



**HAL**  
open science

## Une expérience de piétinement et de résidualisation par ruissellement.

Arnaud Lenoble, Jean-Guillaume Bordes

► **To cite this version:**

Arnaud Lenoble, Jean-Guillaume Bordes. Une expérience de piétinement et de résidualisation par ruissellement.. L. Bourguignon, I. Ortega et M.-C. Frère-Sautot. Préhistoire et approche expérimentale, éditions Monique Mergoil, pp.295-311, 2001. halshs-00423515

**HAL Id: halshs-00423515**

**<https://shs.hal.science/halshs-00423515v1>**

Submitted on 11 Oct 2009

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Sous la direction de  
Laurence Bourguignon, Illuminada Ortega,  
Marie-Chantal Frère-Sautot

# Préhistoire et approche expérimentale



éditions monique mergoil  
montagnac  
2001



# Une expérience de piétinement et de résidualisation par ruissellement

A. Lenoble\*, J.-G. Bordes\*

## Résumé

Ce travail s'intègre dans la problématique générale de caractérisation des processus naturels et anthropiques de formation des sites archéologiques. Il étudie le comportement d'artefacts expérimentaux, ici lames et lamelles en silex, sous l'effet du piétinement, puis du ruissellement. Il vise, en particulier, à décrire la dispersion verticale, les changements d'orientation des objets et les déplacements latéraux des objets sous l'action de ces deux processus. Ce travail montre le caractère ubiquiste de ces critères pour la caractérisation du degré de préservation des ensembles archéologiques. Enfin, il souligne la possible complexité de la mise en place d'un niveau archéologique, complexité que masque l'emploi de ces critères lorsqu'ils sont utilisés seuls.

## Abstract

This article enters into the general problem of the characterization of the natural and anthropic processes in the formation of archaeological sites. It studies the comportment of experimental artefacts - in this case silex blades and bladelets - under the effect of being trampled on, then rain washed. It aims, in particular, to describe vertical dispersion, the change in orientation of objects and the lateral displacement of objects under the action of the two processes. This work shows the ubiquitous character of these criteria for the characterization of the degree of preservation of archaeological assemblages. It also underlines the possible complexity of the making up an archaeological level, complexity that hides the use of this criteria when used alone.

## 1. Introduction

La capacité des processus naturels à perturber l'organisation initiale des nappes de vestiges archéologiques est connue depuis longtemps (Wood, Johnson 1978 ; Texier 2000). Des expérimentations, quelles mettent en jeu des processus naturels (*e. g.* Moyersons 1978 ; Petraglia, Nash 1987 ; Schick 1986 ; Texier *et al.* 1998), ou anthropiques (*e. g.* Stockton 1973 ; Villa et Courtin 1982 ; Gifford-Gonzales *et al.* 1985 ; Nielsen 1991), ou bien encore des études de remontages lithiques (Cahen, Moyersons 1977 ; Van Noten *et al.* 1980), ont démontré depuis longtemps la possibilité, pour des objets archéologiques issus d'une même nappe de vestiges, de subir une dispersion plus ou moins importante au cours de leur enfouissement.

En conséquence, que ce soit en terme d'organisation spatiale (les "sols d'habitats"), ou de chronologie (respect du principe de superposition), la compréhension des processus de formation des sites a pu, dans de nombreux cas, sensiblement modifier l'interprétation intuitive première de l'organisation des vestiges (*e. g.* Villa 1976 ; Legrand 1994 ; Texier 1997).

Différentes méthodes peuvent être utilisées pour évaluer l'état de préservation d'ensembles archéologiques (Texier 2000). Une de ces méthodes est la mesure de

l'orientation des vestiges, dite mesure de fabriques (Bertran, Texier 1995). La prise en compte de l'orientation des objets est une préoccupation ancienne de l'archéologie (Isaac 1967 ; Shick 1986). Associer ces mesures à des tests statistiques facilite la comparaison des résultats obtenus aux valeurs connues dans le milieu naturel (Bertran, Texier 1997). Si un référentiel existe pour les milieux naturels (Bertran, Texier *op. cit.*), les fabriques d'origine anthropiques sont encore mal connues. C'est notamment le cas pour le piétinement, phénomène omniprésent sur les sites archéologiques.

Un autre façon de caractériser la préservation d'un ensemble archéologique est de considérer la dispersion verticale des vestiges, puisque la définition même d'un "sol d'habitat" repose sur son épaisseur (Bordes, 1975). Or l'observation du ruissellement en milieu naturel laisse penser que ce processus peut être à l'origine de nappes de vestiges présentant une dispersion verticale identique à celle attendue pour un tel sol. En effet, l'action de la résidualisation, c'est-à-dire l'entraînement sélectif de particules fines (Ruhe 1959), est susceptible de générer des nappes de vestiges dont la dispersion verticale sera identique à celle d'un "sol d'habitat" (Lenoble *et al.* 2000), même si l'ensemble a pu souffrir de nombreuses perturbations : stratigraphie condensée en

une seule nappe, appauvrissement possible des ensembles archéologiques...

L'objectif de ce travail est donc double. Il s'agit, d'une part, de tester l'hypothèse que des processus naturels peuvent être à l'origine d'une organisation de vestiges que l'on peut confondre avec un « sol d'habitat ». D'autre part, nous souhaitons apporter notre contribution au référentiel des fabriques, notamment pour des processus tel le piétinement. Plus largement, il s'agit de mettre en évidence les critères susceptibles de caractériser des modifications qu'ont subi de tels ensembles archéologiques. Pour cela, nous avons réalisé une expérimentation où nous avons soumis à l'action du ruissellement diffus un sol archéologique que nous avons piétiné, c'est-à-dire présentant une certaine dispersion verticale des vestiges, mais où l'information spatiale est préservée.

## 2. Le cadre

L'expérimentation s'est déroulée à l'Archéodrome, qui se situe, quelques kilomètres au sud de Beaune (Côte-d'Or), dans la partie occidentale de la vallée de la Saône (fig. 1).

Dans ce département, le climat est "à dominante océanique, altérée par les influences continentales de l'Europe Centrale et légèrement influencé par une tendance méditerranéenne en provenance de l'axe Rhône-Saône" (Marceaux, Taboulot 1994, p. 6).

Les précipitations moyennes sont bien réparties sur toute l'année (739,3 mm/an à Aloxe-Corton, 12 km au nord du site expérimental). L'hiver est froid et long ; l'été

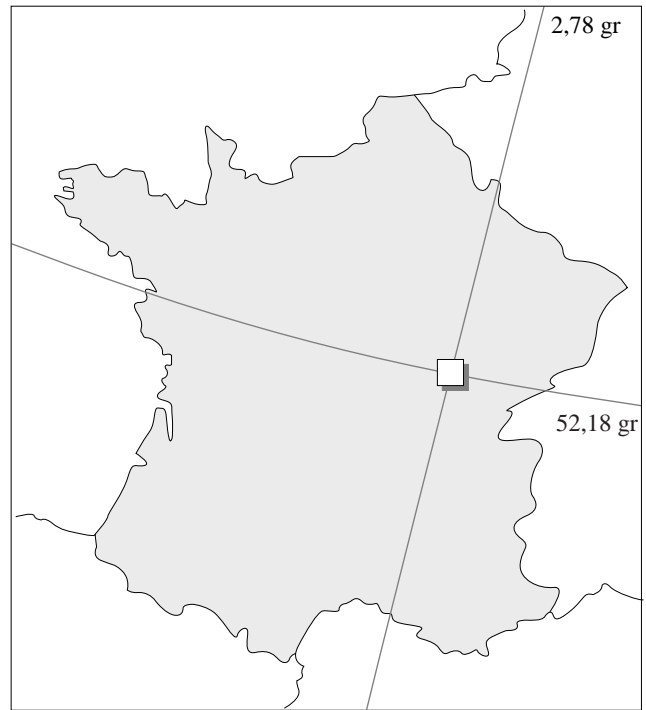


Fig. 1 - Localisation du site expérimental.

est chaud et entrecoupé d'épisodes orageux. L'influence méditerranéenne s'y fait sentir à travers le régime pluviométrique, notamment des précipitations de la fin du printemps, du fait de "remontées perturbées du sud" à cette époque de l'année (Marceaux, Taboulot *op. cit.*, p. 25).

La station météorologique la plus proche est celle de Savigny-les-Beaunes, à 12 km au nord.

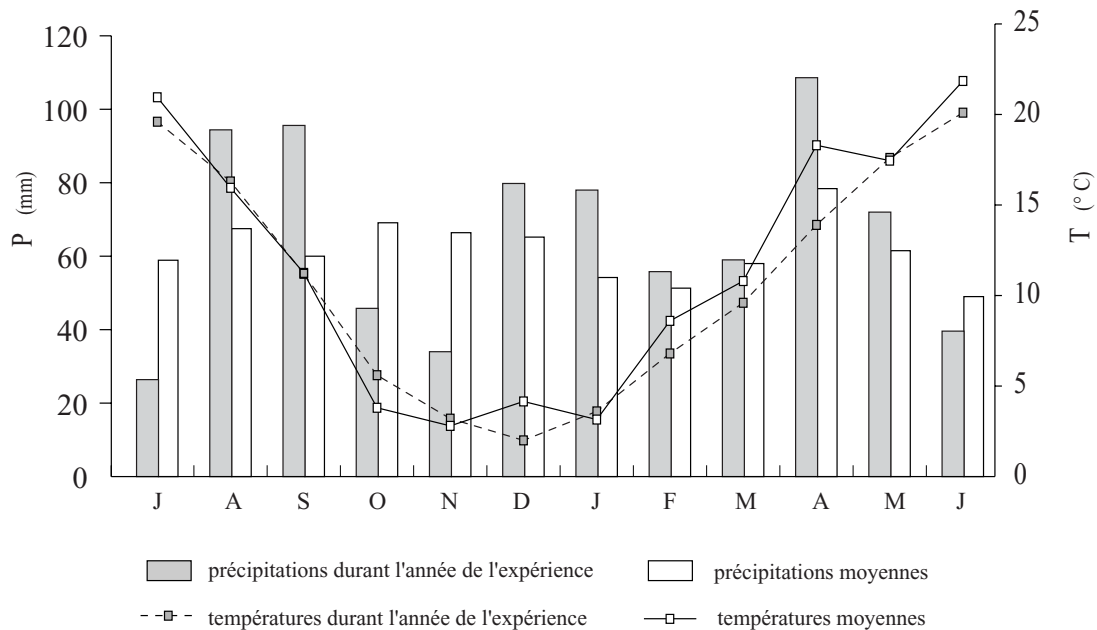


Fig. 2 - Données hydro-thermométriques moyennes et durant l'année de l'expérience, station météorologique de Savigny-les-Beaunes.

La comparaison des données météorologiques entre la moyenne et l'année de l'expérience montre que ces dernières s'intègrent dans les tendances climatiques régionales (fig. 2).

### 3. Protocole expérimental

L'ensemble des choix a été réalisé afin de favoriser l'expression des processus recherchés : un déplacement sensible des artefacts piétinés, d'une part, et la formation d'un «pavage résiduel» par ruissellement diffus, d'autre part.

Nous avons sélectionné un pied de talus (fig. 3). De plus, en bas de pente, les fluctuations du couple érosion/sédimentation sont susceptibles de provoquer la fossilisation du pavage obtenu. C'est donc une situation l'on peut retrouver en contexte archéologique.

Le substrat est formé de déblais argileux compactés, structurés par une activité de retrait-gonflement.

La cellule a été conçue de façon à reconstituer un site stratifié. Pour cela, une fosse orientée dans le sens de la pente, de 2 mètres de large sur 6 mètres de long et d'une vingtaine de centimètres de profondeur, a été creusée. La partie aval est approfondi d'une cinquantaine de centimètres. Ce creusement sert de fosse de stockage du sédiment. Une rigole d'évacuation prolonge cette fosse. Elle a été réalisée dans le but d'éviter la formation d'une flaque au bas de la cellule. Une telle flaque aurait pour conséquence de limiter l'avancée du sédiment puisque les eaux de ruissellement y perdraient leur compétence. Cette fosse a été remplie de sable. Une granulométrie effectuée fait apparaître un mode principal (3/4) de sable moyen (0,5 à 0,8 mm), et une mode secondaire (1/4) de petits graviers aplatis (2 à 4 mm). Un sédiment à faible cohésion comme celui-ci enregistre des déplacements sensibles par piétine-

ment (Gifford-Gonzales *et al.*, 1985 ; McBrearty *et al.*, 1988).

D'autre part, nous avons recherché un sédiment qui se prête bien à une mobilisation par ruissellement, mais avec un faible risque d'initiation de rigoles. On sait que le ruissellement diffus peut-être généré par une intensité de pluie supérieure à la capacité d'infiltration du sol, ou bien par saturation du sol, quelque soit l'intensité de l'événement pluvieux (Mietton 1998). Ici, les caractéristiques du sédiment choisi le rendent particulièrement sensible à un ruissellement de saturation (porosité importante, faible susceptibilité à la battance, *cf.* Scoging 1989). Ainsi, si elle peut réagir aux averses estivales, la cellule est également susceptible de fonctionner lors des précipitations hivernales, moins intenses. Qui plus est, l'absence d'une croûte de battance limite le risque d'apparition de rigoles (Scoging 1989).

Deux pseudo-niveaux archéologiques ont été mis en place. Le premier est placé en surface. Le second est enfoui à environ 4 centimètres et repose sur une dizaine de centimètres de sable. Chaque niveau est divisé en deux bandes, est et ouest, découpant la fosse dans sa largeur. Chaque bande est elle-même divisée en deux secteurs, amont et aval. Dans chaque secteur, sont placées deux séries d'une vingtaine d'objets au minimum, l'une composée de lames et l'autre de lamelles (fig. 4 et 5). Ces objets ont été sélectionnés parce qu'ils se prêtent bien aux mesures de fabriques. Ils ont été placés sans aucune direction privilégiée afin d'être conforme au modèle de sol archéologique défini sur les exemples des sites de Verberie et de Pincevent (Bertran, Texier 1995), leur répartition dans les différents secteurs et niveaux étant donnée dans le tableau 1.

Ces pièces ont été notées au crayon à papier, puisque ce marquage est le plus stable dans le temps.



Fig. 3 - Vue de l'emplacement de la cellule expérimentale.



Fig. 4 - vue des artefacts expérimentaux à la mise en place, niveau supérieur.

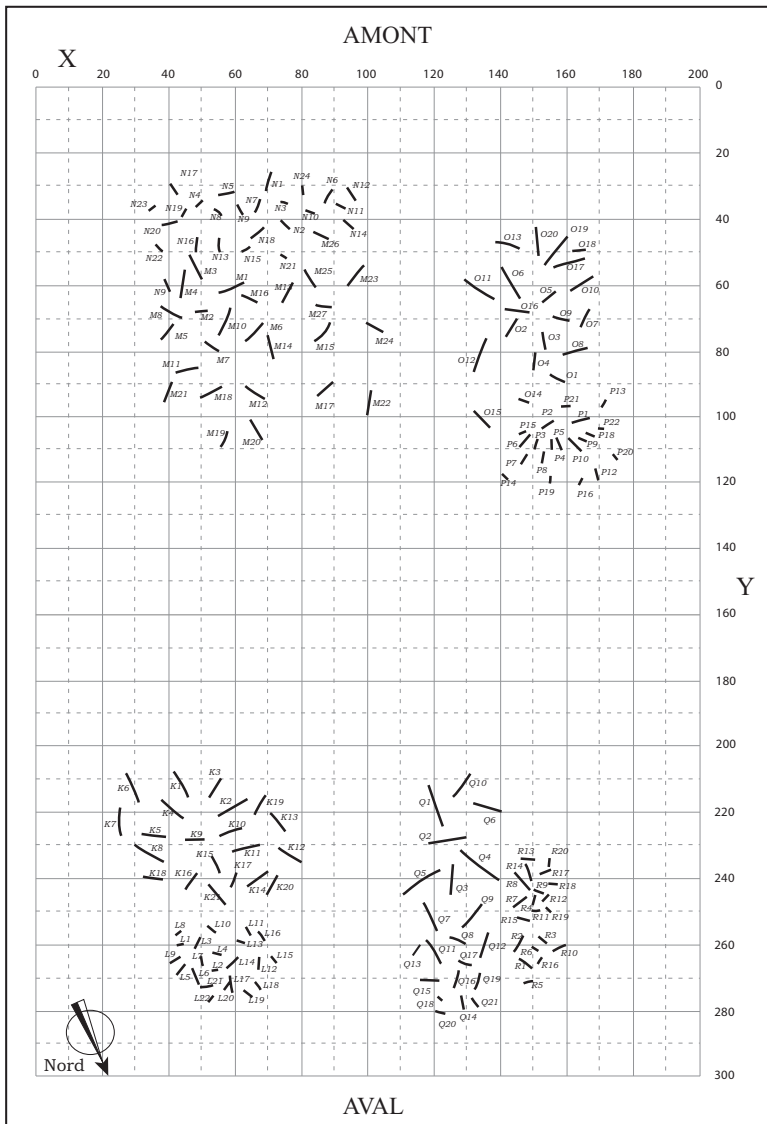


Fig. 5 - plan des artefacts composant le niveau supérieur à la mise en place. Le niveau est composé de quatre secteurs. Dans chaque secteur est placé une série de lames et une de lamelles.

Bande	Secteur	Niveau enfoui	Niveau de surface
Bande A	haut	41 lames et 39 lamelles	27 lames et 26 lamelles
	bas	40 lames et 40 lamelles	20 lames et 22 lamelles
Bande B	haut	20 lames et 23 lamelles	20 lames et 20 lamelles
	bas	23 lames et 20 lamelles	21 lames et 20 lamelles

Tabl. 1 - composition des séries expérimentales.

## 4. Méthode Analytique

Les faciès et signatures sédimentaires observés à la fouille ont été décrits, et quand cela a été possible, les processus également.

A la mise en place et à la fouille, les artefacts numérotés ont été repérés en trois dimensions. Des repères fixes ont été placés aux bords de la cellule sous la forme de tiges métalliques enfoncées dans le sol afin de pouvoir recalculer les mesures d'une année à l'autre. Cette procédure a permis d'évaluer l'imprécision de nos mesures à un maximum de 2 cm en plan, 1 cm en altitude. L'orientation et le pendage des objets ont été mesurés à l'aide d'une boussole-clinomètre.

Ainsi, il est possible de décrire l'état initial et les modifications des assemblages à partir de plans, de projections, de fabriques et de fabriques de déplacements. Pour représenter la fabrique d'un ensemble d'objets, on utilise classiquement un diagramme de Schmidt (par exemple fig. 9) : le cercle correspond à la projection en plan d'une demi-sphère ; les points portés dans ce cercle correspondent à l'intersection de cette demi-sphère avec la direction de chaque objet placé en son centre.

Dans ce travail, nous étendons l'utilisation de cet outil à l'orientation des déplacements des objets. L'orientation de tels déplacements, mise en évidence à partir des remontages, est un des critères qui a été utilisé pour mettre en évidence les processus de formation des sites (Legrand 1994 ; Bertran et Texier 1997 ; Bordes 2000).

## 5. Déroulement de l'expérimentation

La cellule a été piétinée par deux personnes chaussées pendant 1/2 heure, sans direction privilégiée. La bande ouest de la cellule a ensuite été fouillée. Puis, la cellule a été abandonnée aux intempéries pendant 11 mois (du 31/07/98 au 27/06/99). Au retour sur le site, face au fonctionnement limité de la cellule au cours de cette période (*cf. infra*, description de la cellule au retour sur le site), le parti a été pris d'augmenter artificiellement le temps expérimental en simulant des intempéries naturelles. Pour cela, nous avons utilisé une lance à incendie que nous avons placée au sommet de la pente dominant la cellule, et avons arrosé la cellule en dirigeant la lance vers le ciel. Le débit délivré a été réglé de façon à ce que les gouttes présentent un diamètre de 5 mm environ, et acquièrent ainsi,

en retombant, une énergie cinétique presque égale à celle des événements naturels comparables (Laws 1941). Par ailleurs, l'obliquité de la trajectoire des gouttes est ainsi minimale (quelques degrés).

Nous avons estimé l'intensité maximale de ces intempéries de l'ordre de 100 mm/h, soit de très fortes averses ou des épisodes orageux, dont l'occurrence est, au mieux, annuelle. Sept intempéries ont été ainsi simulées. La première d'une durée d'une 1/2 h, et les autres de 20 min. Le temps de repos entre chaque événement pluvieux ainsi simulé est d'environ une heure.

## 6. Les résultats

### 6. 1 Piétinement

#### 6. 1. 1 Processus et évolution du sédiment

Le volume de sédiment mis en place montre une évolution de sa géométrie au cours de l'expérience : le sédiment se déplace de la partie amont de la cellule vers la partie médiane. Ce phénomène est également observable, mais dans une moindre mesure, dans la partie aval (fig. 6).

Gifford-Gonzales *et al.* (1985) ont observés des déplacements préférentiels d'artefacts dans le sens de la pente dans le cas similaire d'un sédiment sans cohésion. Ils les ont interprétés comme le résultats de déplacements en masse répétés du sédiment. Nous avons effectivement pu observer ce mécanisme au cours de notre expérience : le sédiment sous le pied, quelque soit la direction du déplacement, glisse de quelques centimètres dans le sens de la pente en réponse à la pression du pied. Ce déplacement en masse est d'autant plus important que la pente est forte. En conséquence, s'il existe une pente, un piétinement suivant des directions aléatoires provoque un déplacement global orienté du sédiment. Dans le secteur amont, il en résulte une zone d'érosion et une zone juxtaposée d'accumulation.

La nature des déplacements d'objets observés dans la partie aval de la cellule est analogue à ce qui a pu être décrit dans d'autres expériences de piétinement (Courtin, Villa 1982 ; McBrearty *et al. op. cit.*). En particulier, le mouvement est provoqué soit par le pied en surface, soit par pression au sein d'une couche active de quelques centimètres d'épaisseur.



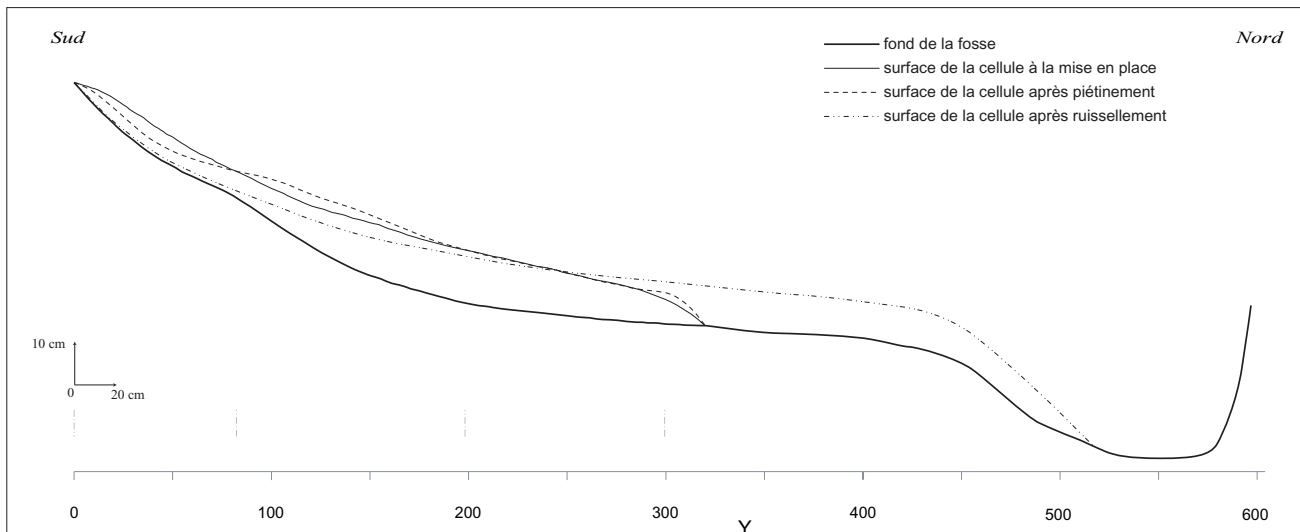


Fig. 6 - Profil longitudinal de la cellule à sa mise en place, après piétinement, et après ruissellement.

### 6. 1. 2 Modification des ensembles de vestiges expérimentaux

#### 6. 1. 2. 1. Dispersion verticale

Une partie des artefacts du niveau inférieur, secteur aval (partie sud), n'ont pas subi de déplacement du fait de leur enfouissement supérieur à l'épaisseur de la couche active.

Lorsque les vestiges ont été déplacés, quel que soit le secteur considéré, les deux niveaux initiaux ne forment plus qu'une seule nappe de vestige (fig. 7B).

Dans le secteur amont, on observe une dilatation de la nappe de vestiges dans la zone de sédimentation. Par ailleurs, une partie des vestiges du niveau inférieur surmonte, après piétinement, les vestiges du niveau supérieur.

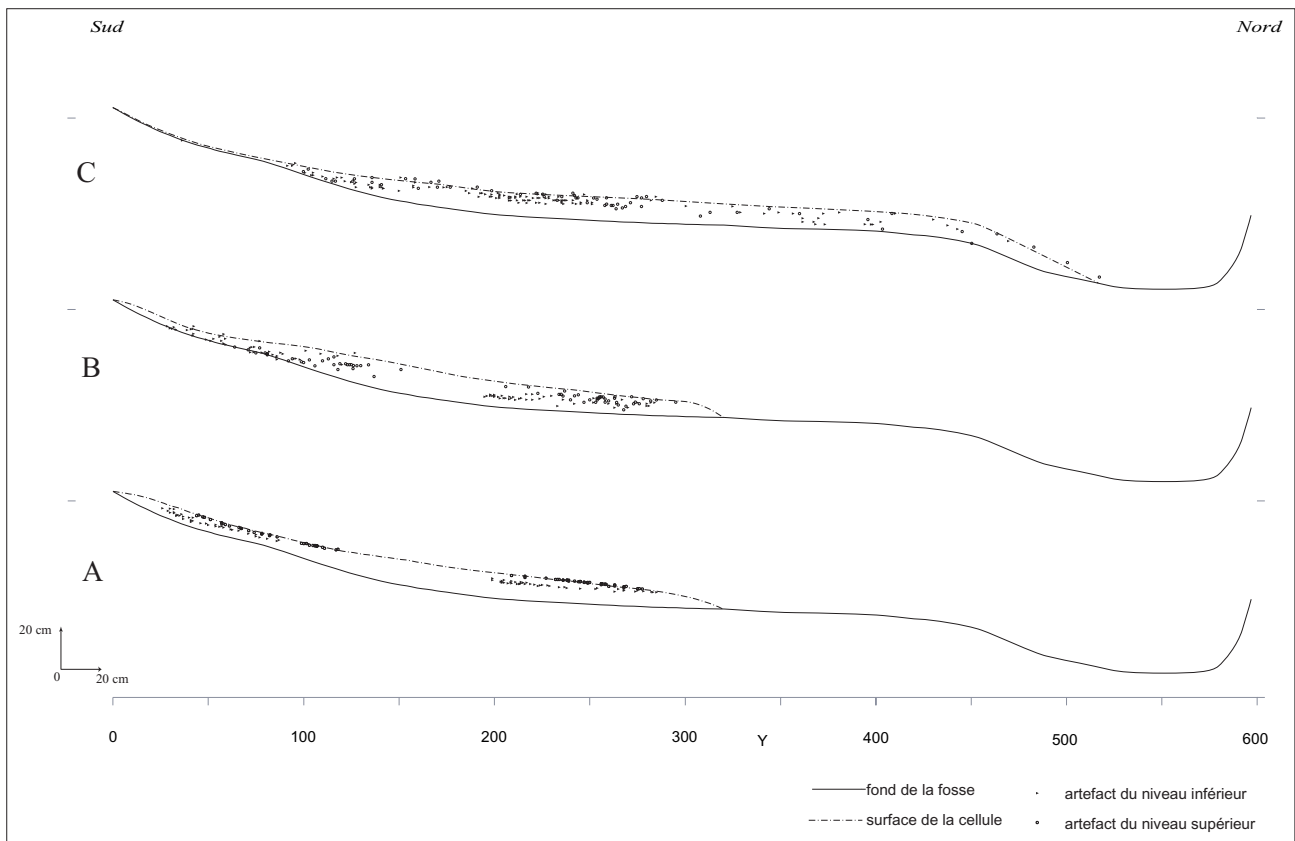


Fig. 7 - Dispersion verticale des vestiges : A, bande ouest à la mise en place ; B, bande ouest après piétinement ; C, bande est après ruissellement.

Notre interprétation est que, dans un premier temps, les vestiges du niveau supérieur ont été déplacés vers l'aval avec le sédiment. Ce déplacement de sédiment a mis au jour les artefacts du niveau inférieur qui ont, à leur tour, été mobilisés et se sont alors superposés à ceux du niveau supérieur.

Dans le secteur aval, les artefacts sont dispersés sur une dizaine de centimètres d'épaisseur, principalement du fait de l'enfoncement des pièces du niveau supérieur.

#### 6. 1. 2. 2. Dispersion horizontale

Nous avons considéré comme significatifs les déplacements supérieurs à 3 centimètres. Ce faisant, nous avons sélectionné les objets pour lesquels le déplacement enregistré est supérieur à l'erreur maximum entre l'enregistrement lors de la mise en place et à la fouille. Cela ne concerne que les artefacts du niveau inférieur, dans le secteur aval, où les déplacements ainsi retenus sont finalement trop peu nombreux pour être discutés.

Pour le secteur amont du niveau inférieur et pour le niveau supérieur, les fabriques de déplacement montrent une nette orientation, notamment dans le secteur amont

(fig. 8). Cette orientation est d'autant mieux exprimée que le déplacement est important. Dans tous les cas, ce déplacement préférentiel dans la pente peut se comprendre comme :

- les objets mis en mouvement directement par le contact du pied se déplacent plus loin dans le sens de la pente ;

- sous l'action de la pression du pied, les déplacements se font au sein du sédiment par déplacements en masse. Les déplacements qu'enregistrent les objets sont conformes à celui du sédiment, orienté dans le sens de la pente.

#### 6. 1. 2. 3. Orientation des objets

Les objets déplacés par piétinement montrent une fabrique de type ceinture, avec une dispersion importante autour du plan équatorial (fig. 9B).

Cette répartition exprime la perturbation du piétinement par rapport à la mise en place. La comparaison entre le secteur amont et aval montre que cette modification des orientations d'objets est indépendante des déplacements dans le plan horizontal.

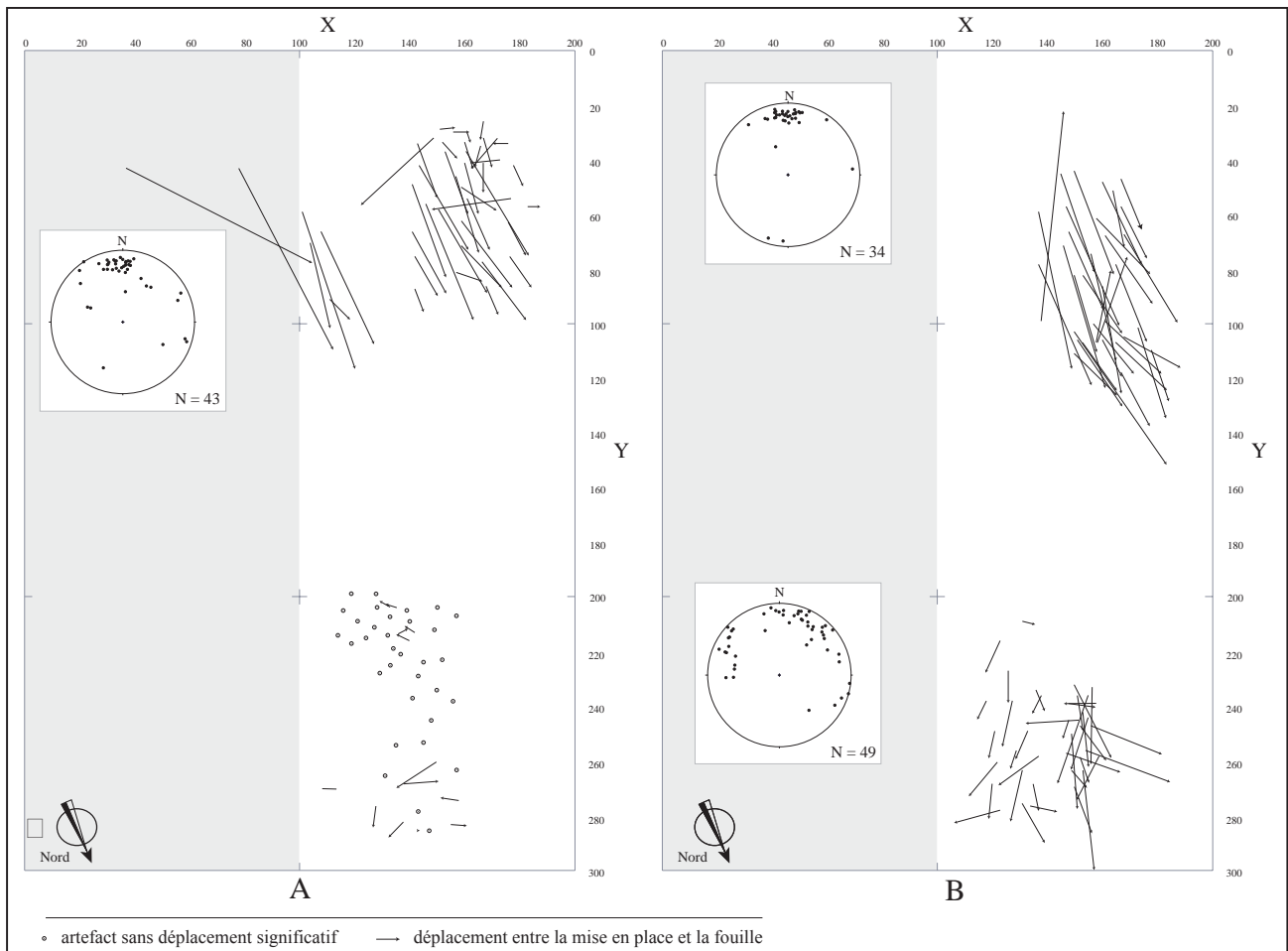


Fig. 8 - Dispersion horizontale des vestiges de la bande ouest après piétinement et diagrammes de fabriques des déplacements correspondants : A, niveau inférieur ; B, niveau supérieur.

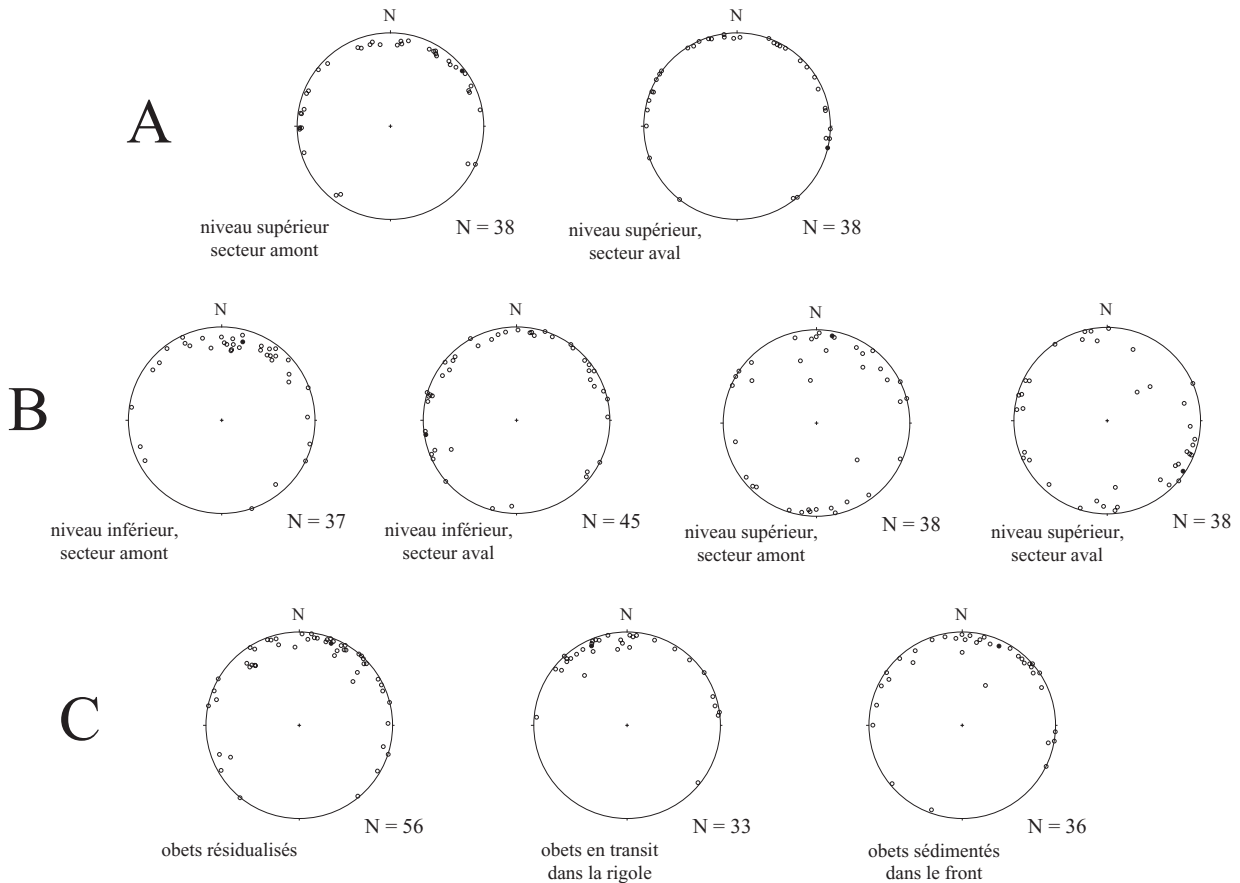


Fig. 9 - Diagrammes de fabriques des artefacts : A, à la mise en place ; B, après piétinement ; C, après ruissellement.

Puisque les objets piétinés se déplacent au sein d'une couche active d'épaisseur supérieure à la taille des artefacts, on pouvait s'attendre à ce que les objets ne soient pas orientés selon un plan privilégié. Cette hypothèse ne s'est pas vérifiée : au contraire, les artefacts se placent préférentiellement dans le plan l'horizontal. Une explication possible est que par la pression du pied présente une composante horizontale qui diminue en profondeur au profit de sa composante verticale. Il en résulte un cisaillement simple susceptible de faire pivoter les objets jusqu'à l'horizontale. Une autre explication est que les objets mis à plats sont plus facilement soustraits à la couche active. Gifford-Gonzales *et al.* (1985) ont remarqué que les artefacts déplacés ont tendance à se concentrer à la base de la couche affectée par le piétinement, puisque si un déplacement vertical important les y place, ces objets sont alors plus difficilement mobilisables. De la même façon, on conçoit que dans le cas de formes aplaties ou allongées, les objets qui atteignent la base de cette couche active sont plus difficilement mobilisables s'ils sont à plat, tandis que ceux qui sont inclinés continuent à subir des déplacements par piétinement, jusqu'à être, à leur tour, soustraits à cette couche active. Ces deux interprétations ne sont pas exclusives.

De plus, dans le secteur amont, on observe l'orientation des artefacts (tendance à la répartition de type nuage), l'hypothèse d'une distribution aléatoire des orientations

(seuil 0,05) pouvant être rejetée dans le cas du niveau inférieur (tabl. 2).

Cette orientation préférentielle de vestiges subissant un cisaillement peut être comparée au pivotement des objets glissant en tête de talus gravitaire (Bertran *et al.* 1997 ; Bertran, Texier 1999).

## 6. 2. Ruissellement

### 6. 2. 1. Description de la cellule au retour sur le site expérimental

Au retour sur le site expérimental, après avoir abandonné la cellule pendant 11 mois, il a été possible d'observer l'action de la pluie et du ruissellement. La première s'est manifestée par :

Série		L	p
Niveau inférieur	Amont	29,6	0,039
	Aval	7,4	0,783
Niveau supérieur	Amont	27,4	0,061
	Aval	15,3	0,625

Tabl. 2 - valeurs statistiques du test de Curray (1956) appliqué à l'orientation des artefacts après piétinement (L : taux d'orientation ; p : probabilité d'hypothèse aléatoire).

- la disparition du micro-relief et l'apparition d'une légère induration de la surface. Cette surface porte de nombreuses marques d'impacts de gouttes ;

- Les objets visibles en surface reposent à plat. D'autres sont en cours de dégagement et le sédiment qui les couvre montre des marques d'impact de gouttes. Celles-ci témoignent de la participation du *splash* à l'érosion, c'est-à-dire du jaillissement des particules de sédiment provoqué par l'impact des gouttes de pluie ;

- À l'aval, la couche de sable a progressé d'une trentaine de centimètres. Cette avancée de sédiment prend la forme d'un front progradant à une forte pente (20 à 25°). Ce dernier est souligné par une accumulation de gravillons, de 3 à 5 centimètres de largeur et d'épaisseur, disposés au bas de la pente. La présence d'un film argileux discontinu recouvrant ce front montre qu'il a fonctionné sous l'eau.

- Aucune rigole ne peut être identifiée.

Nous avons déduit de ces observations que la cellule avait bien subi un ruissellement diffus, mais que son évolution avait été bloquée à cause du niveau trop élevé de l'eau dans la fosse. L'inspection de la rigole d'évacuation a effectivement montré que des effondrements de bords et des accumulations de débris végétaux flottés l'avait rendue inactive.

Devant ce constat, il a été décidé de procéder à un nettoyage et un approfondissement de cette rigole d'évacuation, puis à des simulations d'averses (*cf. supra*, « Déroulement de l'expérimentation »).

### 6. 2. 2. Processus et évolution du corps sédimentaire

Au cours de la simulation, nous avons pu observer l'apparition successive des phénomènes dynamiques suivants :

- la reptation selon la pente du sédiment provoqué par la saltation des particules due au *splash* (*splash-creep*), et renforcé par la légère inclinaison des gouttes dans le sens de la pente (De Ploey, Paulissen 1988). Ici, l'absence de grains centimétriques fait que le *splash* par glissement des objets n'a pas été observé, si ce n'est pour les objets archéologiques les plus petits (lamelles). Le sédiment érodé est déposé à l'aval sous la forme d'un lobe progradant ;

- la concentration en surface des gravillons. Pour un sédiment de cette texture, l'intensité du déplacement des objets générée par le *splash* est directement proportionnelle à la taille des particules (Poesen 1985). Cela provoque une concentration en surface des grains les plus gros (Moeyersons, De Ploey 1976 ; fig. 10), qui se déplacent plus lentement ;

- la saturation du sédiment après 5 à 10 minutes de pluie simulée ; le filet d'eau qui s'écoule en surface devient alors plus épais et continu. Les grains détachés par le *splash* sont alors repris par ce ruissellement superficiel. Durant cette phase, le lobe s'étend rapidement ;

- après plusieurs intempéries simulées, le secteur amont de la cellule est complètement dégagé. Le substratum mis à nu, imperméable et accidenté, concentre les



Fig. 10 - Vue du front de progradation du sédiment après les simulations d'intempéries. Noter la concentration en surface et au bas du front des gravillons, et le dernier état du front, en recul.

eaux. Des proto-chenaux (Merrit 1984) puis des chenaux à bords diffus apparaissent. L'apport de sédiment par ces rigoles est à l'origine d'une forme multilobée du front ;

- au bout d'un certain temps d'averse simulée (20 min. à 1/2 h.), le niveau d'eau dans la fosse atteint le front. Celui-ci présente alors une pente d'avalanche ;

- puis ce front suit une évolution rétrograde au fur et à mesure que le niveau de l'eau s'élève (fig. 10).

A ce stade, les intempéries simulées sont arrêtées, jusqu'à ce que la cellule se soit ressuyée.

Au cours de la fouille, nous avons constaté une stratification irrégulière du front sous la forme de lits lenticulaires de gravillons répartis au sein du sable massif (fig. 11A et B). Cette stratification peut être expliquée grâce

aux observations réalisées au cours du fonctionnement de la cellule. La couche à la base des dépôts a une épaisseur assez régulière de 3 à 5 cm (fig. 11 B). Elle est le fait de la ségrégation granulométrique consécutive à des phénomènes d'avalanche de grains le long du front. Ces phénomènes s'accompagnent en effet d'un tri granulométrique longitudinal. Les épaissements latéraux de ce lit sont générés par comblement des dépressions inter-lobes du front par les gravillons concentrés en surface et déplacés par le *splash*. Par ailleurs, l'évolution rétrograde du front en fin d'averse simulée est à l'origine de la superposition de plusieurs séquences, d'où les lentilles de gravillons successives distribuées au sein de la masse de sables massifs.

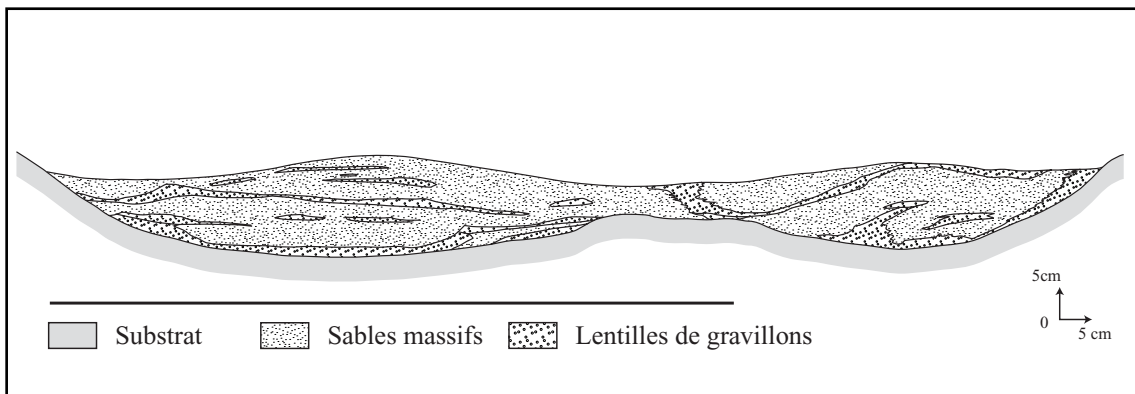


Fig. 11 - A, coupe frontale réalisée au niveau du front de progradation. Noter la stratification irrégulière par ségrégation du sable et des gravillons. A la base, ces derniers forment une nappe continue de quelques centimètres d'épaisseur ; B, relevé de la coupe frontale réalisée au niveau du front de progradation.

### 6. 2. 3. Modification des ensembles de vestiges expérimentaux

#### 6. 2. 3. 1. Comportement du matériel expérimental

Au cours de la simulation, trois «environnement dynamiques» ont pu être observés :

- dans un premier temps, seul le *splash* est effectif. Les objets les plus petits, c'est-à-dire les lamelles, se déplacent par *splash-creep*. Les lamelles orientées perpendiculairement à la pente sont davantage mobilisées que les autres. Ce mécanisme est important dans le secteur amont de la cellule, puisque le transport par *splash* augmente suivant la pente (Poesen 1985).

- lorsque le ruissellement de saturation apparaît, l'eau qui s'écoule en nappe reprend les artefacts mis en mouvement par le *splash*, ce qui augmente sensiblement leur déplacement. Les lames, en revanche, sont mis en relief et reposent au sommet de « micro-cheminées de fées » par résidualisation. Une liquéfaction en masse localisée (De Ploey 1971) peut cependant les mettre en mouvement. Elles glissent alors de quelques centimètres et leur immobilisation s'accompagne d'un pivotement de l'objet dans le sens de la pente.

- dans un troisième temps, le ruissellement concentré apparaît sous la forme d'un chenal aux bords diffus. Les artefacts qui sont amenés jusqu'à ce chenal sont alors déplacés sur des distances importantes : les lamelles sont transportées jusqu'aux lobes, et les lames jusqu'à la partie médiane de la cellule, sub-horizontale. Ici également, les artefacts, qui se déplacent en roulant, pivotent et se placent dans le sens de la pente lors de leur immobilisation.

#### 6. 2. 3. 2. Dispersion verticale des vestiges

Là où ont été initialement placés les vestiges (zone d'érosion et de transit, fig. 7C), les deux niveaux mis en place puis mélangés par piétinement ne forment plus qu'une mince nappe de vestige. La résidualisation est à l'origine d'une concentration des artefacts dans un même plan (fig. 12).

Dans la partie où le sédiment érodé a été déposé (zone de transit et de dépôt, fig. 7C), les vestiges sont dispersés sur une quinzaine de centimètres d'épaisseur. La nappe de vestiges ainsi formée est indépendante de la stratigraphie des assemblages originaux. De la même façon, l'association artefact / faciès texturaux (sables massifs ou lentilles de gravillons) est sans rapport avec la disposition originelle des objets.

#### 6. 2. 3. 3. Dispersion horizontale des vestiges et orientation des déplacements

Les déplacements sont globalement très importants (fig. 13). Trois facteurs contrôlent l'amplitude de ces déplacements : l'« environnement dynamique » défini par les processus mis en jeu, la valeur de pente et la taille des artefacts.

En accord avec les observations réalisées au cours du fonctionnement de l'expérimentation, les objets mobilisés par ruissellement diffus montrent les déplacements les moins importants ; la figure 13B représente les lames en transit dans le chenal à bords diffus et la figure 13C fait apparaître le déplacement des petits objets jusqu'au front, indifféremment par ruissellement concentré ou diffus.

Une simple règle rend compte de l'orientation des déplacements : l'orientation est d'autant plus forte que les déplacements sont importants.



Fig. 12 - Partie aval de la cellule arpès ruissellement. Noter la disposition d'artefacts du niveau inférieur (artefacts gris clair) et supérieur (artefacts bruns) sur un même plan, par résidualisation.

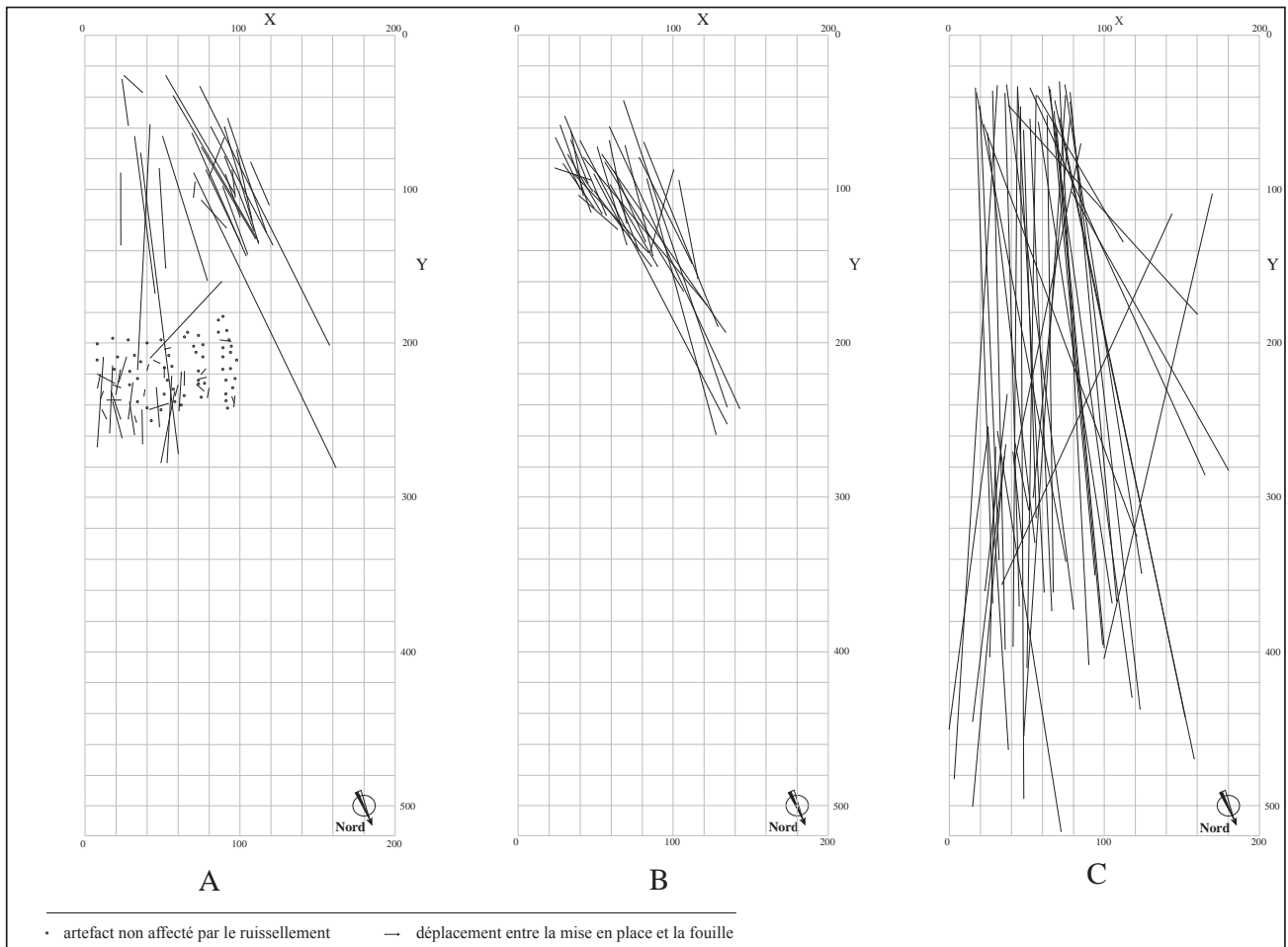


Fig. 13 - Dispersion horizontale des vestiges de la bande A après ruissellement et diagrammes de fabriques des déplacements correspondant : A, objets résidualisés ; B, objets en transit dans la rigole ; C, objets redistribués dans le front de progradation.

#### 6. 2. 3. 4. Orientation des objets

Quel que soit l'environnement dynamique considéré, les objets mis en mouvement par le ruissellement s'orientent, perpendiculairement au courant (lors du déplacement) ou dans le sens du courant (par pivotement). Cette dernière orientation prédomine (fig. 9C et 14).

Toutefois, excepté dans le cas de la rigole, la nature bimodale de la distribution des orientations des vestiges ne permet pas, à partir du test de Curray, de distinguer les artefacts déplacés par ruissellement de ceux de niveaux non perturbés (cf. tabl. 3).

Ces valeurs sont par ailleurs conformes à celles données pour le ruissellement en milieu naturel (Bertran *et al.* 1997).

## 7. Discussion

### 7. 1 Domaine d'application

Les facteurs qui définissent le champ d'application de notre expérience sont :

- pour le piétinement. L'absence de cohésion du sédi-

ment contrôle l'expression des phénomènes rencontrés. La cohésion du sédiment dépend elle-même de la texture et du taux d'humidité du sédiment, mais également de l'absence de végétation. Il est donc nécessaire que le sédiment connaisse des périodes sèches durant l'année dans un milieu dévégétalisé. À l'exemple de ce que décrivent Courtin et Villa (1982) dans leur expérimentation, le fait de piétiner un sédiment sec peut le rendre pulvérulent. Aussi, les entrées de grotte ou les abris-sous-roche sont un exemple de milieu sédimentaire favorable à l'expression des phénomènes décrits.

- pour le ruissellement. Les facteurs qui contrôlent l'expression du ruissellement sont particulièrement nombreux, et leur interaction rend leur influence respective particulièrement difficile à saisir (cf. Scoging 1989). Ainsi, pour ne citer que des variables majeures, la forme et l'intensité des précipitations, ou l'importance du couvert végétal induisent de nombreuses configurations.

Par exemple, à l'inverse du piétinement, le rôle prépondérant du *splash* parmi les processus observés au cours de l'expérimentation exclut *a priori* les entrées de grottes ou les abris comme milieu favorable au transfert des observations faites ; il est toutefois possible que de



Fig. 14 - Vue de la cellule après ruissellement. Noter l'orientation préférentielle des artefacts dans la rigole. Cette orientation est celle de la rigole, mais quelques objets sont placés perpendiculairement.

Série	L	p
Objets résidualisés	19,77	0,076
Objets en transit dans la rigole	34,77	0,021
Objet sédimentés dans le front de progradation	19,1	0,269

Tabl. 3 : valeurs statistiques du test de Curray (1956) appliqué à l'orientation des artefacts après ruissellement (L : taux d'orientation ; p : probabilité d'hypothèse aléatoire).

tels pavages résiduels puissent se former sans intervention du *splash*, sous la seule action du ruissellement diffus, par exemple en milieu périglaciaire, au moment du dégel, lorsque le sédiment en surface est particulièrement sensible à l'érosion (Lauriol *et al.* 1997).

Qui plus est, l'observation du ruissellement dans la sédimentation des sites archéologiques, que ce soit en abri-sous-roche, en plein air ou en grotte, est très fréquente. On peut donc considérer qu'il existe des combinaisons de facteurs qui autorisent son expression, quelque que soit le site envisagé.

## 7.2 Valeurs des critères : la nécessité d'une confrontation

L'expérience réalisée illustre le caractère non discriminant d'un critère tel la dispersion verticale des vestiges (fig. 14). Pourtant celui-ci est très fréquemment utilisé, parfois seul, pour définir sols d'habitat. La résidualisation sera d'autant plus difficile à démontrer que le sédiment est homogène, puisqu'alors elle ne s'accompagnera pas de la formation d'un pavage naturel. Une nappe de vestiges présentant une faible dispersion verticale peut être le résultat d'une histoire complexe, où entre en comp-

te tri granulométrique, mélange de plusieurs nappes initialement distinctes et déplacement des artefacts.

Un sol archéologique piétiné peut se traduire par une fabrique de type ceinture lâche. Au contraire de l'hypothèse admise (Bertran, Texier 1995), une fabrique de type ceinture serrée ne caractérise pas un sol archéologique ; nous l'avons obtenue sous l'action du ruissellement diffus, les vestiges correspondant alors à un pavage résiduel.

Enfin, si leur orientation est conforme à la pente, les déplacements sont alors peu pertinents pour distinguer des processus, qu'ils soient humains ou naturels. Courtin et Villa (1982), dans leur expérimentation, ont déjà mis en évidence une direction privilégiée des déplacements par piétinement (fig. 15). Dans ce cas, c'est bien un processus anthropique, le piétinement, qui est à l'origine de cette orientation : l'expérimentation s'est déroulée dans un passage étroit à l'entrée de la grotte qui induit une direction constante de déplacement.

Il importe donc d'être prudent quant à l'utilisation de l'outil « fabrique », tout autant que sur l'épaisseur de la nappe de vestiges pour la détermination du degré de perturbation d'ensembles archéologiques, et particulièrement si le contexte sédimentaire ne peut être précisé, du fait de l'absence de signature (cas d'un sédiment homogène). Dans de tels contextes, d'autres outils peuvent venir compléter le diagnostic sur le degré de conservation des ensembles archéologiques. Au sein des approches taphonomiques concernant les industries lithiques (Dibble *et al.* 1997), les remontages semblent ici particulièrement adaptés (*cf.* le débat Bordes/Cahen ; Cahen, Moeyersons 1977 ; Villa 1982).



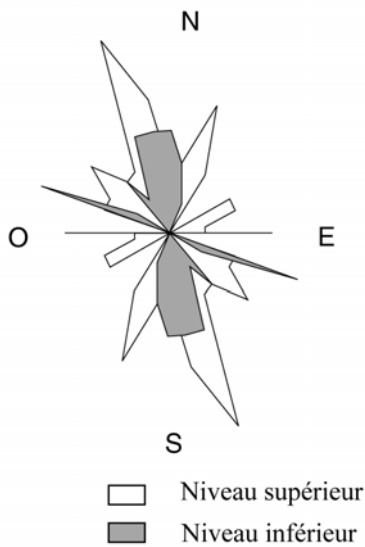


Fig. 15 - Orientation des déplacements engendrés par piétinement sur sol horizontal ; ces données sont issues de la figure 3 de Courtin et Villa (1982).

## 8. Conclusion

Dans le cadre de cette présentation, nous n'avons pas développé les signatures et faciès sédimentaires propres aux différents environnements dynamiques observés (piétinement, ruissellement diffus ou concentré, etc.). C'est pourtant un élément essentiel pour la caractérisation de

l'état de préservation des ensembles archéologiques sur le fossile (Texier 2000). Nous soulignons cependant que cette expérimentation témoigne de la difficulté d'une archéostratigraphie basée sur les seuls faciès texturaux, comme cela est bien souvent le cas.

L'expérience réalisée montre par ailleurs les possibles perturbations que peut engendrer un ruissellement, même diffus, sur les assemblages archéologiques, ainsi que les difficultés à le diagnostiquer dans le cas de sédiments fossiles. Par ailleurs, ce travail complète le référentiel des fabriques, qui, jusque-là, se limitait aux dépôts naturels (Bertran *et al.* 1997).

Enfin, cette expérimentation illustre la nécessité de la confrontation de plusieurs critères pour la caractérisation de la préservation des assemblages archéologiques (fig. 16). Il est souhaitable que ces critères proviennent de plusieurs champs disciplinaires. La reconstitution de la dynamique de mise en place des dépôts peut alors être croisée avec les autres approches taphonomiques des assemblages : taphonomie lithique ou osseuse, par exemple.

## Remerciements

Nous remercions C. Bontemps et M.-C. Frère-Sautot pour leur aide efficace et sympathique qui a rendu possible ce travail. Nous remercions également P. Bertran et J.-P. Texier pour les remarques constructives qu'ils ont apportées à la rédaction de ce manuscrit.

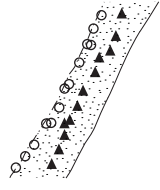
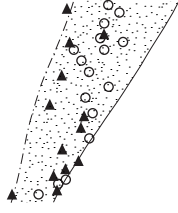
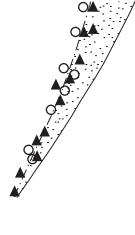
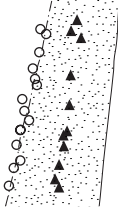

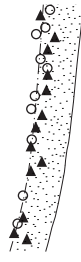
	Etat initial	Après piétinement	Après résidualisation
<b>SECTEUR AMONT</b>			
	faible à nulle	moyenne	faible à nulle
	nulle	moyenne	forte
orientation des déplacements	forte à très forte		
<b>SECTEUR AVAL</b>			
	faible à nulle	moyenne à faible	faible à nulle
	nulle		forte
orientation des déplacements	moyenne à forte		

Fig. 16 - Tableau récapitulatif des caractéristiques des ensembles d'artefacts au cours de l'expérimentation.

## Bibliographie

- Bertran *et al.* 1997 : BERTRAN (P.), HETU (B.), TEXIER (J. -P.), VAN STEIJN (H.), Fabric characteristics of subaerial slope deposits. *Sedimentology*, 44, p. 1-16.
- Bertran, Texier 1995 : BERTRAN (P.), TEXIER (J.-P.), Fabric Analysis : Application to Paleolithic Sites. *Journal of Archeological Science*, 22, p. 521-535.
- Bertran, Texier 1997 : BERTRAN (P.), TEXIER (J.-P.), Géoarchéologie des versants, les dépôts de pente. Les dépôts de pente. In : J.-P. Bravard et M. Presteau (éd.), *Dynamique du paysage*, Documents d'Archéologie en Rhône-Alpes, p. 59-86.
- Bertran, Texier 1999 : BERTRAN (P.), TEXIER (J.-P.), Sedimentation processes and facies on a semi-vegetated talus, Lousteau, Southwestern France. *Earth Surface Processes and Landforms*, 24, p. 177-187.
- Bordes 1975 : BORDES (F.), Sur la notion de sol d'habitat en préhistoire paléolithique. *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 72, p. 139-144.
- Bordes 2000 : BORDES (J.-G.), La séquence aurignacienne de Caminade revisitée : l'apport des raccords d'intérêt stratigraphiques. *Paléo*, 12, p. 387-407.
- Cahen, Moeyersons 1977 : CAHEN (D.), MOEYERSONS (J.), Subsurface movements of stone artifacts and their implications for the prehistory of Central Africa. *Nature*, 266, p. 812-815.
- Courtin, Villa 1982 : COURTIN (J.), VILLA (P.), Une expérience de piétinement. *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 79, p. 117-123.
- Curry 1956 : CURRAY (J.R.), The analysis of two-dimensional orientation data. *Journal of Geology*, 64, p. 117-131.
- De Ploey 1971, DE PLOEY (J.), Liquefaction and rain-wash erosion. *Zeitschrift für Geomorphologie*, p. 491-496.
- De Ploey, Paulissen 1988 : DE PLOEY (J.), PAULISSEN (E.), Processus géomorphologiques, formes du relief et interprétations des paléo-environnements quaternaires. *Bulletin de l'Association Géographique française*, 1, p. 65-78.
- Dibble *et al.* 1997 : DIBBLE (H.), CHASE (P.), McPHERSON (S.), TUFFREAU (A.), Testing the reality of a 'Living Floor' with archaeological data. *American Antiquity*, 62, 4, p. 629-651.
- Gifford-Gonzalez *et al.* 1985 : GIFFORD-GONZALEZ (D.), DAMROSCH (D. B.), DAMROSCH (D. R.), PRYOR (J.), THUNEN (R. L.), The Third Dimension in Site Structure : an Experiment in Trampling and Vertical Dispersal. *American Antiquity*, 50, p. 803-818.
- Isaac 1967 : ISAAC (G.), Towards the interpretation of occupation debris : some experiments and observations. *Kroeber Anthropological Society Papers*, 37, p. 37-57.
- Lauriol *et al.* 1997 : LAURIOL (B.), FORD (D. C.), CINQ-MARS (J.), MORRIS (W. A.), The chronology of speleothem deposition in northern Yukon and its relationships to permafrost. *Canadian Journal of Earth Science*, 34, p. 902-911.
- Maws 1941 : LAWS (J.O.), Measurements of the fall-velocity of water drops and raindrops. *Hydrology*, 22, American Geophysical Union Transactions, p. 709-721.
- LEGRAND Y. 1994. *Approche méthodologique et technologique d'une site d'habitat du Pléistocène moyen*. La grotte N°1 du Mas des Caves (Lunel-Viel, Hérault). Thèse de l'Université de Provence Aix-Marseille 1.
- Lenoble *et al.* 2000 : LENOBLE (A.), ORTEGA (I.), BOURGUIGNON (L.), Processus de formation du site Moustérien de Champs-de-Bossuet. *Paléo*, 12, p. 413-425.
- McBrearty *et al.* 1998 : McBREARTY (S.), BISHOP (L.), PLUMMER (T.), DEWAR (R.), CONARD (N.), Tools Underfoot : human trampling as an agent of lithic artifact edge modification. *American Antiquity* 63, p. 108-129.
- Marceaux, Taboulot 1994 : MARCEAUX (J.), TABOULOT (S.), Atlas climatique de Côte-d'Or. Météofrance (éd.), 128 p.
- Merrit 1984 : MERRIT (E.), The identification of four stages during micro-rill development. *Earth Surface Processes and Landforms* 9, p. 493-497.
- Mietton 1998 : MIETTON (M.) L'érosion hydrique mécanique et les mouvements de terrains sur les versants et dans les bassins versants. In Y. Veyret coord., *L'érosion entre nature et société*, SEDES, p. 57-107.
- Moeyersons 1978 : MOEYERSONS (J.), The behaviour of stones and stone implements, buried in consolidating and creeping Kalahari sands. *Earth Surface Processes*, 3, p. 115-128.
- Moeyersons, De Ploey 1976 : MOEYERSONS (J.) DE PLOEY (J.) Quantitative data on splash erosion simulated on unvegetated slopes. *Zeitschrift für Geomorphologie N. F.*, suppl. Bd. 25, p. 120-131.
- Nielsen 1991 ; NIELSEN (A.E.), Trampling the Archaeological Record : An Experimental Study. *American Antiquity*, 56, p. 483-503.
- Petraglia, Nash 1987 : PETRAGLIA (M.D.), NASH (D.T.), The impact of fluvial processes on experimental sites. In D. Nash, M. Petraglia (éd.). *The impact of fluvial processes on experimental sites.*, vol. 352, p. 108-130, Oxford.
- Poesen 1985 : POESEN (J.), An improved splash model. *Zeitschrift für Geomorphologie N. F.*, 29, p. 193-211.
- Poesen 1987 : POESEN (J.) Transport of rock fragments by rill flow - a field study. *Rill Erosion*, R.B. Bryan (éd.), *Catena suppl.* 8, p. 35-54.

- Ruhe 1959 : RUHE (R.V.), Stone lines in soils. *Soil science*, 87, p. 223-231.
- Schick 1986 : SCHICK (K.), *Stone Age in the Making : Experiments in the Formation and Transformation of Archaeological Occurrence*. Oxford, British Archaeological Reports, International Series 319.
- Scoging 1989 : SCOGING (H.), Runoff generation and sediment mobilisation by water. In : D. S. G. Thomas (éd.), *Arid Zone Geomorphology*, London, p. 87-116.
- Stockton 1971 : STOCKTON (E.D.), Shaw's Creek shelter : human displacement of artifacts and its significance. *Mankind*, 9, p. 112-117.
- Texier 1997 : TEXIER (J.-P.), Les dépôts du site magdalénien de Gandil à Bruniquel (Tarn et Garonne) : dynamique sédimentaire, signification paléoenvironnementale, lithostratigraphie et implications archéologiques. *Paléo*, 9, p. 263-277.
- Texier 2000 : TEXIER (J.-P.), A propos des processus de formation des sites préhistoriques. *Paléo*, 12, p. 379-386.
- Texier *et al.* 1998 : TEXIER (J.-P.), BERTRAN (P.), COUTARD (J.-C.), FRANCOU (B.), GABERT (P.), GUADELLI (J.-L.), OZOUF (J.-C.), PLISSON (H.), RAYNAL (J.-P.), VIVENT (D.), Transit, an experimental archaeological program in periglacial Environment : problematic, methodology, first results. *Geoarchaeology*, 13, p. 1-41.
- Van Noten et al. 1980 : VAN NOTEN (F.), CAHEN (D.), KEELEY (L.), A paleolithic campsite in Belgium. *Scientific American*, 242, p. 48-55.
- Villa 1976 : VILLA (P.), Sols et niveaux d'habitat du paléolithique inférieure Europe et au Proche-Orient. *Quaternaria*, p. 107-133.
- Villa 1982 : VILLA (P.), Conjoinable pieces and site formation processes. *American Antiquity*, 47, p. 276-290.
- Woo et al. 1997 : WOO (M.-K.), FANG (G.), DI CENZO (P. D.), The role of vegetation in the retardation of rill erosion. *Catena* 29, p. 145-159.
- Wood, Johnson 1978 : WOOD (W.R.), JOHNSON (D.L.), A Survey of Disturbance Processes in Archaeological Site Formation. *Advances in Archaeological Method and Theory*, 1, p. 315-381.