

L'ARCHÉOLOGIE INDUSTRIELLE

en France

PATRIMOINE - TECHNIQUE - MÉMOIRE

N° 51 - Décembre 2007

*Uckange
en lumière*



CILAC COMITÉ D'INFORMATION ET DE LIAISON POUR L'ARCHÉOLOGIE
L'ÉTUDE ET LA MISE EN VALEUR DU PATRIMOINE INDUSTRIEL

Les outils du virtuel

La mécanisation du lavage du sel à Batz-sur-Mer au XX^e siècle

Florent LAROCHE

*Centre François-Viète, université de Nantes
École centrale de Nantes*



La laverie de sel, vue de face en 2007

DANS un article intitulé «CAO et patrimoine : des perspectives innovantes» paru dans le numéro 46 - juin 2006 de *L'AIF*, Michel Cotte et Samuel Deniaud¹ ont exposé les fondements d'une nouvelle problématique de recherche alliant les sciences de l'ingénieur et les sciences humaines et sociales. Depuis trois ans, cette thématique de recherche progresse à grand pas et propose désormais une méthodologie globale pour conserver puis valoriser le patrimoine industriel et technique. La démarche réunit les outils de capitalisation des connaissances et les outils numériques utilisés par les grandes entreprises avec les méthodes et les pratiques de l'histoire des techniques comme la systémique et la génétique. Pour autant, le travail des sciences de l'homme n'est pas écarté. La recherche et la compréhension du contexte ethno-historique de l'objet s'avèrent nécessaires pour poser les hypothèses sur lesquelles les analyses techniques s'appuient. Ainsi, couplée à des technologies de conception assistée par ordinateur (CAO) et à des outils de numérisation en trois dimensions, c'est une nouvelle muséologie qui permet la constitution d'un dossier d'œuvre patrimonial à vocation technique : la «technomuséologie».

Nous ne détaillerons pas ici la méthodologie développée² mais l'illustrerons par un exemple concret ayant uniquement abouti grâce à la démarche d'«archéologie industrielle avancée». Cette étude a débuté il y a 20 ans et fait suite à une rencontre fortuite avec un objet mécanique industriel : une machine artisanale du XX^e siècle... Ainsi, grâce à l'étude de l'entreprise familiale de négoce de sels marins Bertrand depuis ses origines sociales jusqu'à son système de production, de gestion et de commercialisation du sel, nos investigations nous ont conduit à définir les usages courants d'un système technique devenu système patrimonial : c'est bien plus qu'une machine industrielle qui doit être considérée, c'est un site, une région, une économie complexe qui explique ce lieu unique en France. Précisons que ce magasin à sel, vieux de 130 ans et d'environ 400 m², va prochainement devenir le nouveau musée des marais salants, récemment labellisé Musée de France³.

Contexte

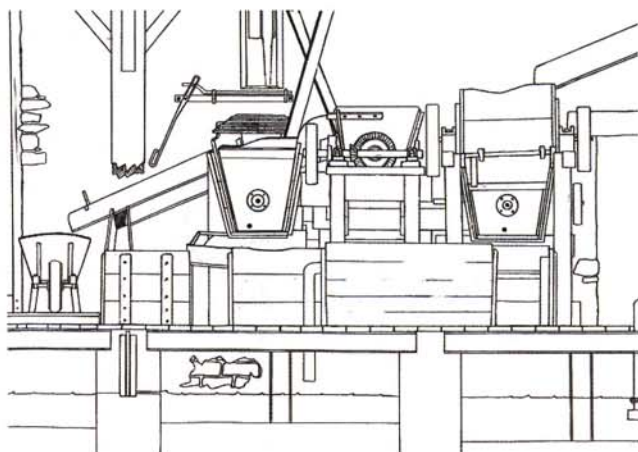
En 1984, le musée des marais salants s'ouvre à Batz-sur-Mer (Loire Atlantique). Il est l'héritier du musée des anciens costumes, un des premiers musées d'ATP de l'ouest de la France, fondé en 1887.

Ce musée propose une exposition permanente sur 250 m² qui conjugue histoire et mémoire. Des collections ethnographiques, documentaires et de beaux-arts racontent l'aventure technique et humaine des marais salants, des origines à nos jours et font découvrir la richesse patrimoniale du pays de Guérande, façonnée par 2 000 ans d'histoire du sel. Cette collection se présente sous la forme de mobiliers, de costumes, de céramiques, d'objets domestiques, de gravures, de tableaux, de cartes postale, pour témoigner d'une époque passée et d'outils utilisés jadis pour le travail du sel et de maquettes afin d'informer le visiteur sur les techniques traditionnelles des paludiers d'hier et d'aujourd'hui.

Avec 400 m² de surface d'accueil, le musée reçoit environ 30 000 visiteurs par an. Mais dès son ouverture, se sont posés les problèmes d'absence de lieux pour les réserves et les expositions temporaires. En 1987, les conservateurs du musée ont repéré à proximité un ensemble architectural de 2 900 m² : construit en granit de la région avec un plancher en bois et un toit en ardoises, ce bâtiment aurait été utilisé comme magasin à sel. L'édifice principal abritait une machine en bois et en métal. Les premières analyses révèlent qu'elle devait traiter un produit qui l'a dégradé au fil du temps : le sel. Dès lors, une démarche de conservation et d'investigation est entamée pour étudier cet objet et comprendre son intégration dans son système technico-industriel complexe. Pourquoi une machine à laver le sel ? Comment fonctionnait-elle ? Pourquoi a-t-elle cessé de fonctionner et pourquoi n'en existe-t-il plus d'autres exemplaires ?

La découverte de l'objet et premiers relevés d'ensemble

Un premier état sanitaire a mis en évidence que la désintégration de l'objet était inexorable. La machine devait être immortalisée : pour ce faire, une campagne de clichés photographiques a été menée par les conservateurs du musée. Notons que l'objet est de dimensions relativement importantes : l'emprise au sol est d'environ 20 m² et la



Relevé d'architecte de la laverie

hauteur sous poutre est de 3,25 mètres. Afin de compléter cette première collection et d'aider à la compréhension du fonctionnement du processus technique, d'autres relevés ont été réalisés à la main. Précisons qu'il s'agit là de croquis et non de plans : certains détails sont extrapolés et peuvent ne pas être technologiquement réalistes.

Relevés techniques et numérisation 3D d'ensemble



Nuage de points, vue de face-droite

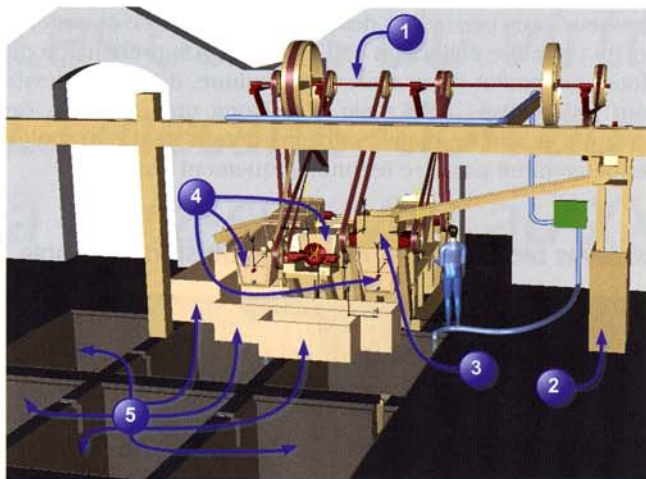
Vint ensuite la phase de compréhension du fonctionnement mécanique de la machine et la façon dont elle a été construite il y a 90 ans. Pour ce faire, d'autres croquis intermédiaires à visée technique ont alors été effectués. De plus, afin de replacer la machine dans son cadre architectural pour la conserver à un état daté, une seconde approche a consisté à produire un relevé précis en trois dimensions. La digitalisation d'ensemble a été réalisée par le cabinet d'architecture Morel Mapping Workshop, spécialisé dans le domaine de la numérisation de grands ensembles architecturaux. L'opération a été effectuée grâce à un scanner Leica, le laser Cyrax 2500 qui permet de relever 1 point tous les millimètres à une distance de 100 mètres. Cette phase a permis d'obtenir une photo 3D de l'objet : la précision du nuage de points obtenu est de 0,3 cm pour 10 039 374 points numérisés.

Étude mécanique internaliste de la machine

D'un point de vue technique, nous avons divisé l'objet en cinq éléments fonctionnels correspondant à une succession d'étapes décrivant le processus de fonctionnement de la machine. Chaque élément va agir sur un ou plusieurs flux donnés. Tout comme pour les centrales nucléaires, on distingue trois flux de matière : le flux primaire (celui du sel), le flux secondaire utilisé comme modérateur pour traiter le flux primaire (la saumure), le flux tertiaire pour l'alimentation de puissance en force motrice de la machinerie. Le sel passe tout d'abord dans la chaîne à godets puis dans la trémie et finit son traitement

Flux généré	Description du flux	Parties / composants concernés	Fonction
Flux primaire	Sel	Chaîne à godets	Alimentation de la machine en matière première ②
		Trémie	Concassage du sel ③
		Bacs	Traitement ④
Flux secondaire	Saumure	Cuves	Système de circulation ⑤
Flux tertiaire	Force motrice	Moteur	Alimenter les machines des flux primaire et secondaire ①
		Arbre principal	
		Arbres secondaires	
		Pompe	

Flux et composants principaux de la machine à laver le sel



dans les bacs. L'intégralité du processus s'effectue grâce à une deuxième solution : la saumure. Les machineries mécaniques sont alimentées grâce à une source d'énergie sous la forme de force motrice.

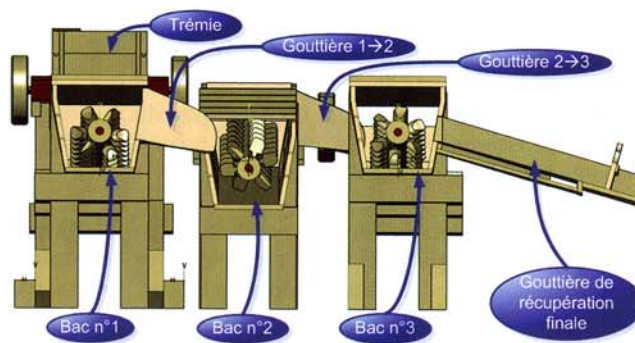
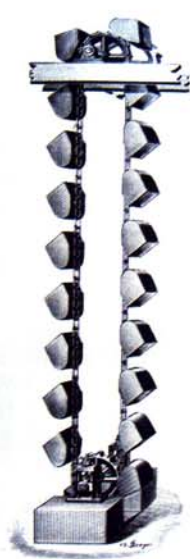
Le moteur et l'arbre principal

Le moteur de marque Cardner est abrité dans la chaufferie attenante au corps du bâtiment principal. Il est destiné à fournir l'énergie nécessaire à l'ensemble des mécanismes de la machine. Une première courroie, issue du moteur, distribue l'énergie sous la forme d'un mouvement de rotation à un arbre principal. Sur ce dernier, d'autres courroies sont engrainées sur des poulies en bois de différents diamètres et sont reliées aux différents composants mécaniques de la machine. Les courroies sont en toile très épaisse et bouclées par des agrafes de métal. Pour empêcher qu'elles ne glissent sur les poulies, elles devaient régulièrement être enduites de résine. À l'origine, le moteur devait être un moteur à gaz. Par la suite, la source de force motrice est remplacée par un moteur électrique de marque AO, encore présent à l'état de vestige archéologique.

La chaîne à godets



La chaîne à godets en 2007, et chaîne type Ewart (1893) catalogue Burton Fils



Maquette numérique CAO, vue d'ensemble, et vue arrière en coupe des trois bacs et de la gouttière finale

Au point de départ du processus, le sel devait être pelleté dans le puits rempli de saumure. Plongeant dans ce même puits, la chaîne munie de godets ressort verticalement en remontant le sel liquide. Arrivée en point haut, la solution est transvasée dans une gouttière qui se déverse à son tour dans la trémie surplombant le premier bac à laver.

La chaîne et les godets sont dits de système Ewart basé sur un brevet anglais comme en témoigne l'extrait du catalogue général des élévateurs daté d'août 1893 du fabricant Burton Fils, spécialisé dans la machinerie agricole.

La trémie

La trémie est traversée par deux rouleaux métalliques tournant en sens opposés, l'un vers l'autre. La solution liquide descendant de la gouttière tombe dans la trémie dans laquelle les agglomérats de sel sont concassés.

Les bacs à laver

La partie centrale de la machine est constituée de trois bacs placés en série. Ils sont inclinés à 6° par rapport à l'horizontale et sont positionnés en opposition.

Chaque arbre est entraîné grâce à des pignons coniques eux-mêmes actionnés par une courroie reliée à l'arbre principal. La quantité de sel accumulée sur les éléments en métal ainsi que l'action du sel au cours du temps a fortement détérioré les engrenages. Cependant, pour mener à bien nos recherches en archéologie industrielle avancée, la documentation historique nous fut d'une aide précieuse. En effet, la société parisienne Burton Fils propose dans son catalogue de 1893 ces mécanismes dits de roues d'angle. Il n'est donc pas improbable que les inventeurs de la machine se soient procurés les godets, les chaînes et les pignons coniques chez le même fournisseur.

Le système de circulation de la saumure

Les bacs n°2 et n°3 reçoivent un apport en saumure via un système de canalisations aériennes. Après utilisation, la

saumure est recyclée. Elle se décante dans trois récipients de taille moyenne situés quelques centimètres plus bas que le niveau de la machine. Puis elle tombe dans six cuves souterraines successives lui permettant de terminer sa phase de purification. À la sortie de la dernière cuve, la saumure est pompée puis réinjectée par le système de canalisation, dans les bacs.

Les bassins forment des rectangles de 3x2 mètres et profond de 1,70 mètre. Pour permettre une libre circulation des employés dans le bâtiment, ils sont couverts par des étais mobiles en métal et bois. Les cuves sont reliées entre elles par un système de portes. Ces ouvertures sont larges d'environ 15 cm et haute de 50 cm. Les traces de sédiments demeurant actuellement au fond des cuves atteignent une épaisseur de 50 à 70 cm, laissant supposer de nombreux problèmes de maintenance pour assurer un vidage régulier des boues.

Une machine artisanale en dégradation permanente ?

À l'issue de cette première étude mécaniste internaliste et grâce à la modélisation 3D dynamique, nous avons été en mesure de valider l'hypothèse historique selon laquelle il s'agissait d'une machine artisanale. En effet, si à première vue les bacs se ressemblent beaucoup, ils s'avèrent différents. La modélisation virtuelle réalisée tient alors compte de cette unicité et authenticité ;



Palier non utilisé - palier et axe déformés

préalable sans lequel le logiciel de CAO ne pourrait faire fonctionner virtuellement la machine.

De plus, certains éléments n'existent à l'heure actuelle que sous la forme de débris jonchant le sol près de la machine. Ces éléments ont donc été reconçus virtuellement en prenant en compte la forme des éléments avec lesquels ils étaient en contact mais également grâce à l'étude du mécanisme. Il est également à noter que la machine a parfois eu des problèmes d'étanchéité comme en témoignent les amas de sel présents sur toutes ses surfaces planes. Des réparations de fortune ont sûrement dû être effectuées. C'est ainsi que certaines parties sont soit renforcées par un doublage des planches de bois, soit remplacées. Témoignage de cette activité de bricolage, le bâtiment abritant le moteur contient encore deux mobiliers très anciens : une armoire (utilisée comme réserve de pièces de rechange) et un établi (un atelier de menuisier).

De même, lors de l'étude approfondie du moteur, les fouilles de terrassement ont fait apparaître un objet mécanique qui ne pouvait être rattaché ni au moteur électrique, ni à son prédécesseur. Il s'agit d'un palier supportant les axes des pignons coniques, les poulies des bacs ou les rouleaux de la trémie. Ce palier est moins dégradé que ceux en place sur la machine et laisse ainsi penser qu'il s'agit d'un composant pièce de rechange. Malgré tout, il présente de nombreuses cloques à sa surface confirmant l'hypothèse que la longue exposition à une atmosphère saline et humide a attaqué la fonte par l'intérieur. Cependant, l'objet n'est pas autant dégradé que ses homologues encore fixés sur les bacs à laver. Le diamètre intérieur de ce palier neuf mesure 40 mm alors que les axes des pignons coniques et des poulies mesurent actuellement 80 mm. Que ce soit depuis la construction de la machine ou depuis son arrêt, ces éléments démontrent que l'action du sel sur les mécanismes a entraîné une dégradation des métaux ; dégradation que l'on peut qualifier d'extrême.

Bilan de l'étude internaliste mécaniste

Une fois le fonctionnement appréhendé, il a été réalisé un schéma cinématique du fonctionnement de la machine en version papier puis modélisé. Le squelette et les liaisons étant créés, il est vérifié que le modèle numérique est simulable donc fonctionnel. Puis, à ce squelette a pu être ajouté le «volumique des pièces» (l'habillage du modèle) afin d'obtenir une maquette numérique réaliste et dynamique. Les volumes ont été obtenus à partir du nuage de points. Au final, la maquette numérique de cette machine est constituée de plus de 550 pièces et de 30 liaisons cinématiques.

Grâce à l'ensemble des éléments de cette étude internaliste, nous sommes désormais en mesure de valider l'hypothèse selon laquelle l'objectif de cette machine industrielle était de traiter le sel en le lavant par dissolution dans une solution saline sursaturée.

Mais les incertitudes sur le moteur posent des difficultés quant à l'évaluation de la production que la machine générerait : pas de vitesse de rotation, pas d'information sur le couple fourni. C'est pourquoi nous

avons mené des fouilles en numérisation 3D et une étude externaliste sur le contexte socio-économico-ethnologique de l'environnement de la machine pour en cerner les enjeux humains liés à l'entreprise Bertrand.

Caractérisation de composants de détails de la laverie par des fouilles archéologiques et la numérisation 3D



Maillon à oreille :
objet réel et virtuel en nuage de points

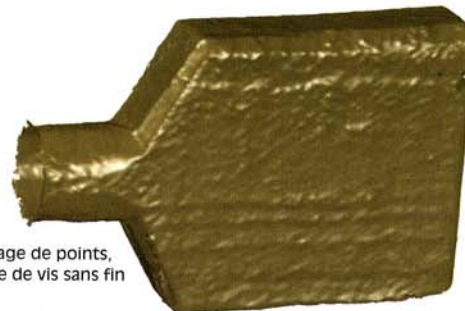
tant capitales dans la détermination de la capacité de production de la laverie.

En effet, la chaîne à godets n'existe presque plus car trop attaquée par le sel : elle n'est plus suspendue et ses composants sont tombés au fond du puits formant un amas de matière rouillée que nous avons investigué. Impossible à mesurer avec les outils modernes car trop destructifs, ces nouvelles mesures ont été menées grâce à la numérisation 3D. Cependant, les pièces ne peuvent être sorties de leur atmosphère sursaturée en humidité. Le choc induit par un changement hygrométrique aurait été tel que les composants se seraient détériorés encore plus rapidement. Aussi, nous avons choisi de numériser les pièces dans des conditions optimales pour leur conservation mais extrêmes pour le capteur 3D. La solution de type portable utilisée pour effectuer un relevé plus précis est le Handyscan de la société Créaform⁴.

Les maillons étant complètement rouillés et plus aucun godet n'existant en entier, la numérisation 3D a permis d'en obtenir plusieurs représentations virtuelles. Par itération moyennée sur l'ensemble des scans, les dimensions génériques ont pu ainsi être déterminées. Nous avons ensuite comparé ces informations avec les données du catalogue fournisseur Ewart de 1893. Il s'agit d'un élévateur vertical avec tendeurs dans le puits pour régler la tension de la chaîne. Il est composé de maillons à attaches rapides auxquels il convient également d'ajouter des maillons spéciaux avec deux oreilles pour raccorder les godets. Ceux-ci sont fabriqués par emboutissage et sont ordinairement préconisés pour la farine. La capacité volumique moyenne d'un godet est de 1,5 litre. La plage de fonctionnement idéal des maillons Ewart est de 36 newtons avec une limite élastique de 90 N et une résistance à la rupture inférieure à 180 N. Notons que cette typologie de chaîne est toujours utilisée dans le milieu professionnel

contemporain mais son brevet est tombé dans le domaine public.

D'autres études de détails ont permis d'affiner nos études d'archéologie industrielle avancée. Ainsi, cachées sous un monticule de sable, de sel et de poussière, nous avons retrouvé des pales emmanchées dans les trous de l'établi. Ces pales possédant des arêtes vives et la présence d'une lime sur l'établi confirment qu'elles étaient en cours de fabrication et que les petites réparations de la machine à laver le sel s'effectuaient directement sur place, sûrement par les ouvriers eux-mêmes. Les réparations plus importantes étaient effectuées par le menuisier du bourg.



Nuage de points,
pale de vis sans fin

Nous avons donc également numérisé ces composants d'origine et les avons comparés avec ceux encore en place sur la machine. Ainsi, nous avons pu valider leurs dimensionnements originels en fonctionnement. Sur l'illustration, il est possible de distinguer les traits de scie capturés par le Handyscan. Le fichier numérique est constitué d'un maillage de 112 815 points.

Conclusion

L'étude patrimoniale menée en fouille archéologique a permis de démontrer les potentialités de la méthodologie d'archéologie industrielle avancée. Elle souligne l'intérêt d'une interaction entre l'objet et son contexte afin d'affiner les études internalistes en intégrant les connaissances externes. La démarche suivie dans cet exemple illustre cet effet d'entonnoir où un «*dé zoom*» progressif est effectué pour la compréhension de l'objet et où l'aboutissement est sa définition dans son système technique global. Une étude classique aurait uniquement concentré les recherches sur la machine à laver le sel et aurait introduit une dichotomie dans les usages internalistes et externalistes. Or, nous avons ici analysé l'objet dans ses aspects multidimensionnels et multi-temporels permettant ainsi de le décliner en deux aspects principaux : un produit, le sel ; un processus, la récolte et le traitement du sel.

Désormais, nous validons la raison d'être de la machine à laver le sel et l'environnement dans lequel elle s'inscrit : afin de répondre à la demande hygiéniste d'une clientèle du XIX^e siècle toujours plus exigeante et pour faire face à une concurrence toujours plus rude, les négociants guérandais ont dû raffiner le sel. Tous les entrepreneurs locaux ont fabriqué une laverie dont la machinerie tient plus de l'invention personnelle que d'une technologie de pointe. En terme de rendement du site de production Bertrand, le couplage des analyses mécaniques et des données historiques valide les capacités des différentes étapes de la production.

POURQUOI LAVER LE SEL ?

Les œillets des marais salants sont riches en eaux chargées en chlorure de magnésium. Mais l'arrivée des eaux chargées en chlorure de sodium va alors aussitôt faire précipiter le sel marin. Ce sel n'est donc pas propre et est mal accepté par les consommateurs. Afin d'éviter un traitement du sel pour le laver des impuretés, un revêtement végétal a été inventé au XIX^e siècle pour servir de fonds aux tables salantes. Plus couramment dénommé feutre, il donne au sol l'imperméabilité nécessaire pour recueillir le sel exempt de toute terre.

Mais cette technique n'est utilisée que dans les marais salants du Midi et n'a pas été diffusée aux autres sites salicoles français. Ainsi, le sel provenant de l'ouest et de Bretagne possède une saveur amère en raison du sulfate de magnésium qu'il renferme. La plus grande partie de la population du littoral se contente de ce sel de couleur grise. Mais, pour une exportation comme sel de table, au XIX^e siècle, il est choisi de le blanchir en le purifiant.

Le lavage du sel de mer aux XIX^e et XX^e siècles

Le principe du lavage des sels marins récoltés sur fond d'argile consiste donc à éliminer les infimes parties terreuses adhérant aux cristaux de gros sel par brassage dans une solution saturée. L'opération peut s'effectuer à la main en trempant et en agitant des paniers de sel dans une barrique ou un baquet de saumure. Mais l'intérêt pour le négoce est de mécaniser le processus. Ce traitement s'effectue dans de petites usines dédiées. Usuellement, le lavage consiste à nettoyer le sel brut dans de l'eau de mer saturée en chlorure de sodium, la saumure. Cette dernière ne peut dissoudre le sel car elle est elle-même déjà sursaturée en sel. Le lavage a donc uniquement pour effet de débarrasser le sel brut des matières terreuses qui le colorent en le transférant à la saumure. C'est une opération mécanique.

Afin d'employer une sémantique adaptée au métier

et pour mettre en exergue les différences de vocabulaire technique entre le XIX^e et le XXI^e siècle, laissons le soin à Louis Figuier d'expliquer la technique générale de lavage du sel gris tel qu'il la décrit dans son ouvrage *Science et industrie*⁵ :

«Voici comment on procède au lavage du sel gris. La masse qu'il s'agit de purifier est jetée dans un canal en bois, où elle rencontre un courant d'eau de mer saturée de sel marin, qui l'entraîne sur une paire de cylindres broyeurs. Au sortir de ces cylindres, le sel tombe dans une longue auge en bois, dans laquelle tourne une sorte de vis d'Archimède, formée de palettes discontinues implantées sur un arbre. Ces palettes sont inclinées sur l'hélice directrice, de sorte qu'elles ne fonctionnent pas seulement comme moteur du courant liquide, mais aussi comme barbotoirs. L'auge est inclinée : l'eau et le sel la parcourent en remontant sous l'action des palettes. Il est indispensable de faire marcher ainsi l'eau et le sel à contre-pente : autrement l'eau s'écoulerait trop vite et laisserait le sel en route.

Le sel parcourt successivement deux ou trois laveurs semblables. Ces appareils sont disposés en cascade, de manière que le mélange de sel et d'eau saturée passe de l'un à l'autre, automatiquement, par l'action de la pesanteur. Ordinairement on lave à deux eaux : le dernier laveur est disposé de manière à fonctionner comme appareil de rinçage. Le sel est élevé à ce rinceur par une chaîne à godets en tôle percée, qui laissent échapper l'eau du premier lavage. Le rinceur reçoit un courant d'eau saturée de sel marin et parfaitement claire. Ce n'est qu'au sortir du dernier laveur, ou rinceur, que le sel réclame de nouveau l'intervention de l'ouvrier.»

Ce dispositif de lavoir à hélices aurait été inspiré des machines utilisées dans le traitement du noir animal dans les raffineries de sucre de la Flandre. Il aurait été introduit en France vers 1850 par un praticien fort ingénieux, M. Le Gall⁶.

Partant du constat que le sel n'est plus traité de nos jours, l'arrêt des machines à laver le sel comme celle de l'entreprise Bertrand ne traduirait-elle pas un échec de la tentative de mécaniser les techniques ancestrales et artisanales ?

Cette étude est le fruit d'une collaboration entre de multiples acteurs inter-disciplinaires que nous souhaitons remercier :

Michaële Simonnin et Gildas Buron, conservateurs du musée des marais salants de Batz-sur-Mer, Michel Cotte et Jean-Louis Kerouanton, enseignants-chercheurs au centre François-Viète, université de Nantes, Alain Bernard, enseignant-chercheur à l'IRCCYN, école centrale de Nantes, Laurent Derouene, stagiaire ingénieur, université de technologie de Belfort-Montbéliard, Didier Morel, architecte, société Morel Mapping Workshop, Philippe Lheriteau, élève-architecte, école d'architecture de Nantes.

© F. Laroche

Notes

- 1 - M. Cotte, S. Deniaud, «Possibilités offertes par les maquettes numériques aux actions de patrimoine scientifiques et techniques», *L'Archéologie industrielle en France*, n°46-juin 2006, pp. 33-38.
- 2 - F. Laroche, *Contribution à la sauvegarde des objets techniques anciens par l'archéologie industrielle avancée*, thèse de doctorat, École centrale de Nantes, 2007, 547 p.
- 3 - M. Godin, *Musée des marais : une dimension nationale*, *Ouest-France*, 25 avril 2006.
- 4 - <http://www.handyscan3d.com>
- 5 - L. Figuier, *Science et industrie : soutes et potasses*, Bibliothèque scientifique, Combet & Cie Ed., Paris 1880, pp. 533-601.
- 6 - A. Audiganne, *La région du bas de la Loire*, Extrait de la *Revue des deux mondes*, Imprimerie Fronteau, Saint-Nazaire, 1869, pp. 8-9.