

Les techniques de conservation des grains à long terme

2



IDENTIFICATION DES TECHNIQUES DE CONSERVATION ET DE STOCKAGE DES GRAINS

par F. SIGAUT

L'organisation des connaissances acquises est une nécessité vitale pour toutes les sciences à leur début. Les sciences humaines, et parmi elles la technologie, ne font pas exception. Organiser leur acquis de la façon la plus économique possible, c'est-à-dire de façon à permettre à l'esprit de l'assimiler avec le moindre effort, est une condition nécessaire pour que cet acquis puisse être utilisé et transmis. La nécessité d'une telle organisation est ressentie avec quelque confusion souvent, mais en tous cas avec intensité, par tous ceux qui s'efforcent ou se sont efforcés d'établir typologies et classifications. On a fait à la plupart de leurs tentatives le reproche d'être stériles, et il faut reconnaître que ce reproche n'est que trop justifié dans l'ensemble (voir par exemple Digard 1979). Mais ce n'est pas parce qu'on n'a pas su lui trouver de solution satisfaisante que le problème cesse de se poser. Car après tout, chaque chercheur est bien obligé de le résoudre vaille que vaille pour son propre compte (et pour celui de ses étudiants s'il se trouve qu'il enseigne). Il n'y a pas d'activité scientifique possible sans quelque organisation préalable, si imparfaite soit-elle, de l'acquis. Ceux qui refusent de tenir compte de cette nécessité ne lui échappent pas pour autant : ils ne font que se condamner à recourir aux solutions les moins satisfaisantes possibles.

Tout cela, à vrai dire, relève de l'évidence la plus banale et n'aurait pas sa place ici si deux faits nouveaux n'étaient intervenus après plusieurs années de travail de plusieurs chercheurs (la plupart représentés dans ce volume ou dans le précédent) sur les techniques de récolte et de conservation des grains. Le premier de ces faits, c'est qu'il s'est avéré possible, expérimentalement, d'organiser de façon complète et économique, d'abord les techniques de récolte proprement dites (Sigaut 1978b), puis les techniques de stockage et de conservation des grains (c'est l'objet du travail qui suit), puis encore les techniques et outils manuels de travail du sol (non publié) ; tout donne à penser, de plus, que d'autres techniques suivront bientôt, notamment le battage et les autres maillons de la chaîne opératoire qui va de la récolte des céréales à leur préparation alimentaire. Il est permis d'espérer, par conséquent, que la méthode mise au point sur quelques cas particuliers pourra être progressivement généralisée - et c'est là notre deuxième fait nouveau, qui est plutôt une hypothèse, à vrai dire. Si en effet tant d'essais de typologies et de classifications se sont soldés par un échec, n'est-ce pas parce qu'ils étaient trop ambitieux au départ ? Prendre en compte un champ trop vaste, c'est se condamner à l'organiser sur la base d'une connaissance lacunaire, donc sans avoir pu dégager au préalable les critères véritablement pertinents pour cette organisation. Il faut alors se rabattre sur des critères empiriques ou arbitraires, aussi judicieusement choisis soient-ils, mais qui par nature ne peuvent pas permettre de dépasser le niveau de la mnémotechnie : cas de l'ordre alphabétique par exemple, dont cela n'affecte en rien la merveilleuse utilité. On comprend dès lors la stérilité de la plupart des typologies. Partant du général pour aller au particulier, elles considèrent leurs critères de classement comme des données fixées une fois pour toutes, alors qu'il s'agit en fait de résultats qu'on n'obtient qu'à l'arrivée. (Ce qui n'empêche pas, ce qui tout au contraire permet, d'utiliser par la suite avec profit ces résultats comme moyens dans une nouvelle étape).

La méthode utilisée ici est exactement l'inverse, elle va du particulier au général. Le point de départ a été l'étude approfondie d'une seule technique, celle des silos souterrains (Sigaut 1978a, 1979a). J'ai cherché ensuite à situer les autres techniques de conservation et de stockage par rapport à celle-ci, puis par rapport les unes aux autres, en jouant de leurs ressemblances et de leurs différences, et de façon à les grouper dans un système de tableaux à la fois aussi simple et aussi complet que possible. Il s'agit fondamentalement d'un processus d'identification et non pas de classification, d'où le titre de cet essai. Car il y a plus qu'une nuance de langage entre les deux termes. Certes, l'identification des éléments classés est un des objectifs de toute classification. Mais c'est un objectif second, trop

souvent du moins. L'objectif premier, c'est de ranger ces éléments dans un certain ordre, et c'est pour cette raison que toutes les classifications entreprises prématurément tendent à être artificielles, c'est-à-dire, comme on vient de le voir, à se donner faute de mieux un champ et des critères arbitraires. Identifier un élément au contraire, c'est 1. le *situer*, c'est-à-dire l'associer aux éléments déjà connus auxquels il ressemble le plus, et 2. le *différencier*, c'est-à-dire trouver en quoi il diffère de ces éléments déjà connus. Le processus est graduel, il va de proche en proche à partir d'un point de départ dont la nature importe moins que le fait qu'il soit connu aussi complètement que possible. Il n'y a plus de problème de limites, puisqu'on ne cherche pas à couvrir un champ déterminé à l'avance. Les critères d'identification (qui pourront devenir éventuellement des critères de classification par la suite) sont produits par le processus d'identification lui-même, et notamment par la nécessité qu'il comporte de *localiser* les techniques qu'on cherche à identifier. La localisation des techniques en effet, qui intéresse trois plans différents (le temps, l'espace géographique et l'espace social) est le premier moyen peut-être de déceler quelles sont les différences les plus significatives. Car il est bien clair que si la répartition d'une certaine technique dans le temps, etc..., présente des discontinuités notables, c'est que cette technique diffère par quelque chose d'important des techniques alternatives possibles (c'est-à-dire qui remplissent la même fonction). La cartographie, de ce point de vue, est une méthode d'analyse essentielle, et il faut regretter que l'usage qui en a été fait par l'école dite des *Kulturkreise* ait durablement détourné les anthropologues de son emploi.

Disons, pour terminer cette trop longue introduction, que l'identification d'un groupe de techniques n'est qu'une première étape, qui doit être suivie d'autres (énoncées brièvement dans Sigaut 1978b), et qui ne peut en aucun cas se suffire à elle-même. Il ne doit rester aucun doute sur ce point. Disons enfin que cet essai doit beaucoup à la « Note sur la terminologie des réserves à céréales » de C. Bromberger (1979), qu'il prolonge en partie. On reviendra plus loin sur les points par lesquels il en diffère.

LES CRITERES DE BASE : LE PRODUIT, L'ACTION

Ce que nous a appris notre travail d'identification des techniques de récolte des graines alimentaires, c'est que la méthode la plus rentable pour y parvenir consiste à croiser deux séries de critères : la nature de la chose à laquelle s'applique l'action de récolter, et le mode d'action ou d'intervention appliqué à cette chose. L'emploi de cette méthode donne le tableau ci-dessous :

Tableau 1. Identification des techniques de récolte

Produits	Modes d'action
1. Plante entière	a. Arracher
2. Grains libres	b. Ramasser, c. battre, d. érusser
3. Epis, panicules	e. Briser, d. érusser, f. couper
4. Poignées de tiges	f. Couper (avec un outil non lancé)
5. Ensembles de tiges (plus importants que des poignées)	g. Couper en frappant (outil lancé)

Si ce tableau est rappelé ici, c'est pour montrer l'économie de la méthode. Toutes les techniques de récolte des grains connues de nous y sont incluses, en effet, ce qui signifie que pour les retrouver toutes il a suffit de croiser cinq types de produits avec sept modes d'action fondamentaux. On obtient ce faisant neuf techniques de base, ou si l'on préfère neuf familles de techniques (pour parler comme les systématiciens), dont l'expérience nous a confirmé jusqu'ici qu'elles rendent compte de tous les cas possibles. Insistons encore une fois sur le fait que les douze produits et modes d'action croisés entre eux n'ont pas été choisis arbitrairement : ils l'ont été parce qu'ils permettaient de dresser le tableau de la façon la plus simple possible. Dans quelle mesure peut-on s'inspirer de cet exemple en ce qui concerne la conservation et le stockage des grains ?

Ce qui nous facilitait les choses en ce qui concerne les techniques de récolte, c'est d'une part que les produits récoltés sont peu nombreux, et d'autre part que l'action qui leur est appliquée a une finalité simple et immédiate, puisqu'il s'agit seulement de *séparer* le produit récolté de quelque chose d'autre. Il n'en est plus ainsi en ce qui concerne les opérations suivantes, et en particulier en ce qui concerne le stockage. Car les produits stockés sont plus nombreux, et car les interventions dont ils sont l'objet sont plus complexes, avec des finalités pas toujours immédiatement perceptibles. Il est dès lors nécessaire, pour clarifier la question, de repartir de l'analyse des chaînes opératoires qui vont de la récolte proprement dite au produit prêt à être consommé.

Il existe bien entendu un grand nombre de ces chaînes opératoires, qui diffèrent entre elles suivant les caractéristiques de la plante récoltée, l'outillage disponible, les habitudes de travail et d'alimentation, etc... Mais aussi diverses qu'elles soient, toutes ces chaînes opératoires ont une structure fondamentale commune. Toutes en effet se présentent comme une succession orientée d'opérations intervenant dans un certain ordre. Certaines de ces opérations font apparaître des produits, et éventuellement des sous-produits et des déchets, qui n'existaient pas avant elles : ce sont des opérations de *séparation* (la récolte par exemple), qui font intervenir des moyens exclusivement mécaniques, ou des opérations de *transformation* (l'étuvage, la fermentation), qui font intervenir des moyens le plus souvent physico-chimiques. D'autres opérations au contraire ne changent rien à la nature des produits auxquels elles s'appliquent : elles consistent simplement à les rendre disponibles en un autre endroit, ce qui est l'objet du *transport*, ou à un autre moment, ce qui est celui du *stockage*. La graphique 1 donne un exemple schématique d'une chaîne opératoire analysée à l'aide de ces quatre catégories d'opérations. Cet exemple, valable pour la France du Nord dans la première moitié du XIX^{ème} siècle, représente un cas moyen, reconstitué à partir d'informations diverses, et non pas un cas réel observé directement : il ne faut pas y chercher davantage.

Il va sans dire que cette catégorisation n'est pas irréprochable, car il ne manque pas d'opérations qui relèvent de plusieurs catégories à la fois. C'est le cas en particulier de l'étuvage, parfait exemple de la technique à plusieurs fins, qui à la fois facilite le décorticage des grains vêtus (*séparation*), leur donne une sorte de précuisson (*transformation*) et facilite leur conservation ultérieure (*stockage*). Aussi pourrait-il sembler plus logique, en un sens, d'adopter des catégories plus matérielles, telles que par exemple opérations mécaniques, physiques, chimiques, biologiques, etc..., où ce genre de double emploi serait exclu. Mais il ne faut pas perdre de vue que notre objectif n'est pas tant la logique que l'économie. Du reste, de telles catégories seraient précisément arbitraires, car elles sont données a priori au lieu d'être le résultat du processus même de l'analyse. Il est des cas - celui de la récolte par exemple - où l'analyse permet assez facilement de dégager un petit nombre d'actions élémentaires pertinentes telles qu'arracher, briser, couper en frappant, etc... Il est d'autres cas où ce n'est pas aussi facile : il faut se garder alors de verser dans l'arbitraire en voulant aller trop vite.

Pour en revenir au stockage, qui est notre objet ici, les spécialistes distinguent classiquement deux aspects complémentaires, le *logement* des grains et leur *conservation* : la pertinence de cette distinction ne semble pas faire de doute. Dans les techniques de conservation, toutefois, nous distinguerons, avec de Luca (ce volume), des techniques de *préservation*, destinées à combattre des causes de détérioration plus ou moins spécifiques, réservant le terme de conservation au sens strict pour les techniques visant à un contrôle global de l'ambiance physico-chimique des grains stockés. En outre, nous ajouterons aux techniques de conservation au sens large deux techniques de transformation qui visent en fait à une *stabilisation* des produits en vue de leur stockage : le séchage et l'étuvage. Enfin, et bien que le stockage ait en principe pour but le maintien des produits dans leur état initial, nous ferons une mention spéciale aux modes de stockage qui comportent au contraire une certaine *modification* des produits, que celle-ci soit recherchée ou simplement tolérée.

Notre méthode d'identification, en définitive, reste la même que pour les techniques de récolte : il s'agit de croiser un critère « produits » (question : quoi ?) avec un critère « modes d'action ou d'intervention » (question : comment ?). La seule différence est qu'en ce qui concerne le stockage, l'analyse des modes d'action est plus complexe, et ne renvoie pas aussi facilement à des gestes élémentaires.

LES PRODUITS STOCKES

Quoique plus considérable que dans le cas des techniques de récolte, le nombre de produits sujets à un stockage n'est pas très élevé. On peut en proposer la liste suivante (tableau 2), en regard de laquelle sont disposées, d'une part les céréales susceptibles de donner ces produits, et d'autre part les régions du monde où chaque produit fait ou

Graphique 1.

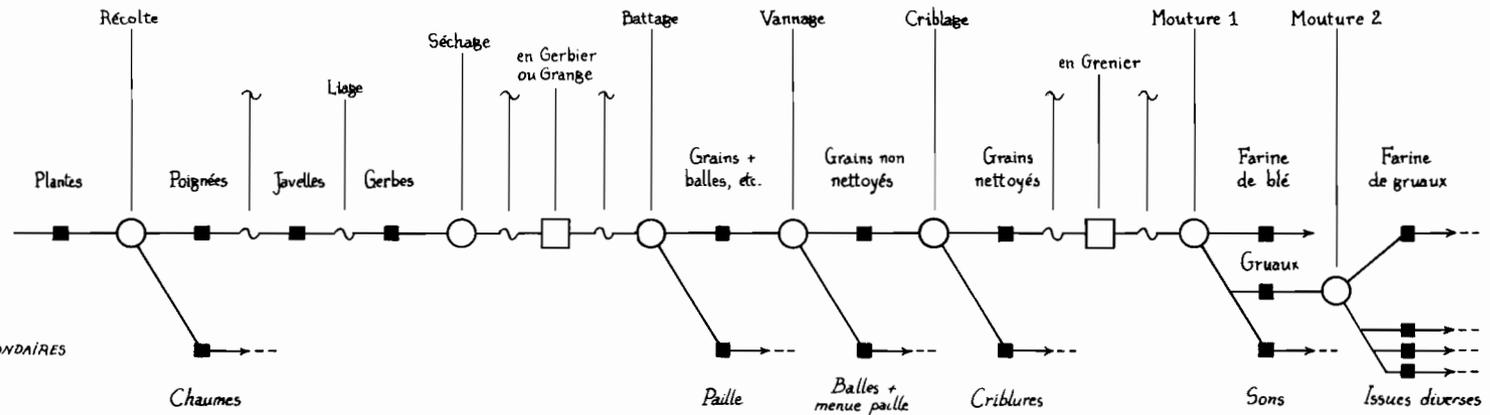
SÉPARATION:
TRANSFORMATION:
STOCKAGE:
TRANSPORT:

PRODUITS:

CHAÎNE OPÉRATOIRE PRINCIPALE

CHAÎNES OPÉRATOIRES SECONDAIRES

SOUS-PRODUITS:



a fait effectivement l'objet d'un stockage. Ces régions sont données à titre d'exemple, leur énumération n'a rien d'exhaustif.

Tableau 2. Les produits stockés

Produits stockés	Céréales	Régions
Epis + tiges : en vrac : liés en gerbes	orge, avoine céréales panifiables	Europe du N.-O. Europe
Epis, panicules (sans les tiges)	épeautre riz maïs, sorgho, mil	Asturies Indonésie Pays tropicaux
Grains + balles (mêlés)	blé	France, Sud-Ouest
Grains entiers en vrac	toutes céréales	Nombreux pays
Grains décortiqués	riz	Japon
Gruaux, semoules, etc...	blé, orge, etc...	Proche-Orient, Afrique du Nord
Farine	céréales panifiables	p.m.
Pâtes alimentaires	blé dur, riz	Europe, Extrême-Orient
Pain	blé, seigle	Scandinavie, rég. alpines

Tous ces produits n'ont évidemment pas la même importance au stockage. Mais tous ont une importance, au moins locale, non négligeable. Le moins intéressant pour nous est peut-être la farine, qui n'était pas normalement stockée pour de longues durées, sauf autrefois pour expéditions au long cours (farine de minot). En Scandinavie, le stockage du pain répondait à la fois à la difficulté de conserver des grains récoltés humides, et au gel qui empêchait les moulins de tourner en hiver. Le stockage du riz décortiqué est propre au Japon depuis le XIX^{ème} siècle, il correspond à une exigence nouvelle des propriétaires fonciers.

Les autres produits stockés ont une importance beaucoup plus générale. Les pâtes alimentaires sont à la fois un produit de longue conservation et une préparation prête à consommer : elles ont donné lieu depuis longtemps au développement d'une industrie spécifique sur laquelle on n'insistera pas davantage. Sous le terme de « gruaux, semoules », nous entendons l'ensemble des conserves céréalières préparées peu après la moisson et destinées à couvrir les besoins de la famille jusqu'à la moisson suivante, telles qu'on les prépare par exemple en Tunisie (Ferchiou 1979). Cette préparation est restée jusqu'à nos jours une tâche féminine et ménagère, son industrialisation est restée plus timide et plus tardive. Dans ce qui suit, toutefois, nous ne nous intéresserons qu'aux produits les moins élaborés, depuis les tiges non battues jusqu'aux grains en vrac, c'est-à-dire les quatre premiers produits du tableau 2.

LES MODES DE STABILISATION DES PRODUITS EN VUE DE LEUR STOCKAGE

En dehors des opérations de nettoyage, toujours importantes mais que nous laisserons néanmoins de côté, il existe dans le monde deux méthodes spécifiques de stabilisation des céréales en vue d'un stockage prolongé : le séchage, et l'étuvage (angl. *parboiling*). Le terme étuvage est assez malheureux, car il a été parfois employé pour désigner un simple séchage à l'étuve, alors qu'il s'agit, on va le voir, de tout autre chose. Une différence entre ces deux procédés est que l'étuvage s'applique toujours au grain en vrac, entier, alors que le séchage peut s'appliquer à tous les produits possibles, et en particulier, en ce qui nous concerne, au grain en épis ou en gerbes.

L'étuvage est en réalité une technique complexe et à fins multiples. Bien que son histoire soit mal connue, il semble probable que son but était plutôt au départ de faciliter le décortiquage des grains vêtus destinés à la consommation humaine (riz, orge, avoine, épeautre...) sous forme de gruaux. C'est seulement ensuite qu'on aurait appliqué

systématiquement ce procédé à la préparation du grain en vue du stockage. Dans le détail, les modalités de l'étuvage varient à l'infini, mais il s'agit toujours de faire subir au grain une humectation suivie d'une dessiccation assez rapides, ceci en employant de préférence de l'eau chaude, voire même de la vapeur (Gariboldi 1974, Péricat 1943, Seringe 1818, Haley et Pence 1960). A côté d'un étuvage ménager, traditionnel, qu'on trouve surtout en Inde, au Proche-Orient et en Afrique Noire (riz, maïs, mais aussi blé: le *bulgur*) existe aujourd'hui un étuvage industriel important, développé surtout en Inde et aux Etats-Unis.

Les conséquences techniques et biologiques de l'étuvage sont les suivantes :

- le grain perd son pouvoir germinatif; s'il s'agit de blé, le gluten perd de son élasticité, la panification n'est plus possible (il existe toutefois des procédés d'étuvage modérés, qui sous le nom de « conditionnement » sont employés hors de France pour le blé panifiable: Lockwood 1948);
- la séparation des enveloppes (son, balles dans le cas des grains vêtus) est facilitée;
- l'amidon est plus ou moins complètement gélatinisé; le riz étuvé, ou précuit, ne « colle » pas à la cuisson; les vitamines hydrosolubles ayant migré vers l'intérieur du grain ne sont plus éliminées au décorticage, d'où amélioration de la qualité nutritive, importante lorsque le régime alimentaire est exclusivement céréalier;
- le grain tué ne respire plus, ne germe plus, et est débarrassé d'une grande partie de sa flore adventice: toutes ces raisons font qu'il se conserve mieux que le grain non étuvé.

L'étuvage est pratiquement inconnu en France, aussi bien des pratiques traditionnelles que de l'industrie moderne. Cela s'explique sans doute par la prépondérance précoce du pain et des céréales panifiables dans l'alimentation populaire. Par contre, l'étuvage de l'avoine était une pratique usuelle en Allemagne et en Suisse (Seringe 1818; Maurizio 1926; Cleve 1948; Hamring 1951; Gamerith 1975).

Le *séchage*, qui, en principe, ne modifie pas les propriétés du grain (sauf à haute température) est d'application beaucoup plus générale que l'étuvage. Les méthodes de séchage sont par conséquent beaucoup plus variées, notamment sur le plan des équipements employés. Ces méthodes sont rassemblées dans le tableau suivant:

Tableau 3. Les principales méthodes de séchage

Séchage du grain...	En gerbes	En épis	En vrac
A l'air libre			
au vent (disposition verticale)	+		
au soleil (disposition horizontale)		+	+
Sous abri, à l'air ambiant			
sans système spécial d'aération	+	?	
avec système d'aération naturelle		+	+
avec ventilation forcée		+	+
A la chaleur artificielle			
sans circulation d'air (four)		?	+
tirage naturel chaud (étuve)	+	+	+
Avec ventilation forcée de l'air chaud (séchoir)			
fonct. statique, en couche mince		+	+
en couche épaisse			+
fonct. continu (avec circul. du grain en couche mince)			+
Autres techniques (subst. desséchantes, séchage sous vide, etc...)			+

+ méthode historiquement attestée; ? méthode ayant peut-être existé, mais pas attestée avec certitude.

Le séchage à l'air libre est universel. En gerbes, il ne donne lieu à des dispositifs spéciaux que dans certaines régions : Alpes suisses et autrichiennes, Scandinavie et autres régions montagneuses d'Europe centrale et orientale. Il s'agit en général d'un ensemble de perches horizontales, fixées à leurs extrémités à deux supports verticaux, où l'on suspend les gerbes. Certains peuvent être sommairement couverts (Huber 1944).

Le séchage au soleil est évidemment caractéristique des pays tropicaux et subtropicaux, Chine, Inde, de nombreux pays africains, certains pays méditerranéens. L'intérêt de cette méthode est que si la couche de grains est assez mince, la température atteinte dans les grains peut être suffisante pour détruire les insectes (Bainbrige Fletcher et Ghosh 1921, Cheo et Chang 1943).

Le séchage sous abri se confond souvent avec le mode de stockage lui-même. Il nous intéresse ici quand il comporte un système spécial d'aération ou de ventilation. Le premier peut se présenter sous deux formes différentes :

- pour le stockage en épis ou en panicules : greniers à parois à claire-voie, le plus souvent surélevés : *espigueiros* et *hórreos* du Nord-Ouest ibérique, *cribs* à maïs ;
- pour le stockage en vrac : parois à claire-voie également, mais aussi conduits d'air ménagés dans la masse du grain ; de tels systèmes, courants dans les greniers publics de la Chine ancienne (Bray, ce volume), ont aussi été utilisés sporadiquement en Europe (Delonchant 1865, Hoffmann et Mohs 1931).

Quant à la ventilation forcée à l'air ambiant, si elle a pu être considérée un temps comme une méthode de séchage, ce n'est plus le cas à l'heure actuelle. On y reviendra à propos des modes de stockage.

Le séchage au four (four à pain d'Europe occidentale) est un procédé de fortune, qui n'a jamais semble-t-il été utilisé régulièrement. Par contre, le séchage avec circulation naturelle d'air chaud a eu une grande importance dans de nombreuses sociétés. Les procédés utilisés sont les suivants :

- gerbes : gerbes disposées en meule conique avec cheminée centrale autour d'un feu (Russie du Nord) ; la forme développée de cette technique est un bâtiment spécial, souvent associé à une grange et à une aire de battage, caractéristique des Pays Baltes et de certaines régions de Finlande (*riihi* en finnois, *Riege* en allemand local) (Ahvenainen 1963, Vilppula 1955).
- épis ou panicules : séchage sur claie au-dessus d'un feu, à l'air libre ou dans la maison ; ou encore feu entretenu sous le grenier à pilotis ;
- grains en vrac : des fourneaux à sécher les grains ont existé en Europe du Nord-Ouest jusqu'au début de ce siècle (*corn-kilns* d'Ecosse : Fenton 1976 ; on en connaît depuis l'époque romaine : Nash 1978) ; le grain y était soumis à un courant d'air chaud venant directement du foyer.

C'est au XVIII^{ème} siècle qu'on commence à mettre au point des « étuves » à grains en dehors des régions où le séchage était traditionnel. Il s'agit encore d'installations à tirage naturel d'air chaud, la ventilation forcée n'interviendra que très tard, à la fin du XIX^{ème} siècle au plus tôt. Mais ce développement va se poursuivre sans discontinuité, en corrélation avec l'industrialisation de la meunerie au XIX^{ème} siècle.

Les premières étuves spécialement conçues pour sécher les grains en vue de leur conservation apparaissent en Italie dans les années 1730 (Inthiéry 1770). Le principe était un système de tablettes inclinées et communicantes, en chicane, enfermées dans une pièce recevant l'air chaud d'un poêle. Le grain versé par le haut s'écoulait dans les chicanes jusqu'à ce que celles-ci fussent pleines ; l'écoulement s'arrêtait alors, pour ne reprendre que si l'on ouvrait une vanne de vidange. Le séjour du grain dans l'étuve durait huit à dix heures.

Il semble qu'un certain nombre d'étuves de ce genre aient été construites en Italie dès cette époque. Le modèle en fut introduit en France vers 1750 par Maréchal, Directeur des fortifications du Languedoc, et arriva à la connaissance de Duhamel du Monceau au moment où celui-ci, après avoir essayé successivement l'ensilage hermétique, puis la conservation en cases ventilées à l'air ambiant, était parvenu à la conclusion qu'un séchage préalable était nécessaire dans les deux cas. L'idée de Duhamel était de faire circuler le grain à sécher dans des tubes verticaux, mais il reprit et publia le modèle de l'étuve italienne avec le sien (Duhamel du Monceau 1753).

C'est en Suisse semble-t-il, que ce système d'étuves fut appliqué de façon durable. On en signale l'existence dans les années 1780 à Berne, à Zurich et à Aran (Tessier 1793). A Genève, le séchage du grain à l'étuve fut adopté

un temps, mais il entraînait des pertes en poids qui le firent abandonner. Les étuves de Berne, construites vers 1775, existaient encore en 1823, date à laquelle nous en avons une bonne description (Fournier de Faye). L'intérêt pour le séchage dans la seconde moitié du XVIII^{ème} siècle se manifeste encore par la publication, par Bégouillet (1775) d'une description détaillée des étuves chinoises.

Une autre méthode de séchage, moins bien documentée, utilisée à cette époque, consistait semble-t-il à sécher les grains dans des tourailles de malterie. On sait que dans la fabrication de la bière, le malt (grains d'orge germés) doit être séché rapidement, de 40-45 % à 1-3 % d'humidité (Petit 1926). Ce séchage se faisait dans une chambre où le grain, disposé en couche mince (20 cm) sur un support perforé, était soumis à un courant d'air chaud à tirage naturel. Le principe est donc différent de celui des étuves à l'italienne. Il semble qu'il ait été assez courant, en Europe du Nord, Pays-Bas et Grande Bretagne surtout, de sécher ainsi les grains très humides: éventuellement, on n'en séchait qu'une partie, pour les mélanger ensuite avec le reste, de façon à réaliser un taux d'humidité moyen sur l'ensemble (Duhamel du Monceau 1753, *Maison rustique du XIX^{ème} siècle*; Rollet 1846).

Dans la première moitié du XIX^{ème} siècle, peut-être parce que les recherches sur l'ensilage hermétique retiennent davantage l'attention, on se préoccupe peu, semble-t-il, du séchage des grains en vue de leur conservation. Toutefois, le séchage se développe en connexion avec une nouvelle technique qui apparaît en meunerie à cette époque: le lavage des blés. En 1846, A. Rollet recense au total seize appareils de séchage proposés ou inventés depuis le début du siècle. La plupart des séchoirs pour conservation restent basés sur le principe de l'étuve à grains, mais la plupart des séchoirs à grains lavés font circuler le grain dans un ou plusieurs tambours tournants. Certains de ces appareils comportent une ventilation artificielle d'air froid, deux ou trois peut-être une ventilation d'air chaud, mais aucun de ces derniers ne reçut d'application pratique: « la production d'air chaud parut alors un embarras et un sujet de dépense... » précise Rollet au sujet de l'un de ces appareils.

Dans les années 1860, une nouvelle étuve à grains est mise au point en Lituanie par les frères Siver (Hoffmann et Mohs 1931). Elle comporte une solution originale: les colonnes à palettes où séjourne et circule le grain par gravité sont au nombre de deux, laissant entre elles une chambre pour l'arrivée de l'air chaud. Celui-ci s'échappe vers l'extérieur à travers le grain, par tirage naturel.

Nous sommes assez peu renseignés par ailleurs sur l'évolution du séchage dans la seconde moitié du XIX^{ème} siècle. Ce qui est sûr, c'est que la meunerie connaît alors un développement technique spectaculaire, qui touche aussi bien la mouture (cylindres) que les opérations connexes de manutention, triage, nettoyage, etc... Dans des pays comme la Grande Bretagne, le lavage des blés devient une pratique courante, et avec lui le séchage. Les séchoirs les plus répandus sont à deux colonnes verticales avec arrivée de l'air chaud par la colonne centrale. Les plus perfectionnés sont en outre munis en tête de radiateurs de préchauffage, qui portent le blé à la température voulue par contact direct avant le début du séchage, dans le but d'éviter les inconvénients d'un séchage trop rapide de l'écorce (Ammann 1925; Lockwood 1950). Mais à côté de ces séchoirs verticaux, une foule de dispositifs différents voient le jour: 24 modèles sont recensés par Hoffmann et Mohs en 1931. On peut les répartir dans les catégories suivantes:

- séchoirs verticaux (17 modèles);
- séchoirs à courroies transporteuses horizontales (2 modèles);
- séchoirs à tambour horizontal (11 modèles);
- étuves (2 modèles);
- séchoirs à vide (2 modèles).

La plupart de ces séchoirs fonctionnent en continu, sauf évidemment les étuves et les séchoirs à vide. Nombre d'entre eux sont à air chaud ventilé, mais le tirage naturel et le chauffage direct des grains (par contact) avec ventilation simultanée ou ultérieure d'air froid conservent une importance non négligeable. L'importance des séchoirs à tambour à cette époque est d'autant plus remarquable que le principe semble en avoir été abandonné depuis. On a en fait l'impression d'une sorte de foisonnement des recherches, dans lequel aucun principe ne réussit à s'imposer clairement par rapport aux autres. Un bon exemple de réalisation de cette époque est celui de l'installation de séchage du silo coopératif de Brigue (Suisse), construit pendant la dernière guerre. Le grain reçu, grain d'importation souvent très humide (jusqu'à 50 % affirme l'auteur, mais peut-être parle-t-il en pourcentage de la matière sèche), est d'abord ramené à 17-20 % d'humidité dans un premier séchoir statique fonctionnant en couche horizontale peu épaisse. Il passe ensuite après un temps de repos dans un second séchoir (« Feintrockner ») fonctionnant sous vide partiel, où la

température d'ébullition de l'eau est de 38-50° C. Après réfrigération à l'air ambiant, le grain qui en sort se trouve à 13,5 % d'humidité. Les débits respectifs des deux séchoirs étaient de 4 et 5 t/h de grain humide (Ferrier 1951).

Tous ces développements semblent n'avoir pratiquement pas touché la France, où l'humidité des grains atteignait rarement des niveaux nécessitant un séchage artificiel, avant l'entrée en scène du maïs récolté humide et en vrac dans les années 1960-1970. Mais pour résoudre ce nouveau problème, il fallait disposer de débits (puissances) de séchage plusieurs fois supérieurs à ceux des séchoirs existants, conçus pour les céréales à paille. D'où sans doute l'abandon de certaines techniques - séchoirs à tambours par exemple, séchoirs sous vide, etc. Le fonctionnement des séchoirs actuels repose sur les principes suivants :

- circulation des grains: verticale (par gravité), horizontale ou nulle (séchoirs statiques, en couche mince ou épaisse, et dans ce cas avec en général brassage du grain sur place),
- circulation de l'air chaud: parallèlement à celle des grains (dans le même sens: séchoirs à co-courants ou méthodiques, ou en sens inverse: séchoirs à contre-courants ou antiméthodiques), ou perpendiculairement à la circulation des grains (séchoirs à courants croisés).

Des perfectionnements intervenant en seconde ligne sont la recirculation des grains et le recyclage de l'air. Si on tient compte de l'ensemble de ces critères, on aboutit au tableau suivant (tableau 4) :

Tableau 4. Les séchoirs à grain actuels

Circulation de l'air	Co-courants	Contre-courants	Courants croisés
Circulation des grains			
verticale	expérim.	+	. ordinaires . à recirculation du grain . à recyclage de l'air
horizontale	?	?	+
nulle (statique)	en cellule

Tous ces modèles de séchoirs sont décrits dans Baudoin 1974, Mühlbauer 1974, et Lasseran 1977. Il semble que le système le plus couramment utilisé à l'heure actuelle soit le séchoir vertical à courants croisés, qui est aussi le plus simple. C'est le type de séchoir dominant dans les centres de stockage importants. Il existe aussi des séchoirs de ce type de petite capacité, à recirculation du grain, conçus pour une utilisation au champ (séchoirs mobiles). Les séchoirs statiques en cellule semblent adaptés plutôt à une utilisation à la ferme. Les séchoirs horizontaux, enfin, semblent assez peu répandus.

LES MODES DE STOCKAGE DESTINES A CONSERVER LES PRODUITS DANS UN ETAT AUSSI PROCHE QUE POSSIBLE DE LEUR ETAT INITIAL

Tous les modes de stockage quels qu'ils soient comportent un minimum de changements dans les produits stockés, lorsque ceux-ci, comme les grains, sont vivants. Dans certains cas, des changements importants en cours de stockage sont tolérés, voire même recherchés (voir paragraphe suivant). Mais dans d'autres cas, on vise à un maintien

aussi complet que possible des caractéristiques initiales. C'est le cas des grains utilisés pour leur capacité germinative, semences, orges de brasserie, pour lesquels les exigences de maintien au stockage sont les plus rigoureuses. Viennent ensuite les céréales panifiables. Dans les autres cas, les exigences de conservation sont en général notablement inférieures.

Deux aspects essentiels sont le volume et la durée. Bien qu'il soit difficile de préciser les seuils quantitatifs qui interviennent, il est évident que seuls des volumes importants et des durées relativement longues impliquent la mise en œuvre de techniques particulières. Le seuil de volume le plus important est peut-être celui qui délimite le stockage paysan, ou familial, dans les sociétés pré-industrielles: on peut le situer aux environs de 10 à 30 q. En deçà de ce volume, les techniques semblent bien maîtrisées et les pertes peu importantes, notamment aujourd'hui dans les pays sous-développés. C'est lorsque ce seuil est franchi que des pertes souvent très considérables apparaissent (ARUP 1978). Quant au seuil de durée, il dépend des conditions physiques. Du maïs-grain en vrac, humide (30 à 35 % d'eau), peut se détériorer complètement en quelques jours, voire en quelques heures. Pour du grain sec, tel qu'on le récolte en pays méditerranéens par exemple (moins de 12 % d'eau), le délai se compte plutôt en semaines.

Stockage des tiges en vrac. En Europe du Nord-Ouest (Angleterre, certaines régions de France), l'orge et l'avoine fauchées étaient rentrées sans être liées, en vrac. On les entassait en grange. Dans l'East Anglia, on faisait tasser la récolte par un cheval conduit par un enfant qui tournait sur le tas au fur et à mesure que celui-ci s'élevait: cette pratique était évidemment destinée à pallier le surcroît d'encombrement dû au non-liage des tiges en gerbes (Marshall, 1803, I: 98).

Stockage en gerbes. C'est la méthode classique dans toute l'Europe du Nord et du Centre, où le battage est différé après la moisson. Ce mode de stockage implique la construction de vastes granges, qui abritent également l'aire à battre: on en connaît depuis le Moyen Age, quoique la chronologie exacte de leur développement reste à préciser. Le stockage des gerbes en plein air, en meules ou plutôt en gerbiers, est plus récent et plus circonscrit. Venu peut-être d'Angleterre, il se développe dans la région parisienne (Beauce, Brie, Soissonnais...) à partir du XVIII^e siècle, mais sans atteindre par exemple ni le Nord, ni la Lorraine. En grange ou en plein air, le stockage en gerbes se maintient partout et même s'étend au premier stade de la mécanisation (moissonneuse-lieuse, battage à la machine à vapeur en plusieurs fois). Son déclin ne commence qu'avec l'apparition de la moissonneuse-batteuse, dans les années 1950 en France. En gerbes, le grain achève de mûrir et perd une partie de son humidité initiale. Et s'il est attaqué par les rongeurs, il ne l'est pas par la plupart des insectes des greniers (sauf l'alucite par exemple). La méthode est donc une des plus sûres et des plus économiques dans le cas des régions tempérées, d'où l'importance de son rôle historique.

Stockage en épis ou en panicules. Il est possible que cette méthode ait historiquement précédé celle du stockage en gerbes dans le centre et le Nord de l'Europe, car elle s'applique elle aussi à des grains récoltés assez humides, tout en exigeant des volumes bâtis bien moins considérables. A l'époque moderne toutefois, depuis le XVI^e ou le XVII^e siècle, on ne la trouve en usage que pour des céréales à récolte tardive: l'épeautre en Asturies, les millets, et surtout le maïs. Jusque vers 1970, les difficultés de conservation du maïs-grain en vrac étaient telles que la seule méthode de stockage, donc de récolte possible, était en épis. L'introduction du maïs en Europe a entraîné un peu partout l'apparition de greniers surélevés étroits, à parois ajourées, pour le stockage des épis (Hongrie, Roumanie, Ukraine...). Les *espigueiros* du Portugal et les *horreos* de la Galice appartiennent à ce type, bien qu'ils soient antérieurs à l'arrivée du maïs. En France, les *cribs* se développent après la deuxième guerre mondiale, avec les variétés hybrides à gros rendements (Bidau et Etchebarne 1955; Dias et al. 1963; Gomez-Tabanera 1974; Mission « Maïs » aux U.S.A. 1952).

Stockage du grain en vrac, avec ses balles. Cette méthode, mentionnée par Tessier (1793) et Saint-Félix-Mauremont (1820), a sans doute disparu trop tôt pour laisser des souvenirs précis à l'heure actuelle. Ses avantages seraient que le grain ainsi stocké est relativement à l'abri des rongeurs et de l'échauffement. Il serait inutile de le pelleter comme le grain en vrac (J.F. Lacomblez, comm. pers.). Par contre, le danger des insectes subsisterait (Tessier). La méthode était assez importante dans le Sud-Ouest pour qu'il y existe des bâtiments spécialisés pour le stockage du grain avec ses balles, appelés *garde-piles* ou *serre-piles* (Deffontaines 1932: 56). Sous des formes évidemment assez différentes,

elle est encore vivante dans certaines régions d'Afrique Noire (Garine, ce volume). Un cas particulier intéressant est celui des meules de grains et balles soutenues par une paroi en cordes de paille, qui ont existé en Irlande et en Ecosse jusqu'au siècle dernier (*corn bykes*) (Fenton 1976). On dit que le grain pouvait s'y conserver deux ans.

Stockage du grain en vrac, sans ses balles. Par rapport aux produits précédents, le grain en vrac est de loin le plus difficile à conserver. Mais comme c'est aussi le moins coûteux à transporter, et le plus commode à échanger, c'est le grain en vrac qui constitue de plus en plus l'essentiel des volumes stockés en longue durée. Se généralise ainsi, avec le développement du machinisme, un mode de stockage autrefois limité aux régions à étés secs (pays méditerranéens, pays semi-arides) ou aux agricultures primitives.

Etant donné la sensibilité du grain en vrac à toutes les causes de détérioration, il n'est pas étonnant que ce soit dans ce cas que les procédés de conservation sont les plus nombreux et les plus variés. Quatre facteurs sont essentiels pour permettre de les distinguer : la durée du stockage, le volume unitaire, la conduite du stockage proprement dite (c'est-à-dire les méthodes de contrôle du milieu ambiant des grains), et l'existence et la disposition des bâtiments.

Le facteur durée est fonction de la vitesse de détérioration des grains stockés, et dépend par conséquent des conditions climatiques à la récolte et après celle-ci. Nous ne prendrons en compte, bien entendu, que des durées assez longues pour obliger à des mesures concrètes de conservation : quatre à six mois au moins dans un climat comme celui de l'Europe occidentale pour des céréales pas trop humides au départ.

Le facteur volume unitaire intervient en second lieu. Pour de petites quantités, quelques dizaines à quelques centaines de kilogrammes, la surveillance est plus facile et certains risques de détérioration, par échauffement par exemple, sont moins grands. Aussi est-il moins nécessaire dans ce cas de faire appel à des techniques élaborées. Pratiquement, sous des climats pas trop chauds ni trop humides, les procédés de stockage du grain en petites quantités ne dépendent que des contenants employés. Ceux-ci peuvent être en bois (cases, troncs évidés), en vannerie (cases en matériaux tressés, paniers, sacs de paille), en cuir ou en tissu (sacs), en terre crue, en terre cuite (jarres), etc... Tous ces contenants peuvent être fixes ou mobiles, mais les uns comme les autres doivent évidemment se trouver sous abri. Nous n'ajouterons rien, sur ce point, à ce qui figure dans l'essai de nomenclature de Bromberger (1979). Sous les climats humides et chauds par contre, la conservation du grain en vrac même en petite quantité pose des problèmes. Le baril de pétrole en métal de 200 l est devenu une solution courante ; elle a l'avantage de permettre un stockage en atmosphère quasi-confinée, ce qui protège le grain des insectes et d'une possible réhumidification en cours de stockage.

Le stockage en petites quantités intéresse évidemment les économies de subsistance, mais aussi le stockage des semences dans les économies industrielles. De plus, le *stockage en sacs* a eu, et a encore dans les pays peu équipés en moyens de manutention, une importance fondamentale.

C'est pour de grandes quantités que des solutions techniques spécifiques deviennent vraiment nécessaires. Ces solutions peuvent se définir en fonction :

- de la façon dont on cherche à contrôler le milieu ambiant de la masse de grains ; la plupart des méthodes de contrôle agissent sur l'atmosphère intergranulaire, et c'est en dernière analyse le mode d'action sur cette atmosphère qui est le facteur le plus pertinent pour nous ; il existe d'autres méthodes, comportant l'emploi de poudres mélangées aux grains, mais on n'en attend en général que des effets ponctuels, et elles interviennent par conséquent fort peu sur la définition du mode de stockage proprement dit ; on y reviendra plus loin, à propos des techniques de préservation ;
- de l'existence ou non de bâtiments permanents spécialement agencés en vue de leur fonction de stockage, car cet agencement est étroitement lié aux méthodes utilisables pour le contrôle de l'atmosphère intergranulaire (il l'est d'ailleurs encore davantage aux méthodes de manutention).

Il existe quatre degrés dans la réalisation pratique d'un contrôle de l'atmosphère ambiante des grains stockés :

- le confinement : on s'efforce de réaliser une enceinte imperméable aux gaz, rendant impossible tout échange entre l'atmosphère intergranulaire et l'air extérieur ;

- le renouvellement: on s'efforce au contraire de réaliser un équilibre aussi poussé que possible entre l'atmosphère intergranulaire et l'air extérieur, lorsque les caractéristiques physiques de ce dernier sont jugées favorables: pratiquement, cet équilibre peut être recherché, soit en déplaçant l'air (aération, ventilation), soit en déplaçant les grains (pelletages, transilage d'une cellule à une autre);
- le non-contrôle: les grains sont laissés à eux-mêmes, on ne cherche ni à freiner ni à favoriser les échanges gazeux entre leur atmosphère et l'air ambiant.

Toutes ces méthodes existent ou ont existé dans la réalité. Quant aux bâtiments et à leur agencement, on peut retenir les distinctions suivantes:

- pas de bâtiments proprement dits: logement des grains dans des fosses souterraines, ou dans des enveloppes temporaires qui ne sont pas destinées à rester en place plus longtemps que la durée du stockage;
- agencement horizontal: grains stockés sous une épaisseur inférieure à la plus grande dimension horizontale de la capacité qui les contient, en pratique 6 à 8 m, souvent beaucoup moins;
- agencement vertical: hauteur des grains supérieure à la plus grande dimension horizontale de la cellule, en pratique plus de 7 à 10 m, et souvent beaucoup plus (silos-tours, silos-cathédrales).

Sur ces bases, on peut rassembler les diverses méthodes possibles de stockage du grain en vrac et en grandes quantités dans le tableau suivant (tableau 5):

Existence et agencement des bâtiments	Pas de bâtiments proprement dits	Logement dans des bâtiments exprès		
Méthodes de contrôle du milieu ambiant		Faible épaisseur moins de 1 m	Agencement horizontal	Agencement vertical
				Épaisseur moyenne moins de 2 à 6-8 m
Atmosphère confinée ou contrôlée : capacité imperméable au gaz	1. Silos souterrains tradition.	...	2. Silos semi-enterrés (types Argentine, Chypre)	3. Silos-tours hermétiques en métal
	4. Silos souples			
Atmosphère non renouvelée, mais non réellement confinée : capacité non imperméable aux gaz	5. En tas à l'air libre	6. En tas sous abri	8. Cases, magasins 9. Silos-tunnels	...
	7. Meules à parois de paille			
Atmosphère renouvelée par déplacement des grains	...	10. En couche sur plancher avec pelletages 11. Greniers à ruissellement	12. Cases-trémies superposées	13. Silos-tours avec transilage
Atmosphère renouvelée par déplacement de l'air, aération naturelle ou ventilation forcée	14. Magasins avec conduits d'aération 15. Cellules sous abri à parois perméables, pour aérat. ou ventilation	...
			16. Cases ventilées	17. Cellules ventilées

Tableau 5. Les méthodes de stockage du grain en vrac en grandes quantités

Les *silos souterrains* (1)* sont une des techniques de stockage les plus répandues dans les économies paysannes pré-industrielles d'un grand nombre de régions du monde. Nous ne reviendrons pas ici sur cette question, qui a été traitée ailleurs (Sigaut 1978a, 1979a) si ce n'est pour rappeler les points suivants :

- il est hors de doute que les silos traditionnels fonctionnent en atmosphère confinée, et que leurs utilisateurs en ont parfaitement conscience;
- la nature du sol joue un rôle important dans la réalisation pratique de l'atmosphère confinée :
- on y conserve toujours du grain en vrac, battu et vanné; nous ne connaissons à cette règle que deux exceptions, intéressantes respectivement la Mauritanie (Machat, in ARUP 1978) et la Somalie (Watt 1969), où un stockage d'épis en silos est signalé.

On a cherché à améliorer le fonctionnement des silos souterrains par diverses méthodes: bâche en plastique (Donahaye et al. 1967), chemisage intérieur en ciment, etc... (Boxall 1974).

Les *silos semi-enterrés* (2) sont plus récents: ils apparaissent en Argentine dans les années 1940. Contrairement aux silos souterrains traditionnels, qui ne débouchent à la surface que par un orifice étroit (trou d'homme), il s'agit de grandes excavations largement ouvertes. Les parois sont stabilisées par un revêtement cimenté doublé d'un enduit imperméable. En surface, l'étanchéité à d'abord été réalisée au moyen d'une couverture souple reposant sur les grains (papier bitumé ou plastique recouvert de paille et de terre...). On est ensuite passé à une toiture permanente, rigide, mais dont la forme restait fonction de talus naturel des grains.

Les premiers silos semi-enterrés d'Argentine avaient une section de fosse trapézoïdale. Pour faciliter les manutentions, on est passé à une section semi-cylindrique, la longueur étant variable. Au contraire, les modèles mis au point dans les années 1955 à Chypre étaient à fosse conique, ce qui ne permet d'accroître la capacité unitaire qu'en augmentant la profondeur. Des silos de ce type ont été construits au Kenya dans les années 1966-1970 (Hyde *et al.* 1973).

Les premiers *silos hermétiques en métal* (3) ont été construits en France en 1853 par Doyère. Ils étaient encore souterrains. D'autres ont été construits à Paris dans les années 1870: il s'agissait de cellules à section carrée, à fond pyramidal, d'une hauteur ne dépassant pas 8 m, mais disposées au dessus du sol. Mais c'est dans les années 1950, toujours en France, que des silos hermétiques en métal ont été construits en nombre appréciable; leur vogue n'a toutefois duré qu'une dizaine d'années.

Quant aux *silos souples* (4), ils ont été utilisés pour le stockage du maïs-grain récolté humide en attente de séchage au début des années 1970 (Combe 1972; Renaud 1974). Dans ce procédé, le grain est simplement enveloppé dans deux bâches plastiques, dont l'une repose sur le sol et l'autre sert de couverture (ces bâches sont réunies par un joint hermétique). On fait alors le vide, dans le but surtout de vérifier l'étanchéité de l'ensemble. Les grains sont ainsi mis en attente pendant deux à trois mois pour étaler la pointe dans les livraisons devant passer au séchoir.

Le stockage en atmosphère non confinée ni renouvelée (5 à 9) est souvent un procédé accessoire et temporaire. Il existe toutefois des cas où il prend davantage d'importance :

- *stockage en tas: à l'air libre* (5), une certaine protection est assurée par la couche extérieure de grains qui germent lorsque les conditions sont humides, mais le procédé est bien sûr attesté surtout dans les régions les plus sèches, Egypte et Italie du Sud au XVIIIème siècle (Sigaut 1978a); il a été pratiqué dans le Sud des Etats-Unis, Kansas, Oklahoma et Texas (Barre 1954), et on le préconise actuellement en Afrique dans les pays du Sahel (Hayward, in IUED 1978); le même rôle protecteur de la couche extérieure de grains, éventuellement arrosée avec de l'eau de chaux, est attesté dans le *stockage en tas sous abri* (6) tel qu'il était pratiqué dans les places-fortes d'Europe Centrale au XVIIème siècle (Sigaut 1979a);
- *stockage en case*, en grenier à compartiments, en magasin, etc... (8); ce mode est usuel en particulier pour les réserves domestiques dans toute l'Europe du Sud et de l'Est (voir Füzès, ce volume);

* Les numéros entre () renvoient au tableau 5.

- *stockage à plat* de très grandes quantités de grain devant séjourner longtemps au même point dans les conditions les moins coûteuses possibles (silos-tunnels et magasins en longueur, 9); ce mode de stockage simplifié au maximum est normalement associé à d'autres installations dans les grands silos de report de très grande capacité;
- *meules à parois de paille* (7).

Ce dernier procédé pose un problème. Il est attesté en Pologne (Ukraine? Lasteyrie 1819) et aux Canaries (Tessier 1793), où les parois sont faites d'une épaisse couche de paille tassée. Il est surtout important en Inde (Bengale: Bainbrigg Fletcher et Ghosh 1921) et en Chine, pays où il est encore utilisé aujourd'hui à grande échelle (Wagner 1926, *China's Foreign Trade* 1976, 2). Les parois y sont soutenues par une corde de paille enroulée en hélice autour du tas de grain (Inde) ou par une bande de paille tressée de 25-30 cm de large (Chine). Cette méthode est évidemment presque identique à celle des *corn-bykes* d'Ecosse, la seule différence étant qu'il s'agit de paddystocké non décortiqué, mais non mélangé avec ses balles. Le problème est évidemment de savoir comment un tel procédé peut fonctionner de façon satisfaisante dans des conditions climatiques difficiles comme celles qui règnent dans les pays de mousson. Nous n'avons pas encore d'éléments de réponse à ce sujet.

Le stockage en *atmosphère renouvelée* (10 à 17) est aujourd'hui pratiquement le seul mode de stockage couramment employé dans les pays tempérés. Seuls les procédés comportant le pelletage (10) ou un système d'aération naturelle (14) sont relativement anciens, encore n'étaient-ils guère connus, semble-t-il, en dehors des sociétés les plus urbanisées d'Europe occidentale et de Chine. Tous les autres procédés (11-13, 15-17) sont des développements récents, remontant à moins de deux siècles: nous ne nous y arrêterons pas ici, renvoyant le lecteur à un autre travail (Sigaut 1979b).

LES MODES DE STOCKAGE COMPORTANT UNE MODIFICATION DU PRODUIT

Les grains subissent toujours, on l'a dit, un minimum de modifications lors du stockage. Les deux modifications minimales, observées même dans les modes de stockage précédents, sont:

- une amélioration de la qualité boulangère des céréales panifiables: ce phénomène, classique en boulangerie (Nuret 1935; Pomeranz 1974), est aussi constaté dans le stockage de la farine; ses causes sont complexes et imparfaitement comprises semble-t-il;
- une levée de dormance de certaines semences, par exemple le riz au Nigéria (Anthonio 1973).

Ces aspects ne sont pas sans importance. La nécessité d'attendre quelque temps pour utiliser le grain nouveau de l'année oblige par exemple à prolonger d'autant la durée de stockage d'une partie des blés de l'année précédente.

Mais les modes de stockage présentés ci-dessous sont ceux qui comportent des effets beaucoup plus marqués que les précédents. Ces effets sont en général le résultat de fermentations spécifiques favorisées par l'ambiance du stockage aux dépens d'autres phénomènes tels que moisissure, pourriture et autres fermentations indésirables.

Ces fermentations surviennent dans des conditions d'anaérobiose au moins partielle, silos souterrains, grains humides en tas recouverts de paille et de terre, etc... On les signale en Inde pour le riz, où elles sont recherchées, et en Afrique du Nord pour le blé, où elles sont seulement tolérées et appréciées. Leurs effets ne sont pas sans présenter une certaine ressemblance avec ceux de l'étuvage. Nous avons analysé plus en détail ces phénomènes dans des travaux antérieurs, auxquels nous renvoyons le lecteur (Sigaut 1978a, 1979a). Malheureusement, ces fermentations en silo n'ont pas fait l'objet de recherches spécifiques en Afrique du Nord. C'est en Inde qu'il faut s'attendre à trouver le plus d'informations à leur sujet, mais nous n'avons pas dépouillé systématiquement l'abondante littérature scientifique produite dans ce pays.

Il s'agit dans ces deux cas d'alimentation humaine. En Europe, l'ensilage anaérobie de grains humides a connu un développement certain depuis le milieu des années 1960, mais pour l'alimentation du bétail. Il se pratique sous deux formes:

- ensilage de grains entiers, stabilisé à l'acide propionique; sa réalisation pratique se fait, soit en silos souples (*butyl*), soit en silos-tours en tôle d'acier émaillé (l'acide propionique est corrosif):

- ensilage de grains de maïs broyés, en général en silos-couloirs (comme l'ensilage fourrager ordinaire); dans ce cas l'acide propionique n'est pas nécessairement employé, sauf le cas échéant pour protéger les couches périphériques et la tranche.

LES TECHNIQUES DE PRESERVATION ASSOCIEES AU STOCKAGE

Nous reprenons ici la distinction, due à Luca (ce volume), entre conservation et préservation. Les techniques de conservation sont globales, elles visent à un contrôle plus ou moins poussé du milieu ambiant des grains stockés. Les techniques de préservation sont spécifiques, elles sont destinées à protéger les grains, stockés ou non, contre des ennemis ou des causes de pertes spécifiques: rongeurs, oiseaux, insectes et acariens etc..., mais aussi bien entendu le vol. De nombreuses techniques de préservation consistent en l'adjonction aux grains stockés de poudres ou ingrédients divers, qui ne modifient pas sensiblement les techniques de stockage proprement dites.

Nous n'insisterons pas sur les moyens de lutte contre les rongeurs et les oiseaux, car leur application aux stocks de grains n'y change pas grand'chose. Le seul procédé propre au stockage est probablement celui des gardes à rats, disques horizontaux ou cônes renversés destinés à empêcher les rongeurs de grimper le long des pilotis des greniers surélevés. Les gardes à rats sont ignorés de certaines populations, toutefois, et on a cherché à les y introduire (*Appropriate technology...*, 1977).

Contre les moisissures, il existe une foule de produits fongicides, dont l'acide propionique, mentionné plus haut, n'est qu'un exemple. Une centaine d'entre eux ont été essayés, sans grand succès. La raison principale de cet échec est que la plupart de ces produits nécessitent, pour agir, la présence d'eau libre, condition qui n'est normalement pas remplie dans les stocks de grain, même quand leur humidité est assez élevée (30 % et plus) (Christensen et Kaufmann 1974).

Contre insectes et acariens, toutes sortes de procédés ont été au moins essayés depuis le milieu du siècle dernier: chaleur, froid, chocs mécaniques, gaz asphyxiants, insecticides divers, etc... Nous avons présenté certains de ces procédés antérieurement, nous n'y reviendrons pas ici (Sigaut 1978a). Nous rappellerons seulement deux points importants:

- le non-développement des méthodes de lutte biologique, pourtant séduisantes (couche de sable dont les insectes peuvent sortir, mais où ils ne peuvent pas rentrer; attirance des charançons pour l'eau etc...);
- à côté des insecticides, chers, d'un maniement difficile, et parfois dangereux (résidus, mais aussi sélection de souches d'insectes résistants), l'existence d'un grand nombre d'« ingrédients » employés dans les sociétés traditionnelles, et dont certains semblent prometteurs; ces ingrédients viennent de faire l'objet d'un travail important auquel nous renvoyons le lecteur (de Luca, ce volume).

Reste enfin à parler de substances utilisées dans un but moins spécifique que la lutte contre les ravageurs des stocks, mais que nous rangeons malgré tout dans les techniques de préservation parce qu'il s'agit toujours de produits ajoutés aux grains d'une façon ou une autre. La plus importante d'entre elles est la poudre dite « Tutela », proposée à la fin des années 1920 en France, et qui fut vendue commercialement dans les années 1930. Il s'agissait d'une poudre alcaline, dont la composition était tenue secrète pour des raisons commerciales, mais probablement à base de chaux et d'autres sels alcalins. L'idée, due à Legendre, était d'amener le pH du milieu intergranulaire au voisinage de 8, ce qui devait inhiber ou retarder la croissance des microorganismes. Cette idée remontait aux travaux de Pasteur sur les fermentations, et à ceux du Danois Sørensen sur la notion de pH en relation avec les réactions enzymatiques (Legendre 1927, 1929, 1935; Foex 1937). Il est curieux qu'elle n'ait jamais fait l'objet d'études scientifiques véritables en dehors de celles de Legendre lui-même, peut-être précisément en raison du secret relatif dont celui-ci s'était entouré.

Un nouveau procédé de stabilisation des grains humides serait en cours d'étude aux Etats-Unis, basé sur l'emploi de l'ammoniac (Lasseran, comm. pers.). On peut se demander s'il n'y a pas un rapport avec le procédé de Legendre.

CONCLUSIONS

Quels sont, en fin de compte, les résultats de ce travail ?

Le premier, nous semble-t-il, est une vérification, une validation de la méthode. Pour qu'une méthode d'identification d'un certain groupe de faits soit satisfaisante, en effet, il faut qu'elle remplisse les deux conditions suivantes: 1, rendre compte de tous les faits connus de la façon la plus simple, la plus économique possible, et 2, conduire à la découverte éventuelle de faits nouveaux inconnus ou incompris auparavant. Pour autant que nous puissions en juger, la première condition nous semble remplie: tous les faits connus de nous entrent sans difficulté dans le cadre qui leur a été préparé. Quant à la seconde condition, il est difficile d'en juger *a posteriori*, car il est bien délicat, au terme d'une recherche, de faire la part du hasard et celle de la prospection méthodique dans les faits qu'elle nous a permis d'apprendre. Mais on peut au moins présenter sommairement le fonctionnement du mécanisme. Le croisement de deux critères tels que « produit » et « mode d'action » se traduit naturellement par la construction d'un tableau à double entrée. Nous n'avons pas élaboré un tel tableau d'ensemble dans le cas présent, pour des raisons principalement typographiques d'ailleurs; mais le tableau (5) en représente une partie. Un tel tableau fait apparaître des cases vides, qui sont autant d'interrogations sur l'existence éventuelle de techniques susceptibles de venir s'y placer. Dans le cas particulier du tableau (5), il est vrai, la plupart des cases vides paraissent correspondre à des techniques impossibles ou sans intérêt pratique. Mais on ne peut exclure que l'une ou l'autre ne vienne à être remplie, ne serait-ce que par l'essai infructueux de quelque obscur inventeur. Quoi qu'il en soit, c'est par l'étude des cases vides du tableau d'identification qu'on peut, soit identifier de nouvelles techniques qui ne l'étaient pas encore, soit vérifier qu'il n'en existe pas et comprendre pourquoi. C'est en cela que consiste la valeur heuristique de la méthode.

Ce grand tableau à double entrée qu'elle nous permet de construire (au moins par la pensée), nous pouvons aussi le considérer, en prenant une autre image, comme un arbre des possibles, qui regroupe toutes les techniques que nous avons qualifiées ailleurs d'alternatives (Sigaut 1978a: 23). On vérifie, en explorant méthodiquement cet arbre, qu'il l'a déjà été en grande partie dans le passé ce qui revient à retrouver, ou du moins à jalonner, les principaux cheminements de l'innovation. On peut observer, dans le cas du stockage des grains, que cette exploration ne met en jeu que des alternatives relativement simples: sécher à l'air libre ou sous abri, par exemple, ou encore renouveler/confiner l'atmosphère, loger les grains à plat/en hauteur etc... Cette simplicité est dans la nature des choses: elle ne fait que refléter le petit nombre des modes opératoires possibles. Elle permet de comprendre que toutes les alternatives techniques aient été explorées bien avant qu'il soit devenu possible d'élucider les mécanismes biophysiques parfois extrêmement complexes que chaque technique fait intervenir. Il n'y a sans doute pas besoin d'autre explication au fait bien connu que le développement des techniques a précédé celui des sciences si longtemps et dans tant de domaines. Peu importe la complexité du mécanisme naturel que les hommes cherchent à mettre à profit, s'ils n'ont pratiquement que trois ou quatre façons d'intervenir sur lui: ils auront exploré ces trois ou quatre façons, et les résultats qu'ils en obtiennent, longtemps avant d'être en état, si même ils le sont jamais, de comprendre le mécanisme naturel en question. L'action a sa logique et sa méthode, qui ne sont ni scientifiques, ni empiriques.

C'est encore sur le plan de la méthode que se situe le deuxième résultat de ce travail, dans la mesure où, croyons-nous, il nous donne des moyens susceptibles de nous aider dans l'exploration de la réalité sociale. Comme toute réalité qui n'est pas encore structurée par la science en effet, celle-ci se présente de prime abord comme un chaos inextricable. Sous un examen plus approfondi, elle offre ensuite l'apparence d'un réseau, c'est-à-dire d'un ensemble d'éléments extrêmement variés, reliés entre eux par des relations dont la nature et le nombre ne sont pas moins variés: c'est à peu près ainsi, tout au moins, qu'on peut interpréter l'idée fondamentale de Mauss que chaque fait social est total, c'est-à-dire qu'il doit son existence et sa signification à l'ensemble de la réalité dont il fait partie. Cet axiome est inattaquable sur le plan théorique. Mais comment l'appliquer concrètement dans la pratique? Allons-nous attendre de savoir tout sur tout avant de risquer la moindre interprétation de détail? Ce n'est évidemment pas ce que Mauss a voulu dire. Il reste néanmoins que ce seul principe ne résoud pas le problème du passage de la description à l'explication, passage sans lequel d'ailleurs la description elle-même est condamnée à se répéter indéfiniment sans pouvoir réellement progresser: cette situation est celle de beaucoup de branches des sciences humaines précisément, dont la technologie.

Pourtant, il y a longtemps que nous avons le sentiment que la technologie pourrait nous aider à sortir de cette difficulté. Aujourd'hui, les résultats de ce travail nous permettent, semble-t-il, de concrétiser cette opinion. Précisons-la d'abord. *La technologie, parce qu'elle traite de faits matériels, donc relativement faciles à identifier, peut nous aider à créer les outils méthodologiques nécessaires pour une exploration de la réalité sociale qui ne soit ni superficielle ni arbitraire.* La technologie, il est vrai, n'est pas seule dans ce cas, et on ne peut omettre de mentionner ici

au moins la linguistique. Mais ce que nous voulons dire, c'est que la technologie peut nous aider à sortir des catégories descriptives telles que « religion », « pouvoir », « propriété » et une multitude d'autres, couramment employées en anthropologie sociale, mais qui, dans la mesure où elles ne résultent pas d'une analyse des faits qui les aurait rendues nécessaires, ne sont pas de véritables catégories opératoires, de véritables concepts. De telles notions sont superficielles (ou empiriques) parce qu'elles sont empruntées immédiatement à l'usage particulier de sociétés particulières (la nôtre en l'occurrence). Et elles deviennent arbitraires dès qu'oubliant cette origine, ce qui n'est que trop facile, on les généralise pour les utiliser comme des concepts qu'elles ne sont pas. Les philosophes et historiens des sciences nous ont appris depuis longtemps que pour parvenir à exister, une science doit dépasser ce genre de notions premières pour se créer son propre objet. La chose, il est vrai, est plutôt dite que faite, et en tous cas n'a rien à voir avec les intentions plus ou moins vigoureusement proclamées du chercheur : il ne saurait suffire de se vouloir scientifique pour l'être. Tout ce qu'on peut dire est que pour se donner le maximum de chances d'y arriver, il vaut mieux choisir des domaines qui s'y prêtent davantage, en raison par exemple de leur simplicité. C'est ce qui fait l'intérêt de la technologie.

Quels sont donc les outils, les concepts dont nous avons eu besoin pour pouvoir identifier les techniques de conservation des grains de la façon la plus simple possible ?

Il nous a fallu d'abord considérer qu'une *technique*, c'est l'application d'une *action* (du geste le plus simple à l'intervention la plus complexe), à un objet matériel que nous avons appelé un *produit*. Nous ne parlerons donc plus de technique là où ces deux éléments ne sont pas explicitement associés : la ventilation ou le séchage, par exemple, sont des modes d'action, seules la ventilation des grains en vrac ou le séchage des épis sont des techniques. Produits et modes d'action se définissent mutuellement par leur place dans un *réseau opératoire*. Chaque produit, en effet, se situe entre deux séries d'opérations, les unes en amont qui lui donnent naissance, et les autres en aval auxquelles il est destiné ; les unes et les autres concourant également à sa définition. Et réciproquement, chaque opération se situe entre deux produits, l'un auquel elle s'applique et l'autre qui résulte de cette application. On voit que chaque réseau opératoire est un système, au sens donné à ce terme par la discipline moderne dite « Théorie des systèmes », c'est-à-dire « un ensemble d'éléments, matériels ou non... dépendant réciproquement les uns des autres de manière à former un tout organisé » (*Encycl. Intern. Sci. Techn.* 1973). Plus précisément, c'est un système orienté dans le temps en fonction de certains objectifs. C'est aussi un système ouvert, ou si l'on préfère illimité, car c'est seulement par la pensée et pour la commodité de l'analyse qu'on peut isoler un réseau opératoire de son environnement social et physique. Lorsqu'on parle de chaîne ou de séquence opératoire, en particulier, c'est habituellement parce qu'on a en vue une portion de réseau qui se présente sous une forme linéaire, c'est-à-dire sans ramification ni anastomose, dont l'étude est évidemment plus simple.

Techniques, modes d'action, produits, réseaux, opérations : ces cinq concepts ne sont pas entièrement nouveaux, à vrai dire. On les trouve employés assez couramment dans la littérature technologique. Mais presque toujours avec un certain flou. Ce à quoi nous sommes parvenus ici, c'est seulement à une rigueur accrue dans leur définition et dans celle de leurs rapports réciproques. Dans quelle mesure ce résultat peut-il nous aider à explorer la réalité de façon moins superficielle et moins arbitraire qu'auparavant ? C'est ce que l'expérience future pourra seule nous apprendre. Il y a un premier domaine, toutefois, où cette clarification s'avère d'ores et déjà utile : c'est celui de la classification des techniques. On a dit au début combien les tentatives faites en ce sens jusqu'ici avaient été peu encourageantes. Il se pourrait bien que ce soit faute d'une analyse suffisante du concept même de technique. Naturellement, il faudrait reprendre en détail toutes ces tentatives pour pouvoir le prouver : nous laisserons la longue discussion qui serait nécessaire sur ce point pour un autre travail.

Un exemple, en nous ramenant au stockage des grains, va peut-être nous permettre de montrer en quoi une identification plus rigoureuse des techniques est de nature à rendre moins arbitraire la façon dont on peut les interpréter. Cet exemple, c'est celui des *silos* (fosses à grain) et des *horreos* (greniers surélevés à parois ajourées) de la Péninsule ibérique. Une opinion courante, et encore exprimée par plusieurs participants à la réunion d'Arudy, ne veut voir dans leur répartition géographique qu'une simple question d'adaptation au climat : les *silos* seraient propres aux régions sèches, les *horreos* aux régions humides de la Péninsule.

Or, cette hypothèse soulève immédiatement plusieurs difficultés. En supposant même qu'il soit possible de distinguer sans équivoque régions « sèches » et régions « humides », il est de toute évidence, lorsqu'on sort de la Péninsule, qu'il existe de vastes régions « sèches » dépourvues de *silos*, de même qu'il existe de vastes régions « humides »

dépourvues de greniers surélevés. Cela reste d'ailleurs vrai dans la Péninsule ibérique elle-même : on ne trouve pas d'*hórreos* au Pays Basque (sauf en Biscaye, province la plus occidentale), et les *silos* sont beaucoup plus nombreux en Catalogne que dans des régions pourtant beaucoup plus « sèches » du Sud. Du reste, le seul fait qu'il existe d'autres techniques de stockage des grains que les *silos* et les *hórreos* suffirait à ruiner un dualisme aussi sommaire.

Et pourtant, nous sentons bien qu'il y a quelque chose derrière l'hypothèse climatique : le climat n'explique pas tout, mais il doit bien expliquer quelque chose. Où et comment intervient-il ? Telle est la question qui se pose à nous après avoir éliminé l'hypothèse trop simplement déterministe.

Il va nous être relativement facile d'y répondre. Nous savons maintenant, en effet, que *silos* et *hórreos* ne sont pas des techniques directement comparables, car on y stocke des produits différents : grains en vrac dans les *silos*, épis ou panicules non battus dans les *hórreos*. Or, ces produits se définissent dans des réseaux (systèmes) opératoires différents. La récolte à la faucille des céréales dites aujourd'hui « à paille » (blé, orge, seigle, avoine) donne des gerbes. Celles-ci sont, soit battues immédiatement, soit au contraire stockées en vue d'un battage différé : c'est seulement dans le premier cas que le stockage du grain en *silo* peut intervenir de façon habituelle. Et on a vu à quelles conditions : que le grain stocké soit assez sec pour pouvoir supporter, sans sortir des limites de qualité requises par les habitudes alimentaires locales, un séjour assez long dans une fosse où il va se réhumidifier lentement (Sigaut 1979b). Le climat intervient de toute évidence, mais en formant une combinaison causale spécifique avec plusieurs autres facteurs d'égale importance. Et il est toujours possible (quoique le coût en soit augmenté), de pallier les effets d'un climat trop humide par un séchage artificiel : c'est, semble-t-il, la solution qui était pratiquée en Ukraine (Saint-Germain Leduc 1855).

Le système basé sur la récolte à la faucille, en fait (voir le n° 4 du tableau 1), donne successivement des gerbes, puis des grains mélangés avec leurs balles, puis enfin des grains en vrac. A aucun stade il ne donne ordinairement d'épis seuls, sauf exceptions trop rares pour que nous avons à en tenir compte ici. La récolte des épis au contraire (tableau 1, n° 3) fait intervenir d'autres opérations et d'autres outils ; en Europe en outre, elle s'applique à d'autres céréales : le maïs, les millets, et en Asturies, l'épeautre : toutes céréales qui ne mûrissent qu'à la fin de la belle saison, en septembre ou en octobre. Or à cette époque, les grains récoltés sont trop humides pour pouvoir se conserver en vrac sans séchage préalable, séchage que les conditions d'arrière-saison rendent impossible avec la seule aide du soleil et du vent. La seule alternative à un séchage artificiel, c'est alors de les conserver sans les battre, en épis, dans des conditions d'aération optimale et bien entendu sous abri : en *cordes* par exemple, c'est-à-dire en guirlandes d'épis suspendues sous l'auvent des maisons, ou en *cribs*, *hórreos*, *espigueiros*, etc..., toutes constructions étroites et à parois ajourées. Le climat intervient donc bien là encore, mais de façon différente de ce qu'on a vu précédemment. Les conditions météorologiques estivales interviennent sur le choix des céréales cultivées, et non pas sur la récolte et le stockage ; ce sont les conditions météorologiques de l'automne qui interviennent sur celles-ci. En d'autres termes, les facteurs climatiques qui interviennent dans le fonctionnement d'un réseau opératoire sont différents, et ils interviennent selon des modalités différentes, suivant le réseau opératoire considéré. Autrement dit encore, il n'y a pas de « climat » en technologie (et encore moins de climat simplement « sec » ou « humide »). Il n'y a que des facteurs climatiques qui font partie du réseau, et qu'il faut identifier chacun pour son propre compte au même titre que tous les autres éléments du système. C'est ce que n'ont pas compris tous ceux qui prétendent étudier la société d'un côté puis le milieu physique de l'autre, pour ensuite seulement chercher des corrélations entre les deux. Cette méthode, aussi vieille que les sciences humaines elles-mêmes (que la géographie humaine en particulier), n'a jamais pu produire de résultats utiles, au point que nombre de chercheurs, jetant le manche après la cognée, ont préféré faire complètement l'impasse sur un problème aussi mal posé. Ce qui précède aura contribué, nous l'espérons, à mieux comprendre les raisons de cet échec et les moyens de le surmonter.

Il nous reste pour terminer à situer ce travail par rapport à celui, paru dans le volume précédent, de C. Bromberger (1979). Indépendamment de la différence dans les objectifs poursuivis, assez évidente pour qu'il soit inutile d'y revenir, les deux différences majeures résident dans le nombre et dans la hiérarchie des critères retenus. Nous avons presque complètement laissé de côté sept des critères énumérés par C. Bromberger, à savoir :

- 2. position de la réserve (sa hauteur par rapport au niveau du sol) ;
- 6. forme géométrique de la réserve ;
- 7. matériaux de construction de celle-ci ;

- 9. sa mobilité;
- 10. localisation de la réserve dans l'espace habité;
- 11. fonctions;
- 12. Statut.

Quant aux cinq autres critères de C. Bromberger, leur équivalence avec les nôtres est la suivante (tableau 6) :

Tableau 6. Comparaison des critères

Utilisés par C. Bromberger	Utilisés par F. Sigaut
1. Etat de la céréale	1. Produit
2. Type de réserve (Bâtie/non bâtie récipient etc...)	2. Volume unitaire et
4. Atmosphère de la réserve (aérée/confinée)	3. Existence de bâtiments
5. Disposition des céréales (en meules, en vrac...)	4. Méthodes de contrôle du milieu ambiant
8. Orientation (verticale/horizontale)	- (Inclus pour partie dans le cr. 1, et pour partie dans le 5)
	5. Agencement des bâtiments (pour le grain en vrac seulement)

En ce qui concerne ces cinq critères communs, il y a quelques différences de contenu. Dans « état de la céréale », par exemple, C. Bromberger inclut des produits - paille, balles, issues diverses - que nous avons considérés comme des sous-produits et laissés de côté. En fait, ces cinq critères découpent le réel suivant des lignes qui ne coïncident que partiellement, à la seule exception du critère 4, virtuellement identique dans les deux cas. D'autre part, nous avons tenu compte d'un aspect quantitatif, le volume unitaire de grain stocké, qui est contenu, mais seulement de manière implicite, dans le « type de réserve » tel que l'entend C. Bromberger.

Il paraît évident, en somme, que la méthode de C. Bromberger est plus exhaustive, mais plus descriptive et moins organique que la nôtre. Cela dit, quelle est la signification des sept autres critères que nous avons pour notre part négligés ?

Les quatre premiers concernent ce que nous pourrions appeler les outils du stockage, outils qui sont en l'espèce des contenants. (Nous ne ferons de réserve que sur le critère 9. de C.B., la mobilité de la réserve, qui se ramène pratiquement à son critère 2 puisque c'est entre autres par leur mobilité que se distinguent les bâtiments et récipients - sauf dans l'admirable cas-limite des greniers sur patins décrits par E. Füzes dans ce volume). Quant aux trois derniers critères, localisation, fonctions et statut, ils ne servent plus à identifier des techniques, au sens que nous avons donné à ce terme. A ceci près que le critère 10, localisation, recoupe partiellement le 2, type de réserve, et que le critère 11, fonctions, renferme de même des traits qui ressortissent selon nous à la définition des produits.

Pour quelles raisons n'avons nous pas rencontré ces sept (ou six) critères comme catégories pertinentes dans l'analyse qui est l'objet du présent travail ?

Cette question va nous permettre, semble-t-il, de préciser à quel niveau se situe celle-ci dans l'exploration du réel, et donc peut-être de préciser comment il faut s'y prendre pour l'élargir. Le fait que les critères d'outillage apparaissent comme relativement mineurs ne surprendra que ceux pour qui la technologie se résume encore à l'étude des objets - il ne doit plus guère en rester, depuis le temps que cette façon de voir est impitoyablement critiquée ! Nous pouvons dire sur ce point, en faisant une analogie approximative avec la biologie, que nous avons travaillé au niveau du genre ou de l'espèce, et que les critères d'outillage permettent de descendre à celui de la variété. Que par exemple les récipients de stockage soient en poterie, en vannerie, en paille tressée ou en bois, il s'agit toujours de la même technique de stockage « de faible volume unitaire », et « en atmosphère non renouvelée ni contrôlée ». La nature des récipients ne traduit qu'une adaptation immédiate aux ressources locales, en matériaux et en savoir-faire artisanal.

Ces critères d'outillage, ou de forme, ont bien sûr leur importance, mais il faut se garder de les mettre à une place autre que celle qui leur est propre. C'est ce qu'on fait lorsque l'on parle de « greniers sur pilotis », par exemple, car on crée ce faisant une catégorie qui repose sur des critères purement formels, et qui est donc hétérogène, c'est-à-dire impropre à l'analyse. On a en effet regroupé arbitrairement, dans les « greniers sur pilotis », les *horreos* et *espigueiros* de la Galice et du Portugal, qui sont des greniers à épis, avec les *raccards* du Valais, qui sont des granges surélevées (on y stocke des gerbes, de part et d'autre d'une aire à battre centrale), et avec les greniers à plusieurs fins, où l'on range à peu près tout ce qui est précieux et d'usage non courant, provisions, vêtements de cérémonie, papiers de famille, etc... Ces greniers à plusieurs fins se rencontrent dans la plupart des régions de montagne d'Europe, des Asturies (les *horres* de plan carré, auxquels P.J. Reynolds fait allusion dans ce volume) à la Norvège, en passant par les Alpes et les Carpathes (cf. la contribution de E. Füzès dans ce volume). Il est clair que malgré leurs similitudes de construction, ces différents « greniers sur pilotis » ne sauraient relever de la même problématique explicative. Ils appartiennent à des réseaux opératoires différents, et c'est de ceux-ci qu'il faut partir si l'on veut comprendre leurs fonctions, et leur distribution dans l'espace et dans le temps.

Restent les trois critères « sociaux » de C. Bromberger, localisation des réserves dans l'espace habité, fonctions et statut. Ils relèvent évidemment d'un niveau supérieur, celui de l'insertion des techniques dans le réseau social tout entier. C'est cette insertion qui constitue le problème le plus passionnant, mais aussi le plus difficile, de la technologie. On sent bien que pour le résoudre, il faut continuer à identifier des éléments (qui ne peuvent plus être seulement des produits) liés entre eux par des relations (qui ne sont plus toutes des opérations). La question sort du cadre de ce travail ; nous ne ferons à son sujet qu'une dernière remarque. Il ne semble pas que ce genre d'entreprise ait déjà été tenté en dehors de la technologie, sauf pour certain type particulièrement simple de rapport des hommes entre eux - la parenté. Mais il ne l'a pas encore été, à notre connaissance du moins, pour les rapports hommes-choses (sauf par Marx, mais sur un plan extrêmement général). C'est pourtant dans cette direction que les sciences humaines ont le plus de chances, peut-être, de devenir vraiment des sciences.

BIBLIOGRAPHIE

- ARUP Partners Ireland International et Groupe Inter G. 1978, Etude sur le stockage des céréales dans les pays du Sahel. CILSS - FED - USAID. 5 vol., multigr.
- AHVENAINEN (J.), 1963, *Der Getreidehandel Livlands im Mittelalter*. Helsinki, Societas Scientiarum Fennica, Commentationes Humanarum Litterarum, 34 2.
- AMMANN (L.), 1925, *Meunerie, boulangerie*. Paris, J.B. Baillièrre et fils.
- ANDERSON (J.A.) et ALCOCK (A.W.), eds., 1954, *Storage of cereal grains and their products*. Saint-Paul, American Association of cereal Chemists.
- ANTHONIO (Q.B.O.), 1974, « L'économie du stockage et ses effets sur les prix », *TSPI* (version française), 25 44-45
- Appropriate technology for grain storage. Report of a pilot project, 1977'* Community Development Trust Fund of Tanzania/The Advocate Press.
- BAINBRIGGE-FLETCHER (T.) et GHOSH (C.C.), 1921, « Stored Grain Pests », *Bulletin n°11 of the Pusa Agricultural Research Institute* : pp. 713-758 (reproduit dans Sigaut 1978a).

- BARRE (H.J.), 1954, « Country storage of grain », in: Anderson et Alcook (éds.), pp. 308-357.
- BAUDOIN (M.), 1974, Le séchage du maïs. CNEEMA, Etude n° 388.
- BEGUILLET (E.), 1775-1778, *Traité de la connoissance générale des grains et de la mouture par économie*. Paris, Pankoucke, 2 vol., et Dijon, L.N. Frantin, 1 vol.
- BIDAU et ETCHEBARNE (J.), 1955, « A propos, de la conservation du maïs à la ferme », *G.R.*, 48, 5, pp. 192-193.
- BOXALL (R.A.), 1974, « Underground storage of grain in Harar Province, Ethiopia », *TSPI*, 28, pp. 39-48.
- BROMBERGER (C.), 1979, « Note sur la terminologie des réserves à céréales », in: Gast et Sigaut (eds.), pp. 5-14.
- CHEO (M.T.) et CHANG (Y.H.), « Studies on the rice weevil (*Calandra oryzae* L., Coleoptera) control », *JATBA*, 1947, 27 p. 168 (compte-rendu).
- CHRISTENSEN (C.M.), 1974, (ed.), *Storage of cereal grains and their products* Saint-Paul. American Association of Cereal Chemists.
- CHRISTENSEN (C.M.) et KAUFMANN (H.H.), 1974, « Microflora », in: Christensen (éd.), pp. 158-193.
- CLEVE (H.), 1948, « Le procédé « Hamring » pour le décortilage de l'avoine », *B.E.F.M.*, 106 p. 202 (Compte-rendu).
- COMBE (P.), 1972, « La conservation sous bâches du maïs-grain humide non broyé. Son intérêt pour un stockage report dans l'Ouest » *BTI*, 270 pp. 645-654.
- Conservation du blé (La)*, 1937, Paris, Société Nationale d'Encouragement à l'Agriculture, 283 p.
- DEFFONTAINES (P.), 1932, *Les hommes et leurs travaux dans les pays de la moyenne Garonne*. Lille, SILIC.
- « De la conservation des récoltes », in, *La Maison rustique du XIXème siècle*, 1835, I, pp. 304-330.
- DELONCHANT, 1865, « (Conservation des grains) », *BSIC*, (18), 30, pp. 162-164.
- DIAS (J), VEIGA DE OLIVEIRA (E.) et GALHANO (F.), 1963, *Espigueiros portuguesas*. Porto, Centro de estudios de etnologia peninsular.
- DIGARD (J.P.), 1979, « La technologie en anthropologie: fin de parcours ou nouveau souffle? », *L'Homme*, 19, 1, pp. 73-104.
- DONAHAYE (E.), NAVARRO (S.) et CALDERON (M.), 1967, « Storage of barley in an underground pit sealed with a polyethylene liner », *JSPR*, 3, 4, pp. 359-364.
- DUHAMEL DU MONCEAU (H.L.), 1753, *Traité de la conservation des grains et en particulier du froment*. Paris, H.L. Guérin et L.F. Delatour.
- ENCYCLOPEDIE INTERNATIONALE DES SCIENCES ET DES TECHNIQUES, 1973, « Systèmes, Théorie des ». Presses de la Cité.

- Emmagasinage des grains en milieu étanche à l'air*, 1973, Rome, Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Bulletin des Services Agricoles n° 17.
- FENTON (A.), 1976, *Scottish country life*. Edinburgh, John Donald.
- FERCHIOU (S.), 1979, « Conserves céréalières et rôle de la femme dans l'économie familiale en Tunisie », in: Gast et Sigaut (éds), pp. 190-197.
- FOEX, 1937, « Les organismes végétaux nuisibles à la conservation », in: *La conservation du blé*, pp. 25-32. « Les procédés de défense contre les parasites (organismes végétaux) », *ibid.*, pp. 45-48.
- FOURNIER DE FAYE, 1823, « Extrait d'une notice sur l'étuve construite à Berne pour la dessiccation des grains », *BSEIN*, 22, pp. 250-254.
- GAMERITH (A.), « Arten und Wandel am Beispiel des Landes Steiermark mit weiteren Bezügen ». in: *Ethnologische Nahrungsforschung/Ethnological Food Research*, Helsinki 1975, Suomen Muinaismuistoyhdistys (Kansatieteellinen Arkisto 26), pp. 80-114.
- GARIBOLDI (F.), 1974, *L'étuvage du riz*. Rome, FAO (Collection Progrès et mise en valeur - Agriculture, Cahier n°97).
- GAST (M.) et SIGAUT (F.), (éds.), 1979, *Les techniques de conservation des grains à long terme tome 1*. Paris, Editions du C.N.R.S.
- GOMEZ TABANERA (J.M.), 1973, « De la prehistoria del horreo astur », *Boletín del Instituto de Estudios Asturianos*, 27, 80 pp. 577-612.
- HALEY (W.L.) et PENCE (J.W.), 1960, « Bulgor, an ancient wheat food », *Cereal Science Today*, 5, 7, pp. 203-207 et 214.
- HAMRING (F.), 1951, « Décorticage de l'avoine par voie humide », *BEFM*, 122, p. 71 (compte-rendu).
- HOFFMANN (J.F.) et MOHS (D.K.) 1931/1934, *Das Getreidekorn. Seine Behandlung, Trocknung und Bewertung in der Praxis, nebst Darstellung von Speicherbauten und deren Zubehör*. Berlin, Paul Parey, 2 vol.
- HUBER (K.), 1944, *Über die Histene- und Speichertypen des Zentralalpengebiets*. Genève, Droz et Erlenbach-Zürich, Eugen Tentsch.
- HYDE (M.B.) et al. 1973, (Voir: *Emmagasinage des grains...*).
- I.U.E.D. 1978, (Institut Universitaire d'Etude du Développement, Genève) Note sur quelques problèmes du stockage des céréales en Afrique Occidentale. Vol. 2, Contribution des experts (miméograph.).
- INTHIERY (B.), 1770, (Pseudonyme de l'Abbé Galiani) *L'art de conserver les grains*. Paris, Saugrain.
- LASSERAN (J.C.) et al. 1977, « Spécial séchage du grain », *Perspectives Agricoles*, 6.
- LASTEYRIE (C.P. de), 1819, *Des fosses propres à la conservation des grains...* Paris, Imprimerie Royale.

- LEGENBRE (R.), 1927, « Application de la notion de pH à la conservation des grains et des issues de céréales », *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences*, 85 pp. 1156-1158.
- LEGENBRE (R.), 1929, « La conservation des céréales », *Actes et comptes-rendus de l'Association colonies-sciences*. 46.
- LEGENBRE (R.), 1935, *Les céréales*. Paris, A. Colin.
- LOCKWOOD (J.F.), 1948, « Le conditionnement du blé pour la mouture ». *BEFM*, 104 p. 77 (compte-rendu).
- LOCKWOOD (J.F.), 1950, *La meunerie*. La Jarrie, Louis David.
- MARSHALL (W.), 1803, *Agriculture pratique des différentes parties de l'Angleterre*. Paris, H.L. Perroneau, 5 vol.
- MAURIZIO (A.), 1926, *Die Nahrungsmittel aus Getreide*. Berlin, Paul Parey, 2 vol.
- MISSION (1952), « Maïs aux U.S.A. (Rapport de la) « Le séchage du maïs ». *BTI*, 73 pp. 636-661.
- MUHLBAUER (W.), 1975, Recherches sur le séchage du maïs-grain et étude d'un dispositif de séchage à co-courants, CNEEMA (Etude n° 415).
- NASH (M.J.), 1978, *Crop conservation and storage in cool temperate climates*. Oxford, Pergamon Press.
- NURET (H.), 1935, « Note sur la conservation du blé et des produits de la mouture », *BEFM*, 42, pp. 193-197.
- PERICAT (R.), 1943, *Riz blancs, riz étuvés*. Saïgon, SILI.
- PETIT (P.), 1926, *Brasserie et malterie*. Paris, Gauthier-Villars 2 vol., 1025 p.
- POMERANZ (Y.), 1974, « Biochemical, functional, and nutritive changes during Storage », in: Christensen (éd.), pp. 56-114.
- RENAUD (J.), 1974, « Le stockage d'attente des maïs et autres grains en silos plastiques », *La France Agricole*, 30, 1522, pp. 22-24.
- ROLLET (A.), 1846, *Mémoire sur la meunerie, la boulangerie et la conservation des grains et des farines...* Paris, Carillan-Goeury et V. Dalmont.
- SAINT-FELIX-MAUREMONT (A.J.M.), de 1820, *Architecture rurale théorique et pratique, à l'usage des propriétaires et des ouvriers de la campagne*. Toulouse, J.M. Douladoure.
- SAINT-GERMAIN LEDUC, 1855, *Conservation, assainissement et commerce des grains*. Paris, Paulin et Lechevalier.
- SERINGE (N.C.), 1818, *Monographie des céréales de la Suisse*. Berne, chez l'auteur.
- SIGAUT (F.), 1978, *Les réserves de grain à long terme. Techniques de conservation et fonctions sociales dans l'histoire*. Editions de la M.S.H. Publications de l'Université de Lille III.
- SIGAUT (F.), 1978, « Identification des techniques de récolte des graines alimentaires », *JATBA*, 1978 25, pp. 146-161.
- SIGAUT (F.), 1979, « La redécouverte des silos à grains en Europe occidentale, 1708-1800 », in: Gast et Sigaut (éds.), pp. 15-38.

- SIGAUT (F.), 1979, *Les techniques de conservation des grains et leurs fonctions sociales*. Paris, MSH et CORDES (Rapport polycopié).
- TESSIER (A.H.), 1793, « Conservation des grains », pp. 454-472 in : *Encyclopédie Méthodique, Agriculture*, Vol. 3. Paris, Pankoucke.
- VILPPULA (H.), 1955, *Das Dreschen in Finland*. Helsinki (Kansatieteellinen Arkisto, X).
- WAGNER (W.), 1926, *Die chinesische Landwirtschaft*. Berlin, Paul Parey.
- WATT (M.J.), 1969, « Grain storage and marketing in the Somali Republic », *TSPI*, 18, pp. 25-32.

ABBREVIATIONS

REVUES

- BEFM : Bulletin des Anciens Elèves de l'Ecole Française de Meunerie.
- BSEIN : Bulletin de la Société d'Encouragement à l'Industrie Nationale.
- BSIC (F) : Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils (de France)
- BTI : Bulletin Technique d'Information (Ministère de l'Agriculture).
- GR : Génie Rural
- JATBA : Journal d'Agriculture tropicale et de Botanique appliquée, Travaux d'Ethnobotanique et d'Ethnozoo-
logie.
- TSPI : Tropical Stored Products Information.

ORGANISMES

- CNEEMA : Centre National d'Etudes et d'Expérimentation du Machinisme Agricole.
- CORDES : Comité d'Organisation des Recherches Appliquées sur le Développement Economique et Social.