées de la Marne et du Rongeant. Il s'agit d'un paléokarst formé de puits karstiques comblés par un minerai de fer qui fut exploité au cours du XIX^{ème} siècle (Cornuel, 1879). À partir des données sur la profondeur du paléokarst (Cornuel, 1879 ; Salzard, 1878), on peut estimer que les exutoires des paléocoulements étaient localisés à 300-330 m d'altitude. Ces derniers pouvaient donc se raccorder à un stade d'incision de la Marne perché aujourd'hui de +120 à +150 m, et appartenant à l'épisode D (Ma 6, Ma 5) (tab. II).

Les datations effectuées sur spéléothèmes par Quinif ont livré des âges le plus souvent compris entre 168 000 ans (+25 500, -20 500) à 194 000 ans (+ 15 600, -13 400). Mais, un âge plus ancien, supérieur à la limite de la méthode, c'est-à-dire >400 000 ans (Quinif, *in* Jaillet, 2000), a été obtenu à partir d'un échantillon de calcite de type palissadique, déposée entre la roche-mère et le remplissage ferrugineux. Le rapport isotopique $^{230}\text{Th} / ^{234}\text{U}$ supérieur à 1 exprime une ouverture géochimique du système avec une contamination qui augmente la teneur en ^{230}Th . Néanmoins, les rapports isotopiques proches de 1 expriment un équilibre radioactif et donc un âge supérieur à 400 000 ans, et permettent de supposer que le karst de Poissons était abandonné, à ce moment là.

2.2.2 - Le karst de la Cousances

Le karst de la Cousances se trouve dans un bassin versant de 42 km², situé sur l'interfluve Saulx-Marne, à quinze kilomètres environ au Nord de Poissons (Jaillet, 2000). Deux types de karsts ont été identifiés dans ce système : des « viailles » et des puits actifs.

Les « viailles », sont des structures karstiques de drainage embryonnaires, situées à 240 m d'altitude. Ces conduits fossiles sont les témoins d'une ancienne zone noyée du karst située à proximité de l'ancienne surface piézométrique. Celle-ci est actuellement perchée à au moins +75 m au-dessus des talwegs. Par conséquent, le karst n'a pu se mettre en place que lorsque la Marne se situait vers 250 m (épisode C : Ma4, Ma3), altitude du contact entre la couverture crétacée et les calcaires tithoniens.

Les « viailles » sont trépanées par les puits d'un karst actif. Leur exutoire est localisé dans l'ancienne reculée de l'Audeuil, située en amont de la source de la Cousances à 10 m d'altitude relative. Cette disposition permet de raccorder le karst actif avec le stade d'incision Ma 2 de la Marne.

Les dix spéléothèmes datés par la méthode U/Th se sont formés pour l'essentiel d'entre eux entre 102 400 ans \pm 1 200 et 49 400, c'est-à-dire pendant les stades isotopiques 3 et 5, et également pendant le stade 2 (âges de 16 300 ans \pm 100 et de 20 900 \pm 300, Jaillet *et al.*, 2004).

Ces résultats laissent donc supposer que ce karst était déjà bien structuré, il y a 100 000 ans, lors du sous-stade isotopique 5c.

2.2.3 - Le karst du Rupt du Puits

Situé en rive gauche de la Saulx, le Rupt du Puits est un karst actif évoluant sous couverture crétacée dont l'épaisseur varie ici entre quelques mètres et 20 à 30 m. Le système du Rupt du Puits développe près de 20 km de conduits spéléologiques (Jaillet et Gamez, 1995) et se raccorde à la vallée de la Saulx à une altitude de 155 m, tandis qu'un niveau perché souterrain caractéristique a pu être reconnu à +15 m au-dessus du talweg.

Les datations effectuées confirment l'âge récent du karst du Rupt du Puits. Les stalagmites et une coulée stalagmitique de deux galeries de ce réseau ont un âge holocène, compris entre 5 300 ans \pm 50 et le Subactuel (Pons-Branchu, 2001).

En outre, un sédiment riche en débris végétaux, prélevé dans la partie amont du collecteur souterrain (x : 797,74, y : 119, 52, z : 200, Izouakane, 1989), a été daté par la méthode ^{14}C à l'Université du Québec à Montréal. La datation (UQ-1801) donne un âge de 20 000 BP \pm 2 000, c'est-à-dire environ 22 000 (\pm 2 000) années calendaires et confirme ainsi le caractère récent du karst de la Forêt de Trois Fontaines, par rapport aux karsts de la Cousances et de Poissons.

3 - INTERPRÉTATIONS : MODÈLE D'ÉVOLUTION DU RELIEF

Les datations absolues et relatives obtenues dans les trois vallées de la Marne, de la Saulx et de l'Ornain, et dans les systèmes karstiques du Barrois, permettent de proposer aujourd'hui un schéma d'évolution du Barrois et du Perthois.

3.1 - ÂGE SUPPOSÉ DES FORMATIONS ALLUVIALES

Plusieurs données montrent que les alluvions ont été déposées en période froide :

- abondance et caractère grossier des alluvions issues d'une cryoclastie intense dans le Barrois,
- caractéristiques sédimentologiques des alluvions : absence de stratifications bien marquées, mauvais classement, indices d'aplatissement,
- interstratification de grèzes litées (ou de cryoclastes grossiers) et d'alluvions grossières, comme à Villiers-sur-Marne (Ma 1) à 5 km au Nord de Vignory (fig. 1) (Lejeune *et al.*, 2002) ou à Tréveray (Or 01, fig. 5) (Harmand *et al.*, 2002).

Quant à l'âge des formations alluviales, les travaux antérieurs rattachaient la dernière nappe anté-capture de l'Ornain/Saulx au stade isotopique 8 (Harmand *et al.*, 2002), en s'appuyant sur l'existence d'ossements et d'artéfacts à la base des alluvions de Vassincourt (Guillaume,

Episode	Omain/Saulx anti-capture	Saulx Post-capture	Marne	Systèmes karstiques	Datations absolues (U/Th sauf indication contraire)	Datations relatives
D	Or 7 (+110-115m)	/	Ma 6 (+130m) Ma 5 (+90-100m)	Poissons	>400 000 ans	/
	Or/Sa 6 (+95m)					
	Or/Sa 5 (+75m)					
C	Or/Sa 4 (+55-65m)	/	Ma 4 (+45-50m)	"Vialles" (Cousances)	/	Vassincourt (industrie : Acheuléen moy. et sup. , faune : <i>Palaeoxodon antiquus</i> , <i>Mammuthus primigenius</i>)
	Or/Sa 3 (+40-50m)					
	Or/Sa 2 (+30-35m)					
	Or/Sa 1 (+20m)					
CAPTURE SAULX / ORMAIN PAR LA MARNE						
B	/	Sa 01 (+15m)	Ma 2 (+10-15m)	Réseau de l'Avenir, Réseau des Cornuants (Système de Cousances)	98 700 ans (+12 500, -11 200) 102 000 ans (± 16 000)	Ma 2 dans le Perthois: (Industrie: racloirs, bifaces, pointes de flèche attribués au Moustérien ; Faune : <i>Mammuthus primigenius</i> , <i>Equus caballus</i>)
		Sa 02 (+5-7m)	/	/	/	/
A	/	Sa 03 (+2-3m)	Ma 1 (+2m)	Rupt du Puits	20 000 a. BP ± 2000 (°C)	/
		Sa 04	Ma 0			

La colonne grisée indique la présence de formations alluviales sur le niveau correspondant

Tab. II : Correspondance entre les stades d'incision de la Marne, de la Saulx et de l'Ormain et les systèmes karstiques étudiés.
Tab. II : Correspondence of the incision stages of the Marne, Saulx and Ormain valleys and the studied karst systems.

1982 ; Guillaume *et al.*, 1992). L'unité fine située à Vassincourt sous les alluvions grossières a livré, d'une part, une industrie paléolithique remontant à la transition Acheuléen moyen et supérieur, et d'autre part des éléments de faune composite à *Palaeloxodon antiquus* et à *Mammuthus primigenius* (comme plus en aval dans le bassin de l'Aisne, fig. 8 ; Gardet, 1937 ; Patte, 1937 ; Pâque, 1943 ; tab. II), que Guillaume *et al.* avaient datés du "début du Riss", c'est-à-dire vers 340 000-300 000 ans.

La capture de l'Ormain/Saulx, effectuée par déversement au sommet de la nappe alluviale de Laimont/Vassincourt (Or/Sa 1) est nécessairement postérieure à la mise en place de l'unité fine de Vassincourt. Elle s'est accomplie soit pendant un stade froid, soit à la fin d'un stade froid, lors de la transition climatique souvent caractérisée par une incision et un flux sédimentaire important (l'équivalent du Tardiglaciaire à la fin du Weichsélien). Elle est donc postérieure au début du "Riss", c'est-à-dire postérieure, soit au début du stade isotopique 8, soit au début du stade isotopique 6.

La présente étude et plusieurs données récentes tendent à rajeunir les alluvions de Laimont/Vassincourt et la capture de l'Ormain/Saulx :

- Les datations des artefacts acheuléens et des "Elephas" ne sont que relatives. Par exemple, des restes de mammoth sont signalés dans au moins deux nappes alluviales de la Haute Moselle antérieures à sa capture (Bonnefont, 1975), tandis que les travaux récents effectués au Royaume-Uni montrent la persistance de l'éléphant antique du stade isotopique 11 au sous-stade 5e (Bridgland et Schreeve, 2004).

- La première formation post-capture enregistrée dans le bassin de la Marne (Ma 2) se raccorde au système karstique de la Cousances dans lequel un spéléothème a été daté de 100 000 ans. Par conséquent, les alluvions du stade Ma 2 et Sa 01 auraient été mises en place au début du "Weichsélien". La deuxième formation fluviatile située à 5/7 m d'altitude relative dans le bassin de la Saulx (stade Sa 02) daterait du Pléniglaciaire supérieur, tandis que, dans le Perthois, la nappe grossière de fond de vallée (Sa 03, Ma 1), incisée sur quelques mètres, remonterait au Tardiglaciaire. En conséquence, la dernière nappe alluviale de l'Ormain/Saulx daterait du stade isotopique 6, et non du stade 8 (fig. 8).

Ce schéma s'accorde avec le dispositif alluvial régional et celui du bassin de la Seine.

En effet, dans le bassin de la Moselle, et en particulier dans les vallées de la Meurthe, de la Haute Moselle à proximité de Toul et de la Moyenne Moselle, jusque dans la région de Trèves, trois basses terrasses postérieures à la capture de la Haute Moselle ont été individualisées au dessus du fond de vallée (Harmand *et al.*, 1995 ; Cordier *et al.*, 2002 ; Losson, 2003 ; Cordier, 2004). Les deux plus basses ont été datées du "Weichsélien", tandis que la plus élevée, postérieure à 250-270 000 ans a été attribuée au stade isotopique 6 (Huxtable, 1993 ; Losson et Quinif, 2001 ; Cordier, 2004).

Les alluvions du fond de vallée ont été datées, dans ces trois sections de vallée, du Tardiglaciaire et de l'Holocène (Carcaud *et al.*, 1991 ; Zolischka and Löhr, 1999).

De même, dans la vallée inférieure de la Marne, les alluvions du fond de vallée ont été datées du Tardiglaciaire (Pastre *et al.*, 1991), et ont été incisées postérieurement, au Bölling et au Préboréal (Pastre *et al.*, 2000).

3.2 - ÂGE SUPPOSÉ DES STADES D'INCISION DÉPOURVUS DE FORMATIONS ALLUVIALES

Les formes d'incision les plus anciennes des trois vallées, dépourvues de formations alluviales, correspondent à deux types de morphogenèse. Le premier a engendré les larges gouttières de l'épisode D, le second les vallées aux méandres encaissés et aux versants réglés. Il est probable que les vallées à méandres encaissés soient le résultat du creusement pléistocène des vallées, comme dans le reste du bassin de Paris (Lautridou *et al.*, 1999). En revanche, les larges gouttières peu encaissées en contrebas de la surface sommitale doivent être rapportées au Pliocène. De telles formes ont été observées dans le bassin de la Seine (Lautridou, *ibid*) ou dans la vallée de la Meuse (Pissart *et al.*, 1997). Dans cette dernière vallée, les plus hautes terrasses ont été datées du Tertiaire en raison de la présence de graviers d'oolithes silicifiées et d'un pourcentage prédominant de galets de quartz (Juvigné et Renard, 1992).

Les relations entre le soulèvement, l'incision des cours d'eau et la karstification ne peuvent être démontrées. Des soulèvements différentiels ne peuvent guère être invoqués d'autant plus que les profils des terrasses de la Meuse lorraine et ardennaise (au moins au Sud de l'Ardenne) ne montrent aucune déformation (Pissart, *ibid*). Aussi les mouvements tectoniques actuels mis en évidence par Fourniguet (1987) par comparaisons de nivellements ne peuvent être retenus, d'autant plus que les valeurs les plus élevées ont été données pour le bassin lorrain de la Meuse. Il ne peut s'agir tout au plus que de mouvements irréguliers et momentanés.

Nous pensons que le creusement des vallées et le développement vertical du karst sont à mettre au compte des facteurs climatiques, les creusements s'effectuant plutôt en début de période froide, dans le cadre d'un soulèvement épirogénique très lent depuis la fin du Miocène (Harmand, 2001).

3.3 - LES APPORTS DU KARST ET LIENS ENTRE KARSTIFICATION ET CREUSEMENT DES VALLÉES

Globalement, les âges obtenus sur les spéléothèmes (plus de 400 000 ans à Poissons, 100 000 à 150 000 ans à Cousances, et moins de 100 000 ans au Rupt du Puits, fig. 6) sont conformes aux datations relatives des stades de creusement. Toutefois, la formation des spéléothèmes est liée à la fois à l'existence des formes de drainage endokarstiques et à la présence d'un milieu climatique favorable. Il est donc possible d'utiliser les datations U/Th dans les reconstitutions géomorphologiques, à condition de considérer que les datations absolues ne proposent que des âges minimaux pour le creusement des vallées.

La genèse, le développement, et l'abandon des trois systèmes karstiques étudiés s'effectuent de façon diachrone, de plus en plus récents vers le nord, en liaison

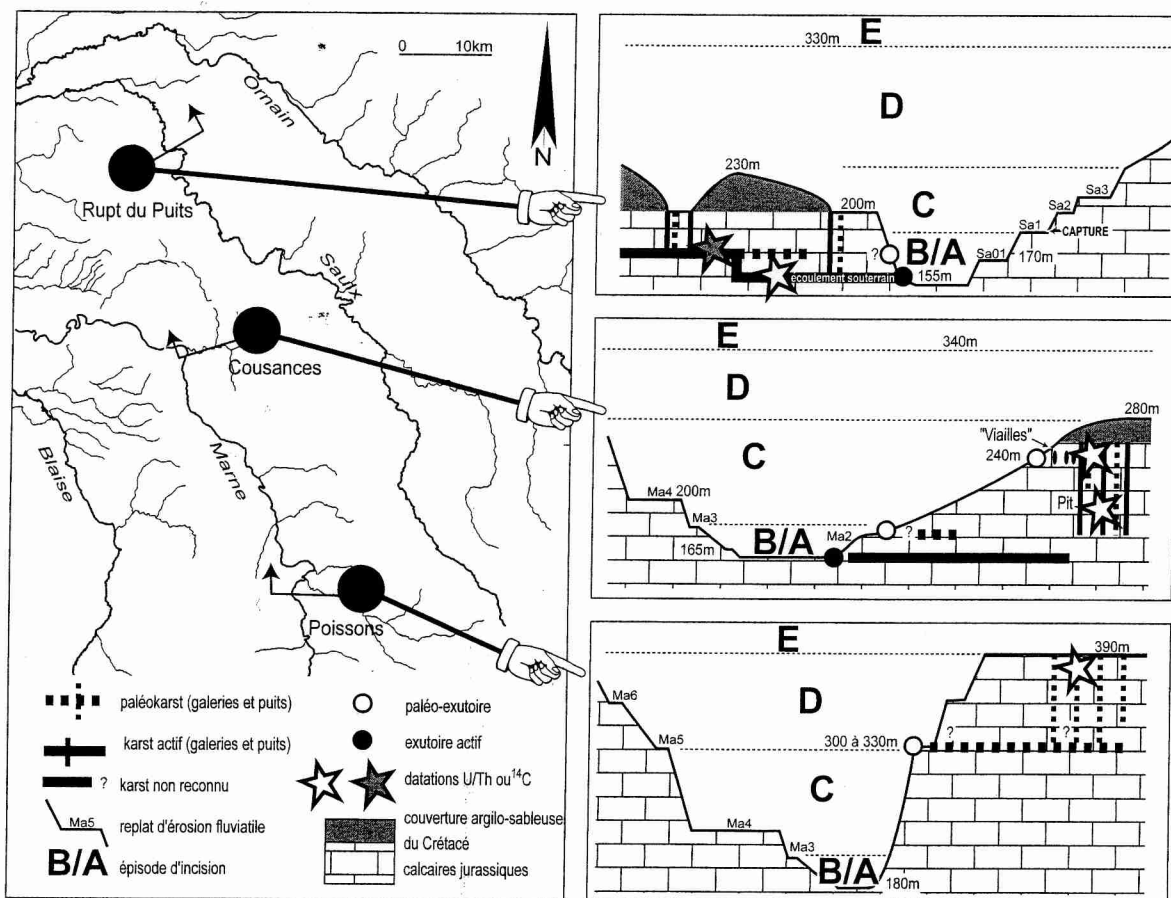


Fig. 6 : Relations entre les trois systèmes karstiques et les épisodes d'incision dans les vallées de la Marne et de la Saulx.
 Fig. 6 : Relations between the three karstic systems and the episodes of incision in the valleys of the Marne and the Saulx rivers.

avec l'incision des trois vallées dans les calcaires tithoniens et le recul de la couverture sablo-argileuse (fig. 7) du Crétacé inférieur. Ainsi, les trois karsts se rattachent respectivement aux épisodes d'incision : 1) D (Ma 6) à Poissons, 2) C à B (Ma 2) pour les "viailles" et les puits du système Cousances, et, 3) B (Sa 01) à A (Sa 04) pour le Rupt du Puits. Ils impliquent un dégagement de la couverture crétacée de 20 à 30 m à Poissons, de 60 m pour les "viailles" du système Cousances, et de 130 m pour le karst du Puits.

3.4 - IMPLICATIONS POUR LES VITESSES D'INCISION

À partir des éléments de datations absolues et relatives, il est possible de proposer des gammes de vitesses d'incision pour les trois vallées étudiées, notamment pour les périodes les plus récentes. Les calculs ont été effectués entre le sommet de la terrasse concernée et le talweg actuel.

Sachant que les alluvions de la terrasse Ma2 (+15 m au sommet de la terrasse) ont un âge approximatif de 100 000 ans, un taux d'incision d'environ 15 cm/ka peut être avancé pour la vallée de la Marne, dans le Perthois, postérieurement à ce stade. Un taux similaire peut être proposé dans la vallée de la Saulx, au Rupt du Puits, puisque le stade Sa 01, situé à une altitude rela-

tive comparable, est contemporain du stade Ma 2.

Dans les vallées de la Saulx et de l'Ormain, les taux d'incision postérieurs à la capture (environ 200 000 ans) auraient varié de 20 cm/ka à 25 cm/ka sur le site de capture Or/Sa 1 (+40/50 m), à 7,5 cm/ka dans le Barrois, à Tréveray. Les taux très élevés sur le site de la capture sont dus à la présence de faciès argilo-marneux (argiles du Gault surtout) faciles à déblayer, et à la dénivellation notable qui existait entre la Marne et la Saulx au moment de la capture (environ 60 m entre Sermaize et Vitry-le-François).

D'après l'âge présumé pliocène (la limite Tertiaire-Quaternaire est placée à 2,5 M années) des stades les plus anciens (Ma 5, Or 6, Sa 6 : +100 m), on peut estimer les taux d'incision pléistocène à un peu plus de 4 cm/ka dans les trois vallées, à Joinville, à Stainville et à Tréveray. (Cette valeur tient compte de la disparition des alluvions et de la dissolution des carbonates du substratum).

Ces valeurs font apparaître une incision plus élevée pendant les périodes les plus récentes, postérieures à la capture de la Saulx et de l'Ormain, notamment sur le site de capture et dans la vallée de la Marne. Pour ces mêmes périodes, les taux d'incision sont plus faibles dans les sections amont des vallées encaissées dans les calcaires du Tithonien.

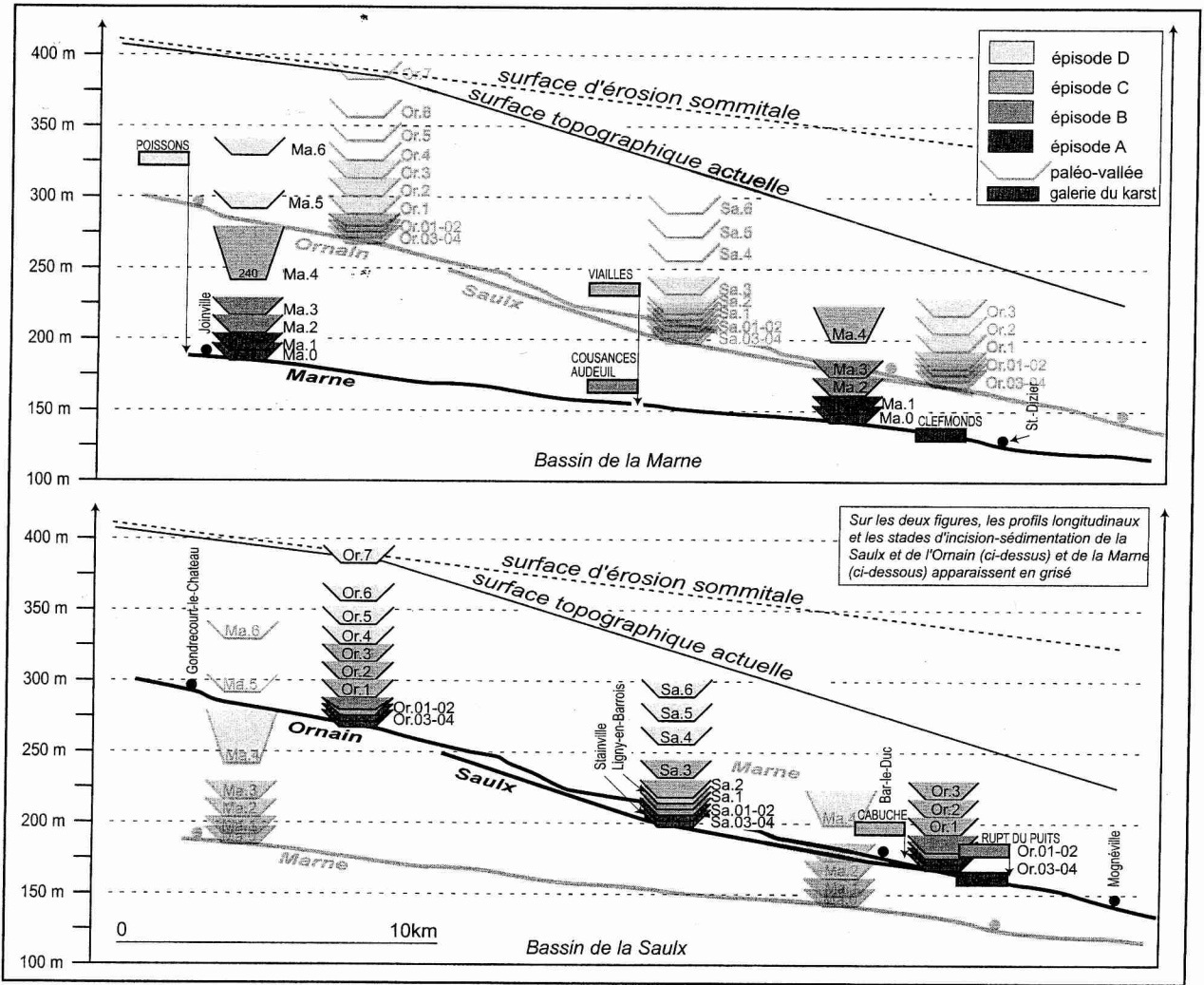
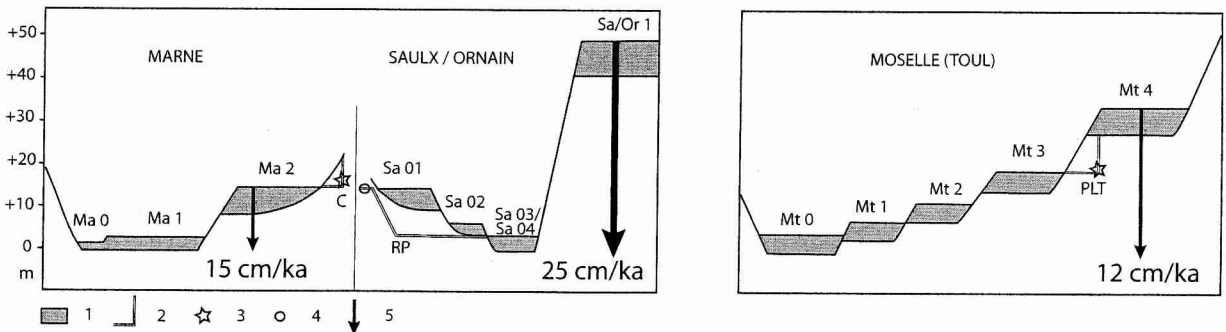


Fig. 7 : Localisation des épisodes et des stades d'incision et des drains karstiques sur les profils en long des vallées de la Marne, de la Saulx et de l'Ornain.
 Fig. 7 : Location of the incision episodes and stages and the karst systems on the longitudinal profiles of the Marne, Saulx and Ornain valleys.



1 : terrasse alluviale (Ma : Marne, Mt : Moselle toulaise, Sa : Saulx, Or : Ornain), 2 : cavités endokarstiques, 3 : datations U/Th sur spéléothèmes (C : Cousances : 100 000 a environ, Jaillot, 2000 ; PLT : Pierre-la-Treiche : 250/270 000 a, Losson, 2003), 4 : datation ¹⁴C (RP : Rupt-du-Puits : 20 000 a BP, ce travail), 5 : taux d'incision présumé (15 cm/ka en 100 000 a environ ; 25 cm/ka en 200 000 a environ, 12 cm/ka en 250 000 a environ).

Fig. 8 : Évaluation des taux d'incision post-capture dans les bassins de la Marne et de la Moselle.
 Fig. 8 : Evaluation of the post-capture incision rates in the Marne and Moselle basins.

CONCLUSION

Entre la côte des Bars (Tithonien) et la côte de Champagne (Crétacé) de l'Est du bassin de Paris, les formations alluviales et les paléoflèches fluviales ont permis d'identifier onze, neuf et sept stades d'incision-sédimentation, respectivement dans les vallées de l'Ornain, de la Saulx et de la Marne. Ces stades sont regroupés en quatre épisodes antérieurs (D et C) et postérieurs (B et A) à la capture de l'Ornain-Saulx par la Marne au détriment de l'Aisne. L'épisode D, très ancien, est caractérisé par des vallées très larges et peu encaissées, situées à des altitudes relatives de +130-110 m (Ornain 7, Marne 6) et à +100-90 m (Saulx 6, Ornain 6 et Marne 5).

Les épisodes postérieurs (C à A) sont représentés par des vallées plus étroites et plus encaissées. L'épisode C correspond à 5 stades d'incision-sédimentation dans les vallées de l'Ornain et de la Saulx et à 2 stades dans la vallée de la Marne (Ma 4 et Ma 3). Le dernier stade avant la capture est le mieux marqué, avec des alluvions éparées situées entre 50 m et 10 m d'altitude relative.

L'épisode B est représenté par un seul stade d'incision-sédimentation : Marne, ou par deux stades : Ornain et Saulx (le premier à 15 m d'altitude relative). Dans la région étudiée, l'enregistrement morphosédimentaire est différent entre le plateau calcaire du Barrois, caractérisé par des formes d'érosion et de minces alluvions, et le Perthois caractérisé par de larges terrasses étagées encaissées dans les formations argilo-marneuses. Le nombre de stades d'incision-sédimentation enregistré dans la région est moindre que celui observé dans les vallées situées plus à l'Est du bassin de Paris, dans les vallées de la Meuse et de la Moselle.

Trois systèmes karstiques, de plus en plus récents du sud vers le nord, jalonnent l'incision des vallées de la Marne et de la Saulx. Le paléo-karst de Poissons, avec des exutoires localisés entre +150 à +200 m d'altitude relative, peut se raccorder à l'épisode d'incision-sédimentation très ancien (D) de la Marne. Un âge U/Th sur spéléothème est supérieur à 400 000 ans ; ce serait l'âge minimal de ce paléokarst.

Le karst du Rupt du Puits a commencé à fonctionner avant le stade isotopique 2, d'après un âge ^{14}C de 20 000 \pm 2000 BP (environ 22 000 ans calendaires) à partir de débris végétaux.

La mise en corrélation des stades d'incision des vallées de la Marne, de la Saulx et de l'Ornain et des cavités étagées du karst du plateau du Barrois permet ainsi de construire un schéma cohérent de l'évolution géomorphologique de la région étudiée. Ce schéma prend une dimension spatiale dans la mesure où les formes karstiques méridionales ont subi une évolution plus longue que celles du nord. Cette évolution spatio-temporelle se fait au rythme de l'incision des vallées et du recul de la couverture crétacée. Elle s'accompagne d'une érosion différentielle très marquée. Les formes très anciennes, incluant les vestiges de la surface infra-crétacée sont mieux conservées dans les calcaires du Barrois, tandis que les formations sablo-argileuses de la Champagne humide ont subi une érosion accélérée, ne laissant que des formations alluviales anciennes en inversion de relief.

Le schéma d'évolution morphologique permet également d'évaluer les taux d'incision, avec comme principal repère chronologique l'âge de la capture de l'Ornain. Sur la base des données lithostratigraphiques, polliniques, faunistiques et de chronologie absolue d'un spéléothème, l'âge de cette capture est rajeuni par rapport aux interprétations antérieures. La capture par déversement au sommet de la nappe alluviale (Or/Sa 1) est nécessairement plus récente que les unités fossilifères basales de la nappe. La capture a donc eu lieu soit au cours du stade 6, soit pendant la phase d'incision à la transition climatique de la fin du stade 6, c'est-à-dire entre 220 000 et 130 000 ans. Les taux d'incision estimés et postérieurs à la capture varient selon la vallée, la nature du substratum et la position par rapport à la capture. Les taux d'incision de la vallée de la Marne, dans le Perthois, seraient de l'ordre de 15 cm/ka dans les formations argilo-marneuses. Les taux d'incision de l'Ornain et de la Saulx sont plus faibles dans le Barrois calcaire, environ à 7,5 cm/ka, et plus forts, entre 20 et 25 cm/ka, près du site de capture dans les formations argilo-marneuses, où il y avait une dénivellation initiale notable entre la Marne et la Saulx. Les taux d'incision anté-capture restent sensiblement égaux entre les trois vallées, de l'ordre de 4 cm/ka.

RÉFÉRENCES

- ALLOUC, J., FAUVEL, P.-J., HARMAND, D., LE ROUX, J., à paraître en 2005 - *Carte géologique de la France à 1/50 000*, feuille de Revigny-sur-Ornain (190). BRGM Orléans.
- BAUDOIN, J.-P., 1990 - *Karsts en Meuse*. Centre de Documentation Départementale Pédagogique de la Meuse, 93 p. + 24 diapositives.
- BONNEFONT, J.-C., 1975 - La Lorraine du Sud à l'époque du Riss et du Würm. *Mosella*, V, 4, 59-83.
- BRIDGLAND, D. et SCHREVE, D., 2004 - Quaternary lithostratigraphy and mammalian biostratigraphy of the lower Thames terrace system, South-East England. *Quaternaire*, 15, (1-2), 29-40.
- CARCAUD, N., WEISROCK, A. et OCCHIETTI, S., 1991 - Creusements et alluvionnements holocènes de la Meurthe et de la Moselle. *Physio-Géo.*, n° 22/23, 131-136.
- CORDIER, S., HARMAND, D. et BEINER, M., 2002 - Les alluvions anciennes de la Meurthe dans l'Est du bassin de Paris (France, Lorraine) : étude morpho-sédimentologique et essai de reconstitution paléoclimatique. *Revue Géographique de l'Est*, XLII, 4, 197-208.
- CORDIER, S., HARMAND, D., LOSSON, B. et BEINER, M., 2004 - Alluviation in the Meurthe and Moselle valleys (Eastern Paris Basin, France) : lithological contribution to the study of the Moselle capture and Pleistocene climatic fluctuations. *Quaternaire*, 15, (1-2), 65-76.
- CORDIER, S., 2004 - *Les niveaux alluviaux quaternaires de la Meurthe et de la Moselle entre Baccarat et Coblence : étude morphosédimentaire et chronostratigraphique, incidences climatiques et tectoniques*. Thèse de Géographie physique, Université de Paris XII, vol. I (texte) : 287 p., vol. II (illustrations) : 216 p.
- CORNUEL, J., 1879 - Observation sur les puits naturels des calcaires portlandiens des départements de la Haute-Marne et de la Meuse et sur le minerai de fer qu'ils renferment, *Bulletin de la Société Géologique de France*, 3^{ème} série, tome 1, 722-739.
- DESHAIES, M., 1994 - *Les méandres encaissés dans les plateaux calcaires de la France de l'Est*. Thèse de Géographie physique, Université de Nancy 2, 383 p.
- FOURNIGUET, J., 1987 - *Géodynamique actuelle dans le Nord-Est de la France. Apports des comparaisons de nivellement*. Mémoire du BRGM, n° 127, 173 p.

- GARDET, G., 1937** - Les alluvions de l'Ornain en aval de Bar-le-Duc (feuille de Bar-le-Duc au 1/80 000). *Bulletin de la Société Géologique de France*, 222-229.
- GUILLAUME, Ch., 1982** - Stations de surface du Paléolithique inférieur et moyen de Lorraine. *Bulletin de l'Association Française pour l'Étude du Quaternaire*, 2 et 3, 135-146.
- GUILLAUME, Ch., COUDROT, J.-L., DEYBEYER, A. et CABOURDIN, G., 1992** - *Encyclopédie illustrée de la Lorraine. Histoire de la Lorraine. 1. De la pierre au fer*. Presses Universitaires de Nancy, Éditions Serpenoise, vol. 1, 167 p.
- HADJAOUIS, A., 1987** - Granulométrie des fractions sableuses. In : Miskovsky J.-C. et coll., 1987 - *Géologie de la Préhistoire : méthodes, techniques, applications*. GéoPré, 413-426.
- HARMAND, D., 2001** - Évolution morphologique cénozoïque des vallées de l'Est du bassin de Paris. Comparaison avec le Sud du bassin. Territoires, paysages et héritages. *Mélanges offerts au professeur J.-C. Bonnefont*. Université de Nancy, 41-49.
- HARMAND, D., WEISROCK, A., GAMEZ, P., LE ROUX, J., OCCHIETTI, S., DESHAIES, M., BONNEFONT, J.-C. et SARY, M., 1995** - Nouvelles données relatives à la capture de la Moselle. *Revue Géographique de l'Est*, XXXV, 3-4, 321-343.
- HARMAND, D., PISSART, A. et KROOK, L., 1998** - L'évolution du paléo-bassin de la Meuse : les enseignements des captures et leurs implications environnementales. In : *Arbeiten aus dem Geographischen Institut der Universität des Saarlandes*. Symposium "Problèmes de l'environnement en Saar-Lor-Lux", 157-173.
- HARMAND, D. et FAUVEL, P.-J., 2000** - État des connaissances des terrasses des paléo-vallées de "l'Aisne-Ornain-Saulx" et de "l'Aire-Bar". In : *Analyse de l'évolution morphologique des confins Meuse-Haute Marne. Acquisition des données de terrain pour quantifier la dynamique de l'érosion. Première phase de travaux. Mars 2000*. Rapport ANDRA D RP 0GES 00-001 (confidentiel) (commande ANDRA n° 012962SGG du 16/11/99), 56-90.
- HARMAND, D. et FAUVEL, P.-J., 2001** - L'incision du réseau hydrographique aux confins Meuse/Haute-Marne : études des stades de creusement des vallées de l'Ornain et de la Saulx. In : *Site Meuse/Haute Marne. Dynamique de l'évolution morphologique. Phase 2000-2001 des études de terrain*. Rapport ANDRA DRP 0 G2R 01-001 (confidentiel) Volume des textes : 43-69, volume des figures : 62-115.
- HARMAND, D., FAUVEL, P.-J., JAILLET, S., LE ROUX, J., ALLOUC, J., BRULHET, J. et BROCANDEL, M., 2002** - Incision anté et post-capture dans les vallées de l'Ornain et de la Saulx (Est du bassin de Paris). *Revue Géographique de l'Est*, XLII, 4, 171-183.
- HUXTABLE, J., 1993** - Futher thermoluminescence dates from burnt flints from Maastricht-Belvédère and a finalised thermoluminescence age for the unit IV Middle Palaeolithic site. *Medelingen Rijks Geologische dienst*, 47, 41-44.
- IZOUAKANE, H., 1989** - *Étude préliminaire du réseau du Rupt du Puits*, Mémoire de DEA de géographie et aménagement de l'espace, Nancy, 65 p.
- JACQUOT, A., 2003** - *Étude des alluvions de la terrasse Ma 2 de la Marne*. Mémoire de Maîtrise de Géographie Physique, Université de Nancy 2, 100 p.
- JAILLET, S., 2000** - *Un karst couvert de bas-plateau : le Barrois. Structure-fonctionnement-évolution*. Thèse de Géographie physique, Université Michel de Montaigne (Bordeaux 3), 710 p.
- JAILLET, S., 2001** - Les jalons karstiques. Mode de création et d'évolution des systèmes karstiques en fonction de la dynamique de l'érosion. In : *Site Meuse/Haute Marne. Dynamique de l'évolution morphologique. Phase 2000-2001 des études de terrain*. Rapport ANDRA DRP 0 G2R 01-001 (confidentiel) Volume des textes : 103-144, volume des figures : 152-234.
- JAILLET, S. et GAMEZ, P., 1995** - Observations morphologiques sur le géosystème du Rupt du Puits, *Karstologia*, 26, FFS et AFK, Bordeaux, 27-38.
- JAILLET, S. et GAMEZ, P., 2000** - Liaison entre cavités, recul de couverture et enfoncement du réseau hydrographique. In : *Analyse de l'évolution morphologique des confins Meuse-Haute Marne. Acquisition des données de terrain pour quantifier la dynamique de l'érosion. Première phase de travaux. Mars 2000*. Rapport ANDRA D RP 0GES 00-001 (confidentiel) (commande ANDRA n° 012962SGG du 16/11/99), 33-55.
- JAILLET, S., PONS-BRANCH, E., BRULHET, J. & HAMELIN, B., 2004** - Karstification as geomorphological evidence of river incision : the karst of Cousance and the Marne valley (eastern Paris Basin). *Terra Nova*, 16, 167-172.
- JUVIGNÉ, E. et RENARD, F., 1992** - Les terrasses de la Meuse de Liège à Maastricht. *Annales de la Société Géologique de Belgique*, T. 115 (fascicule 1), 167-186.
- LAUTRIDOU, J.-P., AUFFRET, J.-P., BALTZER, A., CLET, M., LECOLLE, F., LEFEBVRE, D., LERICOLAIS, G., ROBLIN-JOUVE, A., BALESCU, S., CARPENTIER, G., DESCOMBES, J.-C., OCCHIETTI, S. et ROUSSEAU, D.-D., 1999** - Le fleuve Seine, le fleuve Manche. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 170, 4, 545-558.
- LEJEUNE, O., MARRE, A., DEVOS, A., LAURAIN, M. et BRULHET, J., 2002** - Les phases d'incision de la vallée de la Marne entre Joinville et Vitry-le-François (Est du Bassin parisien, France). *Revue Géographique de l'Est*, XLII, 4, 163-170.
- LE ROUX, J., 2000** - Structuration du nord-est du bassin de Paris. *Bulletin d'Information des Géologues du Bassin de Paris*, 37, 4, 13-34.
- LE ROUX, J. et HARMAND, D., 2003** - Origin of the hydrographic network in the Eastern Paris Basin and its border massifs. Hypothesis, Structural, Morphologic and Hydrologic consequences. Special conference on paleoweathering and paleosurfaces in the Ardenne-Eifel region at Preizerdaul (Luxembourg) on 14 to 17 may 2003, Quesnel, coordinator, *Géologie de la France*, 1, 4, 105-110.
- LOSSON, B., 2003** - *Karstification et capture de la Moselle (Lorraine, France) : vers une identification des interactions*. Thèse de Géographie physique, Université de Metz, vol. 1 (texte) : 510 p, vol. des planches : 89 pl., vol. des annexes : 227 p.
- LOSSON, B. et QUINIF, Y., 2001** - La capture de la Moselle. Nouvelles données chronologiques par datations U/Th sur spéléothèmes. *Karstologia*, 37, 1, 29-40.
- MARRE, A., LAURAIN, M., DOLIQUE, F. et DEVOS, A., 2000** - *Évolution géomorphologique de la vallée de la Marne, de Joinville à Sommeville*. Rapport ANDRA (confidentiel) : Analyse de l'évolution morphologique des confins Meuse-Haute Marne. Acquisition des données de terrain pour quantifier la dynamique de l'érosion. Première phase de travaux. Mars 2000 (commande ANDRA n° 012962SGG du 16/11/99), 91-115.
- MARRE, A., LAURAIN, M., DEVOS, A., LEJEUNE, O., SIBILEAU, L. et DOLIQUE, F., 2001** - *L'incision du réseau hydrographique aux confins Meuse/Haute Marne : étude des stades de creusement de la vallée de la Marne*. Rapport ANDRA DRP 0 G2R 01-001 (confidentiel). Volume des textes : 20-41, volume des figures : 8-61.
- PÂQUE, A., 1943** - Co-existence d'*Elephas antiquus* et d'*E. primigenius* dans les alluvions anciennes du plateau de Vassincourt (Meuse), *Compte-rendu des séances spécialisées de la Société Géologique de France*, 11-12, 133-135.
- PÂQUE, A. et CAILLEUX, A., 1946** - À propos des alluvions anciennes entre Ornain et Aisne. *Compte-Rendu sommaire de la Société Géologique de France*, 9, 157-159.
- PASTRE, J.-F., CECCHINI, M., DIETRICH, A., FONTUGNE, M., GAUTHIER, A., KUZUCUOGLU, C., LEROYER, C. et LIMONDIN, N., 1991** - L'évolution holocène des fonds de vallée au Nord-Est de la Région parisienne (France) : premiers résultats. *Physio-Géo.*, 22-23, 109-115.
- PASTRE, J.-F., LEROYER, C., LIMONDIN-LOZOUET, N., CHAUSSE, C., FONTUGNE, M., GEBHARDT, A., HATTE, C. et KRIER, V., 2000** - Le Tardiglaciaire des fonds de vallée du Bassin parisien (France). *Quaternaire*, 11 (2), 107-122.

- PATTE, E., 1937** - *Le Quaternaire dans la vallée de l'Aisne*. Mémoires de la Société Géologique de France, mémoire n° 32, 47 p.
- PISSART, A., KROOK, L. et HARMAND, D., 1997** - La capture de l'Aisne et les minéraux denses des alluvions de la Meuse dans les Ardennes. *Compte-Rendu de l'Académie des Sciences, Paris, Sciences de la Terre et des Planètes*, 325, 411-417.
- PONS-BRANCHU, E., 2001** - *Datation haute résolution de spéléothèmes ($^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ et $^{226}\text{Ra}/^{238}\text{U}$). Application aux reconstitutions environnementales autour des sites du Gard et de Meuse/Haute-Marne*, Thèse de doctorat d'Aix-Marseille, 224 p.
- QUINF, Y., 1989** - La notion d'étages de grottes dans le karst belge, *Karstologia*, 13, FFS et AFK, 41-49.
- SALZARD, H., 1878** - *Minières et minerais de fer du département de la Haute-Marne*, notes, Saint-Dizier, Typographie, Henriot et Godard, 95 p.
- TRICART, J., 1948** - *La partie orientale du Bassin de Paris. Etude morphologique*. Thèse Paris (lettres) et S.E.D.E.S. éd. Paris, t. I : La genèse du bassin, 1-210 + 1 carte h. t. ; t. II: l'évolution morphologique au Quaternaire, 211-274.
- ZOLITSCHKA, B. & LÖHR, H., 1999** - Geomorphologie der Mosel-Niederterrassen und Ablagerungen eines ehemaligen Altarmsees (Trier, Rheinland-Pfalz) : Indikatoren für jungquartäre Umweltveränderungen und anthropogene Schwermetallbelastung. *Petermanns Geographische Mitteilungen*, 143, (5), 401-416.