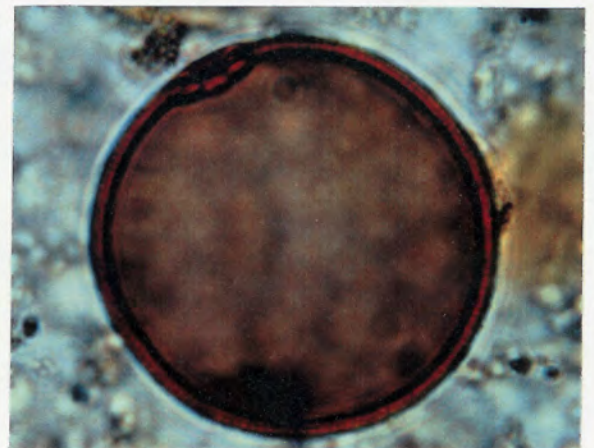


*Les Millets :
Recherche ethnobotanique
et
culture expérimentale*

*Brig-Glis "Waldmatte", Valais, CH
1992 - 1994*



*K. Lundström-Baudais, A.-M. Schneider-Rachoud, D. Baudais,
A. Nightengale et K. Jacquot*

Les différents intervenants dans ce projet assurent les recherches suivantes :

Ethnobotanique au Népal : *D. Baudais*¹ *K. Lundström-Baudais*² et
*A. Nigh Tengale*³

Palynologie : *A.-M. Schneider-Rachoud*⁴

Etude des semences : *K. Lundström-Baudais* et *K. Jacquot*²

Expérimentation archéoethnobotanique : *D. Baudais*, *K. Lundström-Baudais*,
*K. Jacquot*² et *A.-M. Schneider-Rachoud*

Phytosociologie : *K. Lundström-Baudais* et *K. Jacquot* avec l'assistance de
*M. Mange*⁵ et *G. Bailly*⁶

K. Lundström-Baudais est responsable de la conception et de la coordination du projet.

1 Département d'Anthropologie et d'Ecologie, Université de Genève & A.R.I.A, Naters

2 Laboratoire de Chrono-Ecologie de Besançon (France), C.N.R.S.

3 Boursier de la Fondation Fulbright (U.S.A) travaillant dans l'ouest du Népal

4 Musée Botanique de Lausanne

5 Université de Besançon

6 Phytolab, Besançon (France) et membre associé du Laboratoire de Chrono-Ecologie de Besançon (France), C.N.R.S.

1 INTRODUCTION

Dans la zone intra-alpine, les millets *Panicum miliaceum* et *Setaria italica* apparaissent seulement à l'âge du Bronze. Les études faites sur les paléosemences en contexte archéologique et l'apport des sources écrites pour les périodes récentes ont établi que ces céréales participent dès l'âge du Bronze au cortège des plantes cultivées, le plus souvent en tant que récolte secondaire. Néanmoins, de temps à autres, ces céréales ont joué localement un rôle plus important, accédant ainsi au statut de récolte principale. En l'occurrence, c'est ce qui s'est produit lors de l'occupation Hallstattienne du site de Brig-Glis "Waldmatte".

S'il est bien établi que ces petites céréales ont participé au cortège des plantes cultivées depuis fort longtemps, les millets, par bien d'autres aspects, sont restés très mal connus.

- Dans les diagrammes polliniques, ces céréales n'apparaissent quasiment jamais sous leur propre nom ; il est donc pertinent de se demander si elles sont groupées sous la rubrique *Cerealia* Type ou sous celle de *Poaceae* (les graminées sauvages).
- Le processus par lequel les pollens de millet sont introduits dans la pluie pollinique n'a pas été l'objet d'études à ce jour. En effet ces plantes sont autogames ; ce qui signifie que leurs pollens ne sont pas nécessairement libérés dans l'air au moment de la floraison. Quels sont les agents responsables de cette libération ? Quelle est la distance de leur diffusion ? La réponse à ces questions est d'importance pour l'interprétation des diagrammes polliniques.
- La flore des mauvaises herbes qui se développent dans les champs de millets n'a pas fait l'objet d'études car en Valais et en Suisse ces céréales ne sont plus cultivées depuis longtemps.
- De ce fait même, les chaînes opératoires de transformation traditionnelle des millets, qui débutent avec la moisson et se terminent avec la cuisson, sont mal connues.

Pour mieux saisir le rôle joué par les millets dans l'agriculture du passé, il nous a semblé essentiel de clarifier les critères de détermination des genres *Panicum* et *Setaria* et d'établir des modèles de références qui puissent faciliter l'interprétation des diagrammes polliniques et des paléosemences en contexte archéologique. Dans ce but nous avons engagé depuis l'automne 1992 un programme archéobotanique à Waldmatte avec la mise en place de cultures expérimentales. Parallèlement, s'est poursuivi - pour deux d'entre nous - un programme de recherche ethnobotanique sur les techniques de transformation des millets dans l'ouest du Népal.

2 PROGRAMME "MILLET" 1992-1994

Au cours de cette période nous avons engagé des travaux sur deux axes principaux : les observations ethnobotaniques et l'expérimentation archéobotanique. Mais avant d'entamer ces recherches, il a été essentiel de procéder à un travail moins chronophage qui consiste en un examen critique des critères de détermination des pollens et des semences de *Panicum miliaceum* et *Setaria italica*.

2.1 CRITÈRES DE DÉTERMINATION

2.1.1. détermination des pollens de *Panicum miliaceum* et *Setaria italica*

Avant d'engager une expérimentation sur la production et la diffusion pollinique du millet, il a été nécessaire de passer en revue les critères d'identification de leurs pollens. En premier lieu, il a fallu clarifier de quelle manière les palynologues classifient les millets. Ces deux espèces sont-elles plutôt attribuées au groupe *Cerealia* type (*Poaceae* cultivées) ou bien au groupe des *Poaceae* (terme couramment employé par les palynologues pour les *Poaceae* sauvages, anciennement *Gramineae*) ? Si leur classement ne correspond pas à leur rôle effectif, l'interprétation peut être biaisée. En effet, si les pollens de *Panicum miliaceum* et *Setaria italica* sont rangés avec les *Poaceae* sauvages, l'image fournie par le diagramme pollinique exagérera l'importance des prairies-pâturages dans le paysage.

D'autre part, il faut établir si ces deux espèces sont bien identifiables et déterminer avec quel degré de fiabilité il est possible de les distinguer des espèces sauvages très proches, telles que *Setaria glauca*, *Setaria viridis*, *Setaria verticillata*, *Echinochloa crus-galli*, *Digitaria sanguinalis* et *Digitaria ischaemum*.

2.1.1.1 études palynologiques antérieures

En 1961, Beug a publié d'excellents critères de détermination des pollens de millets. Il demeure, à notre connaissance, le seul auteur qui signale la présence de grains de pollen de millet dans ses diagrammes polliniques. La majorité des espèces de céréales cultivées en Europe occidentale se classe facilement, à peu d'exceptions près, dans le taxon *Cerealia* Type. *Setaria italica* et *Panicum miliaceum* font partie de ces exceptions. La plupart des espèces sauvages se classe aisément dans les *Poaceae*, mais parmi les exceptions figure, par exemple, *Setaria glauca*, qui en raison de la taille de ses pollens est placé dans *Cerealia* Type. D'autre part, la limite de la taille minimale des *Cerealia* Type et *Poaceae* est variable selon les auteurs (>35 μ , >40 μ ou >43 μ).

Pour être inclus dans les *Cerealia* Type, les grains de pollen doivent répondre selon Beug (1961) à toutes les caractéristiques suivantes :

Le plus grand diamètre du grain	>37,0 μ
Le diamètre du pore	>2,7 μ
La largeur de l'annulus	>2,7 μ
L'épaisseur de l'annulus	>2,0 μ (plutôt >3,0)

Avec cette définition, les pollens des espèces cultivées des genres *Panicum* et *Setaria* sont en majeure partie exclus des *Cerealia* Type, pour être regroupés dans les *Poaceae*.

Détermination des millets selon Beug (1961)

Setaria

Les éléments de la structure fine s'organisent en plaques (felderig) et chaque élément mesure environ 1 μ . La forme des plaques est à peu près polygonale. La structure fine est semblable à celle des *Avena* Type, mais *Setaria* se différencie par la forme de l'annulus, bombé vers l'intérieur et presque plat vers l'extérieur. En se basant uniquement sur la taille, une partie des pollens de *Setaria pumila* est classée dans les *Cerealia* Type, par contre tous les pollens de *Setaria italica* tombent dans les *Poaceae*.

Panicum

Les pollens de *Panicum* ressemblent à ceux de *Setaria*, mais leur structure fine est plus petite, en partie comme celle d'*Avena* (figure 1a). L'annulus est également bombé vers l'intérieur, mais de manière moins prononcée que chez *Setaria* (figure 1b). Les millets *Panicum miliaceum* et *Setaria italica* se différencient plus facilement par la mesure de la grandeur du grain que par leur structure fine.

espèce	Diamètre du grain		Pore	Annulus	
	Min.-Max.	Moyenne	Diamètre	Largeur	Épaisseur
<i>Panicum miliaceum</i> L.	31,9-42,5	37,4	2,4-4,7	2,7-4,0	2,7-3,3
<i>Setaria italica</i> (L.) PALEAUV.	24,6-32,5	29,0	2,0-2,9	2,0-2,9	2,7
<i>Setaria pumila</i> (POIR.) R. et SCHULT.	33,2-49,1	41,5	2,0-3,3	2,9-4,0	2,4-3,3

TAB. 1. Mesures des *Paniceae* (Beug 1961).

Selon Beug (1961), une certaine confusion peut exister sur la base de leur structure fine entre les millets et le groupe d'*Avena nuda* - *Avena brevis* - *Avena strigosa*. Les pollens de ces trois espèces n'appartiennent qu'en partie à

Avena Type. Le peu de contraste de leur structure fine rend la détermination plus difficile ; il est possible de les confondre avec *Panicum miliaceum* et dans une moindre mesure avec *Setaria pumila*. Mais, chez ces derniers, l'annulus est bombé vers l'intérieur du grain et à peine relevé vers l'extérieur.

2.1.1 2 étude palynologique de pollen du millet en provenance de Waldmatte

Une lame de référence de *Panicum miliaceum* a été préparée par la technique standard (tamisage des panicules en fleur, traitement avec l'acétolyse, KOH et glycérine suivi du montage sur lame). A l'examen au microscope, les critères établis par Beug sont facilement observables sur cette lame, comme sur celles obtenues ensuite à partir des pièges à pollen installés sur le champ expérimental (figures 1 et 2).

2.1.2 détermination des paléosemences

Avec l'étude des paléosemences de Waldmatte, nous avons constaté que les critères couramment employés par les paléobotanistes ne nous permettaient pas de différencier dans notre matériel les nombreuses espèces des genres *Panicum-Setaria-Echinochloa-Digitaria*. En collaboration avec P.-A. Gillioz (responsable de la programmation), nous avons tenté d'établir un référentiel pour la détermination de ce groupe. Les semences modernes appartenant aux espèces des genres *Panicum-Setaria-Echinochloa-Digitaria* ont été soumises à la carbonisation (chaque espèce est représentée par 100 semences). Cette expérimentation a clairement mis en évidence un important chevauchement biométrique des différentes espèces. Ces données traitées par un système de "Réseau de Neurones" donnent des résultats très prometteurs (recherche en cours, article en préparation). Ce système informatique est destiné à fournir un nouvel outil qui facilitera la détermination jusqu'à l'espèce d'un ensemble de genres dont les semences sont particulièrement ressemblantes par leur forme et par leur taille.

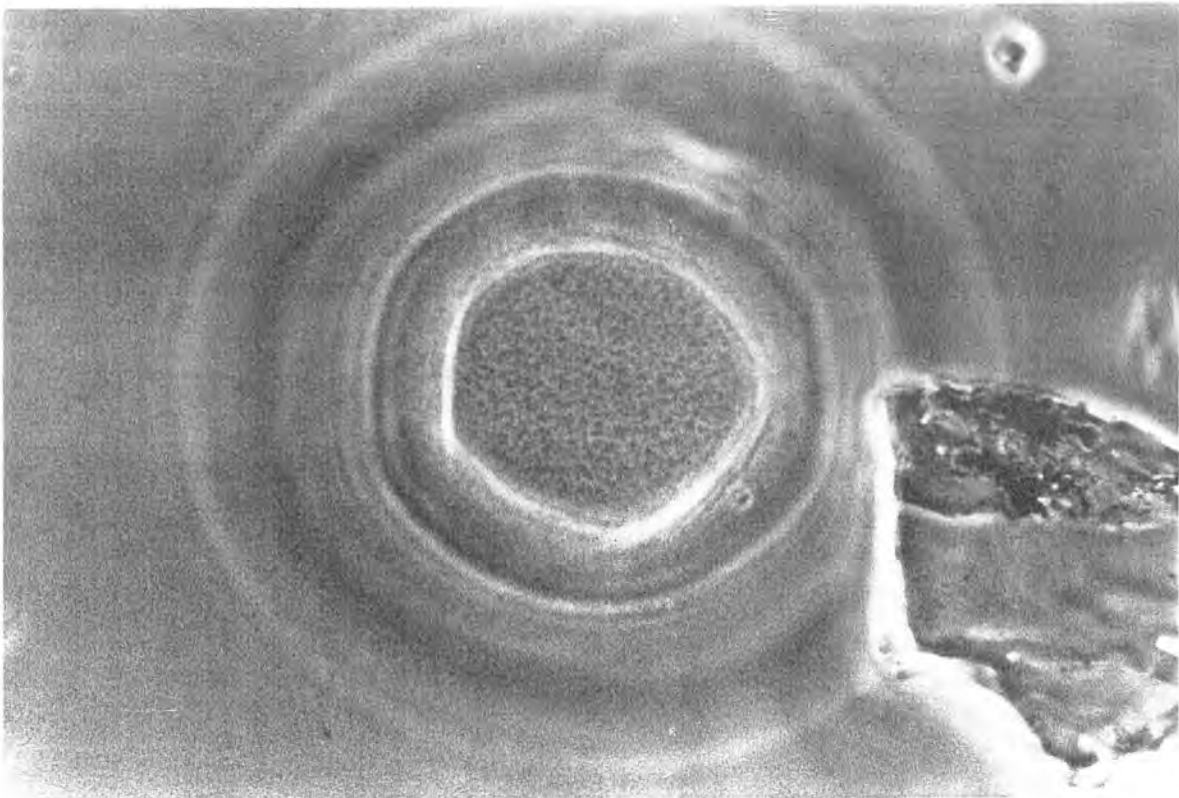
2.2 CHAMP EXPÉRIMENTAL

Un champ expérimental de millet (*Panicum miliaceum*) a été ouvert sur les terrains de la fouille de Waldmatte. Trois objectifs étaient visés :

- étudier la flore de mauvaises herbes qui se développent en association avec le millet ;
- enregistrer la production et la diffusion du pollen de millet sur le champ et dans ses alentours ;
- produire une récolte qui puisse faire l'objet d'expérimentations ethno-archéo-botaniques sur les produits et sous-produits générés par les

Figure 1 : pollen de *Panicum miliaceum* récolté entre les glumelles de la semence encore vêtue

a. la structure fine



b. annulus typiquement bombé vers l'intérieur

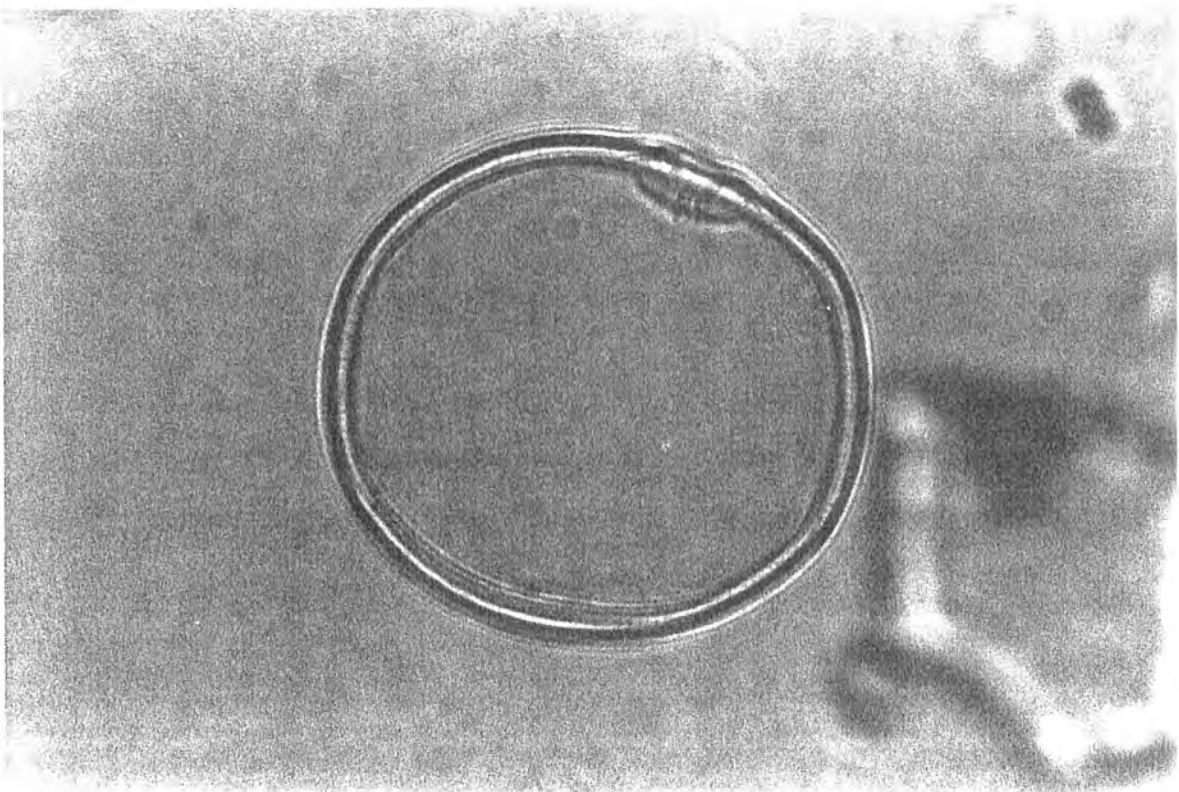
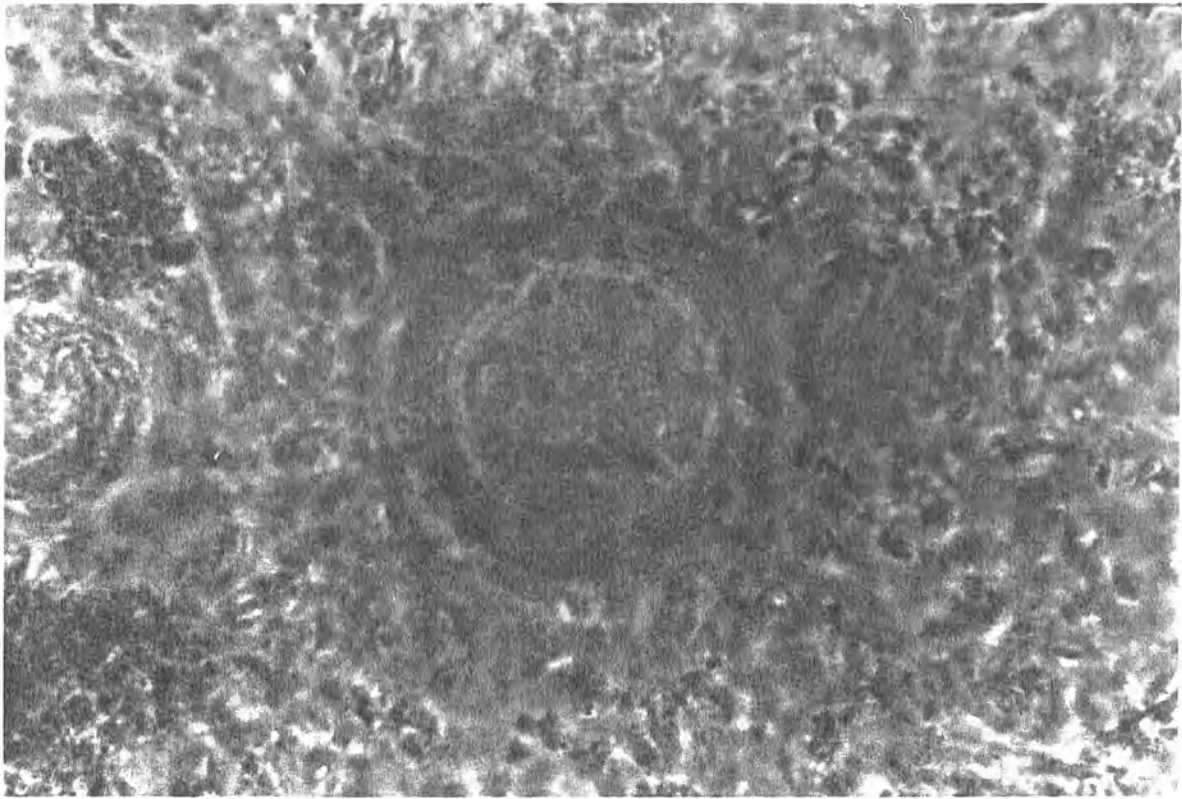
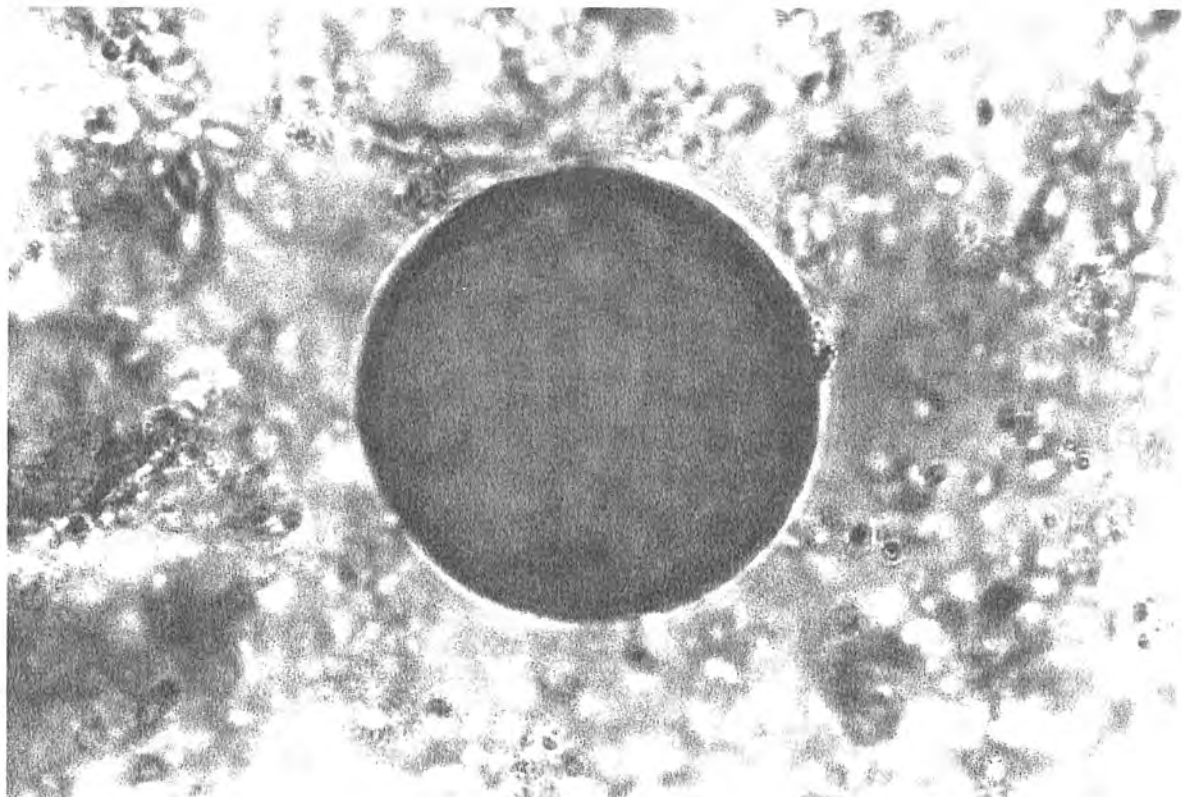


Figure 2 : pollen de *Panicum miliaceum* provenant des pièges à pollen installés sur le champ expérimental de Waldmatte

a. la structure fine



b. annulus typiquement bombé vers l'intérieur



opérations de la chaîne de transformation depuis la moisson jusqu'au produit final (grain propre, prêt pour la cuisson). Ce point concerne à la fois les "macrorestes" végétaux et les "microrestes" que sont les pollens (voir le chapitre 2.3).

Les millets sont des semis tardifs de printemps. A titre de comparaison, nous avons décidé de semer du seigle en tant que semis d'automne. Deux parcelles adjacentes de 4 m X 11 m ont été retournées en automne 1992 (voir figure 3) ; elles se trouvent à l'ubac du pied du versant du Glishorn. Une partie des terrains de Waldmatte était encore cultivée en 1989. Le reste, encore partiellement exploité de nos jours par les paysans, constituait une prairie irriguée. En amont des terres ouvertes se développe une forêt de pins qui se diversifie en bordure aval (bouleau, tilleul, frêne, peuplier). Dans cette zone, les vents dominants soufflent d'ouest en est.

Secale cereale a été semée le 23 novembre 1992 sur une parcelle avec du grain produit par le dernier ensemencement agricole de 1989. Au printemps suivant, la parcelle adjacente a été semée de *Panicum miliaceum*, le 15 juin 1993.

2.2.1 flore des mauvaises herbes

De toutes les céréales, les millets sont celles qui sont semées le plus tardivement au printemps, bien après les autres. En conséquence nous ne pouvons directement extrapoler la flore des mauvaises herbes qui leur serait associée dans les champs à partir des études phytosociologiques menées sur d'autres céréales printanières¹. L'installation d'un champ expérimental sur le site de Waldmatte convient très bien à notre projet ; le sol contient encore son stock grainier de compagnes des cultures puisque cette zone était encore en culture la première année des fouilles (1988).

Les flores qui se sont développées sur les parcelles contiguës à *Secale* et à *Panicum* ont été relevées juste avant de procéder aux moissons (voir Tableaux 2 et 3). Les déterminations botaniques ont été contrôlées par M. Mange et G. Bailly. Nous avons également enregistré l'état des inflorescences des mauvaises herbes au moment de la moisson. Ce paramètre n'est pas conventionnellement noté par les phytosociologues mais il est essentiel pour la construction de notre modèle paléobotanique. Il est, en effet, très important de savoir quelles sont les espèces dont les semences parviennent à maturité au moment de la moisson, car ce sont ces mauvaises herbes qui sont susceptibles de contaminer par leurs

¹ Une excellente étude chorologique et phytosociologique a été menée par Waldis (1987) sur la végétation des mauvaises herbes en Valais.

semences le stock de céréales récoltées. D'autre part, cette observation est nécessaire pour connaître les mauvaises herbes en fleur au moment de la moisson. Ce sont ces dernières qui sont susceptibles d'être emportées avec la récolte et de constituer ainsi une source potentielle de "contamination" de la pluie pollinique dans le lieu de stockage.

2.2.2 diffusion des pollens de millet dans et autour du champ

Dans les champs, les différentes céréales sont loin de contribuer de manière égale à la pluie pollinique. Cette production différentielle est directement liée au type de sexualité de chaque espèce. Les céréales ont des comportements sexuels très variés allant de la cléistogamie presque totale (la fleur ne s'ouvre pas lors de la pollinisation) à la chasmogamie (la fleur s'ouvre).

Chez les espèces cléistogames, la pollinisation s'effectue grâce au propre pollen de la fleur (autogamie) ; ces espèces sont obligatoirement hermaphrodites.

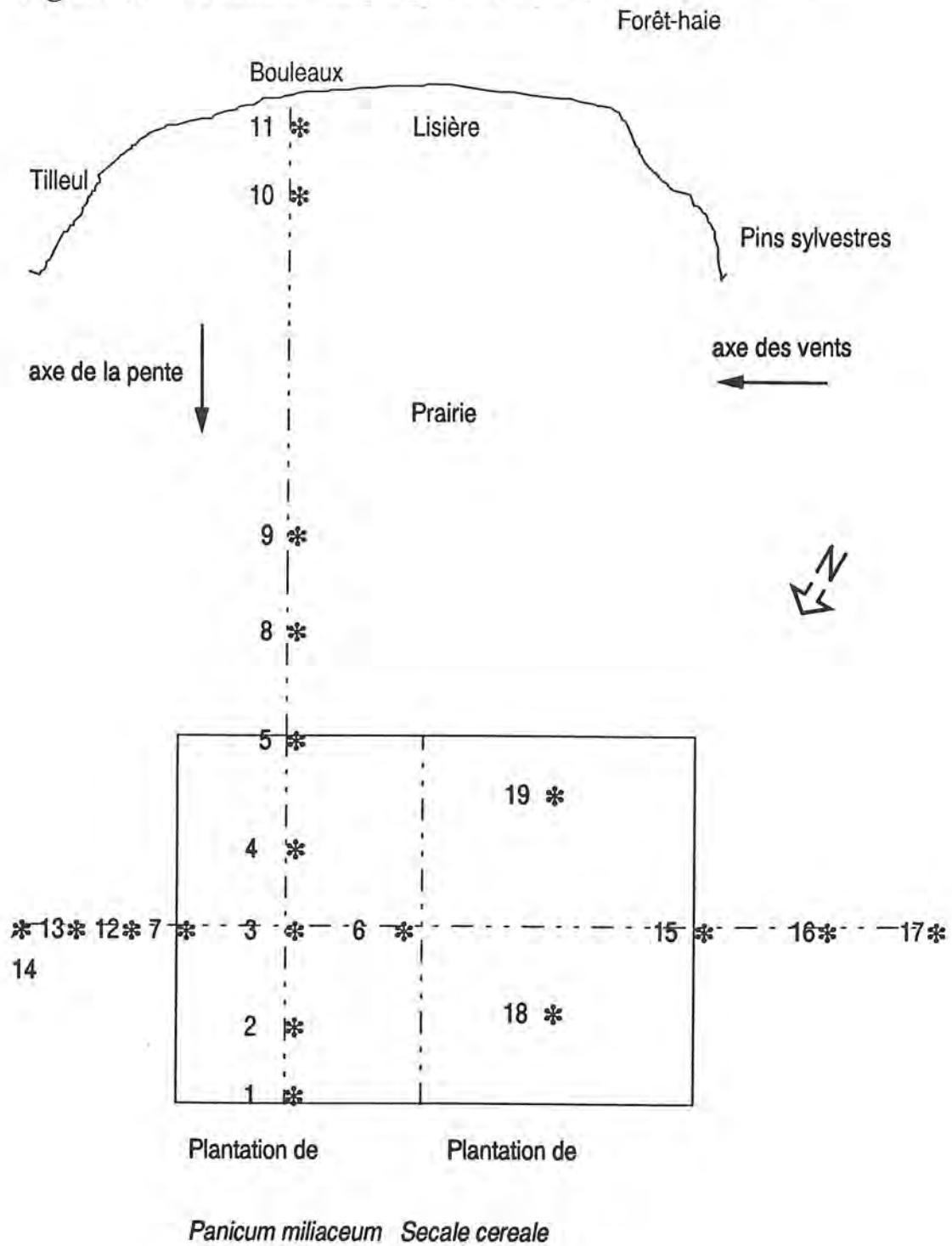
- La fleur de l'orge (*Hordeum vulgare*) ne s'ouvre presque pas lors de la pollinisation ; cette espèce est autogame à 99 % (Valdeyron 1984).
- Les avoines cultivées *Avena* ssp. sont presque strictement cléistogames et leur taux d'autogamie est de 98-99 % (Valdeyron 1984).
- Les blés, amidonnier (*Triticum dicoccum*) et engrain (*Triticum monococcum*), sont également hautement cléistogames ; avec des taux respectifs d'autogamie de 97 % et 99 % (Lüning et Meurers-Balke 1980).
- Le froment (*Triticum aestivum*) est moins strictement cléistogame ; il est autogame à 90-92 % (Valdeyron 1984).

Chez les espèces chasmogames, la pollinisation s'effectue soit par le pollen de la même fleur (autogamie), soit par le pollen de la fleur d'un autre pied de la même espèce (pollinisation croisée = allogamie).

- Le seigle (*Secale cereale*) est une céréale chasmogame et de surcroît auto-incompatible ; elle a un taux d'allogamie de 100 %. De ce fait cette espèce lâche une énorme quantité de pollen dans l'air pour assurer sa pollinisation. C'est une plante classiquement "anémogame" (sa pollinisation est assurée par le vent). (Valdeyron 1984)

Ainsi un champ de seigle produit, à surface égale, 90-99 fois plus de pollen qu'un champ de blé ou d'avoine. Au niveau de l'interprétation des analyses polliniques hors du contexte archéologique, cette observation souligne l'importance qu'il y a à connaître l'assemblage des plantes cultivées à une époque donnée avant d'interpréter les variations du pourcentage de *Cerealia* comme indicatrices d'expansion ou de régression de la surface agraire. La situation est encore plus complexe dans le cas où l'analyse a lieu sur un gisement archéologique comme nous le verrons au chapitre 2.3.

Figure 3. Position des pièges à pollen posés le 17/6/93



20 *

* :pièges à pollen numérotés de 1 à 20

* :n°12 à 50cm hors-champ, n°13 à 1m50, n°14 à 10m, n°15 à 50cm, n°16 à 1m50, n°17 à 10m, n°8 à 50cm, n°9 à 1m50, n°10 à 10m et n°11 à la lisière; n°20 à 30m en-dehors du chantier.

Tableau 2

relevés du champ de millet à Waldmatte 1993

Panicum miliaceum

lors de la moisson, le millet avait un recouvrement de 15-20% et les mauvaises herbes 15-20%

	28.7.93		13.8.93		11.9.1993 jour de la moisson				
	recouvrement	sociabilité	recouvrement	sociabilité	recouvrement	sociabilité	état de l'inflorescence		
							capsules / parties florales	fleurs	semences
<i>Chenopodium album</i>	2	2+3	2	2+3	2	2+3	•		•+imm.
<i>Setaria viridis</i>	1	1	1	1	1	1	•		•
<i>Vicia sp.</i>	r		r		r		rien		
<i>Polygonum convolvulus</i>	1	1+2	1	1+2	1	1+2	•		qq
<i>Trifolium sp.</i>	r		r		r		rien		
<i>Conyza canadensis</i>	r		r				rien		
<i>Convolvulus arvensis</i>	1	1+2	1	1+2	1	1+2	•		qq
<i>Chondrilla juncea</i>	r		r		r		•		•
<i>Amaranthus retroflexus</i>			r		r		•		•
<i>Euphorbia virgata</i>	r		r		r		•		•
<i>Anchusa arvensis</i>					1	1	•	•	

abondance-dominance

5 - recouvrement >75%

4 - recouvrement 50-75%

3 - recouvrement 25-50%

2 - très abondant ou recouvrement 25-5%

1 - le recouvrement est insignifiant,
mais ce n'est pas une espèce rare

r - simplement présent (recouvrement et abondance très faibles)

sociabilité

5 - en peuplement

4 - en petites colonies

3 - en troupes

2 - en groupes

1 - isolément

imm. = immature

• = présent

qq = quelque fois présent

Tableau 3

relevé du champ de seigle à Waldmatte 1994

Secale cereale

moissonné 1-2 semaines après les champs locaux

le seigle recouvre approximativement 20% de la surface de la parcelle

	12.8.93		13.8.1993, jour de la moisson état de l'inflorescence			observations
	recouvrement	sociabilité	capsules / parties florales	fleurs	semences	
<i>Coryza canadensis</i>	3	3	•	•	•	
<i>Apera spica-venti</i>	2	2	•		•	
<i>Lactuca serriola</i>	1	3	•	•	•	très important sur le bord du champ
<i>Consolida regalis</i>	1	1	•	•	•	
<i>Medicago sativa</i>	1	1	•	•	•	
<i>Bromus tectorum</i>	1	1	•		•	
<i>Daucus carota</i>	r	2	qq	qq		
<i>Polygonum aviculare</i>	r	2	•	•	qq	très important sur le bord du champ surtout en bordure
<i>Chondrilla juncea</i>	r	2	•	•	•	
<i>Bromus commutatus</i>	r	1			•	
<i>Camelina microcarpa</i>	r	1	•		•	
<i>Centaurea cyanus</i>	r	1	•	•	•	
<i>Medicago lupulina</i>	r	1	•	•	•	
<i>Polygonum convolvulus</i>	r	1	•	•	•	
<i>Vicia villosa</i>	r	1	•		•	
<i>Veronica sp.</i>	r	1				
<i>Lepidium densiflorum</i>	r	1	•	•	•	
<i>Trifolium sp.</i>	r	1	•	•	qq	
<i>Lotus corniculatus</i>	r	1	•	•		
<i>Odontites verna</i>	r	1		•	•	
<i>Artemisia vulgaris</i>	r	1				important sur le bord
<i>Anagallis arvensis</i>	r	1	•		•	
<i>Achillea millefolium</i>	r	1	•		•	surtout en bordure
<i>Chenopodium album</i>	r	1	•	qq	qq	
<i>Descuriana sophia</i>	r	1	•		qq	
<i>Taraxacum sp.</i>	r	1				
<i>Agropyron repens</i>	r	1	•		•	important dans la végétation autour du champ
<i>Plantago lanceolata</i>	r	1	•		•	
<i>Arenaria serpyllifolia</i>	r	1	•		•	
<i>Papaver dubium</i>	r	1	•	•	•	
<i>Melilotus altissima</i>	r	1	•	•		

abondance-dominance

5 - recouvrement >75%

4 - recouvrement 50-75%

3 - recouvrement 25-50%

2 - très abondant ou recouvrement 25-50%

1 - le recouvrement est insignifiant,

mais ce n'est pas une espèce rare

r - simplement présent (recouvrement et abondance très faibles)

sociabilité

5 - en peuplement

4 - en petites colonies

3 - en troupes

2 - en groupes

1 - isolément

imm. = immature

• = présent

qq = quelque fois présent

Dans le cas de *Panicum miliaceum* et *Setaria italica*, les taux d'autogamie/allogamie sont encore à établir avec précision. Notre projet cherche effectivement à connaître à quel moment le pollen de millet est libéré de l'emprise des glumelles et quels agents sont responsables de sa diffusion. C'est pour examiner ces questions que nous avons mis en place une étude palynologique détaillée dans ces cultures expérimentales.

2.2.2.1 méthode d'étude de la diffusion des pollens de millet dans et autour du champ

Des pièges à pollen ont été installés selon deux transects perpendiculaires ayant pour intersection les parcelles contiguës de *Panicum miliaceum* et *Secale cereale* (figure 3). Ces pièges sont des éprouvettes remplies de glycérine que nous avons à demi enterrées. Les premiers pièges ont été implantés le 17 juin 1993. La floraison du millet a été observée au cours de la première semaine d'août et une première série d'éprouvettes a été récoltée le 20 août. Une seconde série d'éprouvettes a été relevée le jour suivant la moisson du millet, soit le 11 septembre 1993.

Les éprouvettes de 1993 se sont montrées efficaces pour piéger le pollen mais également de nombreux coléoptères et même quelques souris. Mises à part ces fâcheuses intrusions, cette méthode simple s'est avérée efficace ; à l'avenir, quelques modifications seront nécessaires pour la rendre moins sujette aux perturbations accidentelles dues à l'homme et à la faune (chapitre 3.2.2).

Une fois parvenu au laboratoire, le contenu de chaque éprouvette a été soumis à un traitement au HF, à l'acétolyse et au KOH.

2.2.2.2 résultats préliminaires sur la diffusion du pollen de millet lors de la pollinisation

Etant donné les difficultés rencontrées avec certains pièges, seules les éprouvettes 3, 11 et 15 de la première série et l'éprouvette 3A de la deuxième série ont été retenues pour l'analyse pollinique.

L'éprouvette 3 est située au milieu du champ de millet (voir figure 3). Au moment de la floraison les pollens de *Panicum* Type sont dominants avec 49 %. Ceux des *Poaceae*, des *Cerealia* Type et de *Secale* atteignent respectivement 8 %, 2,4 % et 2,4 %. Les autres herbacées représentent 21 % de la somme pollinique totale. Les *Chenopodiaceae* sont les plus abondantes. Les arbres ne représentent que 8 % de la somme, il s'agit principalement de *Pinus*.

L'éprouvette 15 est située à cinq mètres du champ de millet, en bordure externe du champ de seigle. *Panicum* Type ne représente plus que 1,3 % de la somme pollinique totale. Les *Poaceae*, les *Cerealia* Type et *Secale* atteignent

respectivement 9,2 %, 0,2 % et 0,6 %. Les autres herbacées sont plus variées et plus abondantes. Les arbres ne représentent que 0,8 % de la somme ; il s'agit exclusivement de *Pinus*.

L'éprouvette 11 est située à 12 m au sud des champs cultivés, en lisière d'une forêt secondaire. *Panicum* Type atteint 10 % de la somme pollinique totale. Les *Poaceae*, les *Cerealia* Type et *Secale* atteignent respectivement 11 %, 3,4 % et 3,4 %. Les arbres représentent 23 % avec principalement *Betula*, *Pinus* et *Tilia*.

Bien que peu d'éprouvettes aient été examinées, les premiers résultats positifs nous aident à réorienter la suite de notre recherche. A l'inverse de ce que nous avons attendu, il y a eu, au moment de la floraison, une importante libération de pollen de millet qui demeure encore sensible à 12 m au moins du champ. Lors de la pollinisation, la production et la dispersion du pollen de *Panicum miliaceum*, ne sont pas, à première vue, comparables aux autres céréales "cléistogames". Parce qu'en 1993 nous avons constaté qu'il y a diffusion de pollen au moment de la floraison du millet, en 1994 nous avons augmenté le nombre de pièges et leur éloignement du champ de millet pour évaluer la distance de diffusion du pollen au moment de la pollinisation.

2.3 CHAÎNES OPÉRATOIRES DES MILLETS

Dans les contextes archéologiques, les analyses palynologiques enregistrent fréquemment de forts taux de pollen de *Cerealia* Type. Ces taux excèdent souvent ceux enregistrés de nos jours dans les champs de céréales lors de la pollinisation. Cependant celle-ci n'est pas le seul agent responsable de la diffusion du pollen de céréale. En effet, l'enregistrement de la production pollinique d'un champ de froment (blé nu) a montré qu'au moment de la moisson, sa contribution à la pluie pollinique était bien supérieure à celle enregistrée au moment même de sa pollinisation (Vuorela 1973). Il est probable que l'homme, par ses opérations de récolte et de transformation, soit directement responsable de la pluie pollinique des espèces à fort taux d'autogamie en contexte archéologique. L'expérimentation menée par Robinson et Hubbard (1977) sur l'orge (*Hordeum vulgare*) prouve que les glumelles sont des pièges très efficaces pour leur propre pollen. Les opérations liées au décorticage des céréales vêtues (qui ont en général un fort taux d'autogamie) sont potentiellement capables de provoquer la libération de grandes quantités de pollen. Les résultats préliminaires d'une étude en cours sur *Triticum dicoccum* étayent cette hypothèse pour cette espèce (Bower 1992).

Chez les populations pratiquant une agriculture non-mécanisée, les céréales de type vêtu sont souvent stockées non-décortiquées, ce qui permet de prolonger leur conservation. Les opérations d'extraction du grain de ses glumes ou de ses glumelles se passent au fur et à mesure des besoins, généralement à l'intérieur de

la zone d'habitation. Néanmoins, les exemples de stockage des céréales nues dans leur balle sont connus. En Valais, le décorticage du seigle par battage était encore récemment différé aux mois d'hiver par manque de temps immédiatement après la récolte.

Les activités liées aux chaînes opératoires de transformation sont des sources potentielles de pollution de la pluie pollinique enregistrée à l'intérieur des contextes archéologiques. De ce fait, elles méritent d'être examinées avec plus d'attention. Les travaux de Bower (1992) sont un premier pas dans cette direction. Notre propre expérimentation archéobotanique s'inscrit directement dans cette problématique destinée à faciliter l'interprétation des diagrammes polliniques en contexte archéologique. Les récoltes de millet obtenues sur nos champs vont nous donner l'opportunité d'expérimenter différentes opérations alternatives dans la chaîne de préparation des céréales en vue de leur consommation.

Contrairement à d'autres céréales, les chaînes opératoires de transformation des millets sont très mal connues. Cela vient en grande partie de la quasi-disparition de ces espèces dans les cultures d'Europe occidentale, ce qui laisse peu d'opportunités aux études ethnographiques (communication personnelle de François Sigaut). De surcroît, les rares textes où le millet est mentionné négligent le plus souvent de spécifier de quel millet il s'agit. Cette omission est source de confusion car le terme millet est employé pour désigner bon nombre de *Poaceae* cultivées dont les semences sont petites (à l'intérieur des genres *Pennisetum*, *Eleusine*, *Digitaria*, *Echinochloa*, *Coix* et même *Sorghum*) en plus de *Panicum miliaceum* et *Setaria italica*, les deux espèces qui nous intéressent. Ce manque de précision se retrouve dans les textes historiques ainsi que dans les commentaires des historiens et se rencontre même souvent dans les écrits des ethnologues. Le fait qu'il s'agisse d'espèces à petits grains ne garantit en aucune façon l'uniformité des chaînes de transformation de toutes ces espèces. Notre propre expérience acquise au Népal sur trois de ces espèces contredit cet a priori.

La construction de modèles interprétatifs pour les macrorestes végétaux retrouvés dans les sites archéologiques demande des informations supplémentaires à celles qu'un ethnologue est amené à enregistrer lorsqu'il aborde la même chaîne opératoire. Outre les observations sur les opérations, l'outillage et les gestes, nous devons étudier en détail, jusque sous la loupe microscopique, les produits et les sous-produits générés à chaque étape de la chaîne. Il nous faut encore déterminer quelles sont les opérations qui cassent les glumes, celles qui les éliminent, celles qui cassent les glumelles et une nouvelle fois celles qui les éliminent. Enfin, nous cherchons à connaître les opérations qui servent à oter les semences de mauvaises herbes et, plus précisément, quelles espèces sont éliminées lors de telles ou telles opérations. Toutes ces observations

doivent être faites de manière quantitative afin d'établir, pour chaque opération, le degré de pureté du produit intermédiaire et la composition du sous-produit. Si des modèles exemplaires ont été établis pour les blés - voir les travaux de G. Hillman (1981 et 1983) en Turquie sur les blés vêtus et ceux de G. Jones (1983, 1984 et 1990) en Grèce sur les blés nus - rien d'équivalent n'existe encore pour *Panicum miliaceum* et *Setaria italica*.

Parallèlement à cet essai de modélisation pour les semences et les macro-débris, nous allons compléter le modèle interprétatif pour les pollens en procédant simultanément à l'étude de la libération et de la diffusion du pollen au cours des différentes opérations qui composent la chaîne de transformation du millet. Cette démarche est essentielle pour déterminer si la majorité du pollen de millet est libérée lors de la phase de pollinisation ou si, en revanche, cela se passe plutôt au cours des opérations de transformation qui suivent la récolte et, plus précisément, lors de quelle opération.

2.3.1 chaînes opératoires des millets au Népal

Si la culture de *Panicum miliaceum* et *Setaria italica* a pratiquement disparu de nos régions, tel n'est pas le cas dans d'autres parties du globe. Nous avons ainsi été amenés à observer ces chaînes de transformation chez des paysans qui pratiquent encore une agriculture traditionnelle, en dehors de toute mécanisation. L'ouest du Népal s'est alors révélé un parfait terrain d'étude, comme l'avaient laissé supposer nos premières observations lors de voyages touristiques dans cette zone en 1987-1988 et 1990.

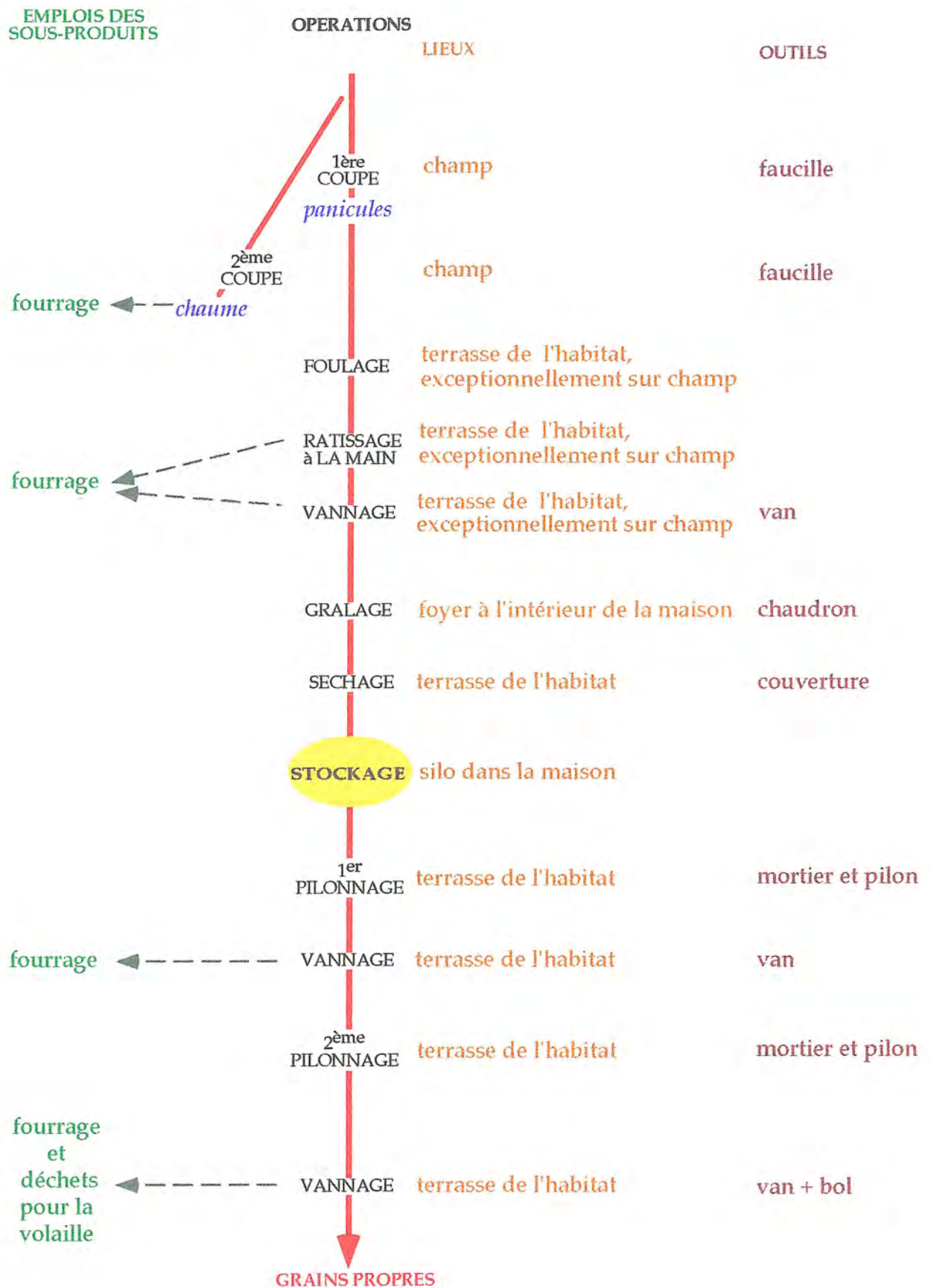
Trois millets font partie des plantes alimentaires des paysans de Jumla, un district de l'extrême ouest du Népal. Deux de ces espèces ont fréquemment été cultivées en Europe depuis l'âge du Bronze (*Panicum miliaceum* et *Setaria italica*). En septembre et octobre 1993, deux d'entre-nous (K. Lundstrom-Baudais et D. Baudais) ont tenté d'observer les chaînes opératoires de ces deux espèces. Nous avons cherché à :

- identifier chaque opération et sa position dans la séquence de la chaîne,
- enregistrer le lieu de chaque opération,
- enregistrer l'outillage employé,
- enregistrer l'emploi des sous-produits de chaque opération,
- récolter, autant que possible, des échantillons des produits et des sous-produits des différentes opérations.

Cette approche a abouti à l'établissement de la chaîne opératoire de *Panicum miliaceum* que résume le schéma de la figure 4.

Notre documentation de la chaîne opératoire de *Setaria italica* est moins complète parce que, dans la zone où nous avons séjourné pour cette enquête,

Figure 4. Chaîne opératoire de transformation de *Panicum miliaceum* dans le village de Bata à l'ouest du Népal



Setaria italica joue un rôle très mineur et sa récolte, comme sa transformation, avaient déjà eu lieu plus tôt dans la saison. En revanche, dans le district de Mugu, situé au nord du district de Jumla, cette espèce occupe une place beaucoup plus importante dans l'économie locale et c'est là que nous espérons retourner, en 1995, pour compléter notre documentation.

Un modèle ethnobotanique pour le traitement des millets qui serait uniquement construit sur la base d'observations faites au Népal ne paraît pas de grande utilité pour l'interprétation des assemblages de paléosemences rencontrés sur des sites archéologiques d'Europe, en raison des importantes différences dans la flore des mauvaises herbes. Pour éviter ce piège nous avons décidé d'utiliser les techniques apprises auprès des paysans de l'ouest du Népal pour transformer nous-même la moisson faite sur les champs expérimentaux de Waldmatte en produit consommable. Les observations quantitatives et qualitatives (pollinique et carpologique) pour la modélisation de chacune des chaînes seront faites sur les produits de nos récoltes expérimentales et dans des conditions beaucoup plus fiables que celles rencontrées au Népal.

2.3.2 Comparaison des observations de la chaîne opératoire de *Panicum miliaceum* avec les techniques employées autrefois en Europe

Une description détaillée de la chaîne de *Panicum miliaceum* telle que nous avons pu l'observer au Népal ne figure pas dans ce rapport. Nous nous bornerons ici à comparer nos observations avec celles de B. Poissonnier en Vendée² et les très rares mentions faites sur la chaîne du millet dans les travaux ethnologiques. Il en ressort une nette tendance à l'universalité des opérations effectuées pour traiter cette petite céréale vêtue. Les opérations et leur séquence restent en général identiques, seuls les outils changent.

Les maigres sources ethnologiques, historiques et agronomiques faisant référence aux techniques associées à la récolte des millets suggèrent que la moisson haute des panicules (étêtage) était largement répandue en Europe. A notre avis, cette pratique est directement en rapport avec le problème de l'échelonnement de la maturité du grain et du risque d'égrenage spontané qui menace la récolte. L'expérience népalaise a montré que la coupe haute produit une récolte d'épis très peu contaminée par les semences des mauvaises herbes. En Europe, une coupe unique et basse est signalée par Ratineau (1945). Les gerbes

² Ces observations ont été effectuées lors de la Fête du Millet à Aizenay au cours de laquelle les "anciens" répètent les gestes de leur jeunesse en faisant une démonstration de la transformation du millet. Notons que les techniques employées sont partiellement mécanisées : utilisation d'un tarare pour séparer les grains des glumes.

de cette coupe ont été regroupées en javelles, puis en mottes pour permettre aux épis de mûrir. L'auteur n'explique pas les circonstances dans lesquelles était pratiquée cette technique : il est possible que la récolte n'ait pas eu le temps d'arriver à maturité, d'où le recours à cette méthode pour permettre la maturation des semences à moins que la "coupe verte" ne vise plutôt à réduire l'égrenage³.

L'égrenage du millet par foulage aux pieds (et sans utilisation du bétail) est largement répandu en Europe, si l'on en croit les quelques documents disponibles. L'utilisation de petits fléaux est parfois signalée, surtout dans les cas où la coupe unique et basse est pratiquée. Dans ce cas le foulage des panicules avec leur chaume est probablement plus difficile et moins efficace que le battage au fléau. Dans le cas des céréales vêtues, le foulage ou le battage, ne sert qu'à séparer l'épillet de la tige, le grain reste vêtu. Une opération complémentaire de pilonnage est nécessaire pour compléter le décorticage du grain de *Panicum miliaceum* et le libérer de ses glumelles. Au Népal, après le foulage, le produit intermédiaire est regroupé par ratissage et vanné, alors qu'en Vendée ces opérations sont effectuées mécaniquement avec un tarare.

Le produit intermédiaire, au Népal, est ensuite chauffé dans un chaudron à feu doux. Le terme de grâlage existe dans le patois vendéen pour décrire l'opération qui consiste à placer les grains de millet encore enveloppés dans leurs glumelles dans un chaudron, à feu doux, ou dans un four tiède (Auricault 1976 et Gautier et Gauvrit 1978). En Vendée, cette opération ne se pratique pas systématiquement. L'exposition du millet à une source de chaleur a été mentionnée par Pline l'Ancien (Histoire Naturelle, XVIII, X, 61). Au Népal, le rôle du grâlage dans la chaîne opératoire du millet est probablement différent de celui qu'il occupe dans la chaîne des blés vêtus. Selon Hillman (1985), cette opération précède directement le pilonnage des blés vêtus et sert principalement à fragiliser les glumes, facilitant leur fracture lors du pilonnage. A Jumla (Népal), le grâlage de *Panicum miliaceum* précède le stockage ; sa position dans la chaîne de transition est peut-être un indice de son rôle dans la prolongation de la durée de stockage de cette denrée. A ce propos, il faut souligner qu'à trois jours de

³ Malheureusement Ratineau (1945) n'indique pas les opérations qui suivent le stockage des javelles de millet, ni l'endroit où elles étaient pratiquées. A notre connaissance aucun auteur ne décrit en détail la succession des opérations pour cette variante de la chaîne opératoire. Avec cette technique la récolte est de toute évidence beaucoup plus contaminée par les semences de mauvaises herbes. Il est probable que plusieurs criblages (avec un tamis à maille plus fine que le grain de millet et un autre à maille plus grossière) étaient nécessaires, comme dans le cas des blés vêtus. Etant donné la petitesse des semences de millet, la purification manuelle de récolte devait être ardue.

marche de notre lieu d'étude de Jumla, dans le district de Mugu aux environs de Gumghari, le millet n'est pas stocké au-delà d'une année et le grâlage est une pratique inconnue (communication personnelle, A. Nightengale). En Vendée, la position du grâlage n'est pas explicitée dans la littérature et une enquête chez les "anciens" de la région est prévue pour déterminer la position traditionnelle de cette opération en Europe.

En Europe, le pilonnage dans un mortier - en pierre ou en bois - avec un pilon en bois était la technique utilisée pour fractionner les glumelles de millet (Sigaut 1988 et Febvre 1944)⁴. Au Népal (Jumla et Mugu) seuls les mortiers en bois sont employés. Des pilons équipés de pièces en métal à leur extrémité étaient souvent utilisés en Europe pour pilonner le millet (Auriault 1976 et Brandstetter 1917). Dans l'ouest du Népal, le dispositif consiste en une couronne de métal qui ceinture l'extrémité du pilon et de quelques lamelles de fer enchassées au centre de la surface de percussion. En France et en Suisse (canton de Lucerne), ce sont des clous de taille variable qui sont signalés (Auriault 1976 et Brandstetter 1917). Au Népal, nous avons observé que ces protubérances amortissent le choc du pilon, réduisant ainsi les risques de concassage du grain et la formation d'une farine indésirable car cette dernière serait perdue lors du vannage suivant destiné à éliminer les débris de glumelles. Il faudra tenter de retrouver les solutions techniques susceptibles d'avoir été employées par les gens de l'âge du Fer et de contrôler s'il y existe des indices d'une telle pratique sur d'éventuels mortiers et pilons de cette époque conservés dans les musées. La meule, en revanche, ne semble pas convenir à cette opération. Selon nos informateurs de Gumghari (Jumla), elle entraîne non seulement la pulvérisation des glumelles mais aussi celle du grain lui-même, si bien qu'il est alors impossible de les séparer par vannage sans risquer de tout perdre. Une opinion similaire est exprimée par Auriault (1976) pour la Vendée :

"la moindre particule de *son* mêlée au gruau de mil donne un mauvais goût à la bouillie. Or le *pilon* ne fractionne que peu l'enveloppe du grain et les particules de *son*, qui restent de grande taille, sont ensuite facilement et complètement évacuées au cours du ventage. Par contre les meules pulvérisent beaucoup trop l'enveloppe. Les particules de *son* les plus fines adhèrent au gruau et ne sont évacuées que très partiellement par le vent. Le

⁴ Cependant Gunda (1983) signale trois instruments employés pour le décortiquage des millets dans les Carpates : le mortier simple, le mortier avec un pilon actionné au pied et la meule à main. Malheureusement aucune description de ce dernier n'est fournie et nous ne savons pas quelle valeur accorder à cette mention.

pilage est donc le seul procédé qui permet d'obtenir un gruau de mil exempt de son à 100 %" (Auriault 1976).

Au Népal comme en Vendée, le produit intermédiaire du pilonnage est vanné. En Vendée, cette opération se résume parfois à faire couler les grains d'un plat à un autre dans le vent. Au Népal, le pilonnage suivi du vannage à l'aide d'un van puis d'un petit bol, est répété jusqu'à ce que la masse de grain soit jugée assez propre pour la cuisson. Le produit final obtenu est un grain décortiqué, entier, émoussé sans être écrasé ; le germe est souvent absent.

Dans l'ouest du Népal, le grain de *Panicum miliaceum* est le plus souvent cuit à l'eau, de la même façon que le riz (d'ailleurs le diminutif local de *Panicum miliaceum* est *sano bhat*, petit riz). Il est rarement broyé à la meule pour en faire une farine. A Gumghari (District de Mugu), à la question : "pourquoi ne l'utilise-t-on pas en farine?" la réponse suivante nous a été faite : "pourquoi faire plus de travail alors qu'il est déjà consommable ?" En Europe, ce grain a le plus souvent été utilisé dans la confection de bouillies. La farine de millet, à faible teneur en gluten fonctionnel, ne permet pas la confection de pain à pâte levée ; elle n'est utilisable que pour la réalisation de pains plats (ou galettes). Cependant, la farine de millet pouvait toutefois être ajoutée en faible quantité aux farines panifiables pour allonger le stock (Lartigaut 1982-1983). Le millet entrainé aussi dans la fabrication de nombreuses variantes de gâteaux ou "pains de millet", qui sont des versions moins liquides de la bouillie cuite au lait accompagnée de miel ou de sucre (Bonnain 1992, Auriault 1976, Toussaint-Sanat 1987).

A côté du grain de millet proprement dit, le chaume constitue un deuxième produit important que ne négligent pas les paysans de l'ouest du Népal. Une deuxième coupe sectionnant vers le bas la tige fournit un fourrage sec pour les bovins et les ovins en hiver (figure 4). Cette pratique a laissé peu de traces dans la littérature, mais elle a cependant eu cours en Europe ; elle est signalée en Vendée au début du siècle par Gautier et Gauvrit (1978) et dans les Carpates par Gunda (1983)⁵.

Selon nos observations de terrain au Népal, la composition de l'assemblage des semences produite lors d'une première coupe par étêtage est très différente de celle produite par une coupe basse. La pratique de l'étêtage, qui semble largement répandue pour les périodes sub-actuelles en Europe, a pour conséquence une

⁵ Caton (*De Agri Cultura* 54.4) et ensuite Varron (*De Re Rustica*) mentionnent la culture de *Setaria italica* en tant que plante fourragère, alors qu'aucune indication d'un emploi similaire n'est faite pour *Panicum miliaceum*.

récolte de panicules très peu contaminées par les semences de mauvaises herbes. En revanche, le produit de la deuxième coupe contient, outre le chaume, une forte proportion de semences de mauvaises herbes auxquelles s'ajoutent, en nombre plus réduit, des semences de millet provenant des panicules (moins bien fournis) issus de la partie médiane de la tige.

Les observations ethnobotaniques ouvrent plusieurs voies à l'expérimentation archéobotanique. Elles montrent notamment que l'étude quantitative des produits et des sous-produits doit être effectuée sur les deux variantes de la chaîne opératoire : premièrement sur la chaîne débutant par un étêtage suivi d'une coupe basse de chaume ; deuxièmement sur celle qui commence par une coupe unique et basse (figures 5 & 6). La confrontation des analyses quantitatives effectuées sur ces deux modèles est nécessaire pour mettre en évidence lequel de ces procédés était employé à Waldmatte au premier âge du Fer. Il est également envisageable de quantifier la perte due à l'utilisation d'un pilon non-ferré et de chercher d'éventuelles techniques alternatives à ce procédé. L'expérimentation sur l'effet du grâlage des semences devrait clarifier le rôle de cette opération dans les économies traditionnelles. *Panicum miliaceum* et *Setaria italica* ont la réputation d'être, de toutes les céréales, celles avec la meilleure capacité de stockage et, de ce fait, des denrées idéales en temps de famines.⁶ Le grâlage est-il au moins en partie responsable de cette renommée ?

2.3.3 expérimentation sur les chaînes opératoires des millets à Waldmatte

Ce n'est qu'en septembre 1993 qu'a débuté l'expérimentation sur la première partie de la chaîne opératoire : la moisson. Avec l'aide de Mehmet Akburak, un ouvrier du chantier qui a une grande expérience du maniement des outils

⁶ Les exemples abondent : la ville de Marseille, assiégée par César a subsisté grâce au millet et à de l'orge moisi (B.G. 2. 22) ; en 535 av. J.C., lors d'une grave famine, Cassiodorus demande aux greniers de Tortona et Pavia de distribuer du millet (César, *Bellum civile* in Spurr 1983) ; les stocks de millet sauvent Venise lors du siège des Gènois en 1372 (Braudel 1979) ; au début de 19ème siècle en Bosnie, les forteresses militaires demandaient leurs redevances en millet (Stoianovich 1970) ; dans le film "Moscou ne croit pas aux larmes" de Vladimir Menchov (1979), des notables de la nomenklatura laissent en provision du millet dans leur appartement lors de leur départ en vacances (Comet 1987). Varron attribue aux millets une capacité de stockage de cent ans dans des silos souterrains hermétiquement clos (White 1970), ce qui est probablement exagéré. Pourtant, un voyageur traversant la Bosnie au début du XIXe siècle mentionne, qu'un stock de millet vieux de 42 ans, conservé dans une forteresse, était toujours consommable (Stoianovich 1970).

agraires au Kurdistan, nous avons moissonné la parcelle de millet. Une coupe basse a été partiellement effectuée à la faucille puis à la faux. La perte de grains occasionnée par ce type de coupes basses était grande mais nous n'avions pas encore fait l'apprentissage de la coupe par l'étêtage et ignorions la valeur de ce procédé.

Pour apprécier l'éventuelle pluie pollinique du millet au moment de la moisson, nous avons examiné l'éprouvette 3A qui a remplacé la 3 au milieu de la parcelle après la pollinisation (figure 3). Le piège 3A a été posé après la floraison et prélevé une fois la moisson du millet terminée. L'examen pollinique a révélé que ce piège était très pauvre en pollen mais il contenait toutefois quelques pollens de *Panicum* Type. Les secousses provoquées par la moisson sont donc également un agent de dispersion du pollen de millet, mais qui joue un rôle beaucoup moins important que la pollinisation elle-même.

3 POURSUITE DU PROGRAMME MILLETS EN 1994-1996

La poursuite de notre projet pour les deux prochaines années reprend les trois volets abordés jusqu'ici, mais en les développant sur la base de l'expérience acquise.

3.1 CRITÈRES DE DÉTERMINATION : PERSPECTIVES 1994-1996

Pour le groupe *Setaria-Digitaria-Echinochloa-Panicum*, les critères de détermination pollinique établis par Beug (1961) couvrent uniquement *Panicum miliaceum*, *Setaria italica* et *Setaria pumila*. Il faut élargir les observations et inclure les autres espèces appartenant à ce groupe dont beaucoup sont des mauvaises herbes associées aux champs céréaliers.

Nos premiers essais d'application d'un Réseau de Neurones à la biométrie des semences carbonisées de *Panicum miliaceum*, *Setaria italica*, *Setaria pumila* et *Setaria viridis* sont prometteurs. Il faudra ensuite élargir le champ d'investigation aux espèces prises en considération dans le groupe *Setaria-Digitaria-Echinochloa-Panicum*.

3.2 CHAMPS EXPÉRIMENTAUX : PERSPECTIVES 1994-1996

Le champ de seigle a de nouveau été semé (le 14 septembre 1993) tandis qu'un champ de millet de 5.5 m X 6 m a été ouvert au printemps 1994 sur un nouvel emplacement. Nous avons en effet jugé nécessaire d'éloigner le millet de la parcelle de seigle pour faciliter l'étude de la diffusion du pollen de millet. Ce nouveau champ de millet a été semé le 12 mai 1994 (figure 7).

En septembre 1994 nous prévoyons la plantation d'autres céréales d'hiver comme *Triticum dicoccum*, *Triticum aestivum* et *Hordeum vulgare*. Notre

Figure 5. Etude carpologique et pollinique de la chaîne opératoire de transformation de *Panicum miliaceum* dans le cas de l'étêtage suivi d'une coupe basse

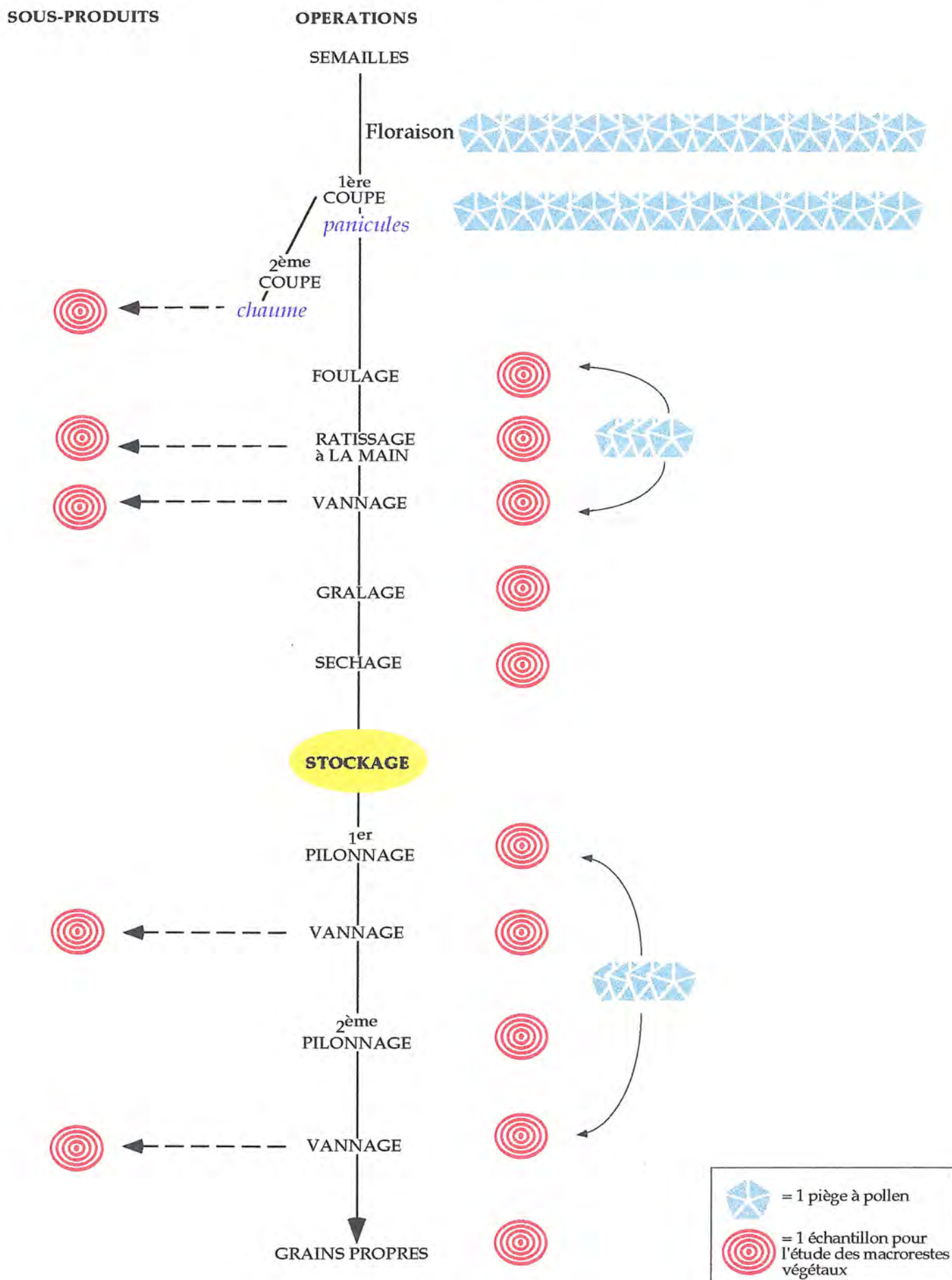
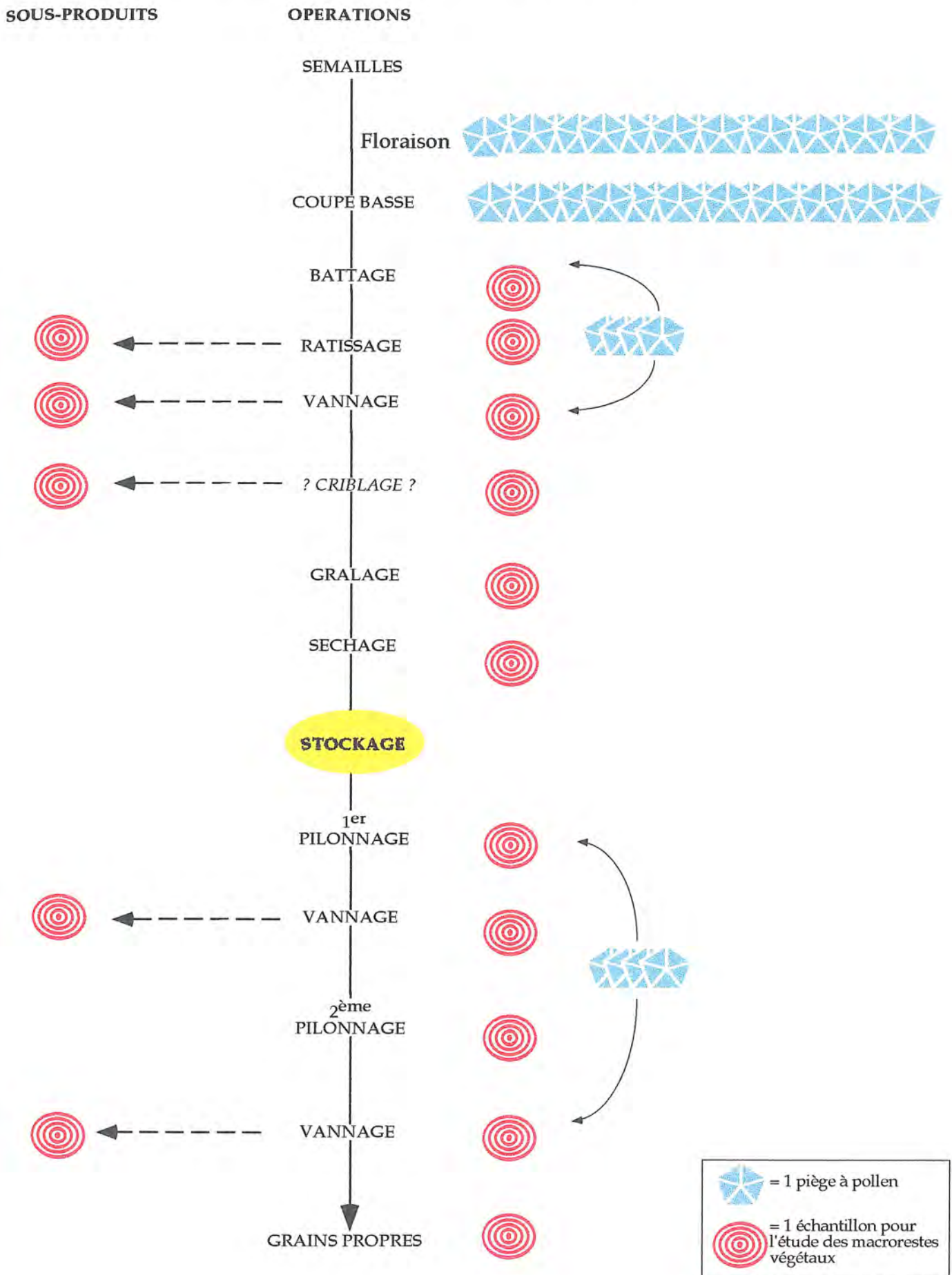


Figure 6. Etude carpologique et pollinique de l'hypothétique chaîne opératoire de transformation de *Panicum miliaceum* dans le cas de la coupe basse, unique



intention est de voir si après ^{la} ~~une~~ moisson ^{d'une céréale} d'hiver, il est encore possible de faire une deuxième récolte de *Panicum miliaceum*. L'orge est le meilleur candidat pour réussir une double récolte car son cycle végétatif est plus court que celui des autres céréales d'hiver. Il ne faut d'ailleurs pas oublier que l'orge est probablement la céréale qui joue le rôle le plus important au cours de l'occupation hallstattienne du site.

Une culture céréalière de printemps sera semée en 1995 afin de comparer la flore qui s'y développe avec celle du champ de millet, semé plus tardivement. Nous sèmerons à cette occasion une orge de printemps ou une variété d'avoine (*Avena sativa*).

En mai 1995, nous prévoyons de semer du millet des oiseaux (*Setaria italica*) pour renouveler avec cette espèce notre expérimentation de la diffusion du pollen sur le champ et pour disposer de suffisamment de grain pour entreprendre la simulation de sa chaîne de transformation comme nous l'avons enregistrée au Népal. Nous pourrons alors comparer ces résultats à ceux obtenus pour *Panicum miliaceum*.

3.2.1 flore des mauvaises herbes

Le champ de millet de 1993 a été laissé en friche cette année, nous permettant ainsi de suivre l'installation de la flore de recolonisation.

En 1994, nous poursuivrons l'enregistrement des mauvaises herbes dans le nouveau champ de *Panicum miliaceum* tout en augmentant le nombre de relevés. Il serait particulièrement intéressant de disposer de relevés qui correspondent précisément à la floraison du millet pour les comparer au spectre pollinique. Le champ de *Setaria italica* prévu en 1995 fera également l'objet d'une étude phytosociologique.

En ce qui concerne le champ de seigle et les autres cultures d'hiver prévues pour l'automne 1994, l'enregistrement des mauvaises herbes sera poursuivi. L'installation d'un champ d'orge au printemps 1995 permettra la comparaison entre la flore messicole des cultures d'hiver, celle d'une culture printanière et celle d'une culture printanière tardive (le millet).

3.2.2 diffusion du pollen des millets

L'expérimentation sur *Panicum miliaceum* s'est poursuivie en 1994. Du fait des problèmes de contamination des pièges à pollen rencontrés en 1993, quelques modifications ont été apportées au procédé d'échantillonnage. En fixant les éprouvettes sur des piquets à quelques centimètres au-dessus du sol, elles deviennent plus visibles et sont moins sujettes aux perturbations accidentelles de l'homme et de la faune sauvage. Deux transects perpendiculaires d'éprouvettes

seront implantés suivant un plan d'espacement légèrement différent de celui de l'an passé (figure 7). Il faut impérativement poser les pièges à plus grande distance qu'en 1993 puisque l'étude préliminaire a mis en évidence une diffusion de pollens par *Panicum miliaceum* plus forte et beaucoup plus lointain que prévu au moment de la floraison. Une première série d'éprouvettes posée dans la première semaine de juillet sera récoltée après la floraison ; la seconde série posée après la floraison sera récoltée après la moisson.

Des échantillons de sédiment seront prélevés à la fois dans et autour du champ avant et après la floraison, de même qu'après la récolte. Le contenu pollinique de ces échantillons pourra être comparé avec les diagrammes polliniques issus de sites archéologiques ou de leurs environs.

En 1995, cette expérience sera reproduite sur l'espèce *Setaria italica*.

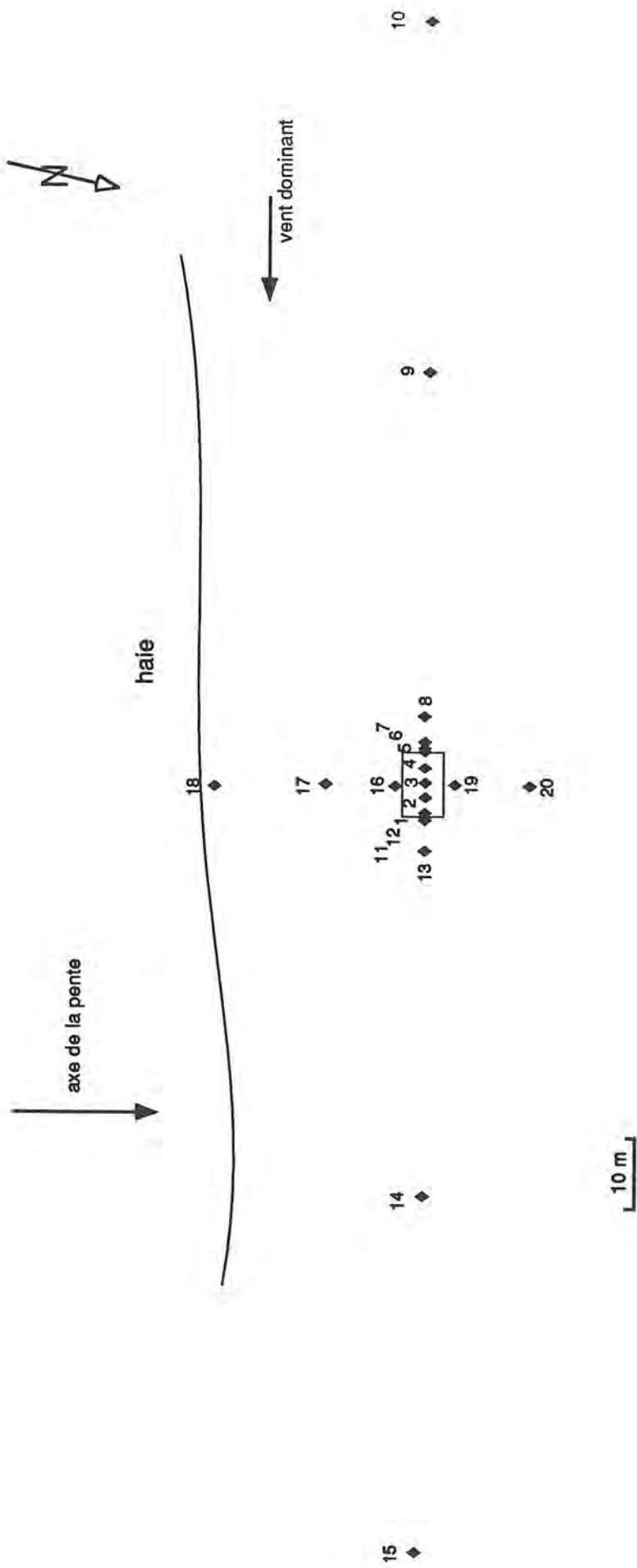
3.3 CHAÎNES OPÉRATOIRES DES MILLETS : PERSPECTIVES 1994-1996

En se basant sur les opérations qui composent la chaîne préparatoire observées au Népal et en Vendée, nous voulons tenter en automne 1994 de reproduire les gestes de ces opérations pour analyser et quantifier les sous-produits émis à chaque étape de la chaîne (voir figure 6 - échantillonnage prévu pour l'étude carpologique et pollinique). L'examen des sous-produits révélera à quels stades sont éliminés les semences de telle ou telle mauvaise herbe et tel ou tel débris des inflorescences de millet. Toutes ces observations nous serviront ensuite de référentiels pour préciser à quel moment de la chaîne opératoire le millet a été stocké à Waldmatte, et reconnaître éventuellement dans l'habitat les aires de transformation du millet en fonction des vestiges botaniques présents.

Parallèlement à l'étude de ces restes macroscopiques, deux séries de pièges à pollens seront disposés pour étudier l'éventuelle pluie pollinique provoquée par les différentes opérations de transformation *Panicum miliaceum* (figure 6). La première interviendra lors du foulage des panicules, du ratissage et du vannage. La deuxième aura lieu après le stockage, lors du pilonnage et du vannage. Une attention toute particulière sera apportée à l'effet du grilage sur les pollens. Cette opération, potentiellement destructrice de pollens, devra susciter une expérimentation pour déterminer à quelle température les pollens sont déformés par la chaleur et à quelle température ils sont détruits.

Une expérimentation en tous points similaire sur la chaîne opératoire de *Setaria italica* est planifiée pour l'hiver 1995-1996.

Une fois qu'il aura été établi à quel moment le maximum de pollens de *Panicum miliaceum* et *Setaria italica* est effectivement libéré, il faudra encore considérer le lieu où cela se produit : sur le champ ou à l'intérieur du village. L'emplacement où se produit cette opération influence certainement la pluie



pièges 1 et 5 sont à l'intérieur du champ, 10 cm du bord
 pièges 11 et 6 sont à l'extérieur du champ, 10 cm du bord
 pièges 12, 16, 19 et 7 sont à 1 m du bord du champ
 pièges 13 et 8 sont à 6 m du bord du champ
 pièges 17 et 20 sont à 11 m du bord du champ
 piège 18 est à 26 m du bord du champ
 pièges 14 et 9 sont à 56 m du bord du champ
 piège 21 est à 61 m du bord du champ
 pièges 15 et 10 sont à 106 m du bord du champ

Figure 7. Position des pièges à pollen posés le 2/7/94

pollinique en contexte archéologique et doit être pris en compte lors de l'interprétation. Nous serons une nouvelle fois amenés à recourir aux observations ethnographiques pour dresser la liste des lieux où ces différentes opérations sont effectuées chez les populations pratiquant encore une agriculture traditionnelle non-mécanisée.

4 EN GUISE DE CONCLUSION

Ce projet est construit autour de deux petites céréales qui jouèrent pendant des millénaires un rôle important dans l'agro-économie de l'Europe mais qui ont aujourd'hui presque totalement disparu des pratiques agricoles occidentales. Notre approche ethnobotanique sert de canevas pour une expérimentation archéobotanique, conduisant à l'établissement de référentiels palynologiques et paléocarpologiques essentiels à l'interprétation des vestiges botaniques trouvés en contexte archéologique.

BIBLIOGRAPHIE :

AURIAULT E. 1976.

Consommation et pilage du mil entre la Loire et les Pyrénées. *Bull. Soci hist. et sc. des Deux-Sèvres*, 2e série, 9, 443-472.

BEUG H.-J. 1961.

Leitfaden der Pollenbestimmung für mitteleuropa und angrenzende Gebiete. Lieferung 1. Stuttgart : Gustav Fischer Verlag. 63pp.

BONNAIN R. 1992.

The bread of the dead, or one use of a forgotten cereal. *Food and Foodways*, 5, 2, 195-203.

BOWER, M. 1992.

Cereal Pollen Dispersal : A Pilot Study. *Cambridge Archaeological Journal*, 2, 236-241.

BRANDSTETTER, R. 1917.

Die Hirse im Kanton Luzern. *Der Geschichtsfreund*, 72, 71-109.

BRAUDEL, F. 1979.

Les Structures du Quotidien : le Possible et l'Impossible. Paris : Armand Colin (Civilisation matérielle, économie et capitalisme, XVe-XVIIIe siècle, 1), 544 p.

COMET G. 1987.

Le Paysan et son Outil : Essai d'Histoire Technique des Céréales (France, VIIIe-XVe Siècles). (Thèse présentée pour le doctorat d'état ès-lettres Univ. Aix-en-Provence, non publié), 823 p.

COUSIN F. et MONZON S. 1992.

Cuisines du Monde. Gestes et Recettes. Paris : C.N.R.S., 151 p.

FEBVRE L. 1944.

Nourriture et boissons : les gaudes. *Mél. Hist. Soc.*, 5, 75-77.

GAUTIER M. et GAUVRIT D. 1978.

Mangez do meil. *Presse-Ocean*.

GUNDA B. 1983.

Cultural ecology of old cultivated plants in the Carpathian area. *Ethnologia Europaea*, 13, 146-179.

HILLMAN G. 1981.

Reconstructing Crop Husbandry Practices from Charred Remains of Crops. In : R. MERCER. *Farming Practice in British Prehistory*. Edinburgh : Edinburgh University Press, 123-162.

HILLMAN G. 1984.

Interpretation of archaeological plant remains : The application of

ethnographic models from Turkey. In : W. VAN ZEIST et W.A. CASPARIE. *Plants and Ancient Man. 6th Symposium on Palaeoethnobotany*. Rotterdam : Balkema, 1-42.

HILLMAN G. 1985.

Traditional husbandry and processing of archaic cereals in recent times : the operations, products and equipment that might feature in Sumerian texts. Part II : The free-threshing cereals. *Bull. Sumerian Agriculture*, 2, 1-31.

JONES G. 1983.

The ethnoarchaeology of crop processing : seeds of a middle-range methodology. *Arch. Review from Cambridge*, 2, 2, 17-26.

JONES G. 1984.

Interpretation of archaeological plant remains : Ethnographic models from Greece. In : W. VAN ZEIST et W. A. CASPARIE. *Plants and Ancient Man. 6th Symposium Palaeoethnobotany/Groningen/1983*. 43-61.

JONES G. 1990.

The application of present-day cereal processing studies to charred archaeobotanical remains. *Circaea*, 6, 2, 91-96.

LARTIGAUT J. 1982.

Le calendrier de ménage et d'agriculture de P. L. Besombes à la fin de l'ancien régime. première partie : janvier à juin. *Quercy recherche*, 49, 72-78.

LARTIGAUT J. 1983.

Le calendrier de ménage et d'agriculture de P. L. Besombes à la fin de l'ancien régime. Deuxième partie : juillet à décembre. *Quercy recherche*, 50, 60-65.

LÜNING J. et MEURERS-BALKE J. 1980.

Experimenteller Getreideanbau im Hambacher Forst, Gemeinde Elsdorf, Kr. Bergheim/Rheinland. *Bonner Jahrbücher*, 180, 305-344.

RATINEAU J. 1945.

Les Céréales. Paris : Flammarion, 339 p.

ROBINSON M. et HUBBARD R.N.L.B. 1977

The transport of pollen in the bracts of hulled cereals. *Journal of Archaeological Science*, 4, 197-199.

SIGAUT F. 1988.

A method for identifying grain storage techniques and its application for European agricultural history. *Tools and Tillage*, 6, 1, 3-32.

SPURR M. S. 1983.

The cultivation of millet in Roman Italy. *Papers British School Rome*, 51, 1-15.

STOIANOVICH T 1970.

Le maïs dans les Balkans. In : J. HERMANRDINQUER *Pour une histoire de l'alimentation (Cahiers des annales, 28)*. Paris : Librairie Armand Colin, 272-284.

TOUSSAINT-SANAT M. 1987.

Histoire Naturelle et Morale de la Nourriture. Paris : Bordas , 590 p.

VALDEYRON G. 1984. Production de semences pour quelques plantes de grande culture : céréales, graminées fourragères, betterave à sucre. In : P. PESSON et J. LOUVEAUX. *Pollinisation et productions végétales*. Paris : INRA, 143-162.

VUORELA I. 1973

Relative pollen rain around cultivated fields. *Acta Bot. Fenn.* 102, 1-27

WALDIS R. 1987.

Unkrautvegetation im Wallis. Teufen AR (CH) : F. Flück-Wirth (Beitr. Geobot. Landesaufn., 63), 348 p.

WHITE K. D. 1970.

Roman Farming. London : Thames & Hudson, 536 p.