



HAL
open science

La fouille mécanisée : enjeux méthodologiques et scientifiques

Alain Koehler, Catherine Marcille

► **To cite this version:**

Alain Koehler, Catherine Marcille. La fouille mécanisée : enjeux méthodologiques et scientifiques. Inrap. Séminaire méthodologique, Dec 2007, Paris, 4, , 2016, Les Cahiers de l'Inrap. hal-02489394

HAL Id: hal-02489394

<https://inrap.hal.science/hal-02489394>

Submitted on 24 Feb 2020

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.

Copyright

La fouille mécanisée : enjeux méthodologiques et scientifiques

La fouille mécanisée : enjeux méthodologiques et scientifiques

**Les cahiers de l'Inrap n°4
avril 2016**

**Actes du séminaire
des 5 et 6 décembre 2007**

Textes rassemblés
par Alain Koehler et Catherine Marcille

Directeur de la publication
Dominique Garcia

Directeur scientifique et technique
Patrick Pion

Directrice du développement
culturel et de la communication
Thérésia Duvernay

Coordination éditoriale
Armelle Clorennec

Secrétariat d'édition
Sandra Lumbroso

Correction et mise en page
Virginie Teillet

Conception graphique
LM communiquer

Séminaire organisé
par la direction
scientifique
et technique
de l'Inrap

© Inrap 2016

Institut national de recherches
archéologiques préventives
121, rue rue d'Alésia
CS 2000
775685 Paris cedex 14
www.inrap.fr

Sommaire

Préface	4	Dominique Garcia
Introduction	5	Catherine Marcille
Études de cas	10	Le Parc logistique de l'Aube, fouille de 2006 : contexte méthodologique et genèse Alain Koehler
	17	Utilisation systématique de la mini-pelle en archéologie urbaine à Marseille Bernard Sillano
	19	De la truelle à la pelle mécanique, pour une utilisation raisonnée de l'outil Approche méthodologique et scientifique des sites protohistoriques en milieu rural Elven Le Goff
	26	Histoire de la mécanisation de l'archéologie à Marseille Francis Cognard
	28	Stratégie d'utilisation de la mini-pelle en Grand Est sud Frédéric Séara
	31	Historique et objectifs scientifiques de la mécanisation en Lorraine Vincent Blouet, Laurent Gebus, Marie-Pierre Petitdidier, Laurent Thomashausen
	36	L'utilisation de la mini-pelle sur l'habitat rural médiéval de Hofstatt (Bas-Rhin) Madeleine Châtelet
	42	L'utilisation de la pelle mécanique en milieu équatorial et tropical Une méthode de collecte des données et de développement de l'archéologie préventive dans les départements français des Amériques Sylvie Jérémie
	47	Techniques et technologies de chantier : organisation du travail Stéphane Pons
	51	Le Parc logistique de l'Aube, fouille de 2006 : une expérience de tamisage mécanisé à grande échelle Julien Grisard, Vincent Riquier
Synthèse	60	Le point de vue de la direction scientifique et technique
	79	Résumé des recommandations pour une amélioration continue de la mécanisation sur les chantiers de fouille

Préface

Institut national de recherches, l'Inrap a vocation à recenser le savoir-faire et les connaissances de ses archéologues, à les harmoniser et à les diffuser. Au sein de la collection « Les Cahiers de l'Inrap », l'institut publie des textes méthodologiques qui contribuent au partage des méthodes et des techniques et de leurs évolutions. Adressés à l'ensemble des personnels scientifiques de l'institut, ils ont également vocation à être largement diffusés auprès de la communauté archéologique, pour favoriser un partage des problématiques et des méthodes.

Ce 4^e volume rassemble les contributions du séminaire méthodologique qui s'était tenu les 5 et 6 décembre 2007, réunissant une cinquantaine d'archéologues autour du thème de la mécanisation des fouilles.

Des conclusions de ce séminaire découlent des axes importants de la politique de la direction scientifique et technique. Les années écoulées ont ainsi été consacrées à consolider notre maîtrise des aspects strictement techniques. Priorité a donc été de se doter de référentiels techniques (le classeur « L'opération archéologique 1 : Organisation technique, moyens mécaniques »), de développer nos compétences, et de mettre en place une organisation à la hauteur des enjeux et exigences (réseau « Mécanarch »).

Ce « cadre » établi, il était temps de revenir sur les fondamentaux, à savoir ici l'intérêt et les usages de la mécanisation de la fouille. Les méthodes de travail des archéologues se sont longtemps développées au gré d'opportunités, d'initiatives et d'expériences ponctuelles. Ainsi a été constitué un savoir-faire peu capitalisé, et les débats méthodologiques ont quelque peu quitté le devant de la scène pour laisser davantage de place à l'arrivée massive de découvertes et d'information produites par l'archéologie préventive. Le débat sur la mécanisation, rationalisé et responsable, doit reprendre la place qui lui revient. La question n'est plus tant celle de mécaniser ou non, que de développer et mettre en place tout moyen permettant de concilier objectifs patrimoniaux et scientifiques, investissement et sécurité. Le choix a ainsi été fait de compléter les études de cas, dont la pertinence reste intacte, par un exposé plus étendu et actualisé sur la question de la mécanisation.

Dominique Garcia
Président de l'Inrap

Introduction

Catherine Marcille

Inrap

Le recours aux engins mécaniques sur les chantiers archéologiques est maintenant une pratique courante. Les archéologues les utilisent pour les diagnostics, pour les décapages et parfois même pour les fouilles. Si l'histoire de la mécanisation en archéologie n'est pas facile à retracer parce qu'elle a généré très peu d'écrits, on sait que quelques grands chantiers ont fait évoluer les pratiques.

Avant d'aborder le sujet de ce Cahier de l'Inrap, « la fouille mécanisée », peut-être est-il bon de rappeler que, si la mécanisation en archéologie n'est plus remise en cause aujourd'hui pour les décapages de sites et les diagnostics, il n'en a pas toujours été ainsi. Il a donc fallu des contextes qui sortent de l'ordinaire pour inventer de nouvelles méthodes de travail, et notamment des chantiers de très grande ampleur sur lesquels les méthodes traditionnelles étaient sous-dimensionnées et où les aménageurs étaient prêts à financer l'intervention des archéologues si leur présence sur le terrain ne s'éternisait pas trop. Ces négociations entre aménageurs et archéologues se sont faites avec les carrières, dans les vallées de l'Aisne, de la Seine et de l'Oise, ou à l'occasion des grands travaux autoroutiers, TGV, aéroports...

Ces grands projets ont obligé les archéologues à adapter leurs méthodes de travail à la taille des opérations, avec un souci de rapidité accru afin de respecter des délais contenus. Dans les années 1970 et 1980, cette notion de délai est nouvelle et particulière. L'archéologie de sauvetage se développe, puis laisse place à l'archéologie préventive. L'utilisation des engins mécaniques s'est donc précisée progressivement : dans un premier temps, l'engin a été utilisé comme dans le génie civil ; est ensuite venue l'idée de l'utiliser en mode rétro, ce qui a permis de gagner en lisibilité des niveaux décapés ; enfin s'est imposée l'idée que l'engin devait être en permanence sous le contrôle d'un archéologue. Cette utilisation novatrice des engins mécaniques, en plus de résoudre des impératifs de délais, répond clairement à des objectifs scientifiques. En ce qui concerne les décapages, elle permet d'obtenir une vision planimétrique et sur de grandes surfaces des sites archéologiques ; en changeant la taille des fouilles, elle élargit en même temps l'échelle du raisonnement sur les occupations. Quant aux sondages mécaniques, en permettant de détecter plus de sites non visibles en surface, ils renouvellent positivement notre perception de la richesse de la France en matière de sites archéologiques. On peut donc affirmer que l'archéologie préventive s'est systématisée dès lors que la mécanisation des interventions s'est elle-même répandue.

Pourtant, si la mécanisation des sondages et des décapages en France n'est aujourd'hui plus remise en question, elle correspond à un choix scientifique qui considère comme secondaires les indices d'occupation superficiels évacués avec les terres décapées et que l'on ne retrouve pas en fouille (installations superficielles du Bas-Empire, par exemple, qui disparaissent parfois entièrement dans les labours et que seules les prospections pédestres peuvent révéler). Le terme de « stérile » souvent employé pour désigner la couche de décapage révèle, au-delà de la réalité, que l'on ne souhaite plus s'y attarder. D'autre part, l'utilisation des engins mécaniques comme aide à la fouille ne fait pas l'unanimité. Cette réserve n'est pas due aux cahiers des charges des SRA qui, dans la plupart des régions, ne freinent ni n'incitent à la mécanisation. Au mieux, la mécanisation des fouilles est envisagée en commun (Lorraine, Champagne-Ardenne) ou à la seule initiative de l'Inrap. Une enquête réalisée dans les différentes régions a recensé plusieurs attitudes. Certains archéologues y sont profondément hostiles. Certains voudraient l'utiliser sans toujours savoir comment s'y prendre et d'autres encore ne pourraient plus s'en passer.

Par les convaincus, la pelle, ou mini-pelle, peut être utilisée :

– ponctuellement, pour faciliter la fouille d'une structure difficilement appréhendable manuellement ;

- quotidiennement dès que l'occasion se présente ; la pelle est alors un outil que l'on utilise quand on en a besoin, mais qui peut rester plusieurs jours inutilisé ;
 - régulièrement ou le plus souvent possible, si rien ne s'y oppose.
- Par commodité, ces différentes utilisations de la pelle ont donc été classées en trois recours : ponctuel, quotidien, régulier.

Le recours ponctuel

Le recours ponctuel consiste en l'utilisation d'une mini-pelle sur un chantier de fouille pendant quelques jours seulement. Les interventions de la mini-pelle ont lieu à la demande du responsable d'opération, au moment qui lui semble le plus opportun. Elles peuvent être souhaitées en début, en cours ou en fin de chantier. Le choix du moment n'est pas anodin puisque chacun correspond à des fins particulières.

1. Le recours ponctuel en début de chantier est certainement le moins courant. Il est souhaité pour évaluer, à l'issue du décapage, la somme de travail à accomplir. Il peut être utilisé pour tester certaines structures et juger de leur intérêt. Dans les faits, ces tests sont souvent réalisés au moment même du décapage.
2. Le recours ponctuel en cours de chantier est souhaité à une ou plusieurs reprises pour compléter la fouille manuelle. Il est utilisé pour achever l'étude de structures qui ont été testées dans un premier temps manuellement. L'engin est utilisé lorsque l'archéologue qui a réalisé une première analyse considère qu'il est l'outil adapté au but recherché, soit pour fournir un complément d'information, soit parce que la fouille manuelle est difficile ou impossible.
3. Le recours ponctuel en fin de chantier est souvent utilisé pour faire d'ultimes vérifications et pour fouiller les structures qui n'ont pu être appréhendées manuellement. Cette intervention peut être souhaitée quelques jours avant la fin du chantier.

Elle consiste alors :

- en un dernier décapage localisé ;
- à fouiller une structure profonde, tel un puits ;
- à tester rapidement toutes les couches anthropiques qui n'ont pas fait l'objet d'investigations manuelles pour vérifier que le terrain ne recèle plus d'information importante.

Surtout lorsque l'engin est utilisé parce que le travail manuel n'est pas possible, la mini-pelle peut se révéler insuffisante :

- en puissance lorsque le terrain est trop compact ;
- en longueur de flèche quand il s'agit d'une structure profonde.

Elle est alors remplacée par une pelle plus importante (20 t).

Le nombre de jours d'utilisation d'un engin prévu pour l'ensemble de la fouille est variable. Son transfert représentant un coût financier non négligeable, il est peu envisageable de le faire venir pour une seule journée. Son intervention est donc concentrée sur quelques jours consécutifs, parfois une semaine. Il est ainsi fréquent dans les devis que les jours de pelle soient un multiple de 5 jours soit autant de semaines d'intervention.

Le plus souvent, dans le cas d'un recours ponctuel, l'engin est loué avec chauffeur. Pour des raisons de coût, il est rarement associé à des engins de transport, les terres étant laissées à côté de leur lieu d'extraction.

Le recours quotidien

Les responsables d'opération qui ont recours quotidiennement à la mini-pelle mécanique la considèrent comme un outil supplémentaire à la disposition de l'archéologue, un intermédiaire entre la pelle-pioche et la pelle de gros tonnage. Ils peuvent en avoir besoin à tout moment et il convient donc qu'elle soit disponible en permanence. Ce type d'utilisation a été au départ motivé en archéologie urbaine en raison de volumes importants de sédiment à étudier ; il a ensuite été utilisé en archéologie rurale en cas de forte densité des structures.

L'utilisation de la mini-pelle n'a pas besoin d'être programmée, elle est utilisée dès qu'elle peut être utile, pour la fouille et pour toute la manutention sur le chantier (déplacement

des blocs architecturaux découverts en fouille, par exemple, ou encore transport des planches pour un cheminement destiné au public...).

Elle est ainsi employée pour :

- accéder facilement aux niveaux archéologiques ;
- démonter des murs ;
- réaliser des tranchées de sondages ;
- gérer des déblais lorsqu'elle n'est pas couplée à un engin d'évacuation ;
- aménager les cheminements du chantier ;
- reprendre localement le décapage d'un secteur ;
- nettoyer une zone à fouiller ;
- déplacer une berme ou une rampe momentanément gênante, etc.

Les objectifs scientifiques recherchés sur les chantiers qui ont ce recours quotidien à la mini-pelle sont *a priori* les mêmes que lors du recours ponctuel : pour compléter la fouille manuelle, pour faire de la vérification, pour tester l'état de conservation d'une structure ou au contraire pour finir la fouille... On l'utilise également pour aller plus vite dans certaines tâches, comme ôter des remblais peu intéressants à étudier, déplacer des tas de terre, etc.

Dans ce recours quotidien, la mini-pelle est présente en permanence, mais n'est pas utilisée en continu. Dans la mesure où elle peut rester inactive pendant plusieurs heures, il n'est pas concevable de la louer avec un chauffeur. C'est donc un agent de l'Inrap qui la conduit, ce qui offre un double avantage :

- le chauffeur est exercé à la manipulation de l'engin en contexte spécifiquement archéologique ;
- les coûts de location sont nettement moindres.

De plus, le recours quotidien à la mini-pelle lui permet de l'utiliser comme il le souhaite, quand il le souhaite et au rythme où il le souhaite. Dans l'idéal, il est préférable que, sur un même chantier, plusieurs personnes soient habilitées à conduire l'engin, afin de ne pas être tributaire des arrêts ou congés d'une seule personne et également pour répartir le temps passé sur une pelle à endurer ses vibrations.

À la mini-pelle est souvent associé, surtout en contexte urbain, un engin d'évacuation des terres (motobasculateur ou transporteur) également loué sans chauffeur et pour une durée équivalente. Ce second engin permet aux archéologues d'évacuer aisément les déblais rapidement générés par la mini-pelle. Il peut aussi évacuer les déblais d'une fouille manuelle.

Le recours régulier

Le recours régulier, conçu sur des sites ruraux composés principalement de structures en creux (néolithiques et protohistoriques), est essentiellement utilisé en Lorraine. Il tend à s'implanter en Champagne-Ardenne. La mini-pelle est utilisée quotidiennement non plus comme un des outils dans la panoplie de l'archéologue, mais comme l'outil principal de travail. Cette utilisation intensive est jugée possible lorsqu'elle est appliquée à des structures en creux dont le comblement est considéré comme simple : fosses domestiques, fosses d'extraction de matériaux, fosses à détritiques et même trous de poteaux...

La mécanisation permet ainsi de gagner du temps qui est réinvesti :

- dans le traitement de toutes les structures (ou du moins le plus possible) pour éviter de passer à côté d'une information importante ;
- dans le tamisage de tout ou partie des sédiments fouillés, ce qui permet de retrouver de petits éléments (microfaune, éléments de parure, microlithes) que l'on ne prélève pas manuellement et donc un gain d'information.

Pour les archéologues expérimentés recourant régulièrement à la mini-pelle, la fouille manuelle ne se justifie que pour les structures complexes (structures funéraires notamment). La plupart des structures, simples et bien connues grâce aux nombreuses fouilles réalisées depuis 20 ans, peuvent bénéficier d'un traitement plus rapide.

Les tests d'identification de la structure ne sont pas réalisés manuellement comme dans l'utilisation ponctuelle, mais mécaniquement par passes fines, l'intervention de la pelle mécanique étant arrêtée lorsque la complexité de la structure nécessite une intervention manuelle.

Cette fouille mécanique est réalisée en respectant au maximum les unités stratigraphiques et les bords du creusement. Dans le cas d'une utilisation parfaitement maîtrisée, elle peut laisser les structures et les sites dans un état semblable à celui obtenu grâce à une fouille manuelle. Lors des premiers essais, la mini-pelle était conduite par des chauffeurs de l'Inrap. Elle peut, depuis que la méthode est maîtrisée, l'être indifféremment par un agent de l'Inrap ou par un chauffeur extérieur sous surveillance archéologique.

Le recours régulier, tel que défini pour cette étude, va de pair avec un recours au tamisage des sédiments. Tout ou partie des sédiments extraits à la mini-pelle sont stockés dans des sacs de type *big bag* qui sont déplacés grâce à un engin de transport (chariot à fourche) jusqu'à une station de tamisage. Le tamisage est, selon les cas, réalisé simultanément à la phase terrain ou reporté. Ce tamisage semi-généralisé demande en effet des installations spécifiques contraignantes, la gestion des boues n'étant pas simple si elle se fait dans le respect de l'environnement.

Ce recours régulier vise l'échantillonnage le plus large possible du nombre de structures fouillées et du mobilier recueilli. En fouillant les structures en totalité et en récupérant un maximum de mobilier, il laisse moins de place au hasard, aux *a priori*, et réduit la perte d'information. Il privilégie l'étude spatiale des sites sans négliger pour autant, lorsque la technique est bien maîtrisée, l'analyse stratigraphique des structures.

Notons qu'avec cette méthode, la grande quantité de mobilier récolté au tamisage génère, lors de la phase de post-fouille, un surcroît de travail d'inventaire, d'identification et d'étude. L'ensemble de ce mobilier ne peut parfois pas être étudié dans le cadre de l'opération, il faut alors le conserver afin qu'il puisse un jour être exploité. Cette masse de mobilier (y compris les refus de tamis), parfois considérable, peut poser quelques problèmes de stockage et de conservation, mais aussi de capacité d'étude.

Voilà donc quels sont les différents recours, variables selon les régions, les contextes de fouille, les responsables d'opérations... Dans ce séminaire ont été exposés des cas concrets d'utilisation d'engins mécaniques en contexte de fouille, d'une part pour que les expériences des uns soient connues des autres, et d'autre part pour révéler la souplesse et la gamme des possibilités offertes par la mécanisation.

Il s'agit aussi pour l'Inrap de se positionner pour une utilisation raisonnée de la mécanisation en contexte de fouille, qui doit être mise en œuvre selon un certain nombre de conditions. Celles-ci sont présentées à la fin de ce volume.

Études de cas

Le Parc logistique de l'Aube, fouille de 2006 : contexte méthodologique et genèse

L'opération d'archéologie préventive de Buchères a beaucoup fait parler d'elle car elle n'a pas été menée selon nos méthodes de travail habituelles. Il s'agit en effet de la première expérimentation de mécanisation associée à un tamisage *in situ* et à une échelle semi-industrielle¹. Nous convenons du caractère très particulier, voire provocateur, de cette opération, qui a représenté pour certains une rupture dans notre pratique. Elle est cependant le fruit de réflexions et de tentatives successives, sans pour autant constituer un aboutissement des démarches méthodologiques en archéologie, qui logiquement doivent pouvoir toujours évoluer. Sans prétendre à une véritable approche épistémologique, il convient d'en reprendre l'historique qui permet de comprendre pourquoi et comment cette expérience a été tentée, d'en dresser un bilan et d'en évaluer les perspectives.

1 Historique

1.1 Possibilités techniques

La mécanisation d'une intervention archéologique ne pouvait être conçue puis appliquée qu'à partir du moment où non seulement existaient des engins adaptables (rarement adaptés), mais surtout dès lors que le parc d'engins et l'accessibilité financière (donc le choix politique d'une archéologie préventive nécessaire) pouvaient concrètement répondre aux nouveaux besoins. Si la première pelle mécanique fabriquée en série (Pelle Poclain TU, généralement montée sur châssis GMC) date de 1947, il faut attendre le début des années 1960 pour qu'apparaisse sur le marché une pelle hydraulique pouvant être adaptée à nos besoins (Pelle Yumbo Y35, entre autres). La polyvalence de ce type d'engin va très vite en généraliser l'utilisation dans les entreprises de terrassement, mais il reste pour quelques années encore ignoré et même parfois refusé par la communauté scientifique, en prise par ailleurs à quantité d'autres fondamentaux. Les propositions actuelles de résolution de l'équation « opération archéologique = compétences + objectifs + moyens + méthodes » quant à son paramètre « moyens », et particulièrement mécaniques, ne sont donc pas si anciennes que cela : elles accompagnent l'évolution de l'Afan et se développent en Champagne² durant les années 1980 et 1990. Très rapidement, les méthodes et les choix des engins, proposés au départ par les aménageurs comme une simple adaptation de leurs pratiques (décapages réalisés à l'aide de scrapeurs, de niveleuses, etc.), sont pris en main par les archéologues, qui imposent pour les décapages non seulement l'utilisation de pelles hydrauliques fonctionnant en mode rétro – et, sauf cas particuliers, équipées de chenilles –, mais aussi qui en assurent le pilotage, remplaçant les exigences de l'archéologie (lisibilité, choix de l'horizon de décapage, préservation de l'intégrité des structures, etc.) au centre de la démarche.

1.2 Une évolution en cours

En Champagne, la mécanisation des opérations archéologiques n'est pas une découverte, et la région a été le théâtre, comme en beaucoup d'autres lieux, de vives controverses lorsqu'il a été question d'utiliser des engins de terrassement en archéologie [fig. 1]. Il n'est pas inutile de rappeler que le décapage archéologique tel que nous le pratiquons quotidiennement en France, et qui nous paraît de nos jours si naturel, n'a été accepté par la communauté archéologique qu'à l'issue de longues batailles. Le choix a été finalement fait de privilégier l'approche des vestiges dans leur dimension la plus immédiate (ensembles conservés) et la plus « économique », compte tenu des contraintes

Fig. 1. L'utilisation d'engins mécaniques sur les chantiers de fouille est loin d'être acquise dans les années 1960. Les débats portent souvent plus sur le principe même de l'utilisation d'engins que sur une réflexion de leur adéquation aux tâches des archéologues. L'engin mécanique ou hydraulique est l'outil permettant la réduction des délais d'aménagement, ce qui en fait un symbole fort de la notion de « destruction de site archéologique ».



et des opportunités. L'information contenue dans les strates superficielles remaniées, sans être systématiquement secondaire, pouvait être le plus souvent « sacrifiée » au profit de l'exploitation de données concernant la partie faiblement remaniée des structures archéologiques. Ce choix était acceptable dans la mesure où il permettait de multiplier le nombre de sites investigués avant leur destruction et de recentrer les débats sur leurs modes d'approche en fonction de critères taphonomiques et scientifiques, ces modes pouvant évoluer grâce au nombre de plus en plus significatif de gisements étudiés. Le consensus conduisant à délaissier les couches remaniées pour se consacrer aux vestiges en place a ainsi permis un gain de temps et d'énergie considérable et a probablement rendu possible la fouille d'un nombre de sites plus important, ce qui a contribué à penser et déployer une archéologie préventive acceptable. La mécanisation des fouilles ne pose pas les mêmes problèmes que celle des décapages. Elle peut toutefois être conçue comme un processus naturel et inévitable de modernisation de nos pratiques, au sens large du terme.

1.3 La mécanisation des fouilles

En Champagne, la mécanisation de la fouille, en ce qui concerne le traitement des vestiges après décapage, ne s'est significativement développée que depuis une vingtaine d'années. Avant cela, généralement mise en œuvre lors d'interventions sur des carrières de granulats, elle consistait en l'achèvement de la fouille par, n'ayons pas peur des mots, une « purge » permettant d'appréhender l'ensemble des structures, à défaut de pouvoir toutes les fouiller correctement. Ne disposant pas des moyens pour étudier dans le détail chaque ensemble, cette pratique permettait d'en recueillir le minimum, à savoir, dans la mesure du possible, de quoi établir une identification fonctionnelle et quelques éléments en permettant la datation. Graduellement, il a été nécessaire non pas forcément de s'orienter vers des fouilles systématiques avec abandon de toute réflexion, mais de retourner les contraintes au profit de la démarche scientifique.

En Champagne, la mécanisation est devenue une composante indispensable du mode opératoire et ce même pour les sites funéraires. Contrairement à certaines idées reçues, elle n'est pas mise en place pour pallier le manque chronique de personnel, mais elle part du principe pragmatique que ce qui peut être fait aussi bien à la pelle qu'à la force des bras doit être, si possible, traité de manière mécanisée. Pour autant, elle n'est pas érigée en principe, car son adaptation au cas par cas est systématiquement évaluée en fonction des objectifs scientifiques fixés. Pour chaque projet, la contribution de la mécanisation est étalonnée, et son recours pourra donc être ponctuel, quotidien ou régulier. Ces trois types d'utilisation ne sont pas conçus comme concurrents, mais bien comme correspondant chacun à une possibilité de réponse méthodologique en regard d'une problématique donnée.

1.4 Le tamisage

Dans les gravières toujours, la pratique du tamisage est plus ancienne encore que celle de la mécanisation. Elle consistait le plus souvent en l'utilisation de tamis bricolés, chargés manuellement, et se faisait à sec. D'un point de vue scientifique, le tamisage permet de recueillir une fraction du mobilier réellement représentatif du contenu d'une entité archéologique, que la fouille manuelle et la fouille mécanique ne permettent forcément d'entrevoir.

Deux camarades, de classe pourrait-on dire, qui viennent de nous quitter, deux gaillards qui ont été véritablement des piliers du développement de l'archéologie préventive et de ses méthodes en Champagne, Erick Tappret et Fred Dugois, ont œuvré à la première concrétisation d'une forme avancée et réfléchie de tamisage mécanisé à l'eau, qui a été appliquée sur le site néolithique de Pont-sur-Seine, La Ferme de l'Île. L'application de cette méthode ne précède l'expérience du Parc logistique que de quelques petites années, mais constitue probablement le point d'ancrage scientifique et local de cette dernière expérience. Le tamis, constitué alors de deux grilles de calibre différent permettant de trier les éléments grossiers des éléments plus ténus [fig. 2], est déplacé au fur et à mesure de l'avancement de la fouille. Il est chargé directement avec la mini-pelle et une pompe de puissance moyenne suffit ici pour séparer de leur « gangue » très sableuse les fragments d'objets.

Ces tentatives ont été directement conduites par les responsables d'opération, soucieux de trouver une solution à leurs besoins scientifiques et d'exploiter au mieux les données accessibles des sites qu'ils avaient pour mission d'étudier. Naturellement, ces expériences ont été menées en carrières de granulat, où il était plus facile de se conformer à l'ensemble des contraintes tant techniques que liées au respect de l'environnement. De manière symptomatique, ces démarches ont été conduites sur des sites néolithiques et s'inscrivent, dans leur forme locale, dans le prolongement des expériences conduites en Lorraine (voir Blouet, Gebus, Petitdidier, Thomashaussen ce volume).



Fig. 2. Une des premières applications en Champagne, par Frédéric Dugois (en arrière-plan), du tamisage à l'eau « mécanisé » sur le site néolithique de La Ferme de l'Île, carrière d'extraction de granulat de Pont-sur-Seine (Aube). Le tamis est chargé par une mini-pelle et l'eau est extraite à l'aide d'une petite pompe de la partie en eau déjà exploitée.

2 L'expérience de Buchères

2.1 Présentation

L'évolution de l'archéologie préventive est, dans ses grandes lignes, directement liée à celle de l'aménagement du territoire. Les grands travaux ont impliqué la définition d'organisations et de solutions, certes provisoires, mais adaptées et spécifiques. Les ZAC, qui jusqu'à présent concernaient des superficies relativement limitées ou dont la réalisation s'inscrivait dans une programmation à longue échéance, étaient gérées régionalement dans le cadre du suivi quotidien des aménagements. L'accroissement de leurs superficies et, *a contrario*, la réduction des délais de réalisation rapprochent maintenant ces aménagements des projets d'autoroute ou de TGV de ces dernières années. Le Parc logistique de l'Aube, localisé au sud de Troyes, en grande partie sur le territoire de Buchères, et initié par le Conseil général, en est un exemple.

La destruction de ces grandes surfaces dans des délais de plus en plus courts pose donc la question de l'adaptabilité de nos approches archéologiques et nous oblige à reconsidérer nos objectifs scientifiques. Du point de vue méthodologique, l'intervention réalisée sur le site du Parc logistique se situe dans le prolongement direct d'expériences, attentes, principes et discussions échangés en Champagne, mais également en Lorraine, tout particulièrement sur les sites néolithiques (pour lesquels le renoncement à la fouille en trois dimensions s'est avéré fondé, ainsi que le choix d'une fouille plus rapide, associée à un tamisage des sédiments, démarche par ailleurs porteuse de problématiques très novatrices), et même désormais sur les sites antiques en milieu urbain (fouilles de l'amphithéâtre de Metz). Mais les contraintes très particulières de l'opération de fouille conduite en 2006 sur le Parc logistique nous ont amenés à pousser ces principes au-delà de nos habitudes quotidiennes. L'intérêt d'expérimenter, puis d'évaluer et enfin de mettre en place une nouvelle méthode dans une dimension cohérente avait souvent été discuté, mais n'avait pas encore conduit à une mise en œuvre concrète. La prise de risque de passer à cette application, moyennant évidemment un certain nombre de précautions, a été prise conjointement par le SRA (Jan Vanmoerkerke, prescripteur de l'arrêt de fouille) et l'Inrap (Alain Koehler, AST, Philippe Mervelet, AT), dans le cadre très spécifique de cette intervention qui nous paraissait pouvoir le permettre.

Le projet du Parc logistique de l'Aube, d'une superficie de 266 ha, constitue ainsi l'un des projets phares de ces dernières années en Champagne-Ardenne. Il s'agit d'une opération échelonnée sur plusieurs années, mais qui ne bénéficie pas, pour des raisons qui ne seront pas évoquées ici, de coordination opérationnelle. Plusieurs campagnes de diagnostic ont été réalisées successivement et ont démontré le potentiel particulièrement exceptionnel de cette ZAC. Toutes périodes confondues, ces terrains sont apparus très prometteurs. Mais au vu de la superficie concernée par les vestiges archéologiques (pratiquement la totalité de la ZAC, réduite par la force des choses à plusieurs grands blocs jugés les plus significatifs), et dans la mesure où aucune zone plus « porteuse » qu'une autre ne pouvait être avancée, seule une appréhension globale des diverses occupations dans l'espace et dans la durée était envisageable. L'objectif principal de cette opération devint de déterminer la caractérisation des implantations humaines et leurs dynamiques, et donc de se cantonner *a minima* à ce but essentiel de notre discipline.

Une première campagne de fouille, mécanisée de manière traditionnelle, a permis de libérer les emprises des voiries. L'intervention dont il est question ici est associée à la libération du premier lot aménageable, d'une emprise totale de plus d'une trentaine d'hectares. Elle consistait en la réalisation d'une fouille portant sur une superficie minimale de 9 ha, à laquelle devait être ajouté 1,5 ha d'emprise de chemin de fer hors lot, et complétée, le cas échéant, par une à quatre tranches conditionnelles de 1 ha supplémentaire chacune, portant ainsi la superficie prévisionnelle maximale à 14,5 ha.

2.2 Objectifs scientifiques

Si, dans le secteur concerné, quelques ensembles présentaient des indices d'une organisation relativement claire, comme un enclos trapézoïdal de la fin du second âge du Fer, l'essentiel des vestiges relevés lors du diagnostic traduisaient un enchevêtrement de sites datant essentiellement du Néolithique et des âges des Métaux, et plus



Fig. 3. Plan général du Parc logistique de l'Aube. En grisé, localisation des différentes zones appréhendées. L'étoile correspond à l'emplacement de l'aire de tamisage, les flèches indiquent le principe d'acheminement des sacs de prélèvements *via* la dorsale est-ouest.

ponctuellement d'autres époques. L'état de conservation se présentait globalement très favorablement en regard de ce qui est habituellement observé dans la région, mais ne pouvait expliquer l'abondance toute particulière de mobilier, notamment pour les périodes de l'âge du Bronze et du premier âge du Fer. Cette abondance conférait, dès les diagnostics, un caractère tout à fait inhabituel à ces occupations, que l'on aurait pu qualifier *a priori* de « classiques », mais pour lesquelles la question du statut se posait de manière fondamentale.

D'autre part, l'approche de l'espace du Parc logistique s'inscrivait en droite ligne et en cohérence avec les réflexions conduites sur la représentativité des surfaces étudiées en archéologie au cœur d'une table ronde tenue quelques mois avant l'émission de l'arrêté de prescription à Châlons-en-Champagne (Brun *et al.* 2006). Sans entrer dans le détail de ces discussions, nous pouvons retenir que la structuration des implantations de l'âge du Bronze et du premier âge du Fer ne peut être saisie par l'ouverture de fenêtres circonscrites, définies à partir des seules données produites lors d'un diagnostic. Il s'agit, pour la plupart d'entre elles, d'occupations lâches, étendues, et pour lesquelles la répartition des fonctionnalités n'est pas actuellement prédictible. Se satisfaire d'une approche par fenêtres peut être défendu d'un point de vue économique, mais ne peut être érigé comme unique solution scientifique. Il faut pouvoir accepter, par équilibre en quelque sorte, la nécessité d'une remise en question de ce que l'on a jusqu'alors tenu pour fondamental. Choisir l'extensif doit, sans doute, se faire au prix d'une approche moins intensive... Le débat est ouvert et loin d'être conclu !

La nature des vestiges évalués lors des opérations de diagnostic archéologique du Parc logistique induisait de mener sur ces sites deux réflexions parallèles : la première sur l'évolution des sites et leurs statuts dans ce secteur de l'Aube (consolidation ou non du modèle des grandes *oppida*, ou autres centres tenus comme rassemblant la richesse et le pouvoir, en bref de (re)définir une jauge mieux fondée des différents liens hiérarchiques pouvant être avancés); la seconde sur l'approche spatiale locale de phénomènes, nécessitant de s'appuyer sur une chronologie fine, seule à même de distinguer une vision macroscopique d'une implantation très dense et homogène d'une vision plus dynamique et détaillée, associant déplacement et contemporanéité d'éventuelles petites exploitations conduisant à la même apparence. De fait, l'approche détaillée de la caractérisation morphologique des structures archéologiques et de leurs dynamiques de comblement

pouvait devenir en quelque sorte secondaire par rapport à l'impératif d'en maîtriser de manière très détaillée la datation (bien entendu du point de vue de leur abandon ou relégation, à défaut de leur « construction » ou « création »).

L'approche la plus pertinente nous est ainsi apparue comme devant reposer sur la collecte la plus représentative possible des rejets de production et de consommation. La seule solution envisageable pour y parvenir était une forme de tamisage adaptée aux sédiments contenus dans ces fosses. Enfin, l'abondance du mobilier céramique nous autorisait à espérer la constitution de référentiels de premier ordre, à condition toujours de pouvoir en maîtriser les contextes et d'en attester et mesurer la représentativité. L'approche générale ne pouvait pas pour autant être définie de manière simpliste et uniforme, et ne devait donc être entendue comme l'application systématique d'une seule méthode pré-établie.

L'arrêté de prescription définissait ainsi différents modes d'approche, par ailleurs discutés au préalable, et proposait quatre ordres de priorité : « Parmi les milliers de vestiges ainsi décapés, les priorités suivantes sont proposées et concernent bien évidemment le choix du type d'échantillonnage, depuis la fouille fine manuelle, en passant par le tamisage, jusqu'à la fouille mécanique.

– Première priorité : habitat(s) néolithique(s) avec sols et fosses : au vu de leur rareté générale dans la région, ce serait le seul type de sites pour lequel une fouille manuelle fine serait systématiquement demandée. Ce choix ne dispense en rien de la recherche des plans de constructions (deuxième décapage pour constructions néolithiques).

– Deuxième priorité : habitat(s) de la fin de l'âge du Bronze et du premier âge du Fer : une approche mixte, manuelle pour les structures ou couches avec matériel abondant et mécanique pour les « pauvres ». Il faudrait éventuellement rechercher une technique (tamisage mécanisé) permettant de traiter de gros volumes de sédiments, tout en récupérant le petit mobilier.

– Troisième priorité : l'enclos trapézoïdal La Tène finale - gallo-romain précoce : si possible, selon les procédures mises au point sur les fermes indigènes.

– Quatrième priorité : vestiges gallo-romains et (post-)médiévaux : approches à adapter en fonction des moyens restants. »

2.3 Mise en œuvre

La première question qui s'est posée lors de l'analyse de l'arrêté de prescription a été bien sûr celle de la faisabilité. *A priori*, l'importance de la superficie, le nombre de structures (et le poids de certaines, comme de très grandes fosses polylobées), mais surtout les délais, extrêmement courts, donnaient à cette intervention une allure de folie irréalisable. Avec un regard plus pragmatique et beaucoup d'imagination, des solutions pouvaient être entrevues, à condition de pouvoir compter sur le recrutement d'une équipe de 20 à 30 agents, d'appliquer des traitements mécanisés optimisés et parfaitement maîtrisés, et d'accepter quelques choix drastiques concernant certaines structures jugées secondaires pour la compréhension générale du site.

Nous avons choisi d'appliquer une forme de mécanisation spécifique (mini-pelle et tamisage semi-industriel) essentiellement sur les secteurs sud-ouest, qui correspondaient effectivement à un enchevêtrement de sites datés du Néolithique, des âges des Métaux et ponctuellement d'autres époques [fig. 3]. L'ensemble constituait le cadre d'une opération propice à une mécanisation lourde pouvant être mise en place sans trop de risques d'impact sur la qualité de la lecture des structures : une aire très vaste mais une distribution plutôt lâche des structures d'habitat, une multitude de fosses polylobées, donc de gros cubages à traiter...

La détermination précise d'un mode opératoire approprié, mais adaptable le cas échéant, a été fondamentale, et ce dès l'amorce du projet scientifique qu'elle conditionnait totalement. L'équilibre entre l'ensemble des contraintes et les objectifs scientifiques ne laissait que le choix de la mise en place d'une mécanisation dominante comprenant le tamisage, hors zone à libérer, de 1 000 à 2 000 tonnes de sédiment archéologique.

Il était pour cela nécessaire de se démarquer de notre conception habituelle de l'opération de fouille archéologique, sans pour autant tomber dans le piège des « purges » que nous avons déjà évoquées.

Dans le cahier des charges, le tamisage mécanisé était donc envisageable pour les habitats de la fin de l'âge du Bronze et du premier âge du Fer dans la mesure où le type

de structures, la quantité de sédiments à traiter et les principaux objectifs de rapidité, d'économie et de qualité du mobilier étaient respectés.

La mise en œuvre de cette méthodologie a demandé un travail collectif associant de nombreuses compétences. Nous rappellerons en particulier l'investissement de Philippe Mervelet (contribution à la définition de la chaîne opératoire et à la détermination de l'ensemble des besoins techniques, et notamment la conception de la station de tamisage), Philippe Klag (concrétisation de la station de tamisage dans ses détails, réalisation des dessins techniques et des calculs de masses, travaux indispensables pour évaluer les coûts de fabrication et en passer commande à un artisan), Christine Guerné (qui, au titre de conseillère Sécurité et Prévention, s'est attelée aux questions des contraintes particulières d'hygiène et sécurité inhérentes) et Vincent Riquier (responsable d'opération principal, qui a également contribué à la définition de la chaîne opératoire et à la définition générale de l'intervention) (Grisard *et al.* 2007).

2.4 Implications et conclusion

L'opération est loin d'être achevée et, si certains résultats peuvent déjà être exprimés de manière chiffrée, nous n'en sommes pas encore à l'heure de l'expression d'arguments scientifiques précis et totalement maîtrisés, aussi attendus soient-ils. Néanmoins, nous pouvons déjà discuter des limites et contraintes imposées par cette méthode, et avancer que certaines adaptations seront nécessaires, essentiellement afin d'assurer tout au long du projet une meilleure maîtrise des objectifs généraux – et donc d'organisation, de moyens et de délais pour y parvenir – ainsi que des différents aléas difficiles à anticiper dans le détail. La prise en considération des aspects humains (formation, adhésion, renouvellement des pratiques, adaptation à de nouveaux rythmes de travail, etc.) est par ailleurs incontournable, même si apparemment éloignée de nos préoccupations scientifiques les plus élémentaires.

L'opération archéologique menée au Parc logistique de l'Aube a rassemblé beaucoup de compétences et d'énergies en vue de rationaliser et d'optimiser des pratiques encore peu rodées. Forts de toutes les expériences conduites ces dernières années, il ne s'agit pas bien sûr d'envisager la mécanisation comme un pis-aller, mais d'en améliorer progressivement l'adéquation, la pertinence, la nécessité, voire la banalisation, c'est-à-dire, fondamentalement, d'aller vers une forme d'appropriation naturelle. On pourra alors déterminer dans quelles conditions et selon quels objectifs il peut raisonnablement convenir d'y recourir.

Notes

1. Nous invitons les lecteurs qui souhaiteraient approfondir ce sujet en particulier à se reporter à l'article paru dans le n° 20 d'*Archéopages* (Grisard *et al.* 2007); il expose certains aspects qui ne sont pas développés ici.

2. Le terme « Champagne » désigne ici la région administrative Champagne-Ardenne.

Bibliographie

Brun *et al.* 2006: BRUN (P.), MARCIGNY (C.), VANMOERKERKE (J.) dir. – Une archéologie des réseaux locaux. Quelles surfaces étudier pour quelle représentativité? Actes de la table ronde des 14 et 15 juin 2005 à Châlons-en-Champagne, *Les Nouvelles de l'Archéologie*, n° 104-105, p. 5-6.

Grisard *et al.* 2007: GRISARD (J.), KOEHLER (A.), RIQUIER (V.). – Mécanisation au Parc logistique de l'Aube, *Archéopages*, n° 20, p. 66-73.

Utilisation systématique de la mini-pelle en archéologie urbaine à Marseille

Compte tenu du volume de terre à terrasser en archéologie urbaine, la nécessité d'utiliser une pelle mécanique ne se discute pas. Pour exemple, le chantier de l'Alcazar a une superficie de 5 000 m² et présente une stratigraphie qui s'étale, de la période néolithique jusqu'à l'Époque moderne, sur 6 m de hauteur, soit un volume à terrasser de 30 000 m³. Si l'on devait le fouiller manuellement, cela nécessiterait environ une centaine de techniciens pendant un an, ce chiffre devant être augmenté si l'on veut que l'ensemble des tâches de la chaîne opératoire de la fouille archéologique soit traité. Autant dire qu'il est irréaliste.

Or en archéologie urbaine, il n'existe pas, comme en archéologie rurale, cette couche superficielle, stérile ou peu intéressante, qui peut être décapée préalablement à la fouille, les structures étant disposées pratiquement sur un seul plan, à la surface du substrat. En ville, chaque portion de la séquence présente un intérêt et surtout, elles s'imbriquent verticalement les unes dans les autres. Bien malin qui pourra trouver des niveaux de clivage permettant, au moyen d'un décapage mécanique massif, de résoudre le problème du cubage sans nuire au *continuum* stratigraphique. Les quelques expériences réalisées à Marseille avec cette méthode n'ont conduit, lorsque la fouille a pu être terminée, qu'à une information fragmentaire, pleine de ruptures auxquelles il ne fut plus possible de remédier. La mini-pelle, entre la pioche et la grosse pelle mécanique dans l'éventail de notre outillage, s'est donc révélée rapidement comme l'instrument *ad hoc* pour minimiser ces pertes. En appliquant un principe, érigé en précepte, qui veut que l'on ne fouille pas à la main ce qui peut être fait mécaniquement, nous avons réussi à mener à terme, et avec un excellent rendu scientifique, l'ensemble des opérations archéologiques à Marseille. Les mini-pelles sont désormais présentes systématiquement sur les chantiers, quelle qu'en soit la taille.

Le champ d'application des mini-pelles est évidemment restreint, tributaire des choix effectués en fonction de la durée du chantier mais aussi des objectifs scientifiques définis dans le cahier des charges du SRA. Il se résume généralement au vidage des tranchées de récupération des structures bâties, des caves, des fosses importantes ou encore des remblais d'une épaisseur supérieure à quelques centimètres. Le vidage systématique (suivi du rebouchage éventuel) des structures en creux ou la réalisation de microsondages permettent en outre d'évaluer la stratigraphie afin de planifier la suite. Le mobilier est collecté soit « à la volée », c'est-à-dire sur la surface décapée ou dans le motobasculeur, soit dans un tas tampon, étalé sur le sol, si le ramassage doit être exhaustif. Il s'avère que la céramique souffre moins du godet que des coups de pioche ou piochon. Dans certains cas, le ramassage se fait au moyen d'une installation de tamisage lourde.

La taille des mini-pelles varie de 750 kg à 5 t, poids maximum pour lequel nous avons l'autorisation de conduite de notre direction, mais qui mériterait d'être augmenté. En effet, nous nous sommes aperçus qu'un des gages de qualité de la fouille mécanique est la conduite des engins par des archéologues. Mieux qu'un pelliste professionnel auquel il faut expliquer en permanence, et parfois en vain, ce que l'on attend de lui, souvent aux dépens du rendu, l'archéologue sait terrasser sans nuire à l'information ; le professionnel est formé pour terrasser à partir d'un plan, alors que l'archéologue fait l'inverse. C'est d'ailleurs la difficulté de communication avec les pellistes professionnels qui a entraîné notre méfiance vis-à-vis de la mécanisation et surtout la restriction de son champ d'application. Avec une expérience de conduite d'engin qui, pour la plupart d'entre nous, se monte désormais à plus d'une dizaine d'années, nous sommes plus compétents que la plupart des professionnels, surtout lorsque ceux-ci sont des intérimaires avec peu « d'heures de vol », comme cela se rencontre de plus en plus souvent dans le milieu du BTP. Il ne faut pas négliger le fait que de la précision du travail mécanique dépend le travail manuel de finition qui suit inmanquablement.

Fig. 1. Un secteur du chantier de l'Alcazar en cours de fouille. Noter la piste pour l'évacuation par camions au premier plan, renforcée avec de la grave, le tas tampon à proximité et les chemins de planche pour les piétons au fond.

© F. Parent, Inrap.



Mais la mini-pelle reste un outil plus dangereux que la pioche et son emploi génère un certain nombre de contraintes en matière d'organisation du travail. Le chantier doit être aménagé afin de permettre la circulation des engins, la pelle et le motobasculeur, mais aussi des piétons, sur des voies séparées [fig. 1]. Il est impératif de permettre l'accès de la mini-pelle en tout point de la fouille, avec le cortège d'aménagements qui en découle, afin d'éviter le terrassement manuel des secteurs isolés. Les pistes doivent être lisses et sans obstacle, sous peine de graves dommages sur les lombaires des conducteurs. Elles sont aisément réalisables avec un engin mécanique, parfois au moyen de grave rapportée lorsque le terrain est trop humide, mais elles constituent autant de zones qui ne peuvent être fouillées en même temps que les autres. Leur déplacement, nécessaire à une fouille exhaustive, met en jeu une organisation qu'il faut prendre en compte au plus haut niveau. Ainsi avons-nous pris pour habitude de fouiller au préalable les zones où vont prendre place les pistes. Enfin, parce qu'il est aussi aisé de reboucher mécaniquement une fosse ou une tranchée après les avoir fouillées que de les vider, nous pouvons nous permettre de le faire sans retenue pour éviter que le terrain ne se transforme en un champ de mines où les circulations piétonnes deviennent des parcours du combattant. À terme, les risques de choc avec les engins s'avèrent minimes par rapport à la réduction notable des risques liés aux circulations piétonnes, qui représentent près de 50 % des accidents du travail à l'Inrap.

Les implications de l'usage de la mini-pelle sont également déterminantes en matière de santé des salariés. Minimiser l'usage de la pioche est un gage de durabilité des acteurs de l'archéologie, à un moment où la pyramide des âges devient un véritable enjeu pour l'Inrap, avec le nombre croissant de postes aménagés. De même, le stockage des déblais à proximité des zones de fouille puis leur enlèvement avec un engin limitent l'usage de la brouette et surtout du seau, destructeur pour le dos. Enfin et surtout, l'utilisation des engins permet de libérer du temps pour peaufiner les fouilles minutieuses et surtout les tâches plus scientifiques (enregistrement, dessin), concourant à un meilleur rendu scientifique, mais aussi à une plus grande diversification des tâches, également fondamentale pour la santé.

En conclusion, la mini-pelle est devenue à Marseille un outil à part entière, indispensable au même titre qu'une pioche ou une truelle, et utilisé par presque tous et non pas par un unique pelliste. Sa contribution à la fouille archéologique urbaine et à la santé des salariés compense largement les contraintes qu'elle peut générer et il est désormais impossible de s'en passer. En revanche, il ne faut pas en négliger les risques, car une utilisation irraisonnée conduirait rapidement à des accidents auxquels nous avons jusqu'à présent échappé.

De la truelle à la pelle mécanique, pour une utilisation raisonnée de l'outil

Approche méthodologique et scientifique des sites protohistoriques en milieu rural

1 Introduction

Le recours à la mécanisation en milieu archéologique s'appuie sur différents critères qui souvent relèvent des habitudes individuelles de travail ou encore des aspects de pénibilité de la fouille dite manuelle des vestiges. Elle peut parfois faire l'objet de prises de positions idéologiques et partisans entre « pro » et « anti », suivant l'angle de vue privilégié. La réalité est plus complexe et les problèmes de méthodologie de fouille des sites archéologiques doivent avant toute chose répondre à une question fondamentale : comment mieux fouiller les gisements ?

Les aspects méthodologiques de la fouille des vestiges anciens résultent en général d'une histoire régionale de l'archéologie, construite localement sur plusieurs décennies, des habitudes de travail des archéologues (qui sont des individus avec leur histoire propre), et de la faculté de certains d'entre eux à se poser des questions d'ordre méthodologique, pouvant parfois remettre en question l'évidence et critiquer la façon de faire habituelle. Il faut enfin ne pas oublier le caractère empirique de la discipline. Autant dire que les avis peuvent être multiples quant au sujet ici développé, suivant les expériences propres et la nature des sites à étudier. Par ailleurs, les méthodes de fouille employées ne seront pas forcément identiques suivant les périodes concernées ou les types de contextes, et peuvent également varier, sur un même type de site, suivant l'état de conservation des vestiges (sols archéologiques conservés ou non) ou la connaissance déjà localement acquise d'un contexte historique.

Ainsi, ériger une méthode comme modèle intangible et universel semble très dangereux car ce serait normatif et figerait l'esprit critique. Les grandes évolutions de la science en général sont souvent le résultat de l'inattendu, d'erreurs ou de manipulations improbables aux conséquences insoupçonnées. La question du recours à la fouille soit manuelle soit mécanique (ou bien aux deux à la fois) n'a en fait de pertinence que si l'on se pose véritablement la question de l'impact des différentes méthodes (en termes de qualité d'information recueillie) sur la compréhension des sites étudiés.

2 Quels outils choisir ?

La fouille manuelle correspond à un acte moins destructeur sur le terrain pour les faits archéologiques de faible ampleur et spatialement très rapprochés (ex : trous de poteau), car elle utilise des outils de dimension réduite (pioche, truelle) et se limite à la fouille des seuls remplissages des excavations, sans entraîner de dégâts sur l'encaissant. Elle est aussi plus lente et moins productive en termes de rendement pour des contextes de volume important. Compte tenu de la dimension du godet des engins, la fouille mécanique n'est souvent pas adaptée aux structures archéologiques de faible ampleur et rapprochées (entame du substrat rocheux). Elle permet en revanche d'appréhender des contextes de fort volume et d'y multiplier le nombre de sondages.

Le choix de la méthode de fouille et de l'outil utilisé dépend donc de deux critères essentiels : d'une part, de l'objectif recherché et de l'information que l'on souhaite obtenir avec l'acte de fouille, avec à l'appui plusieurs procédés comme la photographie, en tant qu'archive et témoin didactique visuel du fait ou du phénomène archéologique (fouille manuelle le plus souvent), la coupe stratigraphique (fouille mécanique ou parfois manuelle suivant la complexité du contexte) et la collecte de mobilier archéologique (sondages mécaniques le plus souvent, mais aussi fouille manuelle des dépôts de faune dans les zones géographiques où les restes sont conservés) ;

d'autre part, de l'efficacité de l'outil pour répondre aux objectifs de départ, soit le ratio entre le temps d'exécution et la qualité de l'information recueillie par rapport à la question posée (qui prend bien évidemment en compte l'aspect physique du travail et l'efficacité d'une intervention manuelle ou mécanisée). En ce sens, les paramètres géologiques et pédologiques, ainsi que les facteurs climatique et météorologique sont déterminants. La nature du substrat (rocheux ou non) est en effet un élément décisif, tout comme la densité et la plasticité des matériaux de remplissage des excavations (contextes argileux).

Les sites protohistoriques en milieu rural offrent la plupart du temps des contextes avec des volumes de sédiments à fouiller considérables (notamment les établissements agricoles de La Tène) et nécessitent impérativement l'emploi d'engins mécaniques. Compte tenu de la puissance des excavations à étudier qui, dans l'ouest de la France, peuvent évoluer entre 0,50 et 2,50 m de profondeur, la pelle mécanique de 20 tonnes est l'outil le plus approprié et le plus utilisé (à hauteur de 80 %, voire 90 %, de la fouille d'un site). Cet engin nécessite le recours à un chauffeur externe à l'Inrap, expérimenté dans le maniement de son engin. L'usage de la mini-pelle intervient de manière plus ponctuelle, parfois conjointement avec un motobasculeur si l'évacuation des déblais est nécessaire. Ces deux derniers types d'engins peuvent être conduits par des agents de l'Inrap. La fouille des sites est donc fortement mécanisée et l'organisation du travail dans la gestion des engins nous place dans un « recours ponctuel » à l'outil mécanique. Le montage des opérations, réalisé le plus souvent sans le responsable d'opération, prévoit généralement un volume de jours d'engins inférieur à la durée totale de l'intervention (quelques semaines). Le déroulement de la fouille est donc organisé de manière à regrouper les jours d'utilisation des différents engins.

3 Le déroulement de la fouille

Nous organisons habituellement la fouille des sites laténiens en deux principales phases de travail : l'étude des structures internes et celle des fossés d'enclos. L'étude des structures internes a pour but d'aborder l'organisation spatiale des activités domestiques, artisanales et économiques du site (structures particulières, puits, stockage, architecture...). Selon les cas, la fouille des aménagements internes peut se faire manuellement, à l'aide d'une mini-pelle pour les structures inférieures à 0,5 m³, parfois accompagnée d'un motobasculeur [fig. 1], ou encore avec une pelle mécanique pour les excavations les plus importantes et les plus profondes.

L'étude des fossés d'enclos (qui correspondent aux limites spatiales du site) vise deux objectifs complémentaires :

– *l'étude des relations stratigraphiques* : c'est à ce niveau que s'opère la compréhension de l'évolution chronologique du site (définition du phasage, fondation/abandon).

Suivant le degré de complexité de la relation stratigraphique à étudier, nous avons parfois recours au sondage manuel. Mais cette partie de la fouille est ordinairement mécanisée.

On opère le plus souvent des coupes transversales dans les matériaux de comblement des fossés, mais il est fréquent que l'on effectue aussi des coupes longitudinales (ce type de section fait apparaître des phénomènes stratigraphiques qui ne peuvent être révélés sur de simples coupes transversales, notamment les phénomènes de remaniements des entrées). L'emploi de la pelle mécanique de 20 t est plus approprié pour ce type de travail que celui de la mini-pelle (plus grande précision dans l'exécution, possibilité d'opérer de vastes sections et d'appréhender certains phénomènes stratigraphiques de grande ampleur) [fig. 2, 3] ;

– *la recherche des marqueurs chronologiques et des contextes de mobiliers* : les fossés renferment souvent près de 90 % des contextes mobiliers rejetés du site. Cette phase de collecte consiste en la réalisation de sondages transversaux réguliers avec la pelle mécanique, afin de compléter les collections et d'appréhender les phénomènes de répartition des rejets. Deux impératifs, qui souvent tendent à être délaissés du fait des dérives de la routine et de l'aspect répétitif du sondage mécanique, sont à respecter :

- l'isolement des mobiliers dans le comblement des excavations de forte amplitude par niveaux de profondeurs, en passes régulières (il peut y avoir plusieurs siècles



Fig. 1. Après avoir traité à l'échelle du site (ou d'une zone à libérer) les vestiges qui nécessitent une approche manuelle, la fouille des structures restantes peut être opérée, selon les cas, soit avec une pelle mécanique de 20 t, soit avec une mini-pelle, parfois en association avec une benne motobasculante si l'évacuation des déblais de la zone de fouille est nécessaire.
© E. Le Goff, Inrap.

de différence entre les contextes localisés à la base du comblement des fossés et les couches sommitales des excavations) ;

- le tri manuel des déblais contenus dans le godet de la pelle et issus de chaque passe mécanique pour rechercher d'éventuels mobiliers. Le tri sur place et en continu, conjointement à la fouille, permet d'appréhender d'éventuels phénomènes ou anomalies (présence de mobilier particulier, diachronie des événements, inversion stratigraphique...) qui seront à même de réorienter l'approche méthodologique de l'élément en cours d'étude. La méthode peut être éventuellement complétée par des prélèvements ponctuels de sédiments pour tamisage ultérieur (recherche de petits mobiliers) et détection très régulière des zones de fouille avec des détecteurs de métaux.

4 L'organisation du travail et de la chaîne opératoire

L'organisation de la fouille par étapes et le regroupement des moyens mécaniques, à un moment précis de l'intervention, nécessitent une véritable coordination des différentes tâches par le responsable d'opération et la gestion de la circulation des engins par rapport à l'évolution de la fouille (sécurité des fouilleurs, zones de circulation, évacuation des déblais).

Cette organisation de la fouille doit à la fois s'adapter aux moyens qui ont été définis dans le cahier des charges (auquel le responsable d'opération n'est pas toujours associé) et aux délais d'intervention par rapport à la densité des vestiges, mais aussi tenir compte des contraintes liées à l'aménageur quant au déroulement de l'intervention (co-activité, libération de zones prioritaires...). Ces éléments seront déterminants, par ordre de priorité, pour la définition des choix scientifiques liés à l'étude du site.

La fouille des espaces internes des sites s'opère ainsi souvent par secteurs, qui sont progressivement libérés. En premier lieu, intervient l'étude des structures nécessitant une approche manuelle (petites excavations et structures très complexes, ex : cave). Sont ensuite fouillées mécaniquement les excavations de taille moyenne à grande (avec une mini-pelle ou une pelle 20 t), ainsi que certaines structures complexes, en association avec des relevés topographiques lorsque celles-ci sont nombreuses et qu'une ou plusieurs d'entre elles ont été déjà abordées et comprises par une fouille manuelle (ex : caves multiples) [fig. 4]. En cas de forte densité de structure, un motobasculeur peut être utilisé pour évacuer le surplus de déblais et assainir la zone de travail.

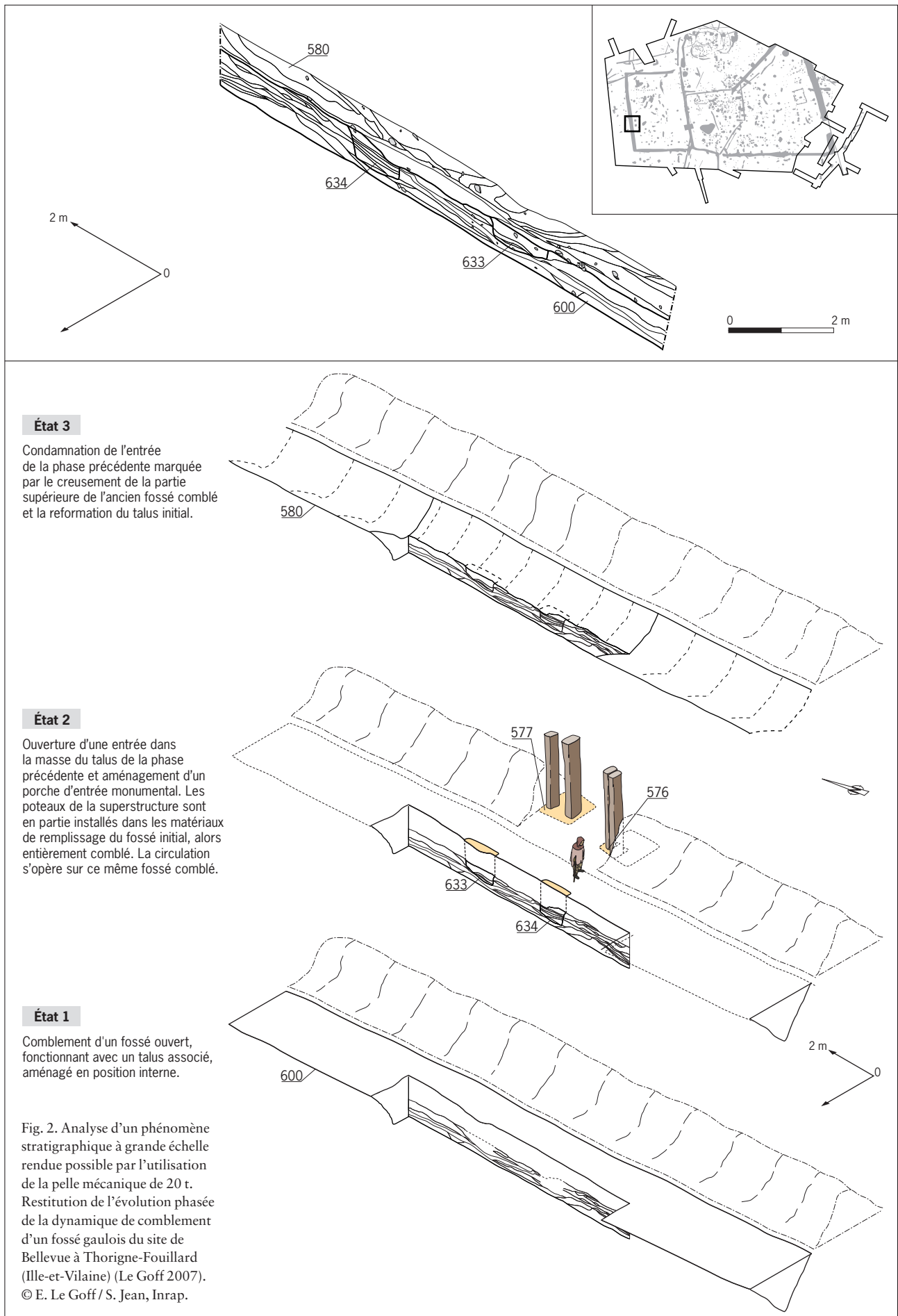


Fig. 3. La pelle mécanique de 20 t peut être un outil précieux dans l'étude des modes de comblement des imposants fossés d'enclos des habitats ruraux gaulois, en permettant d'appréhender des phénomènes stratigraphiques complexes de grande ampleur. Ici, une coupe longitudinale réalisée dans le comblement d'un fossé gaulois du site de Bellevue à Thorigne-Fouillard (Ille-et-Vilaine) (Le Goff 2007). © E. Le Goff, Inrap.

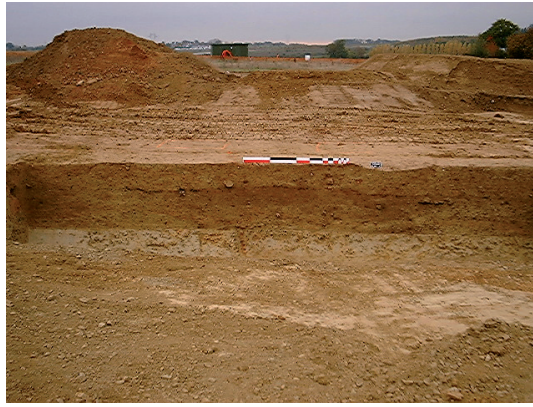


Fig. 4. Les habitats laténiens de la Zac Object'Ifs Sud, à Ifs (Calvados), présentaient une série de quinze caves à étudier. La fouille manuelle indispensable de deux d'entre elles (ex : F. 1569) nous a permis de comprendre la configuration générale de ces structures complexes de grandes dimensions, pouvant comporter des escaliers d'accès, des goulots d'aération, des emplacements de boisage, des salles souterraines. Les structures restantes ont été fouillées à la pelle mécanique de 20 t. L'association des coupes stratigraphiques à des relevés topographiques détaillés, réalisés au fur et à mesure du démantèlement de la structure, nous a permis de restituer fidèlement (comme pour les caves fouillées manuellement) des plans et profils très précis des divers aménagements (ex : F. 3051). Chaque cave peut ainsi être restituée en trois dimensions (Le Goff 2001, 2004). © E. Le Goff / S. Jean, Inrap.

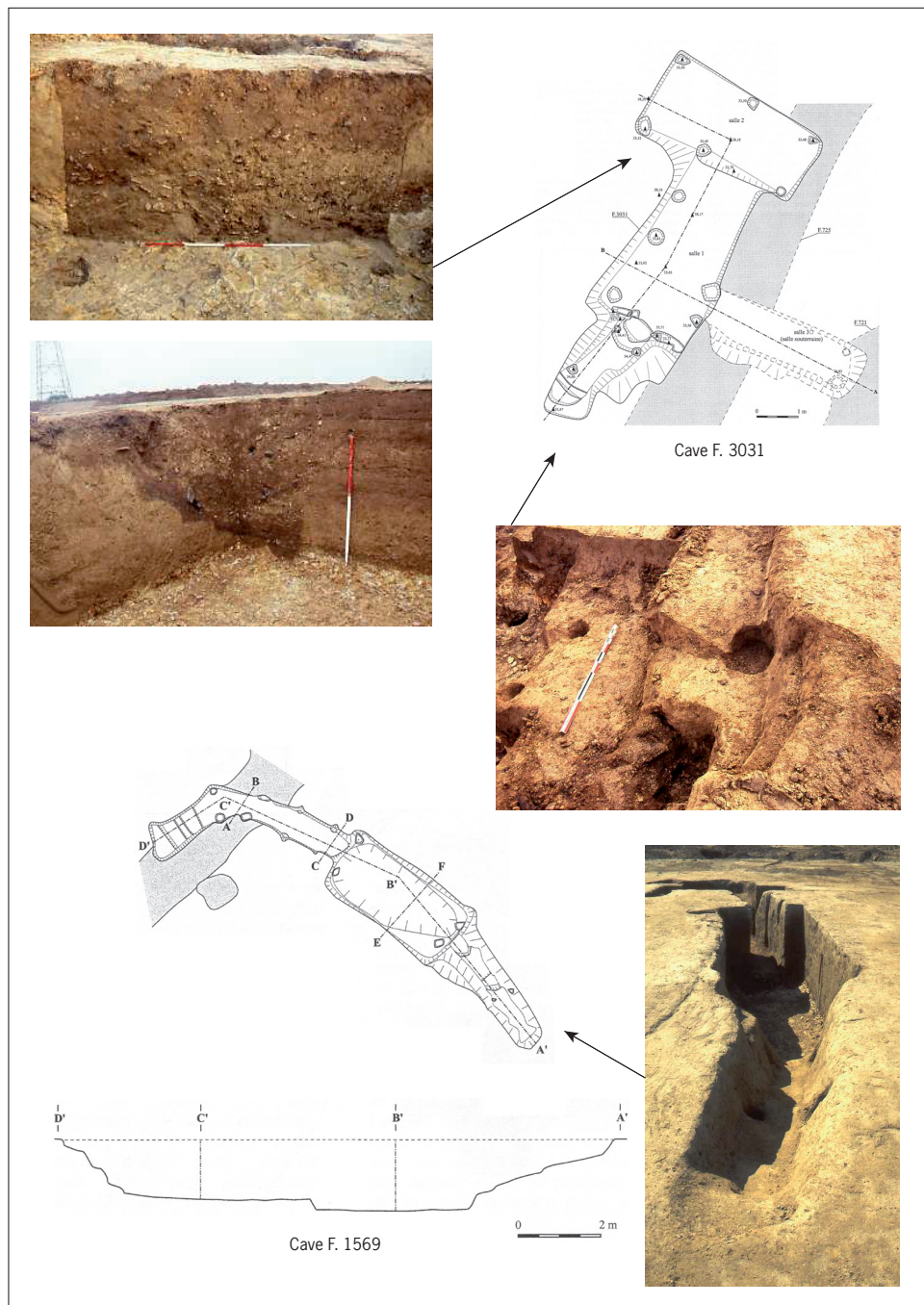


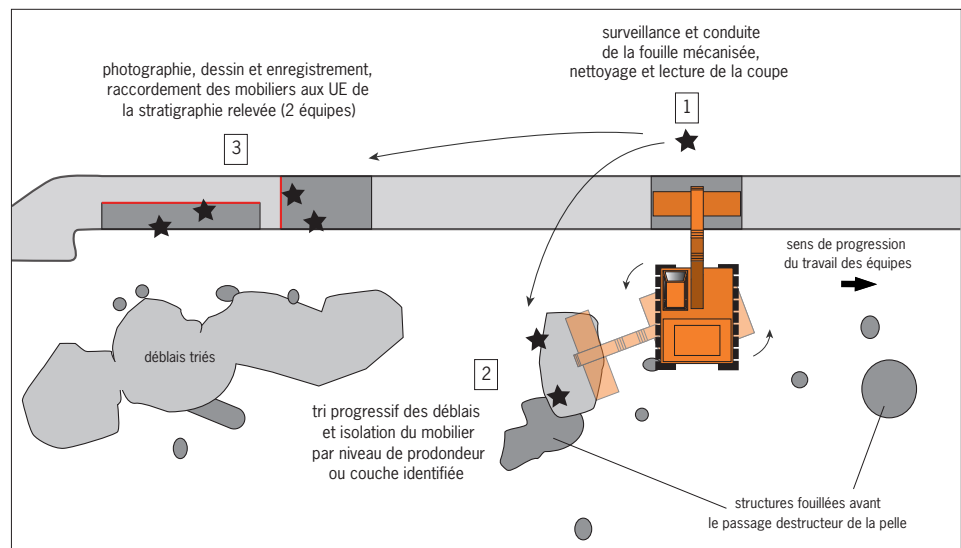
Fig. 5. Le recours régulier à la pelle mécanique de 20 t dans la fouille des imposants fossés d'enclos des habitats d'époque gauloise permet de réaliser de nombreux sondages, de récupérer ainsi de nombreux mobiliers et de multiplier les coupes stratigraphiques de référence.

© Y. Viau, Inrap.



Fig. 6. Schéma de la chaîne opératoire de la fouille mécanisée d'un site. Cette opération intervient après le traitement des structures du secteur concerné nécessitant une approche manuelle (plans de bâtiments, trous de poteaux, fours...). De manière générale, le travail est organisé sur le terrain afin que les jours d'engins mécaniques soient regroupés; ceci évite les périodes d'inactivité de la pelle et la multiplicité des transports des engins de location.

© E. Le Goff, Inrap.



Des sondages en série sont enfin réalisés dans les fossés pour étudier l'évolution des limites spatiales du site (étude de la chronologie relative et définition des principales zones de rejets). Les anomalies de faible et moyenne ampleur ayant été étudiées préalablement, la pelle de 20 t a alors toute liberté de mouvement. La fouille des contextes volumineux (fossés, puits...) et le tri des vestiges mobiliers peuvent se faire directement sur place, sans poser le problème de la gestion des déblais [fig. 5]. Cette phase de travail est effectuée avec une équipe de deux ou trois archéologues (dont le responsable d'opération) pour diriger la pelle en fonction de la coupe stratigraphique désirée, trier et isoler manuellement le mobilier, et rectifier et comprendre la coupe stratigraphique [fig. 6]. Deux autres équipes de deux personnes suivent en décalé pour effectuer les relevés. Afin de varier les tâches, les agents peuvent être polyvalents sur les différents postes.

5 Conclusion

La pelle mécanique ou encore la mini-pelle correspondent en réalité à de simples outils qui sont à notre disposition, au même titre que la pioche ou la truelle. Le bon usage de chaque outil doit simplement résulter des questionnements de l'archéologue dans l'approche spécifique du contexte archéologique à étudier.

Si la mécanisation de l'acte de fouille correspond à une technique de travail souvent très précieuse, voire indispensable dans notre cas, elle ne doit en revanche absolument pas être assimilée à une automatisation du travail dont la dérive sournoise est que l'outil se transforme progressivement en mécanique répétitive, où l'engin se substitue à l'individu et où l'acte de fouille ne se réduit plus qu'à un acte machinal. Mais de la même manière, l'archéologue qui fouille un site ou une structure manuellement, sans savoir au préalable pourquoi et comment il la fouille (emplacement des coupes par exemple), produit un travail automatique tout aussi vide de sens.

Tel un chirurgien du sol, l'archéologue doit adapter sa méthode à la problématique rencontrée afin d'en extraire l'information la plus pertinente. En fait, la véritable question que soulève de manière sous-jacente celle de l'outil relève, à notre avis, de préoccupations plus fondamentales : pourquoi fouiller tel site ou telle structure et comment fouiller ? Faut-il fouiller un site ou une structure intégralement, faut-il tout prélever et surtout, dans quel objectif ? Les réponses peuvent être variables sur le plan géographique suivant la pertinence de l'information déjà acquise localement. Les régions ne sont pas toutes au même niveau de la recherche suivant les thèmes ou les périodes concernés. La réponse à une question méthodologique ne peut donc, en aucun cas, être explicitement normative et l'archéologue ne peut raisonnablement évoluer à partir de postulats intangibles érigés en vérité.

Par ailleurs, la mécanisation de l'acte de fouille ne résoudra pas à elle seule les problèmes de pathologies liées au travail de terrain. Car ces dernières peuvent être engendrées tant par une activité manuelle que par la fouille mécanisée d'un gisement. La réponse est, selon nous, en grande partie à trouver dans l'organisation du travail individuel des agents, dans la diversification des tâches et le caractère non répétitif des missions à accomplir. Une réflexion plus générale sur les possibilités d'utilisation d'outils « mécaniques » de tous types (compresseurs, aspirateurs...), pouvant provenir d'autres corps de métiers, est sans doute également à développer.

Bibliographie

Le Goff 2001 : LE GOFF (E.). – IFS « Zac Object'Ifs Sud » (Calvados). In: *Bilan scientifique 2000*, Service régional de l'Archéologie, Direction régionale des Affaires culturelles de Basse-Normandie, 2001, p. 40-41.

Le Goff 2004 : LE GOFF (E.) dir. – *Les Occupations protohistoriques et antiques de la Z.A.C. « Object'Ifs Sud » à IFS*

(Calvados), 2000-2002, 4 vol., D.F.S. de fouille de sauvetage, Inrap, SRA de Basse-Normandie, Caen, 2004, 1300 p.

Le Goff 2007 : LE GOFF (E.). – *Thorigne-Fouillard, « Zone d'Activité de Bellevue » (Ille-et-Vilaine), Un habitat gaulois du bassin rennais (III^e-I^{er} siècles avant J.-C.)*. RFO de fouille de sauvetage, Inrap, SRA de Bretagne, Rennes, 2007, 147 p.

Histoire de la mécanisation de l'archéologie à Marseille

Nous ne remonterons pas plus avant que les premières années de l'après-guerre pour retracer l'histoire de l'utilisation des engins mécaniques dans la pratique de l'archéologie. Ceci pour la bonne raison qu'à cette époque, les engins mécaniques ne sont pratiquement pas utilisés dans la construction des ensembles immobiliers eux-mêmes. C'est le développement rapide de la technologie des années 1950 qui a permis l'apparition d'un nouvel engin : la pelle mécanique hydraulique.

À Marseille, Henri Rolland, directeur des fouilles de Glanum entre 1942 et 1969, détourne au profit de l'archéologie cet engin dédié à la reconstruction du Panier, quartier particulièrement riche en vestiges et par ailleurs foyer de résistance pendant la seconde guerre mondiale, ce qui lui valut d'être dynamité en 1943.

Entre les années 1945 et 1964, Fernand Benoît, directeur des Antiquités historiques de Provence (1942-1964) et conservateur du musée Borély, poursuit la mécanisation des fouilles.

À cette époque, nous ne pouvons pas encore parler d'une utilisation systématique des machines, car le travail se faisait essentiellement manuellement, mais plutôt des prémices d'une nouvelle pratique. Sa confirmation intervient ensuite rapidement à l'occasion des fouilles de la Bourse, réalisées de 1967 à 1975 sous la direction de Maurice Euzennat, directeur des Antiquités de Provence de 1965 à 1969 puis directeur de l'Institut d'archéologie méditerranéenne, et de François Salviat, directeur de la circonscription des antiquités historiques de Provence entre 1970 et 1981. Les engins ne sont alors plus détournés de leur première mission, mais programmés dans le budget de l'opération. C'est une nouveauté et, devant le succès de l'expérience, elle se généralise. Cette évolution apparaît sur tous les grands chantiers de France qui ont marqué la naissance de l'archéologie préventive et motivé l'établissement de l'Afan.

Mais jusqu'alors, les gros engins étaient uniquement utilisés pour les grands décapages préliminaires. Dès les années 1980, de nouvelles machines apparaissent sur le marché, les mini-pelles, qui permettent de franchir un nouveau pas dans la mécanisation des fouilles. Les archéologues saisissent en effet très vite l'intérêt de ces engins légers et maniables. Ils vont rapidement faire partie intégrante des moyens indispensables à la réalisation des opérations d'archéologie. Cependant, la conduite de ces machines est confiée à des intervenants extérieurs dirigés par les archéologues.

Dans les années 1990, l'archéologie, de plus en plus impliquée dans de grands projets d'aménagement, est contrainte d'adopter une attitude professionnelle à l'égal des grandes entreprises de BTP (SNCF, groupes autoroutiers, aménageurs publics et privés) auxquelles elle est associée. Partenaires, maîtres d'œuvre et d'ouvrage, contraintes de temps et paramètres financiers sont autant de nouvelles réalités auxquelles l'archéologie de sauvetage est confrontée. L'utilisation des machines s'intensifie et les archéologues, pour gagner en rapidité et en efficacité d'intervention, s'essaient au maniement des pelles mécaniques, mais aucun n'est habilité à les conduire car la législation est encore floue. La multiplication des chantiers, avec des équipes de plus en plus nombreuses, donne alors lieu à une réorganisation de l'Afan : apparaissent les premiers agents en contrat à durée indéterminée et la mise en place des comités d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail (CHSCT). Dans ce nouveau cadre, le sens des responsabilités et le respect des législations du travail sont accrus. Les archéologues obtiennent leurs premières habilitations à la conduite des engins à partir de 1993. On compte une personne habilitée en 1993 et trois en 1994, 1996 et 1998 dans la région PACA.

Les archéologues doivent se pencher sur le concept même de leur métier, s'organiser et se professionnaliser dans un cadre législatif précis. Il est évident que la viabilité du métier dépend de son statut, mais aussi de l'état physique de ses salariés. La remise en cause de l'organisation du travail est dès lors inévitable. Parallèlement, les nouveaux chantiers urbains, qui ont tendance à être de plus en plus vastes, avec des épaisseurs

stratigraphiques importantes, ne sont plus gérables manuellement. Pour atteindre les objectifs scientifiques souhaités, avec des effectifs et un calendrier contraints, ces opérations se doivent d'être mécanisées.

En 1999, le chantier de l'Alcazar, avec ses 6 m de stratigraphie sur 5 000 m² et 2 600 ans d'histoire, en est un exemple marquant. L'énorme volume de terre à extraire afin de mener cette opération à terme est, à son démarrage, une des inquiétudes majeures qui sera résolue notamment par l'emploi des mini-pelles. Chaque zone en possède une et rares sont les moments où elles ne sont pas utilisées, tant l'expérience apprend à en tirer un profit maximum. Cette petite machine, qui comble utilement l'hiatus qui sépare la pioche des gros engins de terrassement, se révèle tout à fait indispensable. En dehors des travaux de fouille *stricto sensu*, elle est très utile dans les travaux logistiques du chantier : aménagements des zones de circulation piétonnes, nettoyage du terrain après les pluies et des abords de fouille, travaux de levage et de manutention... La pleine réussite de ce chantier a conforté les archéologues marseillais du bien fondé de cette démarche.

Le recours croissant à ces engins s'est accompagné d'une politique de formation des personnels de l'Afan qui souhaitent conduire eux-mêmes les machines, convaincus que si l'habileté du conducteur est déterminante, sa connaissance de l'archéologie est aussi absolument nécessaire. Dans ce cadre, 22 personnes formées à la pratique de la conduite des engins entre 1999 et 2001 dans la région PACA remplacent les prestataires de services anciennement employés à cette tâche.

L'introduction de ce nouvel outil qui, par effet induit, libère le technicien de la pioche lui permet d'évoluer et d'améliorer son savoir-faire. Dans l'interrégion Méditerranée, l'utilisation des mini-pelles s'avère souvent, et dans bien des contextes, indispensable, sans pour autant que l'information en soit affectée (*cf.* article B. Sillano, dans ce volume). Ainsi, la quasi-totalité des fouilles est dotée de mini-pelles, le plus souvent associées à des engins d'évacuation également conduits par des archéologues. Avec le temps et l'expérience, cet outil est devenu incontournable sur les chantiers de fouille à Marseille.

Stratégie d'utilisation de la mini-pelle en Grand Est sud

Bien qu'il semble à peu près admis que la mécanisation des opérations de fouille constitue une évolution souhaitable, voire inévitable, elle doit s'inscrire dans un processus raisonné et raisonnable, après avoir pris en compte l'ensemble des paramètres techniques, scientifiques et humains. Ce préalable nous paraît indispensable et devrait permettre de briser quelques préjugés considérant que la mécanisation ne peut être excessive ou, par opposition, trop limitée. La situation médiane constitue probablement, du moins pour le moment, la meilleure des alternatives.

Ces extrêmes sont probablement aussi une des conséquences de pratiques locales très hétérogènes et parfois à tel point ancrées dans les mentalités qu'un retour sur expérience en toute objectivité peut paraître difficile. Ce sentiment résulte en partie des débats qui ont accompagné le séminaire sur cette question encore très partagée, avec des échanges souvent passionnés. Notre réflexion s'inscrit donc dans un cadre assez large et les positions tranchées des intervenants nous semblent exprimer avant tout, du moins nous l'espérons, un souci commun de gagner en qualité d'intervention, même si cette préoccupation s'exprime de manière antagoniste.

Il nous semble également utile, avant d'aller plus loin dans l'analyse de cas de l'interrégion Grand Est sud, de préciser que le thème de départ, qui visait à aborder la question générale de la mécanisation, a été en grande partie restreint à l'utilisation de la mini-pelle, qui est effectivement, en dehors des engins lourds de décapage, régulièrement mise en œuvre dans le cadre des opérations de fouille.

1 Une mise en œuvre progressive

L'interrégion Grand Est sud qui, pour rappel, regroupe l'Alsace, la Franche-Comté et la Bourgogne – soit dix départements – a développé une politique de mécanisation qui se situe actuellement entre les deux extrêmes précédemment évoqués. Une des premières explications que l'on peut donner à cette situation est une tradition d'utilisation très parcimonieuse et ponctuelle de la mini-pelle. Historiquement, et à l'instar de nombreuses régions, elle a été mise en œuvre dans le cadre d'opérations urbaines, comme lors des premières fouilles réalisées à Besançon en 1988. Son intégration à d'autres opérations de même contexte s'est faite assez rapidement.

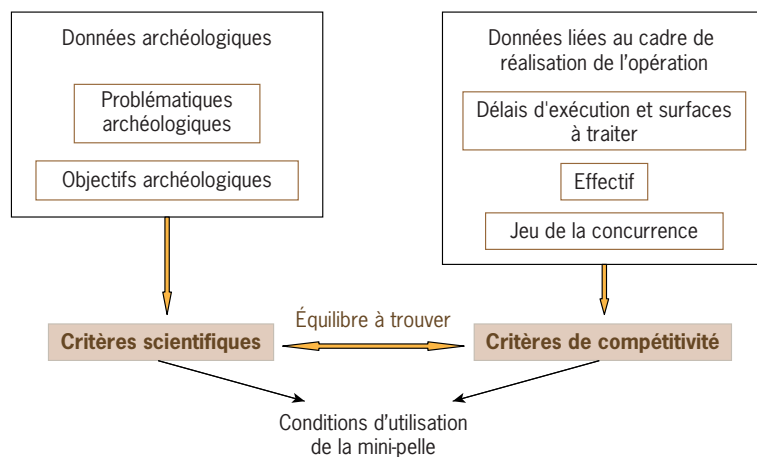
A contrario, le développement plus timide de l'archéologie préventive en milieu rural a fait que sa mise en œuvre a été beaucoup plus tardive et souvent très ponctuelle. Un des premiers exemples significatifs pour le Grand Est sud est assurément celui de l'autoroute A5 qui a touché la région Bourgogne dans les années 1990. Ainsi, cette période fait référence à une utilisation aléatoire de la mini-pelle expliquée par la position plus ou moins favorable de certains responsables d'opérations sur cette question. Dans un second temps, la mise en place d'une politique d'utilisation, au caractère non systématique, est sans doute liée à la reconnaissance des facilités techniques offertes par les engins, mais aussi au fait que des agents ont été véritablement formés à leur utilisation. À ce moment-là, son usage a commencé à répondre à des objectifs archéologiques nettement mieux identifiés et partagés, tels que l'évacuation rapide d'horizons archéologiques à faible valeur informative, la réalisation de coupes stratigraphiques, la fouille de structures ou de niveaux et la réalisation des vérifications en fin d'opération. En outre, tout cela impliquait au préalable la caractérisation assez fine et donc relativement poussée de la composition des sites, ce que rendait possible la phase dite d'évaluation archéologique, aujourd'hui concentrée et diluée dans le diagnostic.

2 La définition des critères de mise en œuvre

Conformément au constat précédemment établi, les critères liés à la mise en œuvre de la mini-pelle ont évolué en raison de l'impact de plus en plus fort des données de contexte liées à la réalisation des opérations de fouille. Même si, fort heureusement, ces données ne s'opposent pas forcément à la réalisation des objectifs archéologiques, il est pour nous évident qu'elles ont joué un rôle dans le développement de la mécanisation, tout du moins pour l'interrégion Grand Est sud.

Par ailleurs, le processus de mécanisation a connu une accélération assez nette avec l'ouverture à la concurrence des opérations de fouille depuis 2003. Il ressort de ce constat – que l'on ne saurait généraliser – que la mécanisation peut être aussi une forme de réponse à des critères qui parfois s'écartent des préoccupations exclusivement archéologiques. En effet, les enjeux de la concurrence sont venus modifier la manière d'appréhender certaines opérations de fouille, l'augmentation de la part de la mécanisation visant la réduction des délais d'exécution et des coûts, la compensation des pénuries d'effectifs et ainsi le maintien d'un certain niveau de compétitivité [fig. 1].

Fig. 1. Critères de définition du nombre de jours de mini-pelle dans le cadre des fouilles loi 2003.



Mais il ne faut pas perdre de vue la finalité du travail de l'archéologue qui vise, grâce à la collecte raisonnée de données, la définition et l'alimentation de problématiques archéologiques. Pour cette raison, il doit faire appel à des protocoles méthodologiques qui contribuent aussi à la définition du cadre scientifique de l'opération. Il est donc pour nous évident que la mécanisation ne peut avoir un caractère systématique ou s'appliquer de manière identique à tous les chantiers, et qu'elle est indissociable d'une bonne connaissance des champs thématique et chronologique qui seront soumis à investigation. C'est pourquoi, même si nous l'avons reconnu, la mécanisation répond en Grand Est sud à des préoccupations qui ne relèvent pas que du domaine archéologique. L'analyse optimale d'un gisement, même en contexte préventif, est liée à la définition d'un seuil de mécanisation qui ne saurait être franchi sans conséquence pour la réalisation des objectifs scientifiques. Ce seuil est généralement défini dans la collégialité par l'adjoint scientifique et technique et l'assistant technique, tout en s'appuyant fortement sur l'avis du futur responsable scientifique de l'opération, chargé de la mise en pratique des options méthodologiques et disposant des connaissances et/ou de l'expérience permettant de fixer ce seuil [fig. 2a].

La prise en compte des données chiffrées montre, pour l'interrégion en question, qu'il n'y a pas de règles de corrélation entre la surface et le nombre de jours de mini-pelle, la logique appliquée étant celle d'une évaluation au cas par cas en fonction des contextes d'intervention et de la nature des gisements. Dire que les opérations urbaines sont les plus gourmandes en jours de mini-pelle et que ce sont les sites d'habitat qui le sont le plus en contexte rural est un constat qui reste d'ordre très général.

3 L'usage de la mini-pelle : quelle évolution ?

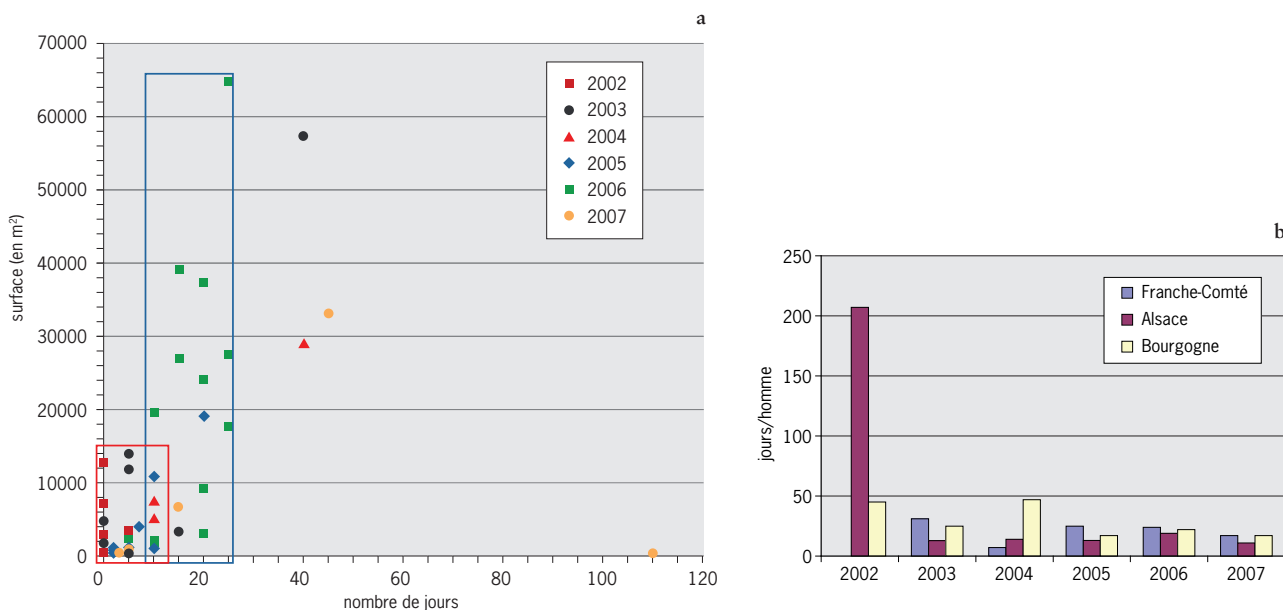
Bien que ces dernières années aient été marquées par une plus forte intégration de la mini-pelle dans les opérations de fouille, la tendance est depuis quelque temps à la stabilisation. Ceci est probablement lié au fait que l'étape de réflexion indispensable à l'évaluation des apports techniques et surtout scientifiques est encore insuffisante et qu'en parallèle, il est nécessaire de confronter différents types d'expériences à partir de sites de configuration assez proche. En effet, la reconduction de protocoles similaires, sans autres formes de questionnements, risque de conduire à l'obtention de résultats peu renouvelés, à des problématiques sclérosées et, pour finir, à la validation par raisonnement circulaire des mêmes protocoles. C'est bien cet écueil que la politique menée en Grand Est sud a voulu éviter, au risque de paraître encore timide par rapport à d'autres régions où la mécanisation est depuis longtemps institutionnalisée.

Un des freins probables au développement de l'usage de la mini-pelle est aussi que sa mise en œuvre fait appel à des chauffeurs extérieurs, parfois peu sensibilisés aux règles de fouille. Même si, en la matière, l'apprentissage est assez rapide, nous regrettons cette externalisation qui implique une surveillance quasi permanente du travail des chauffeurs. Ceux-ci sont certes aguerris dans la manipulation de l'engin, mais finalement très dépendants des consignes de l'archéologue, ce qui n'est pas toujours avantageux pour le déroulement de l'opération. Cette pratique, conséquence de ce qui pouvait paraître au départ un recentrage du travail de l'archéologue, a montré certaines limites et s'est traduite par une réduction du nombre d'agents bien formés à la conduite de ce type d'engin.

Il nous semble donc qu'une meilleure intégration de la mini-pelle aux opérations de fouille devrait passer par une formation renouvelée des agents, tant en ce qui concerne la conduite des engins qu'à propos des possibilités qu'elle offre pour la réalisation de certains objectifs de fouille.

Ce bilan sur la seule utilisation de la mini-pelle, même s'il peut paraître réducteur, montre que son usage en Grand Est sud reste avant tout motivé par les composantes archéologiques définies lors du diagnostic. Aussi, l'estimation de la part de travail de la mini-pelle dans un projet de fouille peut-elle difficilement répondre à des critères absolus, ni même à une quotité de temps définie en fonction de la surface, de la stratification, voire du nombre de jour/homme [fig. 2b]. Cette estimation en nombre de jours, toute subjective qu'elle soit pour les raisons que nous venons d'évoquer, est pourtant impérative. La facilité serait soit d'accompagner la durée de la fouille d'autant de jours de mini-pelle, soit de ne pas en prévoir du tout, ce qui ne paraît pas raisonnable... La diversité des situations en archéologie implique une stratégie adaptée et gérée au coup par coup ; c'est le cas en Grand Est sud, où l'on peut parler d'un recours ponctuel à la mécanisation.

Fig. 2. (a) Évolution du nombre de jours de mini-pelle par surface de fouille en Alsace. Ce graphique montre qu'en 2002, rares sont les fouilles qui bénéficient de jours de mini-pelle. En 2003, sur six opérations, deux n'en ont toujours pas. À partir de 2004, des jours de mini-pelle sont systématiquement prévus. En 2004, 2005 et 2007, les jours de mini-pelle semblent en rapport avec la surface, de l'ordre de dix jours pour un hectare. En 2006, en revanche, année au cours de laquelle les opérations ont été particulièrement nombreuses et qui ont concerné des surfaces plus importantes, le ratio est très variable d'une opération à une autre. (b) Évolution du nombre de jours/homme pour un jour de mini-pelle. Ce graphique confirme que l'Alsace en 2002 utilise très peu ou pas du tout de mini-pelle. En 2003 et 2004, la situation fluctue d'une année à l'autre et d'une région à l'autre mais tend à s'uniformiser en 2005, 2006 et 2007 autour de 20 jours/homme pour un jour de mini-pelle.



Vincent Blouet
SRA Lorraine

Laurent Gebus
Inrap, DIR GEN

Marie-Pierre Petitdidier
Inrap, DIR GEN

Laurent Thomashausen
Inrap, DIR GEN

Historique et objectifs scientifiques de la mécanisation en Lorraine

1 Historique

En Lorraine, le développement de l'archéologie préventive est relativement tardif puisque ce n'est qu'à partir de 1984, avec la réunification des directions des Antiquités historiques et préhistoriques, que des fouilles ont réellement été pratiquées préalablement à la destruction de sites par des travaux d'aménagement. Avant les années 1970, l'essentiel des informations disponibles provenait de fouilles programmées, effectuées pour la plupart à la fin du XIX^e siècle et au début du XX^e, ou de découvertes fortuites.

À la fin des années 1960, la nomination d'un agent à la direction des Antiquités historiques de Lorraine (DAHL), puis d'un autre à la direction des Antiquités préhistoriques de Lorraine (DAPL) a permis, après une longue période de sommeil, de revitaliser l'archéologie régionale et de fédérer le milieu bénévole encore dynamique au sein d'un réseau de correspondants du ministère de la Culture. Toutefois, les quelques opérations effectuées sur des sites en cours de destruction se résumaient alors à des interventions de très courte durée, limitées à l'échantillonnage des structures repérables dans les coupes de terrassement et éventuellement à des relevés stratigraphiques. Dans quelques rares cas, ces fouilles ont été étendues hors de l'emprise des travaux et, à cette occasion, les méthodes retenues ont été celles utilisées en archéologie programmée : décapage manuel de surfaces limitées, fouille à la truelle par passe centimétrique, cotation en trois dimensions sur les chantiers relevant de la DAPL et utilisation de la méthode Wheeler pour ceux relevant de la DAHL.

Les capacités de documentation étaient ainsi très limitées et, au début des années 1980, la faiblesse de l'activité privait la recherche régionale des cadres chrono-culturels minimaux. Du fait de ces lacunes documentaires majeures, l'archéologie lorraine se trouvait dans l'incapacité d'aborder les problématiques nouvelles qui concernaient principalement, pour le milieu rural, l'habitat et l'occupation du sol et, pour le milieu urbain, l'histoire de la ville.

La prise de conscience par l'opinion publique du caractère irréversible de la destruction des sites archéologiques et les changements politiques intervenus en 1981 furent, au niveau national, l'occasion d'un important renversement de tendance. En Lorraine, l'événement déclencheur fut, en 1983, le scandale des Hauts de Sainte-Croix à Metz qui, succédant à une série de destructions spectaculaires, permit la mise en place d'une véritable archéologie professionnalisée. En 1984 et 1985, plusieurs opérations d'archéologie préventive purent ainsi être engagées en milieu urbain (Pontifroy et Arsenal à Metz) comme en zones rurales (La Milliaire à Thionville, et Maizières-lès-Metz). Le changement d'échelle de ces interventions, en termes de surfaces traitées, et l'obligation de respecter des délais imposèrent d'emblée le recours aux moyens mécaniques. Ces derniers, d'abord limités aux travaux de terrassement préalables à la fouille (décapage des niveaux archéologiques et vidange des caves modernes), furent peu à peu étendus à des activités plus imbriquées dans les opérations archéologiques, et se substituèrent, avec l'apparition des premiers engins de faible tonnage, à certains travaux réalisés auparavant à la pelle et à la pioche : reprise et évacuation des déblais de fouille, vidange des tranchées de fondation, creusement d'avant-trous devant les structures profondes afin d'en faciliter et d'en sécuriser la fouille manuelle.

En 1987, la publication de la circulaire d'application du décret 86-182 relative à la prise en compte du patrimoine archéologique à l'occasion des opérations d'urbanisme entraîna une évolution majeure de la politique de la direction des Antiquités de Lorraine (DAL). En l'absence de carte archéologique fiable, et partant du constat que la majeure partie des sites ne pouvait être détectée par des méthodes traditionnelles, le service d'une part demanda au préfet la transmission pour avis de tous les projets d'aménagement

supérieurs à 3 000 m² ou situés sur une liste des sites majeurs et, d'autre part, prescrit des sondages mécaniques systématiques sur tous les travaux d'une emprise supérieure à 1 ha. Cette opération était sous-tendue par des objectifs patrimoniaux (il faut repérer le maximum de sites susceptibles d'être détruits), mais aussi scientifiques (la fouille des sites menacés de destruction doit permettre de combler des lacunes documentaires).

En 1988, le lancement d'un projet d'aéroport régional sur une emprise de 250 ha a été l'occasion de mettre en application ces nouvelles mesures sur de très grandes surfaces – ce qui a ultérieurement été appelé la « méthode lorraine »¹. Cette opération, confirmant les résultats obtenus sur des projets plus limités, a montré que le potentiel archéologique est nettement sous-estimé puisque près d'un tiers (75 ha) des surfaces diagnostiquées s'est révélé archéologiquement sensible, c'est-à-dire recelant des vestiges structurés. La négociation préalable aux fouilles fut particulièrement difficile et, finalement, 25 ha de sites directement menacés par les terrassements durent être fouillés en six mois par une équipe correspondant à 25 personnes en moyenne. Après avis du Conseil supérieur de la recherche archéologique (CSRA), il fut décidé de privilégier une vision extensive des vestiges au détriment d'une analyse détaillée des structures afin d'appréhender de manière diachronique l'occupation de ce terroir. Du fait des moyens extrêmement contraints, le recours à des engins mécaniques fut largement étendu, la mini-pelle étant pour la première fois utilisée non seulement pour le terrassement, mais aussi ponctuellement pour la fouille des fosses dépotoirs. Certains niveaux archéologiques, conservés parfois sur plusieurs dizaines de mètres carrés, ont quant à eux été traités à la fraise de motoculteur pour faciliter un ramassage du mobilier par mètre carré et seules les structures complexes ont fait l'objet de fouilles fines. Au bout du compte, tous les faits archéologiques ont été relevés en plans de masse et de détail, le mobilier étant isolé par unité stratigraphique ou par structure. Malgré les contraintes extrêmement fortes pesant sur l'opération, cette approche a permis, sur la base des relevés de plusieurs dizaines de bâtiments et de plans parcellaires, de proposer un modèle concernant l'évolution, l'implantation et les délocalisations de l'habitat dans ce terroir du Néolithique récent jusqu'à l'époque romaine.

Durant les années 1990, le dispositif a été porté à un rythme de croisière et, jusqu'à 2005, entre 700 et 1 000 ha ont été diagnostiqués chaque année en Lorraine. Dans le même temps, le rythme annuel moyen des fouilles rurales était porté à 22,5 ha et celui des opérations urbaines à 1,8 ha. Du point de vue méthodologique, les principales innovations ont consisté au tamisage hors des sites de l'ensemble des sédiments archéologiques et dans la possibilité d'établir des plans de masse dès les phases de terrain. Aujourd'hui, les projets d'opération établis par les adjoints scientifiques et techniques de l'Inrap incluent systématiquement, pour les fouilles rurales comme pour les fouilles urbaines, un échelon mécanique composé d'une mini-pelle et d'un engin d'évacuation (brouette à moteur sur roues ou sur chenilles). Le mode d'utilisation est laissé à la libre appréciation du responsable d'opération qui, en fonction des prescriptions et des problématiques particulières à chaque site, emploie ces engins pour des travaux de terrassement connexes ou comme instruments de fouille proprement dits. Par ailleurs, les responsables d'opération peuvent faire appel à tout moment à la cellule topographique pour dresser des levés intermédiaires et, s'ils le souhaitent, utiliser une proportion de jours affectés à l'opération pour tamiser tout ou partie des sédiments archéologiques.

2 Analyse de cas

2.1 Application de la mécanisation à l'étude des sites néolithiques

En Lorraine, le Néolithique ancien et moyen est représenté par la succession des cultures rubanées, Grossgartach et Roessen. La multiplication des découvertes liées au développement, ces 20 dernières années, de l'archéologie préventive, a permis d'affiner les problématiques sur ces cultures qui ont fait récemment l'objet de travaux de synthèse. La recherche vise aujourd'hui à affiner les périodisations typo-chronologiques établies sur la base de la céramique, à préciser l'extension de l'aire de répartition des différentes entités culturelles et à cerner les réseaux d'approvisionnement en matière première (silex, roches polies et matériaux de mouture) qui ont varié dans le temps.

Pour appuyer ces études sur des séries statistiquement fiables, il est nécessaire de récolter le mobilier de chacune des unités d'habitat de la manière la plus exhaustive possible. Par ailleurs, des études extensives sont nécessaires pour appréhender la dynamique propre à chacun des sites qui s'inscrivent dans des réseaux locaux ou régionaux pour lesquels certains modèles proposent une hiérarchisation. Tenter de répondre à ces questions suppose le repérage de tous les sites dans un secteur donné, le décapage extensif de chaque habitat et l'analyse de la forme et de la fonction de toutes les structures. La mécanisation des différents stades de la chaîne opératoire archéologique permet de répondre de façon raisonnée en termes de coûts et de délais à ce double objectif.

2.2 Méthodologie

Le mode de détection des sites néolithiques ne se distingue pas de celui retenu en Lorraine pour le repérage des sites d'autres périodes. Il consiste en la réalisation de tranchées de sondages menées par passes successives jusqu'au terrain géologique à l'aide d'une pelle sur chenilles munie d'un large godet lisse. L'ouverture minimale satisfaisante est de 5 % du total de la surface, mais l'échantillonnage peut être passé à 7 ou 10 %. À l'occasion de cette phase de repérage, les extensions de décapage sur les sites néolithiques étaient, jusqu'à il y a peu, volontairement restreintes et ne visaient qu'à apprécier la répartition et la densité des structures. Cette pratique tend à se modifier sensiblement à la suite des demandes croissantes de la Commission interrégionale de la recherche archéologique (CIRA) de caractériser les gisements. Ceci nécessite un échantillonnage poussé qui ne paraît pas nécessairement justifié par l'état de la connaissance de ces périodes.

Pour ce qui concerne les fouilles proprement dites, après décapage et enlèvement des terres de découverte par des entreprises prestataires de services, le nettoyage des bâtiments et des fosses connexes est classiquement effectué à la main. Une première intervention du géomètre permet de dresser immédiatement le plan des structures directement lisibles. Après matérialisation des axes de coupe, le comblement des fosses est décaissé à l'aide d'une mini-pelle équipée d'un godet étroit (30 cm) muni d'une lame lisse. Les sédiments sont stockés dans des sacs réutilisables destinés au transport de matériaux (*big bags*), généralement par mètre carré ; lorsque cela se révèle nécessaire, un conditionnement plus fin, distinguant les différentes unités stratigraphiques, peut être retenu. Cette phase de l'opération est réalisée par deux archéologues, l'un détenteur du CACES (certificat d'aptitude à la conduite en sécurité) conduisant l'engin, le second assurant manuellement les petits terrassements complémentaires tels la rectification des coupes ou le suivi des limites de structure. Si des organisations de vestiges particulières (sépulture, connexion anatomique animale, vase écrasé en place, etc.) sont détectées, le terrassement mécanique est stoppé et la fouille est poursuivie suivant les méthodes traditionnelles. Une fois chargés, les sacs de sédiment sont transportés à l'aide de la mini-pelle en bordure du chantier dans l'attente de leur transfert à la station de tamisage. En milieu d'opération, les profils longitudinaux et transversaux des structures sont levés au théodolite. Ces relevés sont éventuellement complétés par les observations stratigraphiques. Les coupes ayant été dressées, la seconde moitié du remplissage est décaissée et stockée dans les mêmes conditions, puis les contours de la fosse et des éventuels surcreusements sont relevés également au théodolite ou au GPS.

Pour les poteaux, après relevé au 1/10 ou au 1/20 des contours détectables en planimétrie, un avant-trou est pratiqué à la mini-pelle équipée du même godet étroit que pour la fouille. Ce creusement doit être sensiblement plus large et plus profond que les traces directement visibles, afin de détecter les fosses d'installation et l'enfoncement réel des supports de charpente qui souvent se distinguent mal du terrain encaissant. Après relevé du profil, la totalité du remplissage des fantômes de poteau est prélevée pour être tamisée en laboratoire. L'analyse pondérée de la répartition des micro-vestiges (charbons, macro-restes brûlés, esquilles, etc.) piégés, après arrachement ou pourrissement des pièces en bois, constitue en effet le seul moyen d'appréhender la fonction des différentes parties d'un bâtiment lorsque les sols d'habitation ne sont pas conservés.

La fouille et les relevés des structures évidentes ayant été effectués, un redécapage total ou partiel des secteurs les plus sensibles est réalisé pour détecter d'éventuelles structures qui ne seraient visibles que dans les sédiments sous-jacents. Cette opération est conduite

avec la mini-pelle munie d'un godet de curage (de 1 à 1,5 m de large), les déblais étant évacués par brouette à moteur.

Lorsque le terrain est libéré, les sacs de sédiment sont chargés sur un camion poids lourd et transportés jusqu'à la station de tamisage. Cette dernière peut être itinérante mais, pour la Lorraine du Nord, un contrat a été passé avec un ballastier, ce qui permet le stockage en grosse quantité, l'utilisation de la station de pompage industrielle destinée au tri des sables et granulats et le rejet des boues de lavage dans les bassins de décantation de la carrière. Les sacs de sédiments sont amenés au-dessus de la station par un transporteur à fourche et ouverts par le fond. Pour les sites néolithiques, la recherche du mobilier de petite taille nécessite l'utilisation d'une maille de 5 mm. Suivant l'abondance des vestiges, les refus de tamis sont soit triés sur place, soit prélevés en sacs pour un tri à la base archéologique. En fonction de la nature du sédiment, il est possible à deux personnes de tamiser entre 10 et 20 m³ foisonnés par jour. L'ensemble des opérations permet la fouille, le relevé et le tamisage d'une unité type d'habitation rubanée (fosses latérales et trous de poteaux) avec l'équivalent de 1,5 à 3 mois/homme. Comme élément de référence, on peut rappeler que la fouille manuelle du bâtiment rubané de Metz le Ban de devant les Ponts, réalisée par campagnes successives de 1983 à 1986, a nécessité 30 mois/homme, des tamisages n'ayant été menés que très ponctuellement.

2.3 Évaluation de la méthodologie et présentation sommaire des résultats

Les sondages mécaniques systématiques permettent de repérer la quasi-totalité des sites Néolithique ancien et moyen, même ceux à occupation courte ou de faible emprise. En effet, à l'exception de quelques artefacts isolés ou en position secondaire découverts à l'occasion de fouilles d'autres périodes, tous les sites mis au jour en Lorraine ces 20 dernières années ont été repérés dès la phase de diagnostic. Ceci résulte vraisemblablement de la nature des vestiges attribuables à ces périodes, représentés par des bâtiments sur poteaux profondément fondés auxquels s'ajoutent des fosses à prélèvement de matériaux réutilisées en fosses dépotoirs souvent de grandes dimensions et qui sont facilement détectables en sondages.

Après 20 ans de diagnostics systématisés, une aire de forte concentration de sites du Néolithique ancien aux contours relativement bien délimités se dessine en Lorraine du Nord, dans un triangle formé par la frontière luxembourgeoise et les agglomérations de Metz et Bouzonville. D'autres concentrations de sites existent dans la plaine sous-vosgienne, ainsi que vraisemblablement dans les bassins de la Sarre et de la Meuse, mais la faiblesse de l'aménagement dans ces secteurs ne permet ni d'en évaluer la densité ni d'en préciser l'extension.

Sur la période de référence, 22 sites du Néolithique ancien et 22 sites du Néolithique moyen ont été fouillés partiellement ou exhaustivement en Lorraine. L'utilisation régulière des engins mécaniques pour la fouille et l'automatisation de la chaîne de relevé sont devenues des pratiques habituelles qui facilitent grandement le travail des archéologues par gain de temps et économie de moyens physiques. L'abandon de la fouille à la truelle des trous de poteau, outre une plus grande efficacité et une prévention des tendinites, permet de cerner réellement les limites de ce type de structure dont l'observation se résume souvent au sédiment sombre constituant le remplissage supérieur des fantômes.

Contrairement aux idées reçues, la fouille mécanique des fosses dépotoirs ne provoque pas de dégradation plus importante de la céramique que la fouille manuelle. Au contraire, des tests comparatifs ont montré que le prélèvement en motte suivi d'un lavage au jet générerait une fragmentation des tessons moins importante que la fouille à la truelle. En outre, la totalité des fragments peut ainsi être récoltée, ce qui facilite les remontages ultérieurs. Pour ce qui concerne les vestiges de petite taille, le recours au tamisage exhaustif des sédiments constitue incontestablement un gain qualitatif qui explique en grande partie la présence régulière d'éléments rares (armatures mésolithiques, éléments de parure) dans les habitats néolithiques de Lorraine. Le mode de prélèvement permet par ailleurs d'établir des cartes de répartition du mobilier identiques à celles obtenues lors de fouilles manuelles.

La principale réserve émane des archéozoologues qui constatent, lorsque la faune est conservée, une plus forte proportion d'esquilles dans les sites lorrains.

Ceci résulte probablement de la dislocation au tamisage d'ossements fissurés qui auraient pu être récoltés de manière plus complète avec une fouille manuelle. Toutefois, il est aussi vraisemblable que les séries régionales sont enrichies, grâce au tamisage, par un grand nombre d'esquilles de boucherie qui seraient passées inaperçues ou auraient été détruites lors des fouilles traditionnelles.

La seconde critique le plus souvent émise serait l'impossibilité d'isoler le mobilier par couche stratigraphique. Ces remarques proviennent de collègues qui ignorent les capacités techniques des engins actuels qui, si l'archéologue en fait le choix, peuvent réaliser des passes centimétriques et suivre des pendages de couches pratiquement aussi précisément qu'à la main. Les mêmes entendent souvent privilégier un relevé précis du mobilier ce qui, confronté aux résultats des fouilles réalisées suivant cette méthode dans les années 1970 et au début des années 1980, se révèle non fondé pour les complexes détritiques.

L'utilisation régulière de la stratégie de fouille qui vient d'être décrite a permis de récolter un mobilier extrêmement abondant puisque, pour le seul Néolithique ancien, plus de 12 000 vases décorés, près de 200 outils en silex et 200 herminettes ou fragments sont aujourd'hui inventoriés. À partir des études céramiques, il a été possible de construire un cadre typo-chronologique en 11 phases et de cerner l'extension de groupes locaux qui se rapportent à des influences stylistiques distinctes. L'étude des matériaux lithiques a montré qu'il existait des réseaux qui assuraient sur de très longues distances l'approvisionnement en produits finis ou semi-finis de l'outillage en silex ou en pierre polie. Ces réseaux ont varié dans le temps et, dans une certaine mesure, peuvent être mis en relation avec les styles céramiques, ce qui tend à prouver l'existence d'entités culturelles aux frontières relativement définies et implantées sur de vastes territoires. L'étude détaillée des sites a permis de relever près d'une centaine de plans de bâtiments et montre que les habitats, organisés au début de l'implantation en petits hameaux de quatre ou cinq maisons localisés à proximité des cours d'eau principaux, se dispersent par la suite et pénètrent plus profondément dans les terroirs. Au Néolithique moyen, ce type d'exploitation agricole isolée perdure, mais l'aire primitive du Néolithique ancien est largement dépassée, les habitants étant à présent implantés un peu partout dans le paysage.

3 Conclusion

L'utilisation régulière de moyens mécaniques et de techniques automatisées de relevé permet de détecter et de fouiller des sites en grand nombre et sur de grandes surfaces en économisant à tous points de vue les moyens humains. Ces stratégies permettent en outre le tamisage pratiquement exhaustif des sédiments archéologiques, ce qui fournit un abondant mobilier et des types de restes qui autrement demeureraient inaperçus. Sur ces bases, il est possible de constituer des séries réellement représentatives statistiquement et de construire des modèles à partir d'échantillons fiables.

Note

1. Sondages mécaniques systématiques sous forme de tranchées.

L'utilisation de la mini-pelle sur l'habitat rural médiéval de Hofstatt (Bas-Rhin)

Les méthodes de fouilles appliquées sur le chantier de Hofstatt, à Marlenheim, ne sont sans doute pas particulières. Elles sont le fruit d'une réflexion menée sur le terrain depuis une dizaine d'années, principalement à partir de sites du haut Moyen Âge, pour adapter au mieux les techniques de fouilles aux types de structure et aux objectifs scientifiques définis pour chaque chantier.

L'approche adoptée à Marlenheim a surtout été déterminée par la complexité particulière de ce site, reposant d'un côté sur la grande densité et l'extrême enchevêtrement des creusements sur une partie de la surface [fig. 1] et, de l'autre, sur la présence de structures peu communes, souvent de taille importante, dont l'identification n'a pas été d'emblée toujours évidente. Le temps limité imparti à la fouille, même s'il a pu être prolongé de 30 jours en cours d'opération, a constitué une contrainte supplémentaire.

1 Le site et les moyens mis à disposition pour l'opération

L'intervention a couvert un terrain d'1,7 ha sur lequel se superposaient trois occupations datées des périodes néolithique, protohistorique et du haut Moyen Âge. Cette dernière regroupait l'essentiel des vestiges qui présentaient, par la présence notamment d'un quartier artisanal, un intérêt particulier. Les structures étaient en majorité en creux et

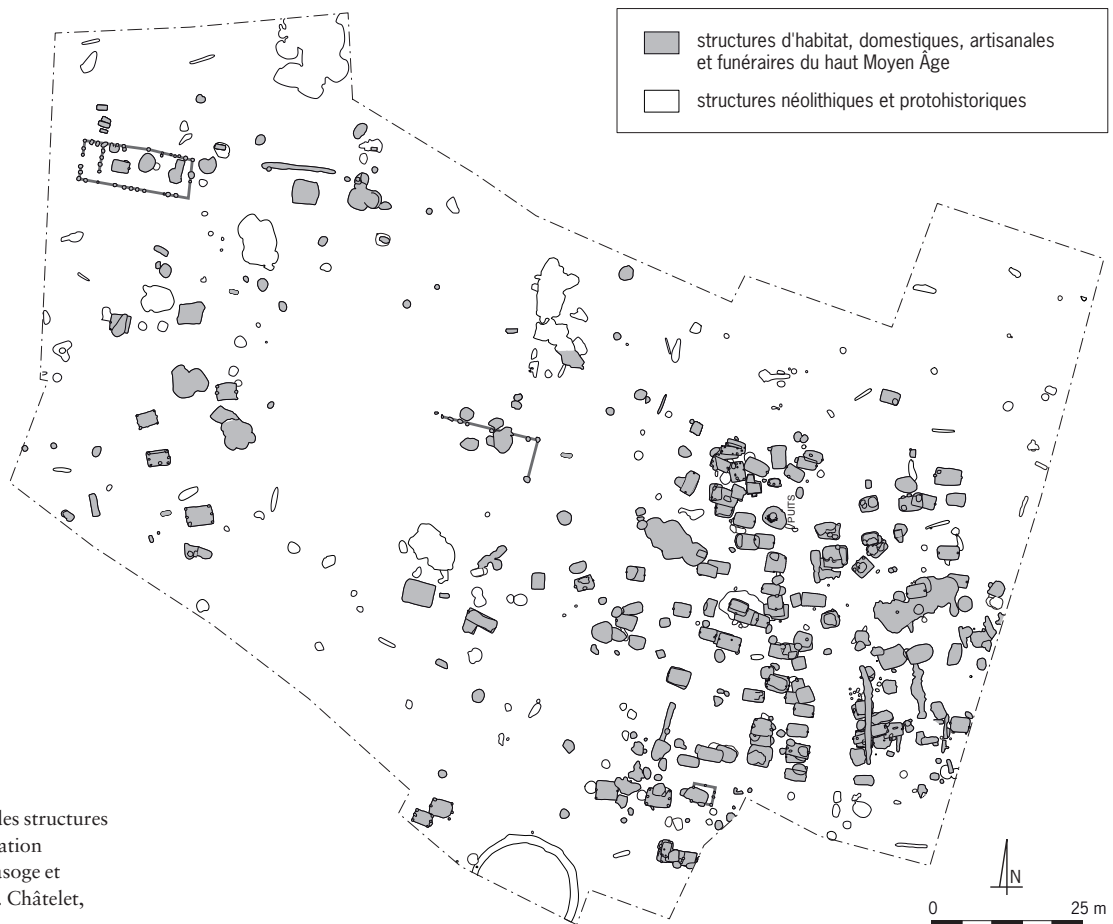


Fig. 1. Plan général des structures (hors fosses de plantation récentes). DAO F. Basoge et A. Gelé, PAIR; © M. Châtelet, Inrap.

étaient composées d'une centaine de cabanes semi-enterrées, de silos, d'importantes fosses d'extraction du limon, de quelques trous de poteaux pouvant être reliés à des habitations de plain-pied, d'un puits, de « fentes » et d'une quinzaine de sépultures. Plus d'une centaine de structures agricoles récentes, constituées principalement de fosses de plantation, recouvraient également tout le secteur. Au total, 865 structures ont été enregistrées, dont 718 appartenant aux périodes anciennes.

L'opération s'est déroulée sur 5 mois (3,5 à l'origine, augmentée d'1,5 mois en raison du nombre et de la densité des structures) avec une équipe sur le terrain constituée de cinq personnes, responsable de l'opération comprise¹. Une pelle mécanique avait été mise à disposition pour le décapage pendant 35 jours, une mini-pelle avec chauffeur pour la fouille pendant 48 jours (25 au départ, augmentés de 23 jours). Ces moyens ont été définis par les AST du PAIR et de l'Inrap en fonction du cahier des charges au moment du montage de l'opération et corrigés par la suite.

La très forte densité des structures, leur nombre et les multiples recouvrements faisant parfois se superposer jusqu'à quatre creusements, confrontés au temps limité imparti à l'opération, ont nécessité rapidement de mettre en place une stratégie de fouille particulière et d'établir des choix scientifiques et techniques : on ne pouvait raisonnablement tout fouiller en cinq mois et à quatre fouilleurs (le RO ne pouvant compter comme tel).

Les priorités ont été données, pour chaque période, à la compréhension globale de l'occupation. Pour le Moyen Âge, où cette occupation était la plus longue et où les vestiges apparaissaient les plus complexes, il importait également de restituer les différentes transformations de l'habitat. Une importance toute particulière a ainsi été accordée pour cette période à la fonction des structures, des cabanes semi-enterrées en particulier, et à leurs liens stratigraphiques.

Compte tenu des forts recouvrements, ce choix nécessitait une double approche : une première, manuelle, pour débrouiller l'écheveau des creusements et comprendre la fonction et l'aménagement des constructions les plus complexes, et une seconde associant la mini-pelle pour les fouiller.

2 Cerner la nature et la stratigraphie des différentes structures

Fig. 2. (a) Cabane semi-enterrée ou cave pourvue de multiples recreusements sur le fond et les côtés. Les sondages manuels préalables ont permis de reconnaître les creusements et de les attribuer, grâce à l'analyse stratigraphique, à la phase d'abandon de la cabane. © M. Châtelet, Inrap. (b) La cabane en cours de fouille à la mini-pelle. Les bords sont dégagés à la main, le matériel est trié à l'arrière dans les déblais. © M. Châtelet, Inrap.

La première étape, manuelle, a consisté dans un premier temps à sonder les différents types de creusement pour en préciser la fonction, en reconnaître les éventuels aménagements et apprécier la complexité plus ou moins grande de leur comblement. Ces sondages ont été effectués sur le quart ou la moitié de la surface, portion généralement suffisante pour le but recherché [fig. 2].



a

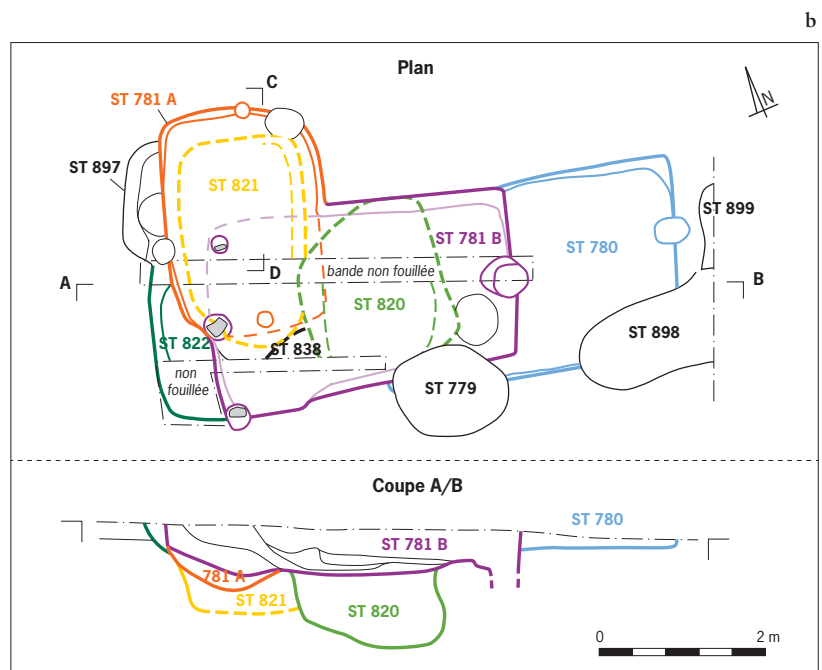


b

Fig. 3. (a) Sondage ponctuel préalable à la fouille à la mini-pelle, destiné à établir les liens stratigraphiques entre les différentes cabanes. © M. Châtelet, Inrap. (b) Grande fosse polylobée qui s'est avérée recouvrir divers creusements de nature différente. Ces creusements ont pu être individualisés grâce à une fouille manuelle en carroyage de la structure. © M. Châtelet, Inrap.



Fig. 4. (a) Ensemble constitué de trois cabanes semi-enterrées et de sept fosses se recoupant les unes les autres. Les creusements et leur stratigraphie ont été identifiés par le biais de plusieurs sondages qui ont dû être élargis en raison de l'imbrication des structures. La mini-pelle n'est intervenue ici qu'à la phase finale, pour dégager les banquettes et recueillir le mobilier qu'elles renfermaient. © M. Châtelet, Inrap. (b) Relevé en plan et en coupe des trois cabanes et des sept fosses. DAO A. Gelé, Pair; © M. Châtelet, Inrap.



Les zones de forts recoupements, se traduisant parfois en surface sous forme de grandes « taches » au comblement uniforme, ont fait l'objet de petites ouvertures sur les points supposés de contact des structures [fig. 3a] et ont été fouillées selon un carroyage pour les grands ensembles polylobés indifférenciés [fig. 3b]. Avant la fouille à la mini-pelle, l'objectif était de reconnaître les différents creusements, leurs limites et d'en comprendre les relations stratigraphiques. En fonction de la lisibilité de la stratigraphie, ces fenêtres ont été parfois étendues ou multipliées jusqu'à la complète compréhension des structures. Dans les quelques cas très complexes, plus de la moitié de la surface a dû être ainsi fouillée à la main, comme pour cet ensemble reproduit sur la figure 4, où se superposaient trois cabanes semi-enterrées et sept fosses aux fonctions diverses. Ces sondages manuels ont permis également d'identifier des aménagements ou des architectures aux traces ténues. Ainsi, les restes de constructions en briques crues, un assainissement des sols par de la paille, le chemisage en bois des parois d'un silo ou l'utilisation pour le tissage de pesons en argile non cuite ont pu être attestés sur le site. Selon les cas, la fouille de ces ensembles a été poursuivie à la main ou reprise à la mini-pelle.

3 Un usage raisonné de la mini-pelle

La mini-pelle est intervenue après cette phase préalable de reconnaissance des structures. Son utilisation a été adaptée à chaque type de structures selon les informations recueillies précédemment et a été, selon les cas, ponctuelle ou systématique. Le temps imparti pour l'opération, mais aussi la présence et le nombre élevé de grandes structures en creux, souvent profondes (une quarantaine de silos, une centaine de cabanes semi-enterrées et une trentaine de fosses d'extraction du limon), ont rendu ce recours indispensable. Il permettait non seulement d'accélérer la fouille, mais aussi et surtout d'aider à traiter ces grandes structures dont l'interprétation n'était pas toujours aisée.

La fouille à la mini-pelle, pour vider ou trancher les structures, s'est faite par petites passes n'excédant pas quelques centimètres d'épaisseur et a été accompagnée d'un tri systématique de tous les déblais, de manière à ramasser l'essentiel du mobilier et à l'enregistrer par couches ou par niveaux. L'apparition dans le comblement d'anomalies était documentée systématiquement par un schéma sur la fiche descriptive ou par un cliché, afin de pouvoir y revenir lors de l'interprétation finale de la structure. Des interventions manuelles ponctuelles ou des « rasettages » en cours de décapage permettaient régulièrement de contrôler la stratigraphie et de vérifier, s'il le fallait, certains détails de la morphologie du creusement.

Les creusements ont été vidés ou tranchés selon les structures. Les cabanes semi-enterrées, dont le plan et les aménagements au sol ont été essentiels à la compréhension de leur architecture et de leur fonction, ont été vidées [fig. 5]. Compte tenu du volume important de terre à traiter, le recours à la mini-pelle a été systématique après souvent un sondage préalable à la main sur le quart ou la moitié de la surface. Une coupe dans la longueur, destinée à comprendre le mode de comblement de la fosse et à reconnaître les éventuels recoupements (pouvant induire un possible mélange de matériel), a été pratiquée sur chaque structure en la fouillant par moitiés. Les derniers centimètres au contact du sol et les parois ont été dégagés manuellement. Le mobilier lié aux niveaux de sol de la cabane pouvait être ainsi isolé et les différents aménagements liés à la construction et à son utilisation étudiés dans le détail.

Les fosses et les silos ont été tranchés après avoir été fouillés, pour certains, par moitié à la main. Quelques fosses, plus complexes, ont fait l'objet d'une approche spécifique. Dans le cas de la grande structure en creux 759, dont la nature au premier abord était difficilement discernable (un seul creusement, deux cabanes superposées ?), la fosse a d'abord été tranchée sur sa longueur à la mini-pelle. La stratigraphie complexe, son creusement fortement alvéolé et ses nombreuses niches ont conduit ensuite à ouvrir une autre tranchée, cette fois à la main, en suivant les contours de la fosse [fig. 6]. C'est grâce à cette vision en trois dimensions que la structure a pu alors être interprétée comme une grande fosse d'extraction du limon, dotée d'aménagements pour faciliter l'accès aux niveaux inférieurs, et son comblement comme le résultat d'un remblaiement unique en une seule phase, sans recreusements ultérieurs.



a

Fig. 5. (a) Dégagement du comblement d'une cabane semi-enterrée à la mini-pelle. Les déblais sont systématiquement triés à la main. © M. Châtelet, Inrap. (b) La cabane vidée de son comblement. © M. Châtelet, Inrap.



b

Ces structures plus complexes ont souvent fait l'objet de tâtonnements, associant une approche à la mini-pelle et une fouille à la main. C'est ainsi seulement qu'elles ont pu être généralement comprises, tant dans leur stratigraphie que dans leur construction. La mini-pelle est devenue aujourd'hui un outil incontournable et indispensable sur les chantiers archéologiques. Pratique et bien adaptée à son usage, elle allège souvent le travail et, utilisée à bon escient, elle peut compléter utilement les approches à la truelle ou à la pioche, sans occasionner nécessairement de perte d'informations.

Son recours sur un chantier ne peut être pour autant systématique et son utilisation doit être modulée en fonction des conditions particulières à chaque site, de ses problématiques scientifiques et du temps imparti à l'opération. À Marlenheim, la mini-pelle a été largement utilisée puisqu'elle a été présente pendant près de la moitié de l'opération. Intervenue dans une seconde approche du site, après une première phase de reconnaissance manuelle, elle a rarement été employée en continu. Dans la plupart des cas, son intervention a été associée à des contrôles et des finitions réalisés à la main, occasionnant des interruptions fréquentes de l'engin, mais nécessaires à la bonne compréhension des structures. Cette approche supposait une grande réactivité des fouilleurs et une équipe parfaitement informée des problématiques attachées au site et aux structures. Loin d'être systématique, le recours à la mini-pelle peut être ainsi assujéti à la réflexion scientifique et devenir un outil parfaitement adapté à nos besoins.

Fig. 6. Grande fosse d'extraction du limon, fouillée en associant les approches manuelle et mécanique. Son interprétation n'a pu être réellement établie qu'après avoir dégagé à la main l'un des côtés en mettant en évidence ses multiples creusements et les marches destinées à faciliter l'accès aux niveaux inférieurs.
© M. Châtelet, Inrap.



Note

1. L'opération a été réalisée en partenariat par le Pôle d'archéologie interdépartemental rhénan (Pair), qui était mandataire du groupement, et l'Inrap Grand Est sud.

L'utilisation de la pelle mécanique en milieu équatorial et tropical

Une méthode de collecte des données et de développement de l'archéologie préventive dans les départements français des Amériques

Le milieu tropico-équatorial présente des spécificités environnementales qui nécessitent une adaptation des méthodes d'intervention en archéologie, l'archéologie préventive intervenant dans ce cas comme innovatrice et porteuse d'améliorations techniques et méthodologiques aboutissant à l'accroissement des données scientifiques.

La mise en place par l'Inrap de décapages extensifs en milieu forestier depuis moins de 20 ans constitue une avancée majeure dans la reconnaissance des sites et dans leur exploration, tant en phase de diagnostic que de fouille. Les méthodes sont nouvelles et permettent tout à la fois d'avancer rapidement dans la fouille des sites et d'y associer de fait, depuis peu, les problématiques paléo-environnementales.

La mise en place de la mécanisation, sa bonne maîtrise et les résultats qui en découlent permettent aussi à l'Inrap de se positionner régionalement pour la formation et le transfert des compétences méthodologiques dans la vaste zone géographique sud-américaine où cette approche reste peu développée, ou dans tous les cas limitée.

1 L'archéologie préventive dans les DOM américains

1.1 La disparité des connaissances

Les DOM américains sont très hétérogènes en termes de connaissances disponibles et d'ancienneté de la recherche archéologique. Le peuplement de la Guadeloupe et de la Martinique est assez bien appréhendé, même si on peut noter de grandes disparités de connaissances archéologique, historique et préhistorique au sein de l'arc antillais. En Guyane, les travaux universitaires sont limités, à l'exception de l'incontournable travail de Stéphane Rostain (1994). La vision du passé est embryonnaire, basée sur une typo-chronologie floue, manquant de repères chronologiques et de sites référents ou diagnostics. Enfin, pour mémoire, l'archéologie préventive a été expérimentée dans les DOM à partir de 1992 pour la Guyane, seulement à partir de 2000 pour la Guadeloupe et encore plus récemment pour la Martinique, ce qui offre un recul assez limité. Elle a pourtant déjà fourni une quantité de données jamais mises au jour avant les interventions mécanisées.

1.2 La disparité d'environnements et de méthodes

Si la Guadeloupe et la Martinique sont typiques du milieu insulaire, volcanique mais aussi calcaire, et si elles sont largement urbanisées et couvertes d'une végétation aux faciès évolutifs en fonction de l'altitude, en Guyane, nous entrons dans un monde continental recouvert à 90 % de forêt équatoriale, aux marches septentrionales du bassin amazonien.

Le premier problème auquel sont confrontés les archéologues dès la mise en place d'opérations préventives est l'adaptation et donc la mutation des techniques éprouvées en Europe, qui demandent à être modifiées ou réinventées en fonction de la couverture arborée, mais aussi du substrat. L'expérience des pays limitrophes reste méthodologiquement limitée, qu'il s'agisse du Brésil, du Surinam ou du Venezuela. On rencontre néanmoins une situation similaire dans l'arc insulaire caribéen, avec cependant des applications limitées des méthodes développées en Europe, en particulier par nos collègues néerlandais, en zone littorale et péri-littorale.

Fig. 1. L'adaptation des techniques liées à la mécanisation permet d'aborder les sites de manière identique en zone tempérée et en zone équatoriale.
© M. Van den Bel, Inrap, 2006.



Mais la mise en place de l'archéologie préventive ne peut se penser sans recourir aux analyses et aux recherches déjà engagées dans l'aire caribéenne et amazonienne. Les données sont nombreuses, hétérogènes et dénotent un goût pour le fait archéologique qui remonte aux premiers contacts.

2 L'utilisation de la pelle mécanique

L'utilisation de la pelle mécanique, tant pour réaliser des sondages que des décapages, a radicalement changé les perspectives de l'archéologie des DOM américains. Elle allie une utilisation récurrente de la pelle mécanique à chenilles et godet de curage à une utilisation ponctuelle, en fonction de la disponibilité des moyens techniques, de la mini-pelle. La pelle mécanique est utilisée pour l'accès au terrain, le nettoyage et le décapage des sites, nombre d'implantations étant recouvertes de forêt sempervirente.

2.1 Un historique rapide de la situation : l'exemple de la Guyane

Si l'on fait référence aux sites sondés avant 1992, date des premières interventions d'archéologie préventive par l'Afan en Guyane, moins de 400 m² avaient été ouverts. Ces ouvertures manuelles avaient été entreprises sur moins de 50 sites et c'est uniquement le mobilier céramique issu de ces sondages (beaucoup d'entre eux ne dépassant pas 50 cm²) ou de ramassages de surface qui servait et sert encore pour partie de cadre et de référence à la typo-chronologie régionale.

Le recours à l'archéologie préventive et à la mécanisation des investigations [fig. 1] a donc radicalement changé la connaissance archéologique même si, dans le même temps, ce type d'intervention s'est heurté au scepticisme de nombre de chercheurs locaux ou intervenant dans la région. Après cette phase, qui peut parfois subsister, nous avons assisté à la remise en question de ces données qui, de fait, venaient contrarier les cadres chronologiques en place. Même si aujourd'hui la situation a évolué, il n'en reste pas moins que les apports de ces changements, en quantité et qualité de données produites, voire publiées, continuent à être ignorés, sous-estimés et malmenés par bien des collègues, qui n'hésitent pourtant pas à venir y piocher références et informations (*Les Nouvelles de l'Archéologie*, n° 108-109).

2.2 Mécanisation et environnement

Les paysages ont une implication directe dans le choix des méthodes de travail, leur variabilité et leur spécificité. Les interventions mécaniques ont lieu dans des zones souvent ignorées ou laissées de côté ailleurs (zones fortement boisées). Des biotopes différents voisinent (savanes, marais, savanes-roches, forêts ripicoles, forêts de terre ferme, etc.). La flore, dont il n'existe pas d'inventaire complet, est extrêmement riche et fournit des matières premières propres à l'alimentation, à la pharmacopée ou à la construction. Le réseau hydrographique est très important, qu'il s'agisse de fleuves, de rivières ou encore de cours d'eau de moindre importance qu'il faut souvent traverser sans ouvrage d'art à disposition.

Les méthodes ne sont pas identiques aux Petites Antilles et en Guyane et impliquent une formation différente du personnel, élément pivot de toute réussite d'opération. Les conditions de la Caraïbe insulaire se rapprochent de celles rencontrées en Europe en milieu côtier.

Toutefois, deux types de contraintes sont à souligner dans ces deux milieux :

- une contrainte climatique forte : deux saisons se succèdent, une saison sèche et une saison des pluies ou saison cyclonique. Cette saisonnalité particulière entraîne des modifications dans la gestion des tranchées de diagnostic et des grands décapages où des écoulements spécifiques doivent être prévus. Ils sont associés à une gestion réfléchie des déblais qui, le plus souvent, ne peuvent être évacués, faute d'accès possible à un camion (piste défoncée, éloignement, saison des pluies active et impossibilité d'utiliser des engins à roues, etc.);

- une contrainte environnementale omniprésente : elle est particulièrement sensible en Guyane où deux mondes géographiques coexistent ; d'une part le monde côtier, composé de mangroves, de cordons littoraux et de savanes arborées reposant sur un substrat sableux à latéritique ; d'autre part le monde forestier, composé d'une forêt dense [fig. 2], culminant à 40 m, dispersée sur un relief vallonné dit en « peau d'orange » et irriguée par un réseau hydrographique abondant composé de *criques* (nom vernaculaire : petits cours d'eau), de rivières et de grands fleuves, et qui repose sur un substrat latéritique ou une cuirasse difficile à entamer.

Fig. 2. Sous le couvert forestier, la pelle permet de tracer des layons d'accès ou des layons de passage pour atteindre un site et le diagnostiquer.
© M. Van den Bel, Inrap, 2006.



Fig. 3. En milieu sableux, les techniques liées à la mécanisation ont permis de mettre au jour des niveaux ignorés jusqu'à présent.
© R. Le Guen, Inrap et Panacoco, 2005.



3 Les innovations méthodologiques : un rapide survol

Les innovations méthodologiques sont distribuées en deux catégories :

- a) la méthodologie des prospections pédestres, privilégiant la reconnaissance de certains paramètres typiques des milieux équatoriaux ;
- b) les techniques de décapages où la couverture arborée, laissée sur pieds pour éviter toute destruction des niveaux archéologiques sous-jacents, doit être gérée au moment des diagnostics et des fouilles par des équipes bien formées aux spécificités régionales. Ces éléments de méthodes ne sont pas anodins, ils sont la base et le garant de la réalisation des opérations. Une des innovations apportée par l'Inrap est d'avoir pris en compte ces particularités en mettant en place des équipes à même de répondre à une demande très spécialisée, tant au niveau méthodologique qu'au niveau scientifique. La transmission des techniques et des méthodes à de nouveaux intervenants est un point incontournable de la continuité de l'activité dans ce type de milieu, qui met en avant le rôle pivot de l'équipe dans la transmission des savoirs.

4 Les décapages et les fouilles à la pelle mécanique : techniques et résultats, quelques exemples

Qu'on soit dans la Caraïbe ou sur le continent sud-américain, la surface de l'emprise des travaux est le premier paramètre qui permet de définir une méthodologie adaptée ; le second paramètre sera constitué par les éléments propres au terrain : couverture arborée, bas-fond hydromorphe, etc. Aucune de ces spécificités environnementales n'est une gêne à l'avancée des prospections, et ultérieurement des fouilles. Dans chaque contexte, une réponse adaptée doit être trouvée, du contournement simple (bas-fond) à l'exploitation

systématique (surface boisée sur substrat latéritique ou sableux [fig. 3], cordon littoral, etc.). Cependant, toute intervention mécanique aura auparavant été précédée d'une prospection pédestre.

Dans le cas des sous-bois équatoriaux, et donc du milieu amazonien, cette intervention liminaire va consister à repérer les anomalies du sol, à l'image des buttes de déracinement ou des terriers, mais aussi la végétation dont l'altération peut être un excellent marqueur d'anthropisation. C'est la conjonction de ces paramètres qui va aboutir à la découverte des sites et à l'identification de leur extension. La mécanisation est là pour confirmer l'étendue et la conservation des vestiges. Le milieu forestier joue le plus souvent un rôle de préservation, même s'il réduit de beaucoup les possibilités de sédimentation pour la plupart des sites qui restent très proches de la surface du sol actuel (30 à 60 cm d'enfouissement le plus souvent pour le monde amazonien).

L'évolution de l'ouverture manuelle à la mécanisation a permis de passer d'une vision métrique des implantations anciennes à une reconnaissance partielle, voire *in extenso*, des sites archéologiques. Cette révolution des méthodes a totalement changé la vision que nous pouvions avoir de l'espace amérindien ou colonial, de l'emprise et de l'impact de l'Homme sur son environnement.

Très récemment, un nouveau type de site jusqu'alors inexploité, les montagnes couronnées (équivalent des éperons barrés ou ceints en Europe), remet en question l'apparence même des groupes amérindiens quant à leur taille ou à leur fonctionnement sur un territoire. L'ampleur des travaux nécessaires à l'aménagement d'une structure en milieu forestier et le questionnement que l'ampleur de ces aménagements engage, amènent à repenser bien des idées reçues sur les populations premières.

Souvent animée par les modèles européens ou par des exemples ethnographiques récents ou géographiquement décalés, la recherche archéologique s'était concentrée jusqu'alors sur des schémas préétablis dans lesquels chaque nouvelle donnée devait s'insérer.

La quantité de vestiges collectés sur chaque intervention de quelques milliers de mètres carrés a fait voler ces modèles en éclat. La mécanisation a donc changé l'échelle du raisonnement sur les occupations anciennes des DOM américains.

Il n'y a pas un, mais des sites archéologiques, il n'y a pas une mais des méthodes qui s'adaptent aux contextes archéologiques et environnementaux et demandent, de la part des personnels qui interviennent, une adaptation continue, afin de concilier au mieux environnement, sécurité et résultats scientifiques. Le support méthodologique est une mécanisation omniprésente, mais encore limitée à l'usage de la pelle mécanique à chenilles [fig. 4].



Fig. 4. Les interventions ont principalement lieu dans la zone côtière qui allie les milieux marécageux, sableux ou de jonction forêt-savane. L'utilisation de la pelle mécanique est appropriée à ces différentes situations qui demandent cependant une adaptation des techniques et des stratégies en fonction des substrats et des problématiques scientifiques développées sur les fouilles.
© M. Mestre, Inrap, 2004.

Techniques et technologies de chantier : organisation du travail

Dans sa réflexion sur l'organisation du travail, tant dans son fonctionnement général que sur les chantiers, l'Inrap doit prendre en compte l'étude des méthodes techniques et technologiques nécessaires à la réalisation de ses travaux. Ces études ne se limitent pas, comme certains le croient volontiers, à l'étude des travaux répétitifs, dans le seul but d'optimiser constamment les rendements suivant des critères mathématiques.

Le domaine couvert par ces études est extrêmement vaste : il regroupe toutes les activités techniques et technologiques mises en place pour la réalisation de l'activité archéologique qui présente cette particularité d'avoir des lieux de travail sans cesse renouvelés (on ne fouille jamais deux fois au même endroit). Ces études intéressent tout aussi bien les personnels de l'Inrap qui préparent les chantiers que ceux qui y sont affectés.

Comme dans toute activité, pour maîtriser un métier en veillant à la qualité, la sécurité et l'amélioration de sa « production », l'Inrap a besoin, pour l'organisation du travail, d'une bibliothèque qui formalise savoirs et savoir-faire de son personnel. Cette formalisation doit permettre à chaque agent, quel que soit son métier, de prendre connaissance des grands principes d'organisation de l'activité (sous-entendu technique) et de s'y situer en tant qu'opérateur. Elle doit permettre également aux agents intervenant dans le montage d'un chantier ou dans son déroulement de mieux faire leur choix et d'expliquer leurs décisions.

C'est dans cet état d'esprit que la direction scientifique et technique a entrepris la réalisation d'un travail concernant les techniques et technologies de chantier en archéologie, concrétisé dans un classeur intitulé « L'opération archéologique, 1 : Organisation technique, moyens mécaniques ».

Ce travail se décompose en six séries de fiches complémentaires.

1 Des fiches « Engins de chantier »

Ces fiches présentent l'éventail des matériels de terrassement utilisés ou pouvant être utilisés sur les chantiers. Elles reprennent les caractéristiques générales propres à un engin dans une catégorie donnée. Au vu de la grande diversité de machines et de constructeurs, les engins sont regroupés en grandes catégories (une seule fiche, par exemple, aborde les pelles hydrauliques sur chenilles de 20 à 30 t) et les différentes informations les concernant résultent de moyennes. En ce qui concerne les caractéristiques générales propres à un engin, les données sont issues des fiches des constructeurs et des ouvrages techniques. Des mises à jour ou de nouvelles fiches seront réalisées en fonction de l'évolution de l'offre des fabricants de matériels. Les rendements des matériels sont parfois indiqués sur ces fiches. Donnés à titre indicatif, ils ont été observés sur des chantiers archéologiques ou ont été déduits de rendements théoriques des engins en terrassement. Ils représentent une base servant à l'étude technique des chantiers et ne constituent en aucun cas une règle stricte à appliquer. Avant d'utiliser ces données, il est important de comprendre l'importance des conditions d'un chantier (qu'elles soient d'ordre technique ou scientifique). La valeur des données est basée sur une efficacité de 100 % sur les chantiers, des conditions souvent difficiles à obtenir. Il est donc nécessaire et impératif de les corriger en leur affectant, lors des études, des coefficients appropriés (appelés coefficients d'efficacité) prenant en compte la spécificité de chaque chantier (intempérie, matériau à extraire, type de structure archéologique, configuration du terrain, circulation des engins, expérience de l'équipe...) et de tous les facteurs pouvant augmenter ou réduire la production.

Ces fiches font partie du savoir-faire de l'Inrap.

2 Des fiches « Principes généraux »

Ces fiches, comme leur nom l'indique, présentent des principes généraux de terrassement à prendre en compte lors de toute étude de préparation d'un chantier. Sont ainsi à étudier les propriétés des sols et leur portance, le dimensionnement d'un atelier de terrassement en fonction des cycles de production et des cycles de rotation des engins de transport, la mise en dépôt ou le stockage des terres. Ce sont ces principes qui serviront de base principale aux études techniques des chantiers et notamment à l'élaboration des modes opératoires et des procédés d'exécution. Ce sont les principes fondamentaux indispensables pour définir des modes opératoires généraux, mais aussi ceux spécifiquement adaptés à une tâche ou à un chantier donné. La plupart des principes généraux sont issus du monde du génie civil où ils ont fait leurs preuves depuis longtemps. Nombre d'entre eux sont applicables sans modification à l'archéologie. Le cycle de production d'une pelle, par exemple, est une activité de terrassement commune à l'archéologie et au génie civil. Seule la matière diffère : construction pour l'un et fouille archéologique pour l'autre.

3 Des fiches « Modop » (Modes opératoires et procédés d'exécution)

Décrire le mode opératoire d'un chantier, c'est définir précisément :

- les moyens matériels, en matériaux, humains et financiers nécessaires à l'opération ;
- les responsabilités des différents intervenants en termes d'exécution et de contrôle (qui fait, dans quels délais, qui contrôle, qui valide ?) ;
- les précautions à prendre pour garantir une intervention de qualité en termes de sécurité et de respect de l'environnement ;
- les différentes tâches à réaliser et leur ordre de déroulement (comment on le fait et dans quel ordre ?).

Par exemple, un décapage archéologique s'envisage en ouvrages successifs :

ouvrage 1 : terrassement terre végétale, ouvrage 2 : terrassement pleine masse, ouvrage 3 : reprise décapage fin pour mise au jour des structures archéologiques...).

À chaque chantier ses modes opératoires propres qui sont tributaires du contexte du chantier : nature du sous-sol et des vestiges, organisation du chantier en une ou plusieurs phases, zones à libérer en priorité... Il est ainsi impossible de décrire l'ensemble des modes opératoires possibles et les fiches concernant ce sujet s'attacheront à expliquer comment se conçoivent ces modes opératoires. Quelques exemples illustreront les informations théoriques.

La rédaction et l'application des Modop, pour chaque chantier qui le nécessite, permettront à l'Inrap de réduire les problèmes de fonctionnement dus à un manque de préparation. Ils inciteront l'Inrap à trouver et à mettre en place des solutions efficaces pour l'exécution de ses chantiers. Ces modes opératoires sont au cœur de l'organisation des chantiers, leur compilation permettra à l'Inrap de se constituer une bibliothèque de savoir-faire permettant le transfert des connaissances et compétences d'un agent à l'autre.

4 Des fiches « Matériels de chantier »

Ces fiches présentent l'éventail des matériels (groupe électrogène, pompe, échafaudage, chapiteau, bungalows...) utilisés sur les chantiers. Elles donnent leurs caractéristiques techniques et leurs conditions d'utilisation. Ces fiches doivent servir à mieux dimensionner les besoins matériels par rapport à une tâche donnée et à éviter les sur ou sous-emplois. Plus généralement, elles permettent de clarifier les demandes (cahier des charges) par rapport aux prestataires extérieurs, tant pour des achats que pour des locations.

5 Des fiches « Règlement et sécurité »

Ces fiches rappellent les droits et devoirs des agents de l'Inrap sur leur chantier et face aux autres entreprises ; par exemple, concernant les engins, sont évoquées les règles à appliquer pour leur location, leur entretien, les formations nécessaires à leur conduite... Ces fiches éclairent en partie le fonctionnement des marchés de terrassement dont l'Inrap s'est doté depuis janvier 2010.

6 Des fiches « Documentation »

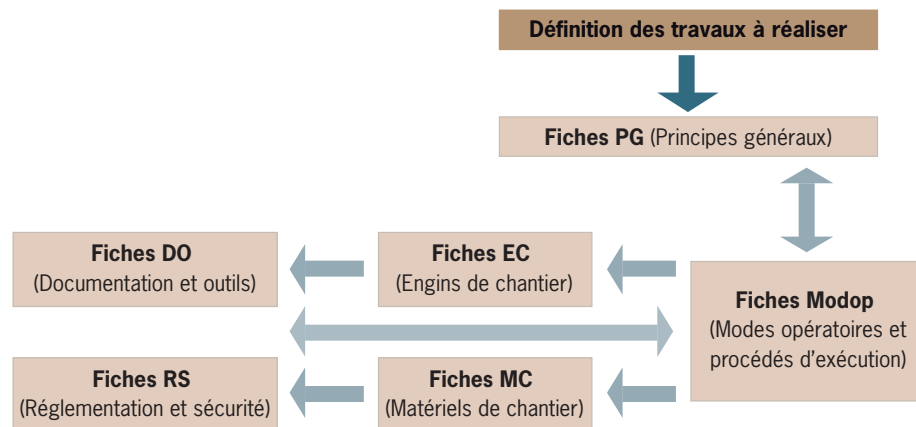
Elles présentent les connaissances complémentaires aux autres fiches, avec notamment un glossaire des termes techniques, une bibliographie, une présentation des différents intervenants pouvant se rencontrer sur un chantier, une description des études techniques nécessaires à la conception et à la réalisation d'un chantier...

L'organigramme de la figure 1 présente l'utilisation des fiches dans le cadre de la préparation et de la réalisation de chantiers. Le déroulement chronologique de leur utilisation est le suivant :

- définition des travaux à réaliser suivant les principes généraux (fiches PG) ;
- conception de modes opératoires spécifiques (fiches Modop) ;
- choix des engins et matériels (fiches EC et MC) pour réaliser les Modop retenus à l'étape 2 ;
- mise en conformité du chantier par rapport à la réglementation générale (fiches RS) et par rapport aux normes de sécurité spécifiques des engins, matériels et Modop retenus aux étapes précédentes.

Ces documents nécessitent d'être présentés et expliqués au cours de formations afin que les agents, dans un premier temps ceux qui sont en charge des opérations, puissent les utiliser avec le plus d'efficacité possible.

Fig. 1. Processus d'utilisation des fiches dans le cadre de la préparation et de la réalisation de chantiers.



Si un travail de réflexion systématique est réalisé tant au niveau des études que des exécutions sur les chantiers, avec une accumulation de documentation reflétant le plus précisément possible l'activité archéologique, un processus permanent [fig. 2] d'auto-alimentation du savoir vers le savoir-faire – et vice versa – sera possible. L'Inrap disposera alors à terme d'un outil performant lui permettant non seulement de conserver sa mémoire de travail, mais aussi d'alimenter en permanence et de mettre à jour en continu son savoir et son savoir-faire.

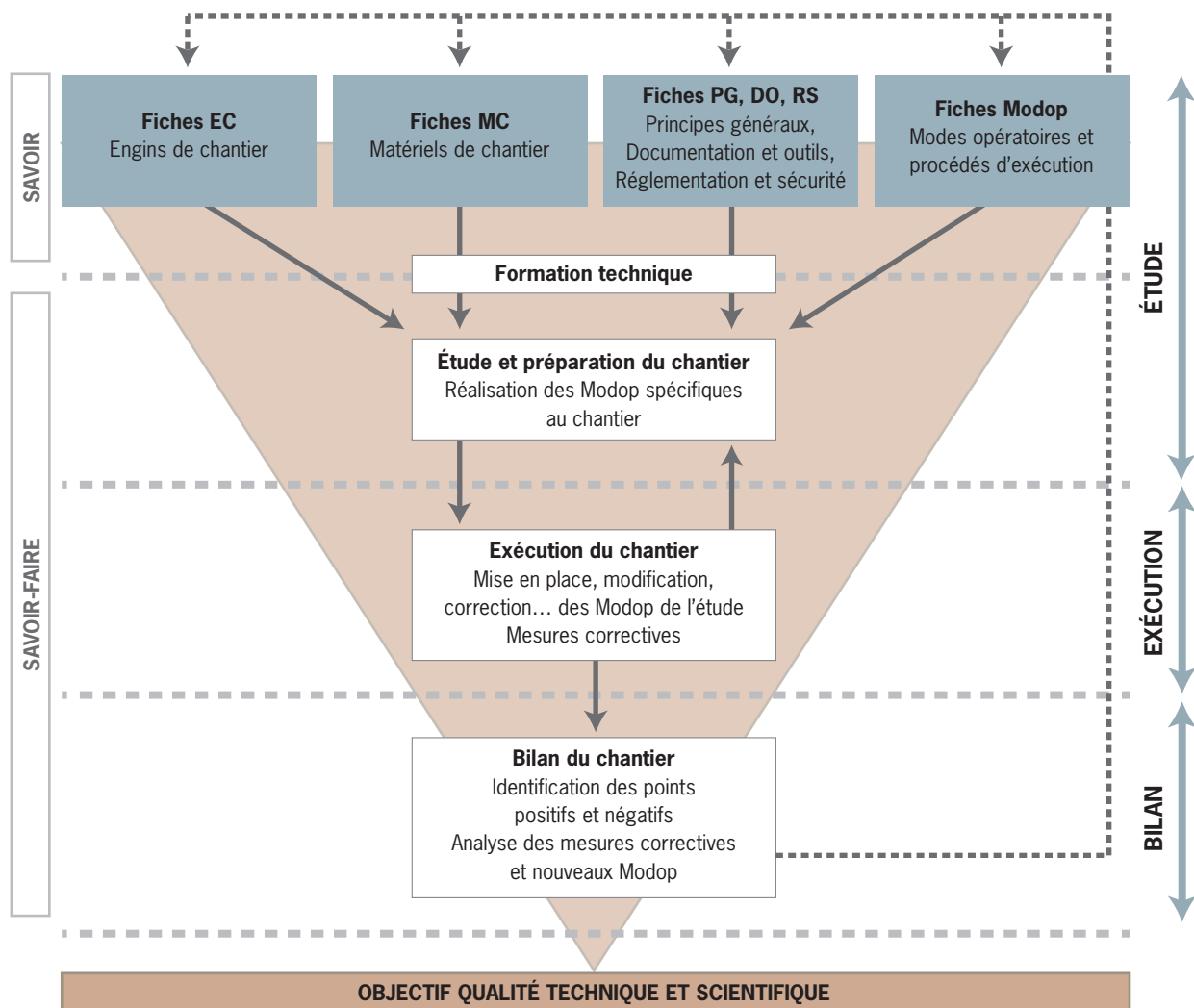
Cette veille technique et technologique d'information et de formation en continu assurera à l'Inrap un personnel professionnel qualifié et en permanente optimisation, capable de réaliser ses missions avec des compétences techniques affirmées et incontestables.

Ce processus permettra également d'identifier rapidement les «mauvaises» pratiques en service, soit au niveau individuel, soit au niveau collectif, et d'y apporter les mesures correctives nécessaires.

À court terme, il serait utile que se mette en place à l'Inrap un système complet de «conduite technique des chantiers» tel qu'il existe déjà dans le génie civil. Cette organisation méthodologique visant à améliorer le déroulement des chantiers s'articulerait autour de quatre actions :

- prévoir : afin d'anticiper les besoins ;
- organiser : en vue d'améliorer les liens d'encadrement et de fonctionnement qui constituent la vie même de l'Inrap ;
- coordonner : pour harmoniser et mettre en place les consignes et instructions et responsabiliser les différents intervenants ;
- contrôler : en vérifiant les prévisions par rapport aux réalisations et inversement, et en vérifiant la conformité avec les consignes et instructions.

Fig. 2. Conservation et évolution continues des savoirs et savoir-faire.



Julien Grisard
Inrap Grand Est nord

Vincent Riquier
Inrap Grand Est nord
UMR 8215

Le Parc logistique de l'Aube, fouille de 2006 : une expérience de tamisage mécanisé à grande échelle

L'objet de ces lignes est de tirer le bilan, aussi objectif que possible, de la campagne de fouille 2006 menée par une équipe de l'Inrap Grand Est nord sur le Parc logistique de l'Aube (PLA) (Riquier, Grisard 2011 ; Grisard *et al.* 2007). L'introduction d'une forme originale de tamisage dans les méthodes de fouille mécanisées en usage justifie la discussion sur son opportunité, ses résultats et ses limites.

1 Les conditions de mise en œuvre

1.1 Le Parc logistique de l'Aube en 2006 : l'empilement des contraintes

Sans revenir dans le détail sur l'origine des méthodes et le cadre d'intervention présenté par A. Koehler (*cf.* ce volume), il est nécessaire de prendre la mesure de l'intensité des contraintes liées à cette opération en 2006.

À la suite des diagnostics de 2004, de l'hiver 2005-2006 et de la première fouille de 2005, il était évident que les 250 ha de terrain menacés par le projet du PLA offraient un potentiel archéologique considérable, dans un état de conservation supérieur à la moyenne régionale constatée, et tout particulièrement pour les phases protohistoriques (du Néolithique ancien à la fin du second âge du Fer). Le versant archéologique du PLA méritait donc un investissement scientifique à la hauteur de l'enjeu.

Du côté de l'aménageur, une série d'engagements envers l'entreprise Prologis exigeait la libération de 30 ha de terrain et l'achèvement des travaux de viabilisation au plus tôt dans l'été 2006. Il s'avère que la zone ciblée par Prologis touchait justement le secteur diagnostiqué le plus riche. Aucune négociation sur l'emplacement du site à aménager n'était possible et le calendrier croisé des impératifs de terrassement et des capacités opérationnelles de l'Inrap Grand Est nord figeait toute autre marge de manœuvre. Les décideurs pour la partie archéologique ont fait d'abord le choix de prescrire la surface la plus grande possible pour les concepts régionaux (10 ha + tranches conditionnelles), quoique réduite de moitié par rapport à la surface archéologique dense, afin d'obtenir une vision la plus intelligible possible du secteur menacé, puis de construire un projet scientifique tout mécanisé dans l'idée de tenir les délais fixés et de contenir le coût financier dans des limites acceptables pour l'aménageur.

L'opération sur le terrain s'est ainsi déroulée dans les délais, du 3 avril au 18 août 2006 (4 mois et demi), sur 16 ha, et aura coûté environ 3 millions d'euros (1 900 jours/homme, soit 18 agents/jour en moyenne).

Il est évident que tout assouplissement de l'une ou de toutes les contraintes précitées aurait été le bienvenu pour réduire les tensions pesant aussi bien sur l'équilibre financier du projet que sur le calendrier de réalisation des travaux et, *in fine*, sur les conditions matérielles d'intervention des agents. Par ailleurs, il est toujours salutaire de rappeler que l'opération n'a pu se dérouler dans les délais et le respect des prescriptions scientifiques que grâce à la volonté et à la persévérance des archéologues sur le terrain.

1.2 Tamisage + mécanisation : l'expérience de 2006

L'idée de base conduisant au projet de 2006 était d'injecter, à l'intérieur de la chaîne opératoire en usage à cette époque, en partie mécanisée, une dose de tamisage à maille « large » (supérieure à celle employée pour les macrorestes par exemple) pour fouiller le sédiment des structures en creux. Cela permettait de faire des économies d'échelle sur la fouille proprement dite des fosses, quitte à déplacer le problème hors du terrain menacé par stockage temporaire des sédiments.

1.2.1 Une expérience

Il s'agissait donc plus d'une expérience régionale que d'une véritable expérimentation, avec batterie de tests et protocole sous contrôle scientifique, et prête à être interrompue en cas de problème, donc dotée d'un budget propre et d'une équipe dédiée. Par certains aspects cependant, l'idée expérimentale était présente lorsqu'il s'est agi de mesurer certains résultats et les limites de certains enchaînements opératoires par rapport aux pratiques en usage en région.

1.2.2 La mécanisation

En 2006, le terme « mécanisation » recouvre en Champagne plusieurs réalités, la plus courante étant, *a minima*, la fouille par moitié de chaque vestige en creux, à la pelle ou à la mini-pelle selon la taille et le volume de la structure, dans la tradition des équipes de fouilles des carrières de la vallée de l'Aisne ou de l'Oise. Les dépôts ou les aménagements complexes restent fouillés à la main. La fouille intégrale des fosses, quoique souhaitée, est rarement possible pour des questions de moyens. En postfouille, l'autre versant de la mécanisation – l'informatisation et l'automatisation (BDD, SIG) – est limité et largement tributaire des initiatives individuelles. Il ne fait l'objet d'aucun investissement puisque conçu comme secondaire par rapport à la phase de terrain.

La rationalisation du processus de fouille mécanisée imposée par le projet a conduit à revoir et surtout à questionner certaines pratiques en cours ainsi qu'à moderniser certaines activités, en particulier le levé topographique et le post-traitement des plans.

1.2.3 Le tamisage

Bien répandu en fouille programmée dans le monde anglo-saxon, le tamisage des sédiments archéologiques, afin de recueillir tous les restes de culture matérielle et pas seulement les macro-restes, est globalement inconnu en Champagne en 2006. Testé de manière artisanale dans une gravière par F. Dugois (*cf.* article A. Koehler, ce volume), il est difficilement reproductible en dehors des zones de fouilles en carrière. Le modèle choisi pour la Champagne est importé de Lorraine et comporte une station métallique « lourde » à grille amovible chargée par des big-bags levés par un engin de manutention. Deux nouvelles stations, améliorées par rapport à l'existante, ont donc été fabriquées pour l'occasion. Un couple de grilles de tamis de 0,5 et 1 cm de maille a été livré avec, selon les recommandations d'un test rapide effectué sur le sédiment d'une fosse trouvée en 2005 sur le PLA.

2 Schéma de la chaîne opératoire

Afin d'éviter toute confusion, il est important de souligner que toutes les activités qui composent l'ensemble de la chaîne opératoire n'ont pas fait l'objet d'une « mécanisation/informatisation ». Seules certaines ont été mécanisées en intégralité ou en partie, alors que d'autres ne l'ont pas été ; le volet informatisé est cependant resté limité au domaine de la topographie. La chaîne opératoire se décompose en cinq étapes principales [fig. 1]. Pour la description détaillée de chacune des étapes, nous renvoyons à un précédent article (Grisard *et al.* 2007).

2.1 Les activités mécanisées intégralement ou en partie

Cinq activités ont été mécanisées : décapage à un rythme soutenu, automatisation complète du levé topographique en plan (géocodification), fouille mécanisée systématique avec prélèvement du sédiment destiné au tamisage, mise en place d'une infrastructure lourde et, pour le tamisage à l'eau, transport mécanisé des sacs destinés au tamisage.

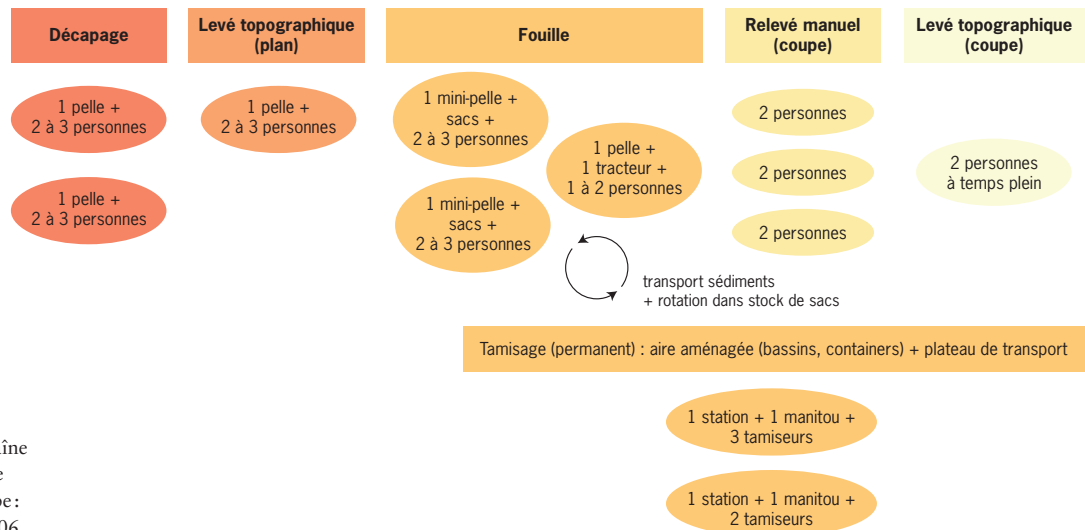


Fig. 1. Schéma de la chaîne opératoire utilisée sur le Parc logistique de l'Aube : campagne de fouille 2006.

2.2 Les activités peu ou pas mécanisées

Six activités n'ont pas été mécanisées : nettoyage des structures après décapage et détermination des contours, préparation, lecture et relevé des coupes stratigraphiques, enregistrement manuel papier et contrôle, prélèvements pour analyses environnementales, archivage du mobilier... et le tamisage proprement dit. L'objectif principal a été de parvenir, sur l'ensemble de la chaîne opératoire, à un rythme de croisière débarrassé des à-coups produits par les vitesses d'action très différentes d'une équipe à l'autre, dues aux types d'actions mécanisées ou pas.

3 Une fouille mécanisée couplée à un système de tamisage

3.1 Les modalités techniques de la fouille

La grande majorité des vestiges mis au jour a été fouillée par moitié à la pelle ou à la mini-pelle, le prélèvement pour tamisage n'étant, lui, pas systématique. Une minorité de structures présentant un dépôt ou une architecture complexe (sépulture, bûcher, dépôt de mobilier) a fait l'objet d'une fouille manuelle.

La seule option proposée pour collecter le sédiment à tamiser était des big-bags d'une contenance de 1 m³, remplis à l'aide d'une mini-pelle munie d'un godet étroit à lame. Les sacs étaient ensuite acheminés par un plateau agricole tracté jusqu'à l'aire de stockage située à proximité des deux stations de tamisage. L'alimentation des stations en sacs se faisait par le biais d'un engin de levage. Par station, deux agents avaient en charge le tamisage, aidés d'un troisième missionné pour gérer le mobilier provenant des tamis (tri, conditionnement, pré-enregistrement).

3.2 La stratégie d'échantillonnage

La décision de tamiser une structure a été prise selon deux niveaux de critères. La sélection devait d'abord répondre, sur les 16 ha décapés, à une triple demande de représentativité spatiale, chronologique puis fonctionnelle. C'est pourquoi, autant que possible, les fosses sélectionnées l'ont été sur l'ensemble du Parc, dans tous les types de sédiment. Toutefois, puisque l'opération était centrée sur les périodes de l'âge du Bronze et de l'âge du Fer, l'accent a été mis sur leurs vestiges. Ponctuellement, des tests ont été réalisés sur des fosses d'autres périodes. Enfin, le grand nombre de fosses à très fort volume (supérieur à 50 m³) impliquait une attention prioritaire sur ces ensembles souvent négligés.

Le second niveau de critères était le degré de complexité stratigraphique de telle structure et la représentativité que l'on accordait à sa fouille (ciblée, à 50 % ou 100 %).

Dans la plupart des cas, les fosses étaient de faible complexité stratigraphique (à creusement simple ou à une seule US détritique) ce qui a réduit l'alternative sur la collecte à prélever soit une moitié (ou les quarts opposés) soit les deux moitiés en deux temps. Ce sont les cas de fosses à stratigraphie complexe qui ont montré les limites de ce système dans le sens où un prélèvement US par US, théoriquement possible, était souvent inenvisageable pour des questions simples de disponibilité de *big bags* et de gestion des stocks. D'une part, la rotation des sacs s'est faite sur un effectif important mais finalement largement insuffisant : en tenant compte du foisonnement, une fosse polylobée d'environ 100 m² nécessite par exemple une centaine de sacs, soit, en équivalent sac tamisé/station/jour, environ dix jours de travail. Ainsi, même si l'aire de stockage permettait d'entreposer un nombre illimité de sacs, le volume de sacs immobilisables était restreint. Lié à cette question pratique, d'autre part, le volume fixe par sac restait inadapté pour les « petits volumes », sauf à geler une grande partie des sacs en les sous-chargeant à 10 ou 20 % de leur capacité, situation en contradiction avec le manque chronique de sacs pour les grands volumes.

Un des principaux problèmes de cette expérience réside donc dans l'absence de latitude (*big bag* de type unique, volume fixe, mode unique de manutention) quant au type de contenant. Cette rigidité a impacté également la gestion du flux de sédiment en circulation (mode unique de transport, de manutention, de stockage), et a conduit, dans le cas des petits volumes en particulier, à abandonner le tamisage.

Ainsi, sur les 2 891 faits archéologiques avérés, 80 % ont été fouillés par moitié ou intégralement et un lot d'environ 8 % a été tamisé (247 faits), représentant un volume de 1 500 m³ de sédiment traité. Dans ce lot, une sélection des structures protohistoriques les plus représentatives (78), équivalant à 2,7 % du nombre des structures mais à environ 30 % du volume global de sédiment archéologique, a été tamisée en intégralité. Si la mécanisation a été très importante dans tout le processus de fouille et dans l'ambiance du chantier en général, le tamisage proprement dit n'a concerné qu'une part limitée des structures.

3.3 Quantifier la culture matérielle

Lors d'une fouille manuelle ou mécanique, avec tri manuel des déblais, chacun a pu faire le constat qu'une partie des restes de culture matérielle n'est pas ramassée et disparaît, en particulier les vestiges les plus petits et les plus fragiles : faune, silex, petits objets en métal, en terre cuite, etc. Dans le meilleur des cas, la pluie en fait ressortir une partie sur les tas de déblais.

Le but du tamisage est de jouer le rôle d'une pluie permanente afin de donner aux archéologues la possibilité de récolter, selon la maille choisie du tamis, soit une sélection objective, soit l'intégralité des restes, sans passer par la case tri manuel et aléatoire des déblais. De ce fait, le tamisage contribue à modifier le spectre détritique et en partie les résultats archéologiques. Il aide à quantifier les restes et à rendre objective la représentation de la culture matérielle.

La maille de tamis employée était de 1 cm en raison de la forte proportion d'argile dans le sédiment. Le tamis de maille plus fine (0,5 cm) n'a pas été utilisé même s'il aurait probablement permis de recueillir plus de micro-artefacts : le taux d'argile aurait ralenti fortement le processus de tamisage et la valeur documentaire des micro-artefacts est discutable en particulier pour la céramique, la faune terrestre, le torchis qui représentent la majorité des restes retrouvés. À ce titre, il faut souligner que les spécialistes se sont régulièrement plaints de la quantité de « petits » tessons, d'esquilles osseuses ou de boulettes de torchis, beaucoup plus importante qu'à l'accoutumée, et qui ne rentrent pas dans leurs catégories d'analyse. Pour certaines périodes très riches en mobilier, peut-être convient-il d'agrandir la maille du tamis pour la rapprocher de l'œil humain qui sert de grille en fouille manuelle.

Quoi qu'il en soit, on constate sur le PLA qu'avec le tamisage, le poids statistique des éléments de faune et du lithique en général est très nettement réévalué, ainsi que des petits objets en terre cuite (fusaiöles, perles, etc.), en os ou en métal [fig. 2].

Encore embryonnaire, un travail de quantification est en cours sur la céramique de la fin de l'âge du Bronze et du premier âge du Fer afin d'obtenir un référentiel fiable tel qu'il a été produit dans certaines régions (Lorraine, Midi, Bourgogne).

Fig. 2. Ventilation du volume de mobilier par grande catégorie.

Matériau/Mobilier	NR	Poids
Bronze	117	516
Céramique	151 711	2 339 647
Coquillage	41	116
Coquillage fossile	13	257
Faune	19 012	170 674
Fer	338	9 756
Lignite - roche noire	7	40
Lithique (hors silex)	892	191 667
Lithique (silex)	9 875	158 973
Métal - monnaie	7	2
Plomb	4	139
Prélèvement carpologique	665	3 681
Scorie	241	7 274
TCA	1 348	107 804
Terre crue architecturale	3 554	834 554
Terre cuite - objet	663	51 405
Verre	12	48
Total	188 698	3 877 575

3.4 État de conservation du mobilier

Selon les secteurs, le mobilier était dans un état de conservation très variable. Spongieux et déstructuré pour la céramique et la faune en milieu argileux humide, il était de très bonne tenue sur les secteurs secs, en particulier au cœur du projet Prologis.

Selon les périodes également, les variations étaient fortes : faune et céramique très fragmentées pour le Néolithique en général, très solides pour la fin de l'âge du Bronze et du premier âge du Fer, céramique très friable pour la fin du second âge du Fer.

En fonction de ces paramètres, le passage à l'eau, et *a fortiori* au jet, a occasionné ou pas des dégradations. Pour la céramique, l'impact est faible (Néolithique) voire nul (Protohistoire), puisque le passage à l'eau est relativement bref et qu'il n'y a pas ou peu de chocs violents sur le tamis. Pour les tessons déjà déstructurés ou très fragilisés, la solution se trouve bien entendu en dehors des méthodes courantes de prélèvement (manuel ou mécanique) et nécessite une stabilisation sur place. Pour la faune, l'avis est plus mitigé : si les os sont en meilleur état qu'après une fouille mécanique fine, certaines parties osseuses (mandibules) n'apprécient pas les manipulations multiples. Pour le matériel lithique, silex ou autre, aucune dégradation n'est à noter ; le potentiel tracéologique est conservé intact. De même, pour les « petits » objets en terre cuite ou autre matériau (coquillage, métal, etc.), on ne constate aucun dégât et leur représentation est bien meilleure que sur une fouille mécanique ou même sur une fouille manuelle. Certains objets, plus petits encore, ont pu à l'inverse passer à travers les mailles du tamis. Dans l'ensemble, on constate que le mobilier ressort en meilleur état que sur une fouille mécanique à passes fines couplée à un nettoyage manuel à la brosse à dents, actions qui ont tendance à endommager fortement, voire à réduire en miettes certains types de matériaux archéologiques (faune, céramique).

Toutefois, le tamisage sur le terrain ne constitue qu'une première étape de passage à l'eau où le mobilier est séparé du plus gros de sa gangue de terre. Sortis du tamis, les objets sont encore sales et inexploitables. L'option retenue ici, qui n'avait pas été anticipée avant l'opération, a été de sécher puis d'archiver temporairement le matériel sur le terrain, dans un container spécifique. Le nettoyage fin n'a été entrepris que quelques mois plus tard, à partir de janvier 2007. Il est évident que l'étape d'archivage temporaire du mobilier sur le chantier a constitué une perte effective de moyens et de temps, qui aurait été plus utile à la fouille. L'idéal aurait été d'installer une station complète sur le chantier avec salle de nettoyage fin, salle de tri et de gestion du mobilier, comme cela se fait pour certaines grandes opérations.

4 Les limites de l'expérience

Les modalités techniques de l'intervention ont impliqué de mettre sur pied une chaîne opératoire radicalement différente de celle des opérations de fouilles mécanisées conventionnelles. L'agencement des points durs (mécanisation poussée + tamisage) a débouché sur une proposition concrète de chaîne opératoire, par ailleurs perfectible et loin d'être la seule possible ; d'autres options auraient sans doute pu être envisagées et testées avec la même marge de manœuvre financière.

Il est important aussi de prendre conscience que ce processus touche d'une part à l'organisation du travail et crée d'autre part de nouvelles contraintes, du fait de l'interdépendance plus forte des étapes de la chaîne opératoire entre elles.

À ce titre, on peut distinguer les problèmes structurels des problèmes conjoncturels.

4.1 La rigidité des sacs souples

Concernant la partie tamisage, on a vu que l'un des principaux points susceptibles de bloquer régulièrement la chaîne de travail était la rigidité du mode de prélèvement et de sa gestion globale (transport, manutention, stockage). Cette méthode a impliqué une mécanisation du transport, dont les implications en termes de coût n'ont jamais été évaluées.

En l'état, il n'est pas possible de recommander la prolongation de l'expérience sous cette forme. La poursuite de tests pour introduire le tamisage à cette échelle de fouille doit se faire dans le sens d'une adaptation complète de l'outil au travail à fournir et aux situations multiples rencontrées.

4.2 Un seuil minimal de personnel nécessaire au bon fonctionnement

Toujours sur le point des contraintes structurelles, mais concernant maintenant l'ensemble de la chaîne mécanisée, qu'il y ait tamisage ou non, on constate qu'une bonne liaison entre les équipes manuelles et mécanisées rend nécessaire l'existence d'un seuil minimal de personnel pour empêcher toute rupture de charge au sein de la chaîne opératoire. Ainsi, une équipe chargée de la fouille de structures à la mini-pelle ne peut être inférieure à 3 personnes à temps plein, sans compter la ou les équipes dédiées à l'enregistrement complet. La vitesse de croisière d'une équipe de fouille mécanisée sans tamisage (équivalente à celle d'une équipe de fouille mécanisée avec tamisage) dépassant de loin celle d'une équipe de fouille manuelle, le nombre d'équipes de relevés doit être augmenté d'autant pour suivre ce rythme.

4.3 Des cadences de travail très différentes entre les étapes successives

Autre contrainte structurelle, liée à la précédente : le décalage entre la vitesse d'exécution des étapes/équipes successives a provoqué des à-coups et des tensions sur la chaîne, perturbant le rythme de travail global. L'origine de ce décalage provient clairement de la coexistence d'actions mécaniques rapides et d'actions manuelles plus lentes sur la même chaîne. Bien souvent, les équipes mécanisées ont avancé trop vite par rapport aux équipes manuelles (nettoyage des structures, relevé de coupe et enregistrement, etc.).

4.4 Les aléas d'un chantier

Sur ces contraintes structurelles se sont régulièrement greffés tous les aléas, petits et grands, d'un chantier, rendant parfois la tâche de gestion particulièrement compliquée. Parmi les problèmes conjoncturels récurrents, le plus déterminant, en partie propre à l'Inrap, vient de l'irrégularité du nombre d'agents/jour/semaine sur le terrain, qui a été souvent problématique pour assurer le maintien de la chaîne opératoire.

5 Bilan et perspectives de la fouille mécanique tamisée

L'expérience menée en 2006 sur le PLA doit sa réussite relative à la conjonction de plusieurs facteurs, situation qui, en l'état, n'est pas reproductible en tout lieu ni en toute saison. Ces circonstances favorables ont permis de surmonter les principales difficultés techniques et organisationnelles ; elles n'ont cependant pas pu contrebalancer les contraintes imposées au berceau du projet. Il nous semble incontournable de répéter que la modification de l'une ou de toutes ces contraintes aurait pu améliorer sensiblement les conditions d'intervention et conséquemment la perception globale des résultats par la communauté scientifique.

S'agissant de la chaîne opératoire proprement dite, il est également utile de souligner qu'elle n'est qu'une possibilité parmi de nombreuses autres, qu'elle s'est d'abord appuyée sur un substrat scientifique et nourrie des coutumes techniques locales, questionnées, adaptées et rationalisées pour l'occasion. Ces données restent extrêmement variables d'une région et d'un collectif de travail à l'autre. Toute normalisation par le haut risque fort d'être vouée à l'échec. Comme pour toute innovation, la réussite de son introduction dépend de la conviction des personnes concernées et de son « ergonomie » générale. Le concept même de tamisage à l'eau des sédiments archéologiques ne peut être remis en question, puisqu'il constitue un progrès notable dans les techniques de collecte et de tri. Appliquer le tamisage pour la fouille du sédiment de fosses ne pose en lui-même aucun problème puisqu'il ne s'agit que d'un changement d'échelle. Rappelons que le tamisage est également employé virtuellement à plus grande échelle encore dans tous les projets de thèse et de synthèse régionaux ou nationaux, où la sélection des informations est, dans les bons travaux, faite selon une maille théorique énoncée clairement. La meilleure représentation du spectre des restes de culture matérielle obtenue par le tamisage constitue une nette amélioration par rapport à la représentation aléatoire issue de la collecte manuelle en usage.

Cependant, avant toute nouvelle mise en service, d'importants efforts d'optimisation dans la méthode de tamisage sont impératifs pour rendre le processus adapté autant à la majorité des sites et des vestiges rencontrés qu'aux agents chargés de sa mise en œuvre. Puisque le tamisage à cette échelle de travail ne peut être que mécanisé au vu des charges et des volumes considérables concernés, il est alors logique d'attendre un premier niveau de cohérence globale dans la chaîne opératoire sur le terrain. Il apparaît que le défaut principal du mode de collecte employé sur le PLA a été sa rigidité et donc son manque d'adaptabilité aux différents cas de figures rencontrés ; il faut pouvoir disposer d'une gamme d'outils mécanisés au moins équivalente voire supérieure à celle en usage en fouille manuelle. C'est à ce prix que les archéologues ne se verront pas dicter leurs choix techniques et scientifiques par les seules machines mises à disposition. Est-il aussi besoin de répéter que le tamisage, comme tout outil, n'est pas forcément l'outil idoine pour toute chose ?

L'autre conséquence de cette expérience touche le post-traitement des données de terrain. Soeur jumelle - on l'oublie souvent - de la mécanisation, l'informatisation/automatisation complète du traitement de données n'a pas été entièrement anticipée puisqu'elle n'a concerné que le volet topographique, naturellement plus au fait des nouvelles technologies que les autres versants du travail archéologique. Avec le recul, et ce constat est valable finalement pour toute opération préventive, il est devenu flagrant que la chaîne opératoire du post-traitement souffrait d'incohérences à différents niveaux, depuis l'archivage du mobilier jusqu'aux méthodes et objectifs d'études spécialisées. Le mélange d'activités d'enregistrement et de contrôle, une fois manuelle, une fois informatisée, tantôt quantitative, tantôt qualitative a nui à la fluidité des processus et à l'harmonisation des données. Le chantier est certes plus complexe que celui de la mise en cohérence des méthodes de fouille, puisqu'il touche une variété d'acteurs et de coutumes plus grande. Il est cependant incontournable pour faire passer l'archéologie préventive au rang de véritable science.

Bibliographie

Riquier, Grisard 2011: RIQUIER (V.), GRISARD (J.). – An extensive surface project at Aube Logistics Park (France): the methods and initial scientific results, in: BLANQUAERT (G.), MALRAIN (E.), STÄUBLE (H.), VANMOERKERKE (J.) ed. - *Understanding the Past: A Matter of Surface-Area, Acts of the XIIIth Session of the EAA Congress, Zadar 2007*, BAR International Series 2194, p. 129-141.

Grisard *et al.* 2007: GRISARD (J.), KOEHLER (A.), RIQUIER (V.). – L'archéologie passée au crible: application d'une méthode systématique de tamisage sur le site du Parc logistique de l'Aube. *Archéopages*, « Naissance de la ville », n° 20, Nantes, La Documentation Française, octobre 2007, p. 64-73.

Synthèse

Le point de vue de la direction scientifique et technique

Pour des raisons non seulement de pragmatisme et d'efficacité, mais également de priorité méthodologique et opérationnelle, le séminaire a porté essentiellement sur un domaine précis de la mécanisation, celui de la mise en œuvre de mini-pelles hydrauliques. Avec un retard de plusieurs années et le recul imposé par divers aléas, il nous est apparu souhaitable, dans cette partie conclusive, d'élargir davantage la problématique. Les propos ont non seulement été réactualisés mais vont au-delà des conclusions du séminaire pour aborder la mécanisation sous divers angles, et considérer le recours à la mini-pelle dans un contexte élargi, avec une sensibilité particulière pour le tamisage de gros volumes.

La mécanisation des fouilles est un sujet particulièrement sensible, voire polémique. Incontournable et central en termes de qualité et d'économie, ce sujet nécessitait de confronter les points de vue des utilisateurs... et des non-utilisateurs. Ce débat ne devrait plus porter sur le principe même de mécaniser ou non, mais, au cas par cas, d'analyser l'adéquation entre les objectifs scientifiques et les méthodes et techniques pouvant être mises en œuvre. Les fouilles et les diagnostics archéologiques sont déjà fortement mécanisés, ne serait-ce que dans l'acte de décapage, réalisé désormais dans la très grande majorité des cas avec des pelles hydrauliques, précédées parfois de décapeuses automotrices, tracteurs sur chenilles, etc. lorsque la puissance des stériles l'autorise, ou, plus précisément, l'impose.

La mécanisation raisonnée relève d'une évolution normale dans notre discipline et lorsque le législateur introduisait, en 2003, la concurrence pour les fouilles, la mise en œuvre d'engins sur les chantiers était déjà une pratique courante, bien maîtrisée par certains, en cours d'acquisition pour d'autres. Mais si la mécanisation n'est pas une conséquence de la mise en concurrence des fouilles, cette dernière impose d'en accélérer le processus d'intégration, c'est-à-dire sa maîtrise. La principale difficulté porte non pas sur le fait d'opter ou non pour une fouille mécanisée, mais de se garder de toute mise en œuvre hâtive susceptible de réduire la qualité des interventions, des données et des réflexions produites.

Quel que soit le contexte, l'utilisation d'engins, de machines ou d'appareils sur les chantiers de fouille demeure au service d'un même objectif : l'étude de vestiges anthropiques dans leur environnement, leur compréhension et leur sauvegarde. Cette utilisation doit s'inscrire dans la recherche de la meilleure combinaison de moyens permettant l'optimisation de l'observation, l'amélioration de la qualité de l'information scientifique et celle de sa production, et la réduction de la pénibilité du travail. Aucun des moyens envisageables ne permet à lui seul de répondre à l'ensemble des objectifs et aux continues adaptations nécessaires au quotidien. Ainsi, il existera toujours une complémentarité entre fouille manuelle et fouille mécanique, et il convient une fois de plus d'insister sur le fait que la pelle mécanique ne peut se substituer entièrement aux outils manuels. Elle doit en revanche en compléter la panoplie.

La mécanisation s'inscrit bien évidemment dans l'optique d'améliorer les conditions de travail, selon le principe général énoncé dans l'article L4121-1 du code du travail¹. Cet aspect des choses, s'il est fondamental, ne sera pas développé ici. En filigrane dans toutes nos préoccupations scientifiques, il doit rester une préoccupation majeure et déterminante, tant dans le fait de rechercher des solutions de mécanisation voire d'automatisation, que dans celui d'inscrire ces nouvelles façons de faire dans un cadre approprié de santé et de sécurité.

1. « L'employeur prend les mesures nécessaires pour assurer la sécurité et protéger la santé physique et mentale des travailleurs. Ces mesures comprennent :
1° des actions de prévention des risques professionnels ;
2° des actions d'information et de formation ;
3° la mise en place d'une organisation et de moyens adaptés.
L'employeur veille à l'adaptation de ces mesures pour tenir compte du changement des circonstances et tendre à l'amélioration des situations existantes. »

1 Une amélioration continue de nos manières de faire

Ce n'est pas la minutie d'une fouille manuelle qui fait sa qualité et il ne peut y avoir deux écoles, l'une du « tout manuel », l'autre du « tout mécanique », qui seraient tout aussi inappropriées l'une que l'autre. Faire évoluer les manières de faire est toujours accompagné de craintes, de réticences, particulièrement lorsque cette évolution n'est pas initiée par les utilisateurs eux-mêmes. Pour la mécanisation, les réticences sont polarisées essentiellement sur la crainte d'une dégradation de la qualité des informations produites d'une part, et sur la nécessité de modifier un certain nombre d'habitudes et de devoir acquérir de nouvelles compétences d'autre part.

Si la controverse perd en virulence concernant l'usage de mini-pelles hydrauliques, des expériences comme le tamisage lourd sur des opérations en Champagne-Ardenne ont suscité de vives inquiétudes : sentiment d'une banalisation imposée, d'une simplification des approches archéologiques, d'une non-prise en compte de la stratigraphie interne des ensembles, interrogations sur la gestion et l'étude d'une grande quantité de mobilier, crainte d'une généralisation incontrôlée du procédé en l'état et enfin incertitudes concernant la pénibilité de certaines tâches associées.

Ces inquiétudes obligent à une analyse rigoureuse. Le risque, effectif, d'une banalisation d'approches simplistes n'est pas spécifique à la mécanisation, il existe bel et bien dans tous les domaines. Par exemple, le procédé de tamisage de volumes importants n'implique pas de négliger la stratigraphie et, dans les cas présentés, il s'agit bien d'un choix méthodologique spécifique, lié à l'échelle d'approche. Ce choix, qui doit être fait en toute connaissance des gains et des pertes d'information à intégrer dans les objectifs de l'opération, ne peut en aucun cas devenir une habitude, un automatisme. Et les « ratés » qui ont pu être regrettés par les équipes relèvent davantage des conditions d'exécution (ampleur des chantiers, délais particulièrement serrés) et de l'inévitable manque d'expérience.

Par ailleurs, la mécanisation ne peut pas être considérée comme le simple fait de remplacer l'énergie humaine par celle de machines, de simplement reproduire les mêmes gestes : elle ouvre aussi d'autres horizons à explorer. Pour des moyens humains donnés, mettre à contribution de l'outillage, des machines ou des engins appropriés permet de fouiller un plus grand nombre d'éléments archéologiques, de se rapprocher davantage de ce que l'on entend comme significatif. Aussi, le gain, au moins numérique, d'information permet d'augmenter la valeur statistique des données recueillies et de réduire la part du hasard et des incertitudes dans les inévitables choix de fouille. Mécaniser les travaux peu valorisants permet aussi de se consacrer davantage à des activités strictement archéologiques (dégagement fin pour une bonne lecture des phénomènes, réflexion, analyse, constitution de données fiables et vérifiées, production d'autres fonds documentaires, graphiques, photographiques, etc.).

Toutefois, un projet de fouille mécanisée, aussi bien pensé soit-il, ne pourra être suivi des résultats escomptés que si l'équipe y est préparée et qu'elle est accompagnée. Aussi est-il nécessaire d'éviter trop de précipitation : ce qui compte, c'est l'amélioration de la production scientifique et de ses conditions, pas le fait de développer la mécanisation qui n'est qu'un moyen, pas un but en soi et encore moins un dogme. Loin de rester attentistes, il nous faut prévoir des contrôles, des tests et des points d'arrêt, là où ils sont nécessaires. En particulier, il est important de toujours apprendre à mieux organiser les chantiers et leurs ateliers. Pour cela, des échanges, de la réflexion, de la formation... et un suivi général sont nécessaires.

Enfin, le choix de traiter plus particulièrement ici de l'utilisation des mini-pelles et des expériences de tamisage à grande échelle ne doit pas restreindre la question de la mécanisation des fouilles à ces deux seuls aspects. Par mécanisation, il faut aussi entendre l'utilisation d'aspirateurs, de stations totales robotisées, d'engins de manutention, etc. Il est souhaitable que soit développée une réflexion plus globale portant sur l'adéquation entre objectifs scientifiques, méthodes à clarifier et techniques à mieux maîtriser. Gardons donc à l'esprit qu'une multitude d'engins et de machines peut être mobilisée pour faciliter et améliorer les tâches, voire en autoriser d'autres : si de nombreuses tâches « traditionnelles » peuvent être mécanisées, d'autres ne sont pas concevables sans mécanisation.

Les engins sont empruntés au monde du BTP et, dans le domaine du terrassement, l'intégration est bien avancée. En revanche, les machines peuvent être empruntées et adaptées de bien d'autres domaines. Après l'appropriation de certains outils et accessoires, devenus parfois emblématiques, comme la truelle, le scalpel, la cuillère et le pinceau, puis l'adaptation de ceux-ci, le phénomène se prolonge avec les machines et les engins et se poursuivra, sans autre limite que l'imagination et les besoins. La mécanisation des fouilles ne consiste pas à instituer de manière dogmatique de nouvelles façons de faire, jugées à tort ou à raison comme les plus appropriées, mais bien à s'inscrire dans un mouvement d'amélioration continue de nos manières de faire, des réflexions associées et de la qualité des observations.

2 Quelques notions et définitions préalables

2.1 Le cadre réglementaire : principes méthodologiques et techniques, méthodes et techniques

Selon l'article R523-39 du code du patrimoine, lorsque le préfet de région prescrit la réalisation d'une fouille dans les conditions prévues par l'article R523-19, il assortit son arrêté de prescription d'un cahier des charges scientifique qui, entre autres, « définit les objectifs, les données scientifiques ainsi que les principes méthodologiques et techniques de l'intervention et des études à réaliser ». L'exercice de la prescription est complexe et la traduction de « principes méthodologiques et techniques » est très variable. Ce cahier des charges établit la finalité, c'est-à-dire l'attendu scientifique de l'opération, accompagné des attendus de qualité. Il convient également de garder à l'esprit que le cahier des charges scientifique repose sur un état de la connaissance, tant du point de vue des résultats scientifiques escomptés que de celui des méthodes et techniques habituellement mises en œuvre et ayant fait leurs preuves ou non. Ce socle est à construire en permanence par l'ensemble des acteurs de l'archéologie préventive et ne peut l'être efficacement que dans le cadre d'un dialogue constant entre ceux-ci. Les solutions méthodologiques et techniques ou technologiques qui sont mises en œuvre sur les chantiers devraient être connues de tous, pour leurs avantages et leurs inconvénients. L'article R523-44 du code du patrimoine indique que « l'aménageur conclut avec l'opérateur un contrat qui définit le projet scientifique d'intervention et les conditions de sa mise en œuvre. Ce projet détermine les modalités de la réalisation de l'opération archéologique prescrite, notamment les méthodes et techniques employées et les moyens humains et matériels prévus. Il est établi par l'opérateur sur la base du cahier des charges scientifique. »

Le cahier des charges est ainsi supposé laisser une certaine latitude à l'opérateur pour déterminer les méthodes et techniques les plus à même de contribuer efficacement à atteindre les objectifs fixés. Il revient donc à l'opérateur de proposer et d'explicitier les processus envisagés et d'en préciser, voire démontrer, le bien-fondé et l'efficacité. Document complexe, le projet scientifique est nécessairement rédigé à plusieurs mains et doit notamment intégrer l'analyse de l'assistant technique et les préconisations du conseiller sécurité prévention. Il relève de la responsabilité de l'AST ou du directeur interrégional selon la nature et l'importance de la difficulté : le projet scientifique d'opération (PSI) est un document qui engage d'abord la structure.

2.2 Questions de vocabulaire

Il n'est sans doute pas inutile de proposer pour certains termes quelques définitions simples et claires, mais suffisantes pour faire progresser les débats, car les difficultés à échanger apparaissent parfois pour la seule raison qu'un vocabulaire de base n'est pas partagé. Depuis la tenue du séminaire, un travail a été fait en ce qui concerne les principaux engins mis en œuvre sur les chantiers : adopter des dénominations à partager entre archéologues, mais surtout avec nos prestataires et fournisseurs. Pour échanger sur les thématiques qui nous intéressent ici, quelques autres définitions sont nécessaires, la première permettant de percevoir notre activité comme s'inscrivant dans des processus.

2.2.1 Processus

La bonne conduite d'une fouille archéologique nécessite de maîtriser de nombreux processus en interaction. Le terme de processus est ici plus approprié que l'expression «chaîne opératoire» (suite d'opérations qui partent d'une matière première pour aboutir à un produit fabriqué). Selon la norme ISO 9000:2000, un processus est un ensemble d'activités qui utilise des ressources pour transformer les éléments d'entrée en éléments de sortie. Il consiste en une succession de tâches planifiées, réalisées par des acteurs, en utilisant du matériel et des informations et en suivant des documents d'instruction. Ceci pour obtenir un résultat (matériel ou non) correspondant à un objectif. Un processus peut se décomposer en sous-processus, qui peuvent encore se décomposer à leur tour. Si le processus global d'une opération – incluant l'émission de l'arrêté, demande du maître d'ouvrage, réponse d'un opérateur, préparation, phase terrain, phase étude, remise du rapport, etc. – est un processus de type «administratif», la seule conduite de l'opération de terrain (sous-processus du précédent) s'apparente pour certains aspects à un processus de type «artistique», c'est-à-dire dont le produit n'est pas répétitif et qui n'utilise pas de méthodologie fixe.

Là où les enjeux scientifiques et budgétaires sont conséquents, il peut être souhaitable de repenser nos habitudes et donc d'entamer une analyse de processus. Les grands traits du processus global d'une intervention sont obligatoirement précisés dans le projet scientifique d'intervention. Le fait d'explicitier les méthodes et les techniques constitue quant à lui l'ossature des sous-processus qui seront mis en œuvre.

Ce sont des analyses de processus qui permettent d'apprécier correctement la pertinence de la mécanisation ou de l'automatisation. Mais qu'entend-on lorsque l'on parle de mécaniser ou d'automatiser ?

2.2.2 Outiller, mécaniser, automatiser

Outiller : fournir des outils, des équipements nécessaires à une activité. L'énergie nécessaire au fonctionnement des outils est une énergie humaine, la commande des outils est humaine.

Mécaniser : introduire une machine, un engin, dans une activité. L'énergie nécessaire au fonctionnement des machines et engins est d'origine thermique ou électrique, la commande est humaine.

Automatiser : rendre automatique, procéder à l'automatisation d'une activité. L'énergie nécessaire au fonctionnement des machines et engins est d'origine thermique ou électrique, le système est autonome en termes de production. L'automatisation n'est envisageable que si l'ensemble du processus est maîtrisé, dans le cadre d'objectifs prédéterminés ne dépendant pas d'événements ou de situations non prévues.

Mécaniser et automatiser ne contiennent pas l'impératif de changer les objectifs, notamment en termes de qualité des observations et de l'information recueillie, ni même souvent de méthode. En revanche, ils nécessitent de les préciser et de donner davantage de sens à ce que l'on fait.

L'automatisation de certaines tâches est parfois perçue comme le développement d'une forme d'aliénation et inévitablement surgissent à l'esprit des séquences de travail à la chaîne, dans lequel n'existe plus qu'un savoir-faire manuel restreint, dépourvu de sens pour l'opérateur, et une cadence poussée jusqu'aux limites du supportable. Ces dérives ne doivent en aucun cas être autorisées et l'automatisation de tâches ne doit pas non plus être conçue comme une forme d'aboutissement incontrôlable de la mécanisation. Il est par ailleurs inconcevable d'imaginer pouvoir automatiser la grande majorité de nos tâches, ne serait-ce que par la nécessité d'intégrer un suivi continu ou, *a minima*, des contrôles ponctuels dans le processus susceptibles d'interrompre ce dernier afin de traiter un cas non prévu : l'automatisation ne peut être envisagée que pour des tâches exemptes de tout risque non prévisible pouvant avoir des conséquences scientifiques non maîtrisées. Or, ni les matériaux de départ ni les produits d'une intervention ne sont précisément prédéfinis. Seules certaines sections des processus habituellement mis en œuvre peuvent donc être automatisées. Par ailleurs, il n'est pas envisageable d'automatiser autre chose que des tâches techniques. Et c'est ce que l'on fait déjà, par exemple lors de numérisation en série de documents papier.

Les réflexions portant sur l'automatisation, qui inclut ici le fait de mécaniser, devraient susciter beaucoup moins de craintes que diverses pratiques manuelles, lorsque celles-ci sont réalisées sans curiosité et sans vigilance, comme pourraient l'être des passes

mécaniques prédéterminées réalisées à la pioche ou non, sur des épaisseurs préétablies. Se contenter d'appliquer des recettes peut en effet conduire à une forme d'automatisation intellectuelle contre-productive. Il est toujours appauvrissant, et même parfois dangereux, de procéder par habitude, et pire encore d'avoir recours à des méthodes sans plus en connaître les raisons.

2.2.3 Modes opératoires (Modop)

Sur le terrain, la première préoccupation est de maîtriser l'avancement, c'est-à-dire d'être à tout moment capable de savoir ce qui a été fait et d'estimer ce qui reste à faire, ce qui nécessite de maîtriser l'ensemble du processus. Dans le monde du BTP, c'est concrètement le « mode opératoire » (Modop) qui décrit en détail l'ensemble des tâches nécessaires à la réalisation d'un ouvrage et leur ordonnancement. Il s'agit en quelque sorte de la déclinaison opérationnelle du processus défini pour l'intervention. Il précise les moyens matériels et humains, les délais d'exécution, fixe les objectifs qualité et sécurité. Toutes les données d'un Modop sont toujours définies par rapport aux objectifs. Un Modop est réalisé en phase d'étude de chantier et réajusté au fil de l'eau lors de l'exécution du chantier. Sur un chantier archéologique, un Modop s'appuie sur le projet scientifique et technique dont il détaille les tâches au fur et à mesure que se précise le potentiel du site et que s'affinent les objectifs concrets que l'on se fixe. Il s'agit en fait de formaliser un peu plus ce que l'on fait par expérience, de manière à mieux maîtriser la conduite de l'opération et donc de s'assurer davantage de son bon déroulement. Pour l'heure, il n'est pas envisageable, sauf cas particulier (situations à risque élevé par exemple) de mettre en place des Modop détaillés ; la priorité est déjà de mieux connaître les processus que nous mettons en œuvre, leurs avantages, leurs intérêts et si possible comment les améliorer.

2.2.4 Ateliers

Un atelier est un ensemble de moyens humains et matériels définis pour la réalisation d'une tâche, de travaux, etc. Un atelier peut être une reprise de décapage sur un secteur, un autre la fouille manuelle fine d'un ensemble de tombes, un autre encore l'enregistrement anthropologique et le démontage de ces mêmes tombes si l'on souhaite bien distinguer cette étape.

Les moyens d'un atelier peuvent être propres à l'atelier ou communs à plusieurs ateliers suivant l'organisation du travail et les Modop de réalisation des tâches. Plusieurs équipes peuvent se succéder sur un atelier, en remplacement l'une de l'autre, ou dans le cadre d'activités spécifiques. Plusieurs ateliers peuvent se succéder sur un même ensemble archéologique. Il est recommandé, lorsque cela est possible, d'alterner le cadre du travail entre ateliers mécanisés et ateliers non mécanisés et d'éloigner régulièrement les agents des sources sonores ou d'émanation de gaz, ou tout simplement des zones à risque. Réduire la fatigue aide à préserver l'attention constante indispensable dans un atelier mécanisé.

On distingue deux types d'ateliers :

- **ateliers de fouille** : les engins et machines sont directement employés à la fouille des vestiges archéologiques, que ce soit pour détecter ou estimer (détecteur de métaux, carotteuse), creuser et décapier (mini-pelle, marteau-piqueur), nettoyer (aspirateur, rouleau brosse mécanique, soufflette à air comprimé), évacuer (sauterelle, tombereau, brouette mécanique sur chenilles et autres engins de manutention, grue), photographier (drone), mesurer (tachéomètre, pantographe), etc. ;

- **ateliers d'assistance** : ces ateliers ont pour vocation de faciliter, voire de permettre la mise en œuvre des ateliers de fouille. Il peut s'agir de transporter du matériel ou des prélèvements, d'enlever des dépôts de stériles, d'aménager des accès, de réaliser des ouvrages permettant d'assainir le chantier, de mettre en place des merlons de protection ou d'isolation, etc. ;

Dimensionner un atelier consiste à déterminer le nombre et la nature des engins et machines nécessaires aux tâches et travaux prévus, la durée de leur mise en place et bien entendu l'équipe et ses compétences. Le dimensionnement de l'atelier intègre l'ensemble des données du chantier.

2.2.5 CACES et autorisation de conduite

La première compétence qui vient à l'esprit, dès qu'est envisagée la mécanisation, est celle du conducteur d'engin. La conduite des petits engins de chantier est en effet réservée au personnel ayant reçu une formation et possédant une autorisation de conduite². Le certificat d'aptitude à la conduite en sécurité d'engins de chantier (CACES) est l'une des formations reconnues³. Ce n'est ni un diplôme ni un titre de qualification professionnelle. Il ne valide que les connaissances et le savoir-faire du candidat pour la conduite en sécurité. L'Inrap impose à tous ses agents en CDI ou CDD volontaires et susceptibles de conduire des engins, d'être en possession du CACES. Ce dernier ne crée pas pour autant d'obligation pour l'employeur de missionner à la conduite d'engins un agent qui en serait pourvu. Seule la direction est habilitée à délivrer annuellement une autorisation de conduite au personnel formé, dont l'aptitude médicale est régulièrement contrôlée lors des visites médicales obligatoires.

Un agent de l'Inrap ne peut donc en aucun cas conduire un engin sans cette autorisation de conduite. Dès qu'un agent est autorisé à la conduite d'un engin, il devient responsable de ses actes et a obligation de refuser tous travaux susceptibles d'entraîner un risque matériel ou humain. *A contrario*, il ne décide pas seul de la définition des travaux, qui relève du responsable de l'opération ou de son délégataire.

À l'Inrap, deux catégories⁴ de CACES sont en fait concernées :

- catégorie 1 pour les mini-pelles et autre engins d'excavation d'un poids inférieur à 6 t, ainsi que pour les motobasculeurs et autres engins de transport d'un PATC inférieur à 4,5 t ;
- catégorie 9 pour les engins de levage de type chariot à bras télescopique, avec une formation complémentaire 3A ou 3B si l'engin est équipé d'un dispositif d'élévation de personne.

3 La mécanisation avant la fouille

Si les moyens mécaniques doivent souvent être adaptés lors de l'intervention de terrain, c'est bien en amont que ces moyens doivent être globalement définis.

3.1 Consolider les études préalables

Chaque opération doit être considérée comme une nouvelle expérience, et non comme la stricte reproduction d'un cas antérieur. Il est essentiel de prendre en compte ses spécificités, d'évaluer la pertinence de la mise en œuvre de démarches déjà éprouvées, de rechercher les améliorations possibles, d'intégrer de manière raisonnée les nouvelles possibilités. Il s'agit de mobiliser les expériences des uns et des autres, tout en gardant un esprit critique et en faisant preuve d'imagination. Il est ainsi préférable de partir de l'hypothèse où il existe plus d'une manière de faire pour atteindre un objectif donné, et que même la démarche la plus éprouvée est toujours susceptible d'être améliorée. Une confrontation sérieuse des différentes possibilités dans le cadre imposé du projet d'aménagement et intégrant toutes les contraintes du contexte constitue un préalable incontournable.

Dès ce premier stade de la conception du projet, il est fondamental de déterminer, ou tout au moins de circonscrire, les tâches qui pourront être mécanisées ou non. Conjointement (car indissociable) à la déclinaison des objectifs scientifiques doivent donc être déterminées les méthodes et conçue l'organisation technique de l'opération. À l'Inrap, les assistants techniques doivent contribuer à la recherche des meilleures solutions techniques aux processus définis par les archéologues. L'opération doit être pensée, dès le début, comme un compromis entre aspirations scientifiques, contraintes opérationnelles, méthodes, techniques, technologies et compétences effectivement mobilisables. Le principe est alors de prévoir tout ce qui est prévisible et d'anticiper ce qui ne l'est pas.

2. Les principaux textes réglementaires concernant les obligations de formation et les autorisations de conduite sont les articles R 4323-55 à 57 du code du travail, l'arrêté du 2 décembre 1998 relatif à la formation à la conduite des équipements mobiles automoteurs et des appareils de levage de charges ou de personnes et la circulaire DRT*99/7 du 15 juin 1999 relative aux mesures d'organisation, de mise en œuvre et aux prescriptions techniques auxquelles est subordonnée l'utilisation des équipements de travail.

3. Certaines formations professionnelles diplômantes en la matière (CAP, BEP) intègrent une formation à la conduite en sécurité au moins aussi développée que celle du CACES. Ainsi, les chauffeurs titulaires d'un CAP, BEP ou d'un CFP de conducteur d'engin sont dispensés pendant 10 ans, à partir de la date d'obtention de leur diplôme, de test de conduite en sécurité (CACES ou autre).

4. Selon la recommandation de la CNAM R372 modifiée.

3.2 Concevoir les ateliers et leurs articulations

En reprenant les données du diagnostic et en s'appuyant sur le savoir-faire des agents, le projet scientifique d'intervention rappelle (et précise si besoin) les objectifs scientifiques de l'opération tels que définis dans le cahier des charges, pour ensuite proposer les modes d'intervention.

Les grandes lignes du déroulement de l'opération sur le terrain sont présentées dans le PSI. Celles-ci sont parfois simples et linéaires (installation du chantier, décapage et nettoyage, relevé général, fouille-enregistrement-relevé, repli) mais, dans la plupart des cas, elles doivent intégrer des chevauchements prévisibles et anticiper certaines situations ainsi que d'inévitables imprévus. Il n'est pas rare, par exemple, que la fouille des phases les plus anciennes doive attendre que soient achevées celle d'éléments plus récents et la conduite d'une reprise de décapage; malgré tout, un bon équilibre des moyens doit être trouvé: trop insister sur les seconds peut conduire à sous-exploiter les premières, et inversement. Ainsi, des stratégies de chevauchement entre fouille des niveaux récents et estimation – voire exploitation partielle, là où c'est possible – des plus anciens doivent être mises en œuvre et avoir été explicitées au préalable. Ceci peut amener à présenter les variations possibles des délais des différentes étapes, que soit prévu ou non un mécanisme de tranche conditionnelle.

Ces estimations doivent reposer sur des dimensionnements d'ateliers bien maîtrisés. Le dimensionnement des ateliers est une démarche importante qui conditionne la qualité et le respect des objectifs scientifiques. Le sérieux qui lui est apporté permettra d'éviter les sous ou surdimensionnements, qui ne sont souhaitables ni l'un ni l'autre. L'atelier idéal « bon à tout faire » n'existe pas. Chaque agent a des compétences et des motivations qui lui sont propres, chaque engin ou combinaison d'engins possède ses avantages et inconvénients. Il est donc impératif d'en connaître les capacités et d'en accepter les contraintes. Tout ne pouvant raisonnablement être prévu, il importe de s'attarder sur les ateliers ayant le plus d'impact sur l'économie du projet en raison de la quantité de structures archéologiques, de l'étendue et de la puissance des strates à appréhender, de la complexité même des ateliers (ensembles enchevêtrés nécessitant des aménagements particuliers, etc.) ou de l'importance des moyens habituellement nécessaires (puits, structures funéraires par exemple).

Si pouvoir disposer d'outils adaptés est fondamental, la puissance et les caractéristiques des engins ne doivent pas être négligées. Autant que possible, ces derniers doivent être en adéquation avec les tâches à réaliser, ni trop peu puissants, ni surdimensionnés. C'est à tort que serait appliqué le proverbe « qui peut le plus peut le moins », non seulement pour des raisons économiques (coûts de location et de consommation plus élevés) mais aussi pour des raisons pratiques comme l'encombrement, le poids ou la distance du conducteur à l'outil. Comme il n'est pas concevable de changer chaque jour d'engin, déterminer celui qui sera le plus efficace sur des périodes raisonnables, quitte à adapter la conduite de l'opération, peut, dans certains cas, être déterminant pour la réussite d'une opération.

Pour affiner le dimensionnement des ateliers, il convient d'examiner comment ceux-ci vont se succéder ou se chevaucher et d'identifier les interférences envisageables. Cette analyse va permettre de définir des étapes, des objectifs intermédiaires, mais également de modifier le dimensionnement des ateliers, en augmentant par exemple la durée, ce qui permet de mieux mutualiser certains moyens.

C'est l'ensemble de ces questionnements qui devrait, dans l'absolu, amener à la définition des moyens mécaniques à prévoir, ainsi que du type de recours (ponctuel, quotidien et régulier). Mais il faut bien convenir qu'en réalité, ces principes ne peuvent être poussés aussi loin que dans le BTP, et n'ont par ailleurs pas nécessité à l'être en raison de la nature même de nos travaux et de la part importante de l'incertitude des découvertes. Il n'en reste pas moins qu'un minimum de modélisation est nécessaire pour proposer un montage équilibré et cohérent avec ce qui est attendu.

4 Mise en œuvre de la mécanisation sur le terrain

La mécanisation doit être envisagée dans le cadre général de l'organisation du chantier et son intérêt mesuré à l'échelle de l'ensemble de l'opération. Il est pour cela capital que les objectifs scientifiques soient clairs et que l'organisation du chantier soit maîtrisée, sinon toujours maîtrisable.

Si l'organisation globale constitue l'ossature de référence, c'est le découpage en séquences et ateliers qui constitue l'outil au quotidien. Il s'agit de considérer les choses de manière dynamique. Des délais et des moyens de réalisation inférieurs à ce qui a été prévu peuvent donner plus de latitude à d'autres ateliers, mais aussi permettre d'avancer sur certaines interrogations et de réaliser par exemple des tests sur certains ensembles dont on ne connaît pas suffisamment le potentiel. *A contrario*, l'identification d'un retard probable dans un atelier doit engager à revisiter l'ensemble des tâches restantes et à évaluer le poids des choix qu'il pourrait être nécessaire d'effectuer pour amortir ce dépassement.

4.1 Une adaptation permanente

Elle implique de revisiter les objectifs scientifiques et le projet scientifique d'intervention au regard des découvertes. Cette « réalité du terrain » est susceptible d'évoluer jusqu'au dernier jour de l'intervention (nous ne sommes jamais à l'abri d'une découverte importante en fin de chantier). Il est ainsi nécessaire de réévaluer régulièrement tant le potentiel scientifique que la ventilation, et parfois même la nature des moyens prévus. Une première réévaluation, incontournable, est élaborée et formalisée à l'issue de chaque phase de décapage : la nature et la quantité des structures archéologiques sont-elles de même grandeur que ce qui était attendu ou la distorsion implique-t-elle des réajustements en profondeur ? Y a-t-il des zones pour lesquelles le potentiel archéologique est encore très difficile à estimer, des reprises de décapage se révèlent-elles nécessaires ? Cette question des informations qui ne sont pas accessibles à la fin du décapage est essentielle pour les sites stratifiés. Une mécanisation souple peut permettre non seulement de répondre à certains imprévus, mais également de mieux anticiper les reprises de décapage par des sondages complémentaires permettant de mieux préciser, et le plus tôt possible, le potentiel encore insuffisamment connu de niveaux sous-jacents.

Quelle que soit l'habileté du conducteur de mini-pelle, et donc la qualité de son travail, la rapidité d'exécution, si elle n'est pas intégrée, peut rapidement engendrer des contraintes vécues comme des cadences insupportables. Cette rapidité implique d'autres modes d'organisation et de suivi. Dans la majorité des cas, un investissement en temps de réflexion est nécessaire avant chaque atelier, avant chaque tâche, si l'on souhaite les optimiser et éviter les situations de blocage.

Un archéologue confirmé adapte constamment l'outil à la tâche, alternant traditionnellement des phases de terrassement rapide (pelle, pioche, piochon), dégagement et contrôle (truelle, rasette), nettoyage (balayette, brosse, etc.) voire de fouille fine (cuillère, outils de dentiste, etc.). Les engins étendent les possibilités, mais doivent être équipés d'outils adaptés et fonctionnels. Plusieurs types de godets doivent toujours être disponibles, larges et à lame lisse de curage et plus étroits (50 cm, 40 cm, 30 cm, voire moins). Les dents ne sont généralement nécessaires que dans des contextes de sédiments très compacts ou très caillouteux, la finition et les travaux courants se concevant avec des godets lisses. Changer de godet n'est pas une opération longue si elle est bien anticipée, avec les godets à proximité de l'engin et non pas sur l'atelier précédent. Dans les situations où cette alternance est prévisible, il convient dès le départ de réserver des engins équipés de dispositifs de changement d'outil automatique.

4.2 Le chantier et son infrastructure

Un découpage de l'espace de travail doit clairement circonscrire les différentes activités et éviter certaines interactions. Ce découpage évolue avec l'avancement du chantier. Une attention toute particulière est de mise pour les zones de circulation. Le code du travail impose d'organiser la circulation des engins sur le lieu de travail

(articles R4323-50 à R4323-52). Si un plan de circulation en tant que tel n'est pas exigé, sa réalisation est vivement recommandée, si possible sur tout ou partie du chantier. La prévention des risques occasionnés par les véhicules et engins circulant ou manœuvrant sur les chantiers a fait l'objet d'une recommandation de la CNAMTS⁵. Trois types de zones de circulation peuvent être distingués :

- des grands axes plus ou moins pérennes, qui structurent en quelque sorte le chantier. Ils sont susceptibles d'être aménagés, délimités et entretenus, notamment les pistes de déplacement d'engins d'évacuation rapide. Ces axes comprennent les accès au chantier, pour lesquels un soin tout particulier est indispensable ;
- les accès aux ateliers, entre eux ou depuis les grands axes, et en particulier les cheminements entre ces ateliers et les aires de stockage des déblais, lorsque ceux-ci ne sont pas évacués à l'extérieur du chantier. Ces axes sont généralement utilisés lors de la mise en œuvre des ateliers auxquels ils sont associés. Ils peuvent néanmoins être accompagnés d'aménagements particuliers (dispositifs de franchissement, de protection, etc.) ;
- les déplacements au sein même des ateliers.

Tout agent intervenant sur un chantier, même de manière très ponctuelle, doit être informé des emplacements dédiés à la circulation (engins et piétons) et de leur évolution.

4.3 Réceptionner et entretenir le matériel

Lors de la livraison, que ce soit avec ou sans chauffeur, le personnel réceptionnant l'engin doit effectuer un contrôle de l'état général ainsi que de la validité de la VGP (vérification générale périodique). La VGP doit permettre de déceler la détérioration d'un appareil ou d'un accessoire avant qu'il ne devienne source de danger. Rendue obligatoire par le code du travail, elle ne se substitue pas aux éventuels contrôles et opérations de vérification et de maintenance prévus par le constructeur du matériel tels que définis dans ses notices d'utilisation.

Comme tout matériel, les petits engins de chantier doivent également faire l'objet d'un contrôle journalier de la part du chauffeur afin de garantir leur parfaite utilisation, aussi bien en termes de qualité que de sécurité⁶ : un godet correctement affûté permet une meilleure pénétration, une coupe franche et plus propre, moins « tassée », plus facile à reprendre manuellement.

Il est indispensable d'appréhender dès la phase de préparation le problème du ravitaillement en carburant des petits engins de chantier. Il existe de nombreuses solutions pour son transport et son stockage, pouvant répondre à la fois aux obligations légales et aux besoins effectifs. Rappelons que les engins de chantier doivent désormais être approvisionnés en GNR, le nouveau carburant⁷.

5. R 434, prévention des risques occasionnés par les véhicules et engins circulant ou manœuvrant sur les chantiers du BTP. Recommandation de la CNAMTS (Caisse nationale de l'assurance maladie des travailleurs salariés) adoptée par le Comité technique national des industries du bâtiment et des travaux publics le 26 novembre 2007.

6. Les chauffeurs doivent effectuer chaque jour un contrôle général du fonctionnement de l'engin, c'est-à-dire vérifier les niveaux d'huile moteur et hydraulique, le niveau de circuit de refroidissement, l'étanchéité des flexibles et vérins par un contrôle visuel afin de détecter les éventuelles fuites, le fonctionnement des éléments de sécurité, système de blocage des commandes, feu et avertisseur de recul. L'engin doit être manœuvré « à vide » avant la journée de travail afin de s'assurer de l'état de fonctionnement effectif de ses commandes.

7. Le GNR a été conçu, à l'origine, pour réduire l'impact des émissions polluantes des moteurs sur l'environnement, conformément à la Directive 2009/30/EC. L'arrêté du 10 décembre 2010 relatif aux caractéristiques du gazole non routier (NOR : INDR1032557A) rend désormais obligatoire l'utilisation du GNR pour les engins et matériel concernés. Pour le différencier du gazole routier, il possède la même coloration rouge que l'ancien fioul. La réglementation pour le transport et stockage du GNR est identique aux autres carburants.

4.4 Les ateliers de fouille

Il s'agit, pour chaque atelier, de déterminer préalablement les façons de faire les plus adaptées. Pour les engins, s'il convient d'anticiper leurs conditions optimales d'utilisation, les choix seront d'abord archéologiques. Les facteurs intervenant dans la définition d'un atelier et de son évolution sont nombreux, variables selon la nature et la disposition des vestiges, des sédiments, la ou les méthodes retenues, l'expérience de l'équipe, les capacités techniques des engins, les conditions météorologiques, l'état visuel que l'on souhaite, etc.

Beaucoup d'ateliers de fouille sont faciles à définir lorsqu'il s'agit de traiter séparément des ensembles simples, suffisamment espacés les uns des autres. Il est alors possible de se concentrer tour à tour sur chacun des ensembles et d'accomplir les tâches sans contrainte particulière. Les engins sont alors utilisés de manière optimale et la question de l'évacuation des déblais, si elle se pose, n'est pas critique. Mais au-delà d'un certain seuil de densité de vestiges, il n'est plus envisageable de penser l'approche de l'ensemble comme une simple succession de situations unitaires ; il est alors nécessaire de tenir compte de l'impact de la fouille des premières structures sur les possibilités d'accès aux suivantes. Pour une même quantité de vestiges, les moyens peuvent fortement varier en fonction de la complexité des recoupements, de leur lisibilité et de leur accessibilité par les engins.

4.4.1 Mobilité des engins au sein des ensembles

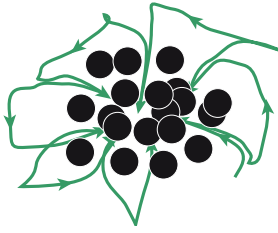


Fig. 1. Privilégier les manœuvres à l'extérieur des ensembles. Définir des parcours d'accès, les matérialiser si nécessaire.

La principale préoccupation concernant la mobilité des engins au sein des ensembles étudiés comporte deux aspects : l'accès au poste de travail et l'emplacement de celui-ci. Si l'on envisage par exemple de privilégier la lisibilité de l'espace étudié, les manœuvres de rotation au sein de cet espace seront évitées, avec des mouvements amples en dehors de ces zones et un accès aux postes de travail par des droites ou des courbes larges [fig. 1]. Il n'est pas toujours possible dans ces conditions de positionner l'engin de manière idéale et il est souvent nécessaire de déporter le pied de flèche et de travailler latéralement. Dans certains cas où ces aspects deviennent cruciaux, l'utilisation d'un engin équipé de flèches (articulées, rallongées) ou balanciers (rallongés, télescopiques) spécifiques ou d'un porte-outil multidirectionnel peut être envisagée. Ces équipements réduisent l'efficacité, voire la robustesse, de l'engin et nécessitent davantage de précautions en termes de sécurité : la visibilité et les angles morts sont modifiés, la maîtrise de l'engin moins assurée et, dans le cas des rallongements, les vibrations et à-coups sont démultipliés. Les déplacements au sein des ateliers évoluent continuellement. Il n'est généralement pas possible d'isoler ces espaces de circulation de ceux des agents. Une très grande rigueur est de mise tant dans la conception de l'atelier que lors de son déroulement : tout déplacement d'un engin, même minime, ne doit être effectué qu'après que l'ensemble de l'équipe s'y est préparé et a pris, le cas échéant, les dispositions nécessaires. Dans les cas complexes, une analyse détaillée de l'ordonnancement des actions à mener est indispensable. Il peut être alors judicieux de matérialiser les axes de pénétration des engins au sein de groupes de structures ou *a minima* de l'indiquer sur un plan de secteur mis à disposition de l'équipe. Dans certains cas, les précautions pourront aller jusqu'à la protection des niveaux sous-jacents (feutre géotextile, système de roulement sur plaques, etc.).

Ces conditions de cheminement doivent également être prises en compte pour les engins d'évacuation, dont les besoins en espace d'évolution sont souvent plus importants que pour les mini-pelles. Il peut aussi être utile de protéger avec une bâche, contre les inévitables pertes de sédiment, les surfaces entre les strates exploitées et l'engin d'évacuation.

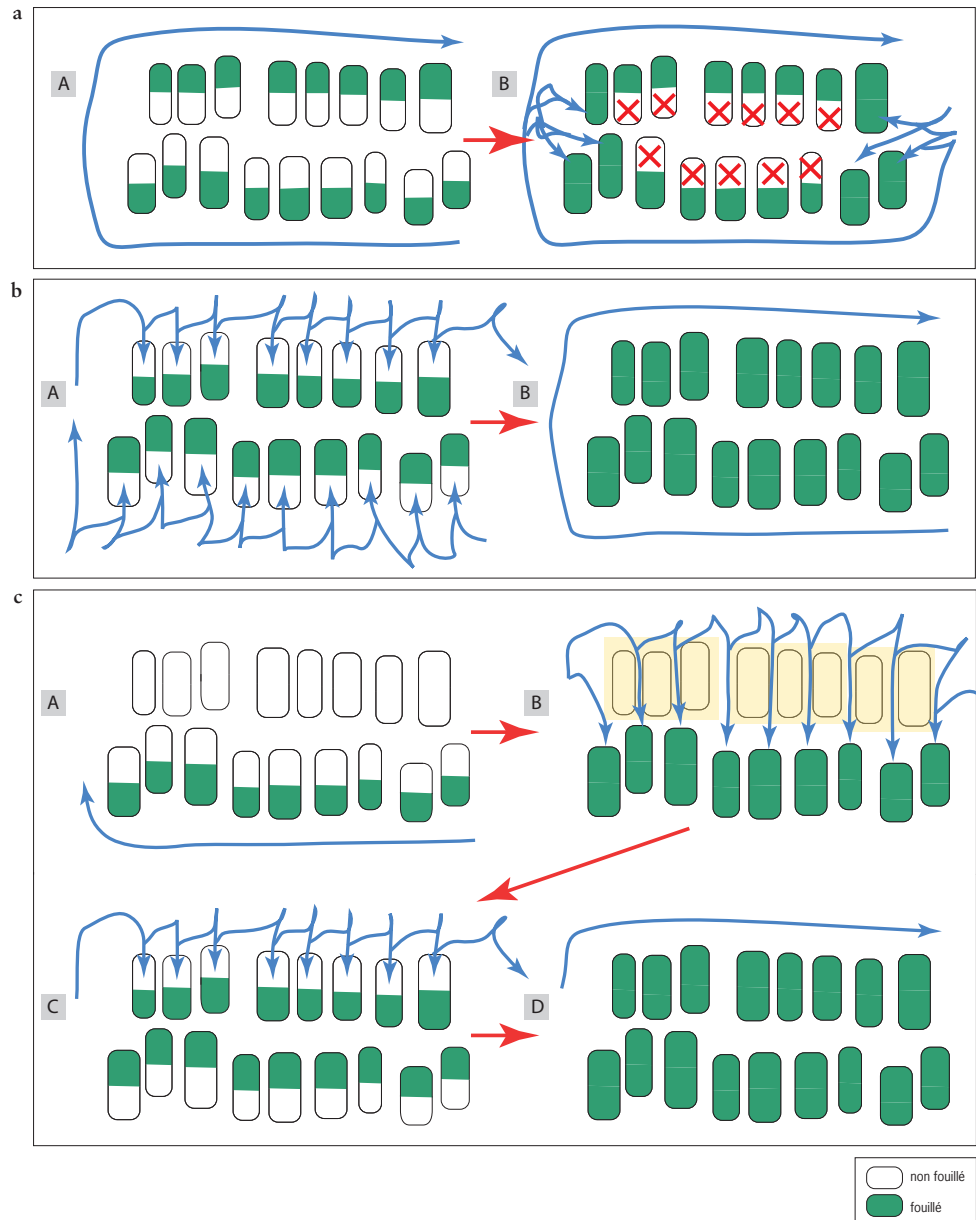
4.4.2 Dynamique d'évolution d'un atelier

Les déplacements au sein des ateliers doivent surtout intégrer la dynamique d'évolution des travaux. Lorsque leur évacuation immédiate n'est pas prévue, l'évolution de la fouille s'accompagne inévitablement de la création de tas de déblais. Ces dépôts vont restreindre les possibilités de manœuvre et d'accès et doivent impérativement être pris en compte. À défaut de pouvoir les évacuer au fur et à mesure, des ateliers d'assistance doivent être prévus pour une évacuation différée. La question des déblais est essentiellement organisationnelle. En revanche, les vestiges ne peuvent être déplacés et, lorsque la fouille est achevée, il faut s'interroger sur leur conservation en l'état. Car si l'on tient à préserver une fosse exploitée, ceci devient une contrainte supplémentaire pour les suivantes. Dans le cas inverse, elle peut devenir une opportunité, en permettant d'accueillir des déblais par exemple.

En guise d'illustration, partons d'un exemple de deux rangées de tombes profondes que l'on souhaite appréhender par moitié afin de disposer de coupes transversales [fig. 2a]. Ici, les remblais supérieurs peuvent être retirés à l'aide d'une mini-pelle. Une mauvaise approche serait de vouloir à tout prix éviter de trop approcher les fosses. Dans ce cas particulier, la mini-pelle ne pouvant circuler dans l'ensemble, seules les parties des fosses donnant sur l'extérieur peuvent être traitées mécaniquement. Une part importante du volume de sédiment doit être terrassée manuellement, ce qui réduit les possibilités d'investissement sur d'autres postes plus utiles et constitue une dépense d'énergie inutile. Accepter d'empiéter un peu sur les structures non fouillées, quitte à mettre en place des protections, permet de mieux bénéficier des avantages de la fouille mécanisée. Généralement, le plus efficace est de commencer par les parties les moins accessibles ou les plus susceptibles de le devenir [fig. 2b].

Toute contrainte supplémentaire peut nécessiter une révision en profondeur du processus. Si, pour des raisons scientifiques, il s'avère nécessaire de toujours commencer par la fouille de la même moitié de chaque fosse, par exemple la moitié sud, il est préférable de scinder l'approche et de renoncer à disposer d'un état où toutes les tombes sont fouillées à moitié [fig. 2c].

Fig. 2. (a) Éviter de circuler sur une partie des structures conduit à traiter manuellement de nombreuses parties devenues inaccessibles aux engins (croix rouges). (b) Commencer par les parties les moins accessibles permet de réduire les contraintes et d'optimiser l'utilisation d'une mini-pelle. (c) Renoncer à fouiller l'ensemble des fosses en même temps et mettre en place des protections (feutre géotextile, en B) permet d'optimiser la fouille mécanisée tout en intégrant ici une condition particulière : aborder systématiquement la partie basse de chaque structure.



Il est clair que plus il y a de conditions à respecter, plus le dimensionnement et la gestion dynamique de l'atelier seront complexes. Ceci doit inciter à formaliser l'ensemble des conditions puis à s'interroger sur leur réelle pertinence. S'il s'agit d'une simple fosse, commencer par une moitié plutôt que l'autre a pour seul résultat d'inverser le sens de lecture de la coupe : ce critère ne devrait pas être retenu, ou en tout cas pas comme prioritaire. Mais dès lors qu'il s'agit de structures dissymétriques, comme des tombes, le choix n'est plus aussi anodin, et plus de temps devra être investi au départ pour installer les conditions optimales de fouille.

4.5 La question des déblais

L'utilisation de mini-pelles entraîne inéluctablement la production de déblais et implique une gestion serrée de ceux-ci, dont la production est souvent bien plus rapide et importante que l'on peut l'imaginer. Cette gestion s'entend à toutes les échelles, depuis l'ensemble du chantier (avec le cas échéant une évacuation extérieure, en décharge) jusqu'à la petite fosse isolée, pour laquelle peut être envisagé un stockage spécifique juste à côté. Le stockage des déblais doit être conçu comme dynamique et la possibilité de stockage provisoire ne doit pas être négligée. Un stockage provisoire

implique par définition que les sédiments vont être repris à un moment donné, et il convient d'intégrer ce surcroît de travail, même mécanisé, lorsque se pose la question de choisir entre ce mode de gestion des déblais et celui prévoyant une évacuation au fur et à mesure. Un stockage provisoire est généralement mis en œuvre lorsque l'on souhaite, par exemple, se donner la possibilité de revenir sur les déblais de fouille, ou lorsqu'il est possible de réaliser leur évacuation à l'aide d'engins plus appropriés, comme une pelle hydraulique, mais qui n'est pas immédiatement disponible. Trois questions préalables peuvent aider à éviter la saturation : quel est le volume prévisible ? souhaite-t-on un stockage à proximité des structures ou une évacuation ? quelles sont et seront les possibilités de d'accès et de circulation des engins de transport ? La production de ces déblais peut par ailleurs être mise à profit pour l'aménagement du chantier, qu'il s'agisse de surélever un peu la mini-pelle pour gagner en confort et en puissance d'utilisation, pour la mise en place de merlons destinés à protéger une zone d'écoulement d'eau ou de boue, ou pour isoler davantage un groupe électrogène ou une centrale d'aspiration et gagner en confort de travail.

4.6 Les ateliers d'assistance

Une vision claire de l'organisation d'un chantier implique d'intégrer tout atelier dans son contexte. Les ateliers d'assistance sont là pour maintenir le chantier praticable et contribuer à faciliter la mise en place et le déroulement des ateliers de fouille ainsi que leurs accès. Dans de nombreux cas, les ateliers d'assistance se révèlent prioritaires.

4.6.1 Aménagement du chantier

Du point de vue de la sécurité, les accidents de circulation pédestre, avec et sans dénivellation, sont toujours en tête, causant un grand nombre d'entorses (lésion majoritaire). Il est donc nécessaire d'améliorer et d'entretenir tant les accès et les aires de circulation pédestres que l'espace des postes de travail. Aussi, en début de journée, les premières manipulations d'une mini-pelle, après les contrôles d'usage et le chargement/déchargement d'outils lourds dans les engins de transport, devraient être destinées à maintenir le chantier praticable : passer un coup de lame aux endroits où cela est nécessaire, à réaménager des marges d'accès en cas de dénivelé, etc.

4.6.2 Levage, manutention

Après les accidents de circulation pédestre, les accidents les plus fréquents sont les problèmes de dos liés à la manutention manuelle. Là encore, l'utilisation d'engins de levage n'est sans doute pas optimisée. La principale erreur est souvent de n'envisager la manutention mécanisée que pour les très gros volumes. On oublie par exemple que le déchaussement de blocs de quelques kilogrammes peut nécessiter non seulement une énergie considérable pour l'arrachement, mais aussi d'adopter des postures dangereuses. L'utilisation soit directement de l'outil en bout de bras d'une mini-pelle, soit de sangles pour déchausser et extraire des blocs devrait être généralisée et, bien entendu, mieux maîtrisée. Le délai de disponibilité d'une mini-pelle ne peut justifier de ne pas y avoir recours : soit l'extraction est urgente et il convient de la considérer comme prioritaire, soit elle ne l'est pas et les agents peuvent réaliser d'autres tâches en attendant. Les questions du levage et de la manutention deviennent bien entendu fondamentales dès lors qu'il s'agit de prélever des ensembles destinés à une fouille différée. L'exemple emblématique est celui des incinérations : il convient non seulement de décoffrer un dépôt, mais aussi de procéder à son transport au sein du chantier jusqu'au lieu de chargement, puis de procéder à son transport vers le lieu de traitement, ce qui implique également de pouvoir le décharger, le stocker, le manipuler dans des conditions appropriées.

Il s'agit là encore de questions d'organisation, d'opportunité... et de bon sens. Il est dommage par exemple d'attendre la fin de la journée pour rapatrier les sacs et caisses de mobilier, l'outillage dont on n'a plus besoin, lorsque des temps d'arrêt des engins existent et permettraient de le faire au fur et à mesure, ou lorsqu'un engin, passant d'un atelier à un autre, permettrait au moins de rapprocher ces éléments des installations de chantier. Dans le même ordre d'idée, il n'est pas acceptable que surviennent des accidents liés au transport à la main de godets de mini-pelle.

Fig. 3. Décaissement latéral simple (a) et double (b).

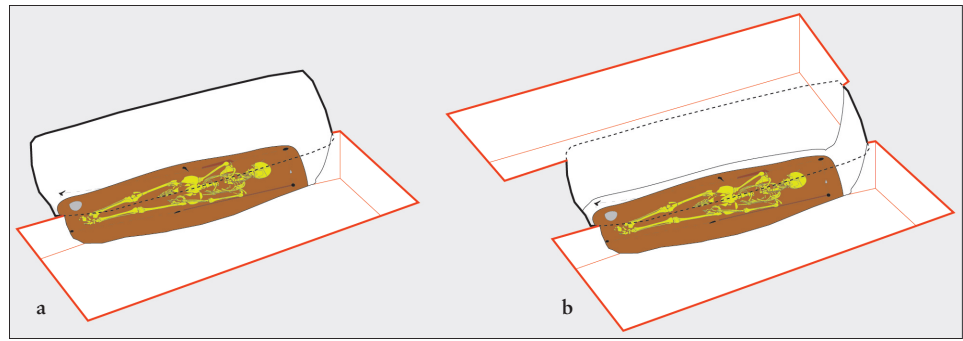


Fig. 4. Trois façons d'appréhender un trou de poteau : fouille entièrement manuelle (a), fouille partiellement mécanisée (b), assistance mécanisée et fouille manuelle (c).

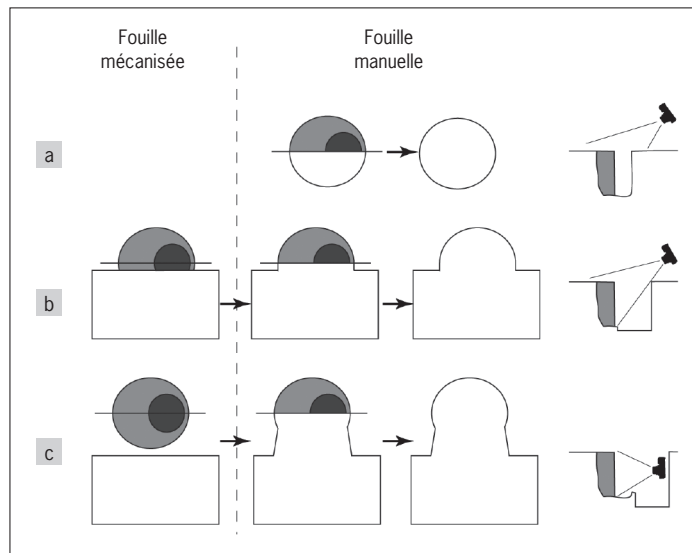
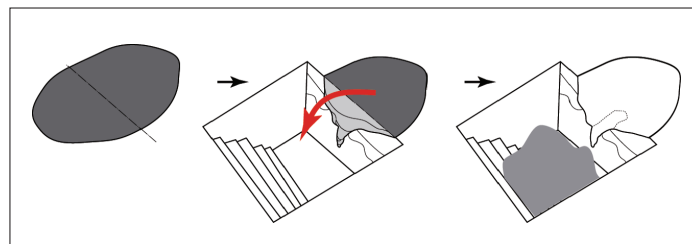


Fig. 5. Utilisation de l'excavation mécanisée comme réceptacle des déblais de la fouille de la partie restante



4.6.3 Faciliter l'accès et le travail

Les ateliers d'assistance doivent plus fréquemment être mis en œuvre pour faciliter les ateliers de fouille, c'est-à-dire leurs accès et les postes de travail. La fouille d'une tombe par exemple peut nécessiter l'alternance d'une fouille mécanisée, d'une fouille manuelle et l'aménagement de l'espace visant à optimiser les conditions de dégagement et d'observation. Un atelier d'aménagement du poste de travail peut ainsi être conçu après la fouille et l'enregistrement de la partie supérieure de la fosse, et avant que ne soit engagé le dégagement du dépôt funéraire [fig. 3]. Ce décaissement latéral assure un poste de travail plus confortable et permet une fouille plus efficace et de qualité.

Pour une série de trous de poteaux, lorsque le sédiment encaissant s'y prête, excaver des volumes latéraux aux structures permet non seulement de réaliser proprement une fouille manuelle, mais également de faciliter la lecture stratigraphique et de réaliser des clichés plus pertinents [fig. 4].

Dans certains cas, l'atelier d'assistance est complètement intégré dans l'atelier de fouille. Par exemple, la pratique d'excavations latérales, associées ou non à la fouille mécanisée des sédiments eux-mêmes, permet d'accéder en sécurité aux strates inférieures, d'élargir les coupes au sédiment encaissant. L'excavation peut également être utilisée comme réceptacle des déblais de la fouille de la partie restante [fig. 5]. La part d'assistance est intégrée dans la démarche et consiste essentiellement à agrandir l'espace devant la coupe et à créer un accès sécurisé à l'excavation.

Il n'est pas dans nos habitudes de procéder au remblaiement d'une zone pour y revenir ultérieurement. Pourtant, ce recours pourrait être plus répandu. En milieu rural, la première étape de l'intervention consiste très fréquemment en un décapage de la totalité de l'espace de fouille, l'équipe disposant ainsi d'une vision de l'intégralité ou presque du site. Cette méthode permet entre autres de mieux envisager la stratégie globale de l'intervention, sans les incertitudes quant aux moyens nécessaires à l'exploitation des vestiges non encore repérés, dans le cas d'un phasage du décapage par exemple. Cela peut cependant engendrer des contraintes, notamment lorsque le chantier est de longue durée (reprise de la végétation et autres altérations) ou que sont présentes de nombreuses structures sensibles (sépultures avec mobilier métallique). Il peut être, dans ces cas, très profitable de procéder à un remblaiement provisoire de certaines zones, protégées avec du feutre géotextile par exemple. Une reprise de décapage permettra ensuite d'intervenir sur ces zones lorsque les conditions les plus favorables auront été réunies.

Ce principe peut aussi être appliqué plus localement, par exemple lorsqu'un ensemble ne pouvant être immédiatement prélevé (mosaïque, etc.) est découvert à un emplacement dont la libération était attendue pour accéder à d'autres vestiges. Un remblaiement provisoire, après couverture photo, relevé et enregistrement, peut alors être envisagé si deux conditions sont remplies :

- l'ensemble archéologique à maintenir peut être efficacement protégé ;
- aucune autre solution d'accès n'est possible, ou nécessiterait des investissements disproportionnés.

4.7 Quel savoir-faire sur le chantier ?

La formation à la conduite en sécurité et l'autorisation de conduite ne suffisent pas pour garantir une bonne qualité de travail. Il est nécessaire d'acquérir d'une part une bonne connaissance pratique et technique, et d'autre part une bonne connaissance des lieux et des règles d'organisation et de sécurité propres au chantier. Un chauffeur d'engin de chantier doit savoir apprécier les distances et les reliefs, avoir le sens de l'équilibre, de bons réflexes, du sang-froid et une vigilance de tous les instants. Aux commandes de son engin, il effectue tous les travaux de creusement, de déblaiement, de nivellement et de terrassement, comme sur un chantier de génie civil, mais aussi des travaux beaucoup plus minutieux en intervenant directement avec son engin sur des structures archéologiques. Le chauffeur doit connaître parfaitement les possibilités de la machine qu'il manie, non seulement en fonction de la nature des terrains mais aussi en fonction des vestiges archéologiques.

Lorsque le chauffeur travaille seul, une connaissance des méthodes de fouille est indispensable. Un chauffeur prestataire extérieur doit nécessairement être dirigé par un archéologue. Ceci ne doit pas pour autant donner lieu à des considérations simplistes qui exigeraient que la conduite d'une mini-pelle soit réservée aux seuls archéologues. Aussi compétent soit-il, un archéologue aux manettes d'un engin est distant de plusieurs mètres de la zone traitée et n'a pas la vision immédiate nécessaire à une prise de décision pour modifier son geste. Il peut même être intéressant de faire appel à un intervenant extérieur, pour l'ensemble ou une partie des tâches mécaniques, afin de recentrer l'archéologue sur sa discipline. Cette question n'est pas idéologique ; elle relève tant des compétences disponibles que de la définition, de l'organisation, de l'économie et de la gestion du chantier. L'externalisation de la conduite peut présenter le risque de conduire à la concentration des interventions mécanisées sur des périodes limitées avec une utilisation continue et intensive. Ces conditions peuvent être pesantes pour les archéologues et la mécanisation, si elle n'est pas très bien gérée, vécue comme génératrice de stress. Néanmoins, le recours ponctuel apparaît parfois moins comme un choix stratégique d'intervention que comme une adaptation à une situation qui vise à pallier le manque d'archéologues conducteurs.

Enfin, il n'est pas nécessaire que tout archéologue sache conduire un engin, et encore moins de concevoir la conduite d'engins comme un métier : le conducteur d'engin salarié de l'Inrap est avant tout un archéologue et conduire un engin est une compétence parmi d'autres.

La nécessaire organisation qui accompagne la mécanisation d'une fouille n'est pas une simple affaire de logistique ne concernant que le seul responsable d'opération :

la mécanisation est une composante systémique, intégrée et cohérente. Pour cela, une compétence générale doit se décliner à tous les échelons, dans tous les secteurs et pour tous les acteurs d'une opération.

4.8 Accompagner et former

Une démarche est nécessaire : mieux maîtriser la conduite d'opération, en particulier dans ses aspects techniques. Pour avancer dans ce domaine, une première étape était de constituer un référentiel professionnel. Un vocabulaire précis et des notions communes se devaient d'être fixés, avec pour objectif de renoncer à certaines habitudes, trop imprécises ou inadaptées. La terminologie et l'organisation technique des chantiers archéologiques ne pouvaient se définir que par l'adoption des règles et du savoir-faire des chantiers du BTP. C'est pour répondre à ce besoin que l'Inrap a décidé de réaliser une documentation de référence et d'en assurer l'appropriation (stages de formation). La complexité de l'organisation technique des chantiers exige en effet des compétences spécifiques qu'il n'est plus envisageable de faire supporter par le seul responsable de l'opération. Le métier d'assistant technique a donc été valorisé, mieux défini et « professionnalisé ». C'est un processus désormais bien engagé à l'Inrap. L'assistant technique (recruté sur un profil adapté de conducteur de travaux) doit assurer, en lien avec les adjoints scientifiques et techniques, la préparation et le suivi technique des chantiers dans le respect des règles de sécurité. Tous les assistants techniques ont reçu une première formation métier. La direction scientifique et technique a également mis en service et coordonne un espace réservé dans l'intranet. Il s'agit d'un réseau de compétences techniques dont la mission est d'identifier, de recenser, de diffuser, d'assister et d'informer en matière de techniques et technologie de chantier. Il se veut également un outil d'aide à la « mécanisation des tâches archéologiques ».

Un impact de la mécanisation des fouilles est de raccourcir les délais, ce qui, pour être tenable et générer de véritables gains scientifiques, nécessite une attention de tous les instants. La mécanisation implique une maîtrise accrue des processus mis en œuvre, et donc une organisation des plus rigoureuses. Si les fondamentaux peuvent être progressivement acquis par la formation interne, cette connaissance n'est pas suffisante. Le plus important est d'acquérir ou de parfaire un savoir-faire adapté et évolutif, ce qui n'est envisageable que par des échanges concrets sur le terrain, entre archéologues, de profils, d'expériences et de résidences variés. *In fine*, c'est sur le terrain et au quotidien que se précisent les problématiques et s'affinent les méthodes, que sont mises en œuvre les solutions techniques, que s'accumulent les décisions à prendre, afin de maintenir l'équilibre toujours instable entre objectifs, méthodes et moyens.

5 Exploiter les données d'une fouille mécanisée

Dans sa définition la plus large, la mécanisation comprend aussi la mise en œuvre de technologies nouvelles, et notamment informatiques, pour lesquelles l'impact sur la quantité et la nature des données produites est évident (SIG, relevés 3D, drones, etc.). Ces derniers aspects constituent un sujet en soi, qui ne sera pas abordé ici. Nous nous concentrerons sur deux questions directement liées à l'utilisation de mini-pelles : les données concernant les terrassements réalisés, et surtout les questions de l'exploitation du mobilier collecté lorsqu'un tamisage de gros volumes de sédiment archéologique est mis en place.

5.1 Des données spécifiques

Ce sont les descriptions et l'analyse de ce qui a été fait qui permettent d'évoluer positivement dans nos façons de faire et qui constituent le matériau de base des études préparatoires des nouvelles opérations. En cela, la mécanisation doit être accompagnée de la production de données spécifiques qui ont leur place dans le rapport.

Les résultats archéologiques étant liés aux méthodes et aux techniques employées, la représentation des vestiges observés ne peut être séparée de celle précisant les conditions de leur mise au jour et de leur exploitation. Par exemple, l'emprise d'une zone pour laquelle a été effectuée une reprise de décapage doit être présentée au même titre que celle d'une aire décapée. Lorsque sont retirées mécaniquement des strates présentant des difficultés de lecture, la possibilité de l'apparition des éléments sous-jacents au sein de cette strate doit être mentionnée.

Il est d'autre part important de donner au maître d'ouvrage une idée claire et juste de l'état du terrain (en particulier les emplacements destructurés) après l'intervention de fouille, de manière à ce que ces caractéristiques soient correctement prises en compte pour la suite du projet. Il ne s'agit pas uniquement de ce que l'on peut voir en fin de chantier, mais également de ce qui peut ne plus être visible, recouvert par des déblais par exemple.

5.2 Expliciter le mode de collecte du mobilier

La qualité des données archéologiques recueillies est donc en grande partie appréciée par l'exposé des conditions ayant accompagné la production : part du contexte effectivement investigué, méthodes et techniques mises en œuvre (passes manuelles à la truelle, à la pioche, fouille manuelle rapide de déblais d'extraction mécanisée, tamisage grossier ou fin, etc.). La comparaison du mobilier recueilli dans des ensembles appréhendés différemment ne peut être poussée sans précautions au-delà d'un seuil de pertinence défini par les modes de recrutement du mobilier. L'enregistrement de ces indications doit être initié sur le terrain, au moment même de la fouille, puis complété à chacune des étapes de traitement ultérieures (tamisage, tri, sélection...).

Généralement, un processus domine, comprenant également les aspects de choix, d'échantillonnage (donc par exemple le maillage des tamis utilisés). Il doit être présenté et décrit dans la partie du rapport consacrée aux méthodes et techniques mises en œuvre *in fine* sur l'opération. Dans ces conditions, seules les présentations des ensembles pour lesquels une approche différente a été jugée utile nécessitent d'inclure la description du processus.

5.3 Différer ou déplacer la récolte du mobilier

Classiquement, le mobilier est reconnu par le fouilleur au fur et à mesure de l'avancement de la fouille de son contexte. À l'opposé, le tamisage livre du mobilier souvent bien après que les sédiments ont été prélevés, voire après destruction totale du contexte.

Les principaux cas de figure de collecte du mobilier sont les suivants :

- à l'avancement, dans les strates en cours de fouille ;
 - à l'avancement, dans les déblais ;
 - dans les déblais, après départ de l'engin ;
 - par tamisage, sur place à côté de l'ensemble étudié, sur ou hors site à un emplacement dédié ;
 - dans d'autres cas divers, souvent fortuits, lorsque des tessons sont recueillis à l'occasion du traitement d'un prélèvement destiné à une approche carpologique par exemple.
- Le premier de ceux-ci est approprié pour des dépôts structurés ou des ensembles pour lesquels l'appréhension de la distribution précise des éléments constitutifs est nécessaire. Cette collecte n'est pas justifiée pour l'essentiel des autres situations. Il n'est d'aucune utilité d'appréhender finement un remblai, sauf ponctuellement, pour vérifier ou dégager un ensemble particulier.

La pratique, lorsque celle-ci est jugée appropriée, de récolter le mobilier dans les tas de déblais au fur et à mesure qu'ils sont produits est en soi une forme de déplacement (à proximité mais bien en dehors du contexte) de l'exploitation des sédiments. Bien que simultanée à la fouille de l'ensemble, elle relève davantage du contrôle que de la fouille : si des concentrations de mobilier peuvent ainsi être détectées ou confortées, la représentativité du mobilier recueilli reste tributaire des conditions spécifiques à chaque atelier et de ses contraintes de sécurité. Plus l'extraction se rapprochera d'un terrassement pleine masse, plus des efforts seront nécessaires pour récolter manuellement

le mobilier dans les déblais. Choisir, dans ces conditions, une forme d'exhaustivité comparable à ce qu'aurait permis une fouille manuelle impose soit des temps d'arrêt très fréquents et longs, soit un rythme de travail qui peut finir par être contre-productif, voire dangereux.

Il est donc parfois préférable de procéder à une fouille différée des déblais, notamment lorsqu'ils ont été déplacés sur un lieu facilitant leur exploitation. Dans ce cas, il convient de prévoir dès le départ ces questions de transport et d'éviter les reprises : cette gestion doit être conçue à l'échelle du chantier et non du seul atelier. Mais la collecte du mobilier ne sera vraiment efficace que si les sédiments sont tamisés.

5.4 Remettre le tamisage à l'honneur

Mis en œuvre dans de bonnes conditions, et de manière cohérente avec les besoins, le tamisage permet de s'assurer de la qualité scientifique du recrutement du mobilier et surtout d'envisager de nouveaux horizons de production de données fiables.

On a pu constater que la pratique du tamisage des sédiments a régressé avec l'accroissement du nombre de chantiers et de la quantité des ensembles à étudier, en raison peut-être d'un renoncement pragmatique rassuré par une masse documentaire produite sans tamisage généralement suffisante pour répondre aux objectifs généraux des opérations. Les démarches de mise en place de stations de tamisage « lourd » en Lorraine et en Champagne-Ardenne montrent néanmoins qu'il est possible de bénéficier des avantages de ces traitements et que, correctement organisé, l'ensemble du processus est même intéressant d'un point de vue économique. Nous sommes loin des unités de tamisage classiques, même motorisées (tamis de maçon circulaires vibrants, cylindriques tournants, etc.) qui ne sont pas adaptées aux volumes à traiter. Ces derniers ont en effet nécessité de passer de quelques dizaines de litres au mètre cube.

Si l'intérêt scientifique et l'efficacité de cette technique sont évidents, des améliorations restent nécessaires. La solution d'une mise en place de sites dédiés et optimisés autoriserait l'automatisation de certaines tâches et la réduction de leur pénibilité, évitant aussi d'avoir pour chaque chantier concerné à engager des études particulières, à obtenir les autorisations nécessaires, à construire l'infrastructure, à livrer, installer puis démonter et rapatrier les stations. Elle permettrait également de répondre à des besoins de « petits » volumes à traiter et aux situations où la construction d'une station sur place n'est tout simplement pas envisageable. Le principal inconvénient est la nécessité du transport des sédiments depuis les chantiers. La réflexion doit donc porter également sur les possibilités de réduire les volumes à transporter, avec par exemple un premier criblage⁸ grossier sur le chantier.

Une contrainte du tamisage des sédiments tient au fait que la récolte du mobilier, et donc les premières estimations de la datation du contexte, sont différées. Ceci peut générer des difficultés de conduite d'opération, par manque de données sur les ensembles, et donc une connaissance insuffisante du site. Le processus mis en œuvre doit donc intégrer un accès au mobilier ou à une part représentative de celui-ci au plus près de la fouille de son contexte. Cet accès peut être réalisé au moment du criblage ou lors du tamisage d'un échantillon représentatif, traité en priorité. Pouvoir disposer de cette information au fur et à mesure de la fouille permet par ailleurs d'accorder une dimension plus scientifique à la définition des volumes à tamiser, forcément limités.

5.5 Adapter les études à la quantité et la qualité de mobilier

Le mobilier retenu lors d'une fouille manuelle (*in situ* ou de déblais) dépend du fouilleur, de son attention, de ses connaissances, de sa curiosité et du temps dont il dispose. En revanche, le tamisage permet de disposer d'un lot représentatif, voire exhaustif, déterminé par un et un seul paramètre : celui de la maille du tamis. En réalité, une sélection est nécessairement réalisée pour ne conserver que les éléments d'intérêt archéologique, étape qui comporte toujours une part de subjectivité. Mais les conditions sont infiniment meilleures (mobilier bien dégagé, mouillé, et donc plus facilement détectable) et l'extraction de ces éléments peut être réalisée à plusieurs, dans un espace correctement aménagé.

8. Criblage : dans le sens de séparer des sédiments pertinents et des parties grossières sans intérêt (blocs de substrat, etc.). Par définition, le criblage est automatique, et l'idée serait ici de procéder à un premier tamisage grossier à sec sur place. Mais on peut également concevoir un tri manuel.

Le tamisage à grande échelle génère une importante quantité de mobilier à inventorier, gérer, manipuler, étudier et conditionner. Le temps nécessaire aux seules manipulations, au nettoyage et au conditionnement, n'a rien d'anodin. Mal gérés ou trop improvisés, ces aspects peuvent rapidement devenir inutilement chronophages. Une attention toute particulière est de mise sur le risque de démultiplication des reconditionnements. Par exemple, si un tri est effectué sur place, il est préférable de pousser le traitement jusqu'au bout : lavage, séchage, inventaire, sélection des lots méritant une étude plus poussée et conditionnement. Si l'infrastructure du chantier ne le permet pas, il vaut mieux procéder à tous ces traitements dans le centre de recherche archéologique, où il sera par ailleurs plus facile de bénéficier de l'expertise des spécialistes. Parallèlement à la question de la quantité se pose celle de la qualité : d'une part, le tamisage permet de recueillir des éléments habituellement sous-représentés mais de grand intérêt (arêtes de poisson par exemple) ; d'autre part, il donne accès à un grand nombre de fragments divers, qui ne sont habituellement ni vus ni prélevés, souvent sans autre intérêt que d'autoriser une détermination fiable du taux de fragmentation. Que faire de ces fragments ? Quel serait l'impératif de tout étudier avec la même acuité, quelle nécessité de tout conserver ? Ces questions, sur lesquelles il est difficile de se prononcer, ne peuvent pour autant être éludées : il est nécessaire de se positionner, au moins au cas par cas, sur les traitements à mettre en œuvre et les niveaux d'études sur lesquels il est intéressant de s'engager. En tout état de cause, concevoir des moyens d'étude simplement proportionnels à la quantité de mobilier, que cela soit exprimé en nombre de restes, en poids et même en nombre minimum d'individus, n'est une solution ni viable ni scientifique : la particularité de la nature du lot récolté par tamisage doit être prise en compte, des effets de seuil sont à considérer en fonction des objectifs souhaités. À l'opposé, une mécanisation « classique » qui ne met pas en œuvre de tamisage est susceptible d'engendrer une collecte trop limitée en regard du potentiel d'une strate : volumes trop conséquents et constitués trop rapidement, poste de travail inconfortable, etc. Si les objectifs en collecte de mobilier peuvent être modestes (un ensemble bien calé en stratigraphie par exemple), il convient de bien adapter les études de mobilier en fonction de la faible valeur informative du lot, et de ne pas chercher à lui faire dire plus qu'il ne peut.

6 Conclusion

La maîtrise du décapage mécanisé, et plus généralement de l'utilisation d'engins adaptés pour les terrassements généraux, a constitué l'une des conditions du passage d'une archéologie de sauvetage à une archéologie préventive vraiment intégrée dans le processus d'aménagement du territoire. Ce qui nous paraît désormais évident et naturel ne l'est pas pour tous et un rapide tour d'horizon des pratiques sur le vieux continent nous le montre.

Le paradoxe bien connu de l'archéologue qui doit détruire une partie de l'objet de son étude, par ailleurs unique et non reproductible, est probablement central. La « sauvegarde par l'étude scientifique » est un concept parfois ambigu, difficile à assumer. Les craintes de ne pas faire ce qui aurait dû être fait, d'être passé à côté de quelque chose d'essentiel (mais quoi ?), ne doivent pas pour autant nous tétaniser.

La destruction des vestiges archéologiques est la raison d'être de l'archéologie préventive. Nous devons garder à l'esprit que cette destruction est inéluctable et nous détacher de l'objet physique pour nous préoccuper davantage de la documentation et des données scientifiques que l'on produit, sans oublier les « métadonnées » associées qui décrivent comment les données ont été produites et donc quelles sont les limites de leur exploitation ultérieure.

Détruire par la fouille implique bien évidemment de prendre des précautions, de le faire avec soin et attention : une purge sera toujours plus symbolique qu'efficace. Lorsque la mécanisation est poussée jusqu'à la fouille des structures, sa mise en œuvre doit être au service d'objectifs scientifiques clairs. Ces objectifs intègrent nécessairement des compromis et des choix. D'autre part, les processus sont complexifiés et, surtout, accélérés. Ce sont les principales raisons pour lesquelles une mécanisation réussie ne

s'improvise pas et nécessite une intégration opérationnelle réfléchie et continuellement évaluée et adaptée.

Si les emblématiques mini-pelles hydrauliques ont une place centrale dans la fouille mécanisée, d'autres engins et une infinité de machines peuvent être mises à contribution sur les chantiers : aspirateurs, brumisateurs automatiques, tapis roulants, drones, etc.

Ces solutions sont la plupart du temps complémentaires, tout comme fouille mécanisée et fouille manuelle doivent le rester, selon un équilibre à définir au cas par cas.

Insistons ici une fois de plus sur le fait que mécaniser n'est pas simplement réaliser avec des machines des tâches que l'on fait traditionnellement à la main. La mécanisation n'est pas qu'une affaire de réduction de la pénibilité des tâches ou d'optimisation et de rentabilité : elle est aussi un moyen de gagner en qualité d'information et d'autoriser l'accès à d'autres informations.

La mécanisation n'est pas une découverte, nous ne partons pas de zéro, tout n'est pas à apprendre ou à réapprendre, mais il est essentiel de s'inscrire dans une démarche de qualité : après la sécurité, la première des préoccupations doit être la maîtrise des objectifs scientifiques de l'intervention. Ceux-ci sont directement liés aux moyens, mais aussi à la façon dont on les utilise.

Résumé des recommandations pour une amélioration continue de la mécanisation sur les chantiers de fouille

1 Préparer la mécanisation en consolidant les études préalables

- ▶ S'informer sur des expériences de mécanisation et évaluer la pertinence de leur application à l'opération en prenant en compte les spécificités de la fouille.
- ▶ Rechercher les améliorations possibles, intégrer de manière raisonnée les nouvelles possibilités.
- ▶ Déterminer ou du moins circonscrire les tâches qui pourront être mécanisées ou non afin :
 - d'établir un bon compromis entre aspirations scientifiques, contraintes opérationnelles et technologiques, compétences effectivement mobilisables ;
 - de prévoir ce qui est prévisible et d'anticiper ce qui ne l'est pas.
- ▶ Examiner comment les ateliers vont se succéder ou se chevaucher, définir alors les étapes, les objectifs intermédiaires.
- ▶ S'attacher à dimensionner correctement les principaux ateliers en fonction des paramètres précédents, ne pas oublier le problème du ravitaillement en carburant (GNR).

2 Mise en œuvre de la mécanisation sur le terrain

- ▶ Ne jamais perdre de vue les deux priorités « SOS » (sécurité et objectifs scientifiques) :
 - les aspects sécurité doivent couvrir l'ensemble des activités et des situations ;
 - les objectifs scientifiques doivent être clairs pour tous et sous-tendus par une organisation de chantier maîtrisée.
- ▶ Réévaluer régulièrement tant le potentiel scientifique que la ventilation, et parfois même la nature des moyens prévus. Si une mécanisation réussie ne s'improvise pas, elle nécessite une intégration opérationnelle évaluée et adaptée en continu.
- ▶ Anticiper les besoins, immédiats et ultérieurs.
- ▶ Être particulièrement vigilants sur l'organisation technique des chantiers qui exige des compétences spécifiques. L'assistant technique doit assurer, en lien avec les adjoints scientifiques et techniques, la préparation et le suivi technique des chantiers dans le respect des règles de sécurité. Sur le terrain, cette organisation doit permettre de :
 - s'assurer que la mécanisation et les objectifs du chantier sont connus, acceptés et maîtrisés par tous, chacun selon son rôle sur l'opération ; une compétence générale doit se décliner à tous les échelons, dans tous les secteurs, pour tous les acteurs d'une opération ;
 - prévoir un découpage de l'espace de travail évoluant avec l'avancement du chantier et clairement circonscrit selon les différentes activités ; une attention toute particulière sera portée aux zones de circulation ; tout agent intervenant sur un chantier, même de manière très ponctuelle, doit être bien informé et sensibilisé au découpage et à l'évolution de cet espace de travail ;
 - investir du temps de réflexion sur la préparation de chaque atelier afin d'éviter les situations de blocage ou d'attente pour les ateliers suivants ; prévoir les contrôles, les tests et les points d'arrêt ;
 - répondre, concernant les déblais, à trois questions préalables pour éviter la saturation : volume foisonné prévisible ? stockage à proximité des structures ou évacuation ? possibilités d'accès et de circulation des engins ?
- ▶ Concernant les ateliers de fouille, les points importants sont :
 - intégrer l'impact de la fouille des premières structures sur les possibilités d'accès aux suivantes ; le cas échéant, différer la fouille de certains vestiges et les protéger

- (feutre géotextile, voire remblaiement provisoire) pour travailler sur les éléments les moins accessibles ;
- définir des parcours d'accès, privilégier les manœuvres à l'extérieur des ensembles, les matérialiser si nécessaire ; tout déplacement d'un engin ne doit être entrepris qu'après information et préparation de l'équipe ;
 - mutualiser les moyens et favoriser l'alternance des tâches mais également de la présence des engins.
- ▶ Des ateliers d'assistance (mécaniser une tâche non archéologique au sens strict du terme, aménager, évacuer, transporter...) sont à mettre en œuvre afin de :
 - maintenir le chantier praticable et sécurisé ;
 - faciliter les ateliers de fouille, c'est-à-dire leurs accès et les postes de travail ;
 - permettre la manutention mécanisée, même pour des charges peu conséquentes.
 - ▶ Les engins doivent être équipés d'outils adaptés et fonctionnels. Sauf utilisation ponctuelle très spécifique, les mini-pelles doivent être livrées avec au minimum un godet de curage et un godet lisse de 40 à 50 cm. Lors de la livraison, que ce soit avec ou sans chauffeur, le personnel réceptionnant l'engin doit effectuer un contrôle de l'état général ainsi que de la validité de la VGP (vérification générale périodique). Les engins de chantier doivent faire l'objet d'un contrôle journalier de la part du chauffeur afin de garantir leur parfaite utilisation.

3 Le mobilier archéologique

La fouille mécanisée peut avoir des conséquences importantes sur la qualité et la quantité du mobilier archéologique.

Aussi :

- ▶ les conditions de collecte du mobilier doivent être détaillées et consignées sur le terrain, au moment même de la fouille, puis complétées à chacune des étapes de traitement ultérieures (tamisage, tri, sélection...);
- ▶ les études de mobilier doivent tenir compte de la particularité de la nature des lots, de leur constitution ; des effets de seuil sont à considérer en fonction des objectifs souhaités ;
- ▶ enfin, le tamisage à grande échelle génère une importante quantité de mobilier à inventorier, gérer, manipuler, étudier et conditionner ; mal gérés ou trop improvisés, ces aspects peuvent rapidement devenir inutilement chronophages.

4 Le rapport

Pour mémoire, doivent être présentés, dans la deuxième section du rapport, la stratégie et les méthodes mises en œuvre : « démarche adoptée ainsi que les méthodes et techniques d'investigation ». Le rapport « détaille les protocoles d'enregistrement et de traitement des données et des vestiges archéologiques, des prélèvements et de l'étude environnementale »¹.

Ce sont par ailleurs les descriptions et l'analyse de ce qui a été fait qui permettent d'évoluer positivement dans nos façons de faire et qui constituent le matériau de base des études préparatoires des nouvelles opérations.

Note

1. 2^e alinéa de l'article 5 de l'arrêté du 27 septembre 2004 portant définition des normes de contenu et de présentation des rapports d'opérations archéologiques.

La collection des "Cahiers de l'Inrap"

Institut national de recherches, l'Inrap a vocation à recenser le savoir-faire et les connaissances de ses archéologues, à les harmoniser et à les diffuser. Au sein de la collection « Les Cahiers de l'Inrap », l'institut publiera régulièrement des textes méthodologiques qui contribuent au partage des méthodes et des techniques et de leurs évolutions les plus récentes. Ces "Cahiers" ont vocation à être largement diffusés auprès de la communauté archéologique, pour favoriser un partage des problématiques et des méthodes.

Déjà parus

1 - *Le diagnostic des ensembles funéraires*

2 - *La géoarchéologie appliquée au diagnostic des sites du Néolithique à nos jours*

3 - *Le diagnostic des sites paléolithiques et mésolithiques*

La fouille mécanisée : enjeux méthodologique et scientifiques

Qu'il soit systématisé ou rejeté, le recours aux engins de terrassement sur les chantiers archéologiques et, plus généralement, la mécanisation des fouilles archéologiques, a longtemps fait l'objet de débats animés. En France, le principe de la mécanisation est désormais acquis pour les diagnostics mais également pour les fouilles archéologiques où, ne serait-ce que pour les décapages, les pelles hydrauliques sont utilisées. Cette mécanisation raisonnée s'inscrit donc dans un processus d'évolution naturelle de la pratique archéologique.

Une fouille mécanisée réussie ne s'improvise pas. Elle nécessite une intégration réfléchie des engins en adéquation avec le contexte de l'opération et les objectifs scientifiques. C'est d'autant plus vrai quand la mécanisation est poussée jusqu'à la fouille des structures.

Le séminaire, dont les travaux sont présentés ici, avait pour principale ambition d'échanger sur la diversité des recours, à partir de cas concrets et d'enquêtes. Les débats suscités ont porté sur les enjeux scientifiques et les pratiques. Ils ont permis d'affiner les points de vue en termes d'avantages et d'inconvénients, de limites méthodologiques, d'objectifs scientifiques visés et de champs d'application. Ils ont largement motivé le point de vue de la direction scientifique et technique de l'Inrap, réactualisé et présenté en fin d'ouvrage.