

AVIS
de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation,
de l'environnement et du travail

relatif à la demande d'avis sur un projet de guide de bonnes pratiques d'hygiène
« Sel marin gris et fleur de sel récoltés manuellement »

L'Anses met en œuvre une expertise scientifique indépendante et pluraliste.

L'Anses contribue principalement à assurer la sécurité sanitaire dans les domaines de l'environnement, du travail et de l'alimentation et à évaluer les risques sanitaires qu'ils peuvent comporter.

Elle contribue également à assurer d'une part la protection de la santé et du bien-être des animaux et de la santé des végétaux et d'autre part l'évaluation des propriétés nutritionnelles des aliments.

Elle fournit aux autorités compétentes toutes les informations sur ces risques ainsi que l'expertise et l'appui scientifique technique nécessaires à l'élaboration des dispositions législatives et réglementaires et à la mise en œuvre des mesures de gestion du risque (article L.1313-1 du code de la santé publique).

Ses avis sont rendus publics.

L'Anses a été saisie le 6 décembre 2011 par la Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes (DGCCRF) pour la réalisation de l'expertise suivante : Demande d'avis sur un projet de guide de bonnes pratiques d'hygiène « Sel marin gris et fleur de sel récoltés manuellement ».

1. CONTEXTE ET OBJET DE LA SAISINE

Le projet de guide s'applique à tous les producteurs du littoral atlantique de sel et de fleur de sel marins gris récoltés manuellement. Ce projet de guide ne s'applique qu'aux producteurs du littoral atlantique, car la spécificité de ces marais, et notamment le jeu des marées et la taille des bassins de récolte, permet une récolte manuelle. Cette récolte manuelle n'est accompagnée ni d'un lavage, ni d'un traitement, ni d'un ajout d'additifs. Le projet de guide ne s'applique pas aux sites ayant une technique de récolte industrielle du sel marin gris. Les produits concernés par le champ d'application du guide sont : le sel, la fleur de sel marins gris récoltés manuellement et tous produits transformés ou composés à base du sel récolté (sel fin, sels aux aromates, etc.). Il couvre les étapes de la récolte jusqu'au stockage et conditionnement.

L'avis scientifique de l'Anses portera sur l'analyse des dangers proposée et les dangers retenus.

Le document soumis à expertise ayant été préalablement vérifié par les administrations, en particulier pour les aspects réglementaires, l'expertise de l'Anses ne portera pas sur :

- les aspects réglementaires du document ;

- les aspects de forme, présentation du document, et remarques rédactionnelles ;
- l'analyse des dangers et des moyens de maîtrise liés à la présence de radionucléides qui n'entrent pas dans le champ des missions de l'agence.

Elle ne portera que sur les points majeurs ayant un impact sur la sécurité des produits considérés et sur la sécurité du consommateur au final.

2. ORGANISATION DE L'EXPERTISE

L'expertise a été réalisée dans le respect de la norme NF X 50-110 « Qualité en expertise – Prescriptions générales de compétence pour une expertise (mai 2003) ».

L'expertise initiale a été réalisée par un groupe de rapporteurs des comités d'experts spécialisés (CES) « Résidus et contaminants chimiques et physiques », « Microbiologie », « Eaux » avec l'appui d'une expertise interne dans le champ des matériaux au contact des denrées alimentaires.

Le rapport établi par ce groupe a été présenté au groupe de travail « Evaluation des guides de bonnes pratiques d'hygiène et d'application des principes HACCP » (GTGBPH) le 26 octobre 2012 puis adopté le 11 février 2013.

3. ANALYSE ET CONCLUSIONS DU GT GBPH

■ Remarques générales

Le guide n'est pas construit selon la démarche habituelle fondée sur les principes de l'HACCP. S'agissant d'une production primaire, elle ne serait pas obligatoire. Il en résulte que le guide est, en quelque sorte, un mémento de bonnes pratiques très lisible pour des producteurs peu avertis sur les systèmes de management de la sécurité des denrées alimentaires.

Le champ d'application doit être restreint aux produits ne subissant aucune transformation nécessitant l'ajout d'ingrédients supplémentaires, étant donné que le document ne contient aucune information sur la nature de ces ingrédients ni sur les dangers qui leur sont potentiellement associés.

Par ailleurs, le GT GBPH prend acte que, selon les professionnels l'ayant préparé, ce projet de guide spécifie l'absence d'ajout d'additifs alimentaires au cours de la production du sel marin gris et de la fleur de sel récoltés manuellement. C'est la raison pour laquelle, il ne fait pas référence à la législation européenne concernant l'emploi des additifs alimentaires.

Il devrait être précisé si le sel marin gris et la fleur de sel ainsi récoltés sont destinés à une utilisation exclusivement domestique ou également industrielle (ex : fabrication du beurre salé).

Le GT GBPH regrette l'absence de description précise du fonctionnement d'une saline et des techniques de récoltes manuelles. Une proposition synthétique figure en annexe 1 du présent avis et pourrait être complétée par certaines illustrations.

■ **II. Remarques concernant l'analyse des dangers et la pertinence des dangers retenus**

- Concernant les dangers biologiques

Le projet de guide affirme notamment que :

- les bactéries visées par la réglementation européenne relative aux denrées alimentaires (listéria, salmonelles, *Staphylococcus aureus* et *E. coli*) ne sont pas présentes naturellement dans le sel à l'état pur. Il inhibe un développement en cas de contamination externe. La flore aérobique halophile¹ présente dans le sel récolté manuellement ne constituerait pas un danger pour la santé du consommateur.
- la transmission de virus à l'homme par le sel ne serait pas possible du fait de sa nature minérale.
- La survie des parasites dans le sel ne serait pas possible.
- « le sel à l'état pur ne présente pas de risques microbiologiques ».

Néanmoins, les pétitionnaires se préoccupent des dangers microbiologiques, comme en témoignent deux tableaux pages 26 et 27 qui présentent quelques résultats d'analyse satisfaisants pour *Salmonella*, *Listeria monocytogenes* et staphylocoques possédant une coagulase.

Le GT GBPH reconnaît que les dangers microbiologiques sont extrêmement restreints car très peu d'espèces sont capables de survivre dans le sel. Il n'y a aucun *Vibrio* (bactéries hétérotrophes aérobies-anaérobies facultatifs) ni de coliformes totaux, ni de coliformes fécaux, ni d'entérocoques fécaux dans l'eau des œillets (cf annexe 1). La durée du stockage de l'eau de mer, les conditions climatiques favorables en période de récolte et la concentration très élevée en sel sont des facteurs très hostiles à la survie des microorganismes et encore plus à leur multiplication.

Cette survie, lorsqu'elle existe, se fait sous forme de spores, cystes ou autres formes de résistance.

Par ailleurs, il existe certains virus à transmission entérique qui résistent à la salinité de l'eau de mer (environ 35g/L) (mais aucune publication scientifique n'a mise en évidence cette résistance dans le sel) même si la stabilité des particules virales peut être diminuée à de très fortes concentrations de sel. En général, la transmission des virus à partir du sel marin n'est pas documentée à ce jour.

Le fait que le sel soit un agent conservateur reconnu ne vaut pas preuve qu'il est exempt de micro-organisme pathogène. S'il est exact que le « sel à l'état pur, ne présente pas de risques microbiologiques », le sel fabriqué par le pétitionnaire ne l'est pas (94% de NaCl selon les auteurs du projet de guide) ce qui soulève certaines questions relatives à son innocuité. L'effet conservateur est obtenu à une concentration élevée de sel. En dessous de cette concentration, par exemple dans les aliments, il y a moins ou pas d'inhibition, et des micro-organismes peuvent donc se développer, y compris des micro-organismes apportés par le sel.

Cela est à considérer notamment dans le cadre d'une utilisation industrielle pour laquelle des formes sporulées pourraient avoir le temps de se développer.

¹ Un organisme halophile est un organisme qui s'accommode ou a besoin de fortes concentrations en sel dans son milieu pour vivre.

Par ailleurs, le risque lié aux phycotoxines présentes périodiquement sur le littoral atlantique n'est pas signalé.

Enfin, le texte ne doit pas dénaturer les propos des règlements européens et de l'avis de l'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (AFSSA) :

- Le fait qu'il ne soit pas obligatoire de chercher *Listeria monocytogenes* dans le sel (règlement 2073/2005) ne signifie nullement que la Commission européenne reconnaît « implicitement le caractère essentiel du sel comme conservateur naturel dans les denrées alimentaires ». Il est bien connu que cette bactérie est un contaminant fréquent et abondant dans les saumures utilisées en fromagerie.
- Le règlement 2073/2005 n'a pas été modifié pour tenir compte de l'utilisation du sel comme conservateur. Il y a eu des modifications au règlement, mais elles ont porté sur d'autres aliments ou ingrédients.
- L'AFSSA n'a pas écrit « le sel marin artisanal ne présente pas plus de risque microbiologique du fait de sa récolte manuelle » (page 5 de l'avis du 2 février 2007²) mais : « le risque microbiologique du sel marin artisanal n'est pas supérieur à celui d'autres produits utilisés comme condiments ou comme ingrédients destinés aux industries agro-alimentaires, notamment dans la fabrication de produits laitiers ou carnés ».
- Dans le projet de guide (page 5) il est dit que la seule flore que l'on trouve dans le sel récolté manuellement est la flore aérobie halophile. Ceci n'est pas exact, ainsi que le montraient les résultats d'analyse résumés dans l'avis AFSSA du 2 février 2007.

En conclusion, le GT GBPH regrette que les pétitionnaires se soient dispensés de toute analyse des dangers, même succincte, ce qu'ils auraient pu faire en s'aidant du précédent avis de l'AFSSA. Par ailleurs, une distinction entre les dangers inhérents au sel marin gris et à la fleur de sel ainsi récoltés et ceux apparaissant au cours de son stockage ou de son transport serait préférable.

- Concernant les dangers chimiques

Les auteurs semblent considérer que, compte-tenu des protections naturelles et réglementaires dont bénéficient les marais salants, les dangers chimiques présentent un caractère exceptionnel, c'est-à-dire qu'ils ont pour seule origine une pollution accidentelle de l'eau alimentant les bassins. Néanmoins, il conviendrait également de considérer la pollution chimique en situation ordinaire.

- 1- Dangers chimiques liés à une situation accidentelle

Le principal danger chimique de la récolte manuelle de sel marin gris et de fleur de sel réside dans l'approvisionnement en eau de mer. Celui-ci a lieu tous les quatorze jours et si l'eau de mer est chimiquement polluée, le sel récolté le sera également. Un exemple s'est produit lors de l'accident du pétrolier Erika. Les paludiers avertis de cet accident ont mis des barrages devant leurs étiers et lors de l'arrivée du fuel lourd à la côte, ce dernier n'a

² Avis de l'AFSSA relatif aux risques microbiologiques du sel marin artisanal de l'Atlantique lorsqu'il est utilisé comme sel de table ou comme sel destiné aux industries agroalimentaires. Avis du 2 février 2007

pas pénétré dans les salines. De plus, par soucis de précaution, aucune récolte de sel n'a été réalisée l'été suivant l'accident (2000).

- 2- Dangers chimiques liés à une situation ordinaire

a- Dangers chimiques liés à l'eau utilisée

Les auteurs soulignent que les marais salants sont installés dans un environnement protégé sur le plan environnemental (site classé et/ou réserve naturelle et/ou site RAMSAR et/ou NATURA 2000) et sanitaire (car se trouvant à proximité de zones surveillées du fait d'activités conchylicoles ou balnéaires).

Ces deux réalités ne sont pas des arguments suffisants pour considérer que les dangers liés à l'eau sont négligeables ou très faibles. Les producteurs risquent ainsi de sous-estimer les dangers résultant des ruissellements dans le bassin versant et surtout d'une évolution de la qualité de l'eau de mer provoquée par des conditions météorologiques ponctuellement défavorables. Celles-ci peuvent modifier temporairement les courants, la dispersion des rejets anthropiques et la qualité de l'eau de mer.

De plus, la surveillance réglementaire des activités conchylicoles et balnéaires se base :

- sur des points et des fréquences de prélèvements qui ne sont pas nécessairement adaptés pour la caractérisation de la qualité de l'eau de mer dans les marais salants ;
- essentiellement sur le suivi d'un ou deux paramètres bactériologiques (*E. coli* et entérocoques fécaux).

Les auteurs semblent ainsi considérer qu'il n'est pas nécessaire d'identifier les dangers liés à l'eau. Ils n'évoquent que les dangers potentiels afférents à la denrée alimentaire (le sel et la fleur de sel) c'est-à-dire l'arsenic, le cuivre, le plomb, le mercure, et le cadmium pour lesquels la réglementation fixe une limite de concentration dans le sel. La plupart des éléments métalliques sont à l'état de traces dans le sel gris et la fleur de sel (Métayer, 1980).

Enfin, les auteurs préconisent l'utilisation d' « eau propre » lors des opérations de conditionnement. Cette expression, ambiguë et inappropriée, devra être remplacée par « eau présentant les caractéristiques microbiologiques et chimiques requises par la réglementation relative à l'eau destinée à la consommation humaine ».

L'origine de cette eau et la maîtrise de sa qualité mériteraient aussi de plus amples développements dans le document. En effet, le site de production risque de ne pas être desservi par le réseau public d'alimentation en eau, ni par une prise d' « eau de mer propre », en raison de l'isolement habituel des zones de marais. La nature argileuse et quasi-imperméable du sous-sol ne permet guère d'envisager une production suffisante par un puits ou un forage. Ceux-ci risquent aussi de produire une eau saumâtre de qualité médiocre.

L'hypothèse de l'utilisation d'une citerne de stockage, voire d'une récupération d'eau de pluie, ne peut donc pas être écartée ainsi que les dangers associés.

L'eau de mer devrait être identifiée comme une source potentielle de contaminants chimiques, même en dehors de toute situation accidentelle avérée. La liste des dangers potentiels liés à l'eau devra d'ailleurs être élargie aux HAP, PCB, TBT, résidus de pesticides... (pour les HAP et les produits phytosanitaires des mesures de maîtrise sont préconisées sur le site de production). **Par ailleurs, l'origine de l'eau destinée aux opérations de conditionnement ou d'entretien (lavage des mains, nettoyage du matériel) et les dangers qui y sont associés doivent être précisés.**

b - Dangers chimiques liés aux matériaux

Dans le chapitre IV du projet de guide « Dangers visés par ce guide », le texte relatif à la provenance des dangers chimiques (extrinsèque au sel) mériterait d'être détaillé. Il est très général, ciblé sur les produits de nettoyage ou les peintures recouvrant les outils. La contamination chimique par les matériaux (composition chimique) constituant les outils de protection individuelle, de protection des aliments, ou d'acheminement ne sont pas évoqués dans ce chapitre. Ces dangers sont toutefois évoqués dans la suite du document.

Dans le chapitre VI « Bonnes pratiques liées à l'environnement et aux opérations de manipulation du sel », les dangers chimiques figurent dans des tableaux à chaque étape du procédé de récolte du sel et de la fleur de sel. Cependant, les auteurs ne prennent pas en compte la migration des substances (additifs et polymères) constituant les outils utilisés. Ils ne les citent que lors de l'étape du conditionnement de la fleur de sel. Or, ce type de contamination peut avoir lieu à toutes les étapes dès lors qu'un outil (gant, botte, tapis, bâche) est utilisé.

De ce fait, les auteurs doivent rappeler l'obligation de conformité des matériaux utilisés pour le contact alimentaire.

c- Autres dangers chimiques

Des « produits de traitement » sont évoqués sans plus de précision.

- Concernant les dangers physiques

Le GT GBPH n'a pas de remarque particulière sur les dangers physiques identifiés.

■ **Conclusions du GT GBPH**

Le champ d'application doit être restreint aux produits ne subissant aucune transformation nécessitant l'ajout d'ingrédients supplémentaires. Il doit également préciser si le sel marin gris et la fleur de sel ainsi récoltés sont destinés à un usage industriel.

Concernant les dangers biologiques, le projet ne doit pas dénaturer les propos des règlements européens et de l'avis de l'AFSSA selon lequel « le risque microbiologique du sel marin artisanal [récolté manuellement] n'est pas supérieur à celui d'autres produits utilisés comme condiments ou comme ingrédients destinés aux industries agro-alimentaires ». Une analyse des dangers, même succincte, serait souhaitable.

Concernant les dangers chimiques :

- Les dangers chimiques susceptibles d'être liés à l'eau (eau de mer et eau douce) doivent être pris en compte ;
- Les dangers liés aux matériaux au contact des denrées alimentaires sont partiellement pris en compte. Un rappel de la conformité des matériaux utilisés au contact des denrées alimentaires doit être fait à chaque étape du procédé de production et non pas uniquement pour la phase emballage des produits finis.

En conclusion, ce guide ne comporte pas les « informations appropriées sur les dangers susceptibles d'apparaître au stade de la production primaire et des opérations connexes » comme prévu par le règlement 852/2004/annexe 1 partie B,

section 2. Il conviendrait de compléter ce guide en tenant compte des remarques formulées dans le présent avis.

4. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS DE L'AGENCE

L'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail adopte l'analyse et les conclusions du GT GBPH.

Le directeur général

Marc Mortureux

MOTS-CLES

GBPH ; Paquet Hygiène ; HACCP ; sel.

BIBLIOGRAPHIE

Bibliographie juridique :

Arrêté du 27 octobre 1975 modifié, relatif aux produits de nettoyage du matériel pouvant se trouver au contact des denrées alimentaires (J.O. du 30 novembre 1975, rectificatif du 05 février 1976).

Arrêté du 8 septembre 1999 pris pour application de l'article 11 du décret n° 73-138 du 12 février 1973 modifié portant application de la loi du 1er août 1995 sur les fraudes et falsifications en ce qui concerne les procédés et les produits utilisés pour le nettoyage des matériaux et objets destinés à entrer en contact avec des denrées, produits et boissons pour l'alimentation de l'homme ou des animaux (J.O. du 29 novembre 1999).

Directive 98/8/CE du Parlement Européen et du Conseil du 16 février 1998 concernant la mise sur le marché des produits biocides.

Règlement (CE) n° 1935/2004 du parlement européen et du conseil du 27 octobre 2004 concernant les matériaux et objets destinés à entrer en contact avec des denrées alimentaires et abrogeant les directives 80/590/CEE et 89/109/CEE.

Règlement (UE) n°10/2011 de la commission du 14 janvier 2011 concernant les matériaux et objets en matière plastique destinés à entrer en contact avec des denrées alimentaires.

Bibliographie scientifique :

AFSSA (2007). Avis relatif à l'évaluation des risques pour l'Homme des constituants des produits de nettoyage des matériaux et objets destinés au contact avec des denrées alimentaires : Recommandations. Avis du 2 août 2007.

AFSSA (2007). Avis relatif aux risques microbiologiques du sel marin artisanal de l'Atlantique lorsqu'il est utilisé comme sel de table ou comme sel destiné aux industries agroalimentaires. Avis du 2 février 2007.

BOIS P. (1980). Le sel dans l'Histoire. Bull. Soc. Sci. Ouest Fr., Hors Série, 35-45.

BURON G. (1990). De l'origine des marais salants guérandais. Bulletin de la Société Archéologique et Historique de Nantes et de Loire-Atlantique, 126, 9-62.

DUPONT P. (1977). Les marais du bassin du Mes : Végétation, utilisation, problèmes de conservation et d'aménagement. Rapport de recherche du groupe S.E.R.S. Façade Atlantique, Université de Nantes, 60-73.

ETOURNEAU M.J., HERAL M., METAYER C. (1977). Contribution à l'étude des eaux mères des salines de Guérande. Bull. Soc. Sci. Ouest Fr., LXXV (3), 46-55.

- ETOURNEAU M.J., METAYER C. (1978). Contribution à l'étude d'échantillons de sel des marais salants de Guérande. Bull. Soc. Sci. Ouest Fr., LXXVI (3), 125-130.
- FAUCHEUX M.-J. (1980). Originalité de la faune entomologique aquatique et terrestre des marais salants de la presqu'île guérandaise. Bull. Soc. Sci. Ouest Fr., Hors Série, 201-211.
- GALLICE A., BURON G. (2010). Histoire et patrimonialisation du marais salant du Pays de Guérande depuis les années 1970. Les Cahiers du Pays de Guérande, 50, numéro spécial, 1-45.
- GESLIN T., LEFEUVRE J.-C., LE PAJOLEC Y., QUESTIAU S., M.C. EYBERT M.C. (2002). Salt exploitation and landscape structure in a breeding population of the threatened bluethroat (*Luscinia svecica*) in salt-pans in western France. Biol. Conserv., 107, 283-289.
- GODEAU M. (1975). Aperçu de la végétation des marais guérandais. Penn ar Bed, 10 (81), 85-96.
- GODEAU M. (1976). Les salicornes de la Presqu'île Guérandaise. Bull. Soc. Sci. Ouest Fr., LXXIV (1), 6-8.
- GODEAU M. (1980a). Les plantes les plus intéressantes de la Presqu'île Guérandaise. Bull. Soc. Sci. Ouest Fr., Hors Série, 99-129.
- GODEAU M. (1980b). Les salicornes de la Presqu'île Guérandaise. Bull. Soc. Sci. Ouest Fr., Hors Série, 91-98.
- HOUSSAY J. (1980). Inventaire de l'avifaune en Presqu'île Guérandaise. Bull. Soc. Sci. Ouest Fr., Hors Série, 151-173.
- JEANNEAU S. (1997). Dynamique des sels nutritifs, des métaux traces et des bactéries hétérotrophes dans le système salicole de Guérande. Thèse de doctorat, Université de Nantes.
- LACHIVER F., BOULU-LAPOINTE F. (1980). L'iode et la mer. Bull. Soc. Sci. Ouest Fr., Hors Série, 275-278.
- LECOCQ F.M. (1980). Inventaire des algues macro-phytobenthiques de la Presqu'île Guérandaise. Bull. Soc. Sci. Ouest Fr., Hors Série, 147-150.
- LECOCQ F.M., HALLET J.N. (1980). Dunaliella, algue phytoplanctonique des marais salants. Bull. Soc. Sci. Ouest Fr., Hors Série, 143-146.
- LEMONNIER P. (1975). Production de sel et histoire économique. Introduction à l'étude ethnologique d'un village des marais salants de Guérande. Thèse, Université Descartes de Paris.
- LEMONNIER P. (1977). Le sel de Guérande, XIXe - XXe siècles. Annales de Bretagne et des Pays de l'Ouest (Anjou, Maine, Touraine), 84, 641-662.
- MAILLARD Y., BAUDET J. (1980). La faune aquatique planctonique des eaux les plus sursalées des salines. Bull. Soc. Sci. Ouest Fr., Hors Série, 225-238.
- MAILLARD Y., GRUET Y. (1980). Marais côtiers guérandais et secteurs hydrographiques voisins : présentation faunistique et écologique. Bull. Soc. Sci. Ouest Fr., Hors Série, 241-253.
- METAYER C. (1980). Le sel guérandais. Analyses chimiques et qualités diététiques. Bull. Soc. Sci. Ouest Fr., Hors Série, 73-76.

PELOTEAU L. (1980). Contribution à l'étude des eaux mères et des eaux de lavage du sel guérandais. Bull. Soc. Sci. Ouest Fr., Hors Série, 279-283.

POISBEAU-HEMERY J. (1977). Le sel et les marais salants de la Presqu'île Guérandaise. Bull. Soc. Sci. Ouest Fr., LXXII (4), 28-37.

POISBEAU-HEMERY J. (1980a). Saliculture en Presqu'île Guérandaise, salines et techniques de récolte. Bull. Soc. Sci. Ouest Fr., Hors Série, 47-71.

POISBEAU-HEMERY J. (1980b). Marais salants de Guérande, richesse naturelle de Loire- Atlantique - Contribution à l'étude écologique de la Presqu'île Guérandaise. Bull. Soc. Sci. Ouest Fr., Hors Série, 330 p., 101 photos couleur, 80 photos noir et blanc.

RIVRON J.P. (2011). L'exploitation des salines entre Les Moutiers et Bourgneuf au début de l'apogée économique de la Baye de Bretagne (seconde moitié du XVe siècle). La Gazette, n°3.

ANNEXE 1 : FONCTIONNEMENT D'UNE SALINE ET RECOLTE MANUELLE DE SEL GRIS MARIN ET DE FLEUR DE SEL

La description du fonctionnement des marais salants de la façade atlantique a fait l'objet d'un grand nombre de publications (voire Poisbeau-Hémery, 1977 ; 1980a ; 1980b). La récolte manuelle de sel marin est une technique plurimillénaire (Lemonnier, 1975 ; 1977 ; Bois, 1980 ; Buron, 1990 ; Gallicé et Buron, 2010 ; Rivron, 2011). Ainsi les marais de Guérande ont été réaménagés par les romains au début de l'ère chrétienne. Le principe est très simple et est un aménagement par l'homme d'un phénomène naturel qui se produit dans les mares de l'estran situées au niveau supralittoral. A chaque marée de vives eaux, l'eau de mer pénètre dans ces mares qui ne seront plus réalimentées durant un cycle lunaire. Il s'ensuit par l'action du soleil et du vent une forte évaporation de l'eau de mer et il en résulte un dépôt de sel marin dans les mares.

L'homme n'a fait que reproduire sur une plus grande échelle ce phénomène. A chaque marée de vives eaux l'eau de mer pénètre profondément dans des étiers qui alimenteront des vasières par simple siphonage. L'eau de mer dans les vasières se débarrassera des particules en suspension par sédimentation. Il existe une vasière par établissement salicole et son volume alimente toute l'installation pendant un cycle lunaire. Cette eau de mer aura tendance à la belle saison à s'échauffer. L'écosystème de la vasière est un écosystème marin côtier avec un développement d'algues vertes (ulves principalement, dit limu), de crustacés (crabes, crevettes), de poissons et d'oiseaux piscivores (aigrettes garzettes, hérons). Le centre de la vasière (peluet) est vaseux, plat et peu profond (10 à 20 cm) avec à la périphérie une tranchée (rai) de profondeur plus prononcée. Tout le fond de l'installation est tapissé d'une fine argile bleue noire.

De cette vasière le paludier fait entrer un certain volume d'eau de mer chaque jour qui suivra un long parcours dans l'ensemble de l'installation. Au fur et à mesure de sa progression la hauteur d'eau diminue et sa température augmente, ainsi que sa salinité. L'eau passe ainsi par le cobier, le comeradu et le tour d'eau, avant d'entrée dans la saline proprement dite (ou lotie). Celle-ci comprend une suite de bassins rectangulaires tapissés de fine argile et bordé d'un petit talus également en argile. Ce sont d'abord les fares où l'épaisseur de l'eau est de 4 à 5 cm. Au premier fare, l'eau a une température moyenne de 32°C et une salinité de 50 g.L⁻¹ et au dernier de 200 g.L⁻¹ (soit respectivement 11 et 20° Baumé). La surface d'évaporation est de 80 à 100 m² par fare. L'eau passe de la dernière fare à l'aderne par une trappe (en bois ou en ardoise). Les adernes sont de grands bassins (25 m x 15 m) groupé par deux. C'est la réserve journalière d'eau (environ 1 000 L) dont la salinité atteint 250 g.L⁻¹, début de la cristallisation dont le paludier doit éviter par apport d'eau. Des adernes, l'eau passe dans un canal (la délivre) qui alimente les divers œillets.

Le dernier bassin est l'œillet. Ce sont des rectangles à angles arrondis d'environ 70 m². Chaque œillet est entouré d'un petit talus mitoyen d'argile (ou pont) dont celui du plus grand côté porte en son milieu une plateforme semi-circulaire appelée ladure (1,80 à 2 m de diamètre). Le fond de l'œillet est légèrement bombé au centre où l'épaisseur d'eau est minime (0,5 à 1 cm). La température de l'eau des œillets s'élève aux environs de 37°C (soit environ 15°C de plus que dans la vasière) et la concentration en sel atteint 300 g.L⁻¹ (soit 28° Baumé).

Chaque installation a en général 8 à 16 œillets. Dans l'œillet l'eau subit sa dernière concentration en salinité en une journée en général avec précipitation des divers chlorures formant de gros cristaux de sel qui tombent sur l'argile. Une partie des cristaux formés

sont fins et moins denses que l'eau sursalée et resteront en surface. Ils seront récoltés à la fin de la journée avec un outil raclant la surface de l'œillet (lousse à sel blanc) donnant la fleur de sel très blanche et à l'odeur de lavande. Le gros sel sera récolté ensuite par le paludier à l'aide d'un outil à long manche (lasse). Avec celui-ci il provoquera un mouvement circulaire de l'eau et du sel pour rassembler le sel en un seul point de l'œillet et ainsi le sortir de l'eau sur la ladure afin qu'il s'essore. A ce stade le sel marin est plus ou moins gris en fonction de sa teneur en argile liée à l'habileté du paludier. Il sera ensuite pelleté dans une brouette et ramené au bord de l'installation sur une plateforme. L'ensemble de la récolte annuelle sera stockée sur cette plateforme protégée par des bâches plastiques. La production annuelle par œillet sera très variable en fonction de la durée d'ensoleillement, de la pluviométrie et du temps de présence du vent et de sa violence.

La composition chimique des sels de Guérande sont à 98,5 % des chlorures de sodium hydratés, à 0,3 à 0,8 % du magnésium, à 0,08 à 0,27 % du potassium et du calcium à 0,065 % (Etourneau et al., 1977 ; Etourneau et Métayer, 1978 ; Métayer, 1980). Cette composition est différente du sel méditerranéen notamment par sa richesse en magnésium et en potassium et sa relative pauvreté en sodium. De plus le sel gris et la fleur de sel contiennent de 0,30 à 0,70 mg.L⁻¹ d'iode alors qu'un sel fin commercialisé en contient 7 mg.L⁻¹ (Lachiver et Boulu-Lapointe, 1980).

Après récolte de la fleur de sel et du sel gris il reste dans les œillets une eau de mer concentrée débarrassée de la plus grande part de son chlorure de sodium et de certains ions, c'est l'eau mère (Peloteau, 1980).

Les espèces de flore et de faune aquatiques susceptibles de vivre dans ces milieux sursalés sont très limitées en nombre. Citons parmi les animaux l'infusoire cilié *Fabrea salina* accompagné d'un microscopique symbio-parasite *Gregarella fabreorum*, ou encore le crustacé *Artemia salina* (Maillard et Baudet, 1980). Lors de la précipitation des chlorures aucune espèce d'algues ou d'animal n'est plus présente. Le nombre de microorganismes capables de survivre en milieu hypersalé est extrêmement petit. Dans les marais salants de la façade atlantique seule la microalgue unicellulaire *Dunaliella salina* est présente dans les œillets, formant des efflorescences rouges (Lecocq et Hallet, 1980 ; Maillard et Gruet, 1980). En ce qui concerne les bactéries hétérotrophes aérobies non halophiles lors des récoltes en été leurs mortalités sont supérieures à 99,8 % dans les saumures des œillets. Il n'y a aucun *Vibrio* (bactéries hétérotrophes aérobies-anaérobies facultatifs), ni de coliformes totaux, ni de coliformes fécaux, ni de streptocoques fécaux dans l'eau des œillets. A l'opposé le nombre des bactéries halophiles extrêmes augmente dans les saumures des œillets. Nous n'avons pas de dénombrement de bactéries dans le sel gris (Jeanneau, 1997).

A la fin de la saison de récolte du sel (septembre ou octobre), le mulon (tas de sel près de l'exploitation) sera repris, mis dans une remorque et de nouveau stocké en des tas de sel communs soit dans des greniers à sel ou salorges en pierre, soit sous des bâches, souvent pour plusieurs années avant d'être conditionner en sacs de 1 kg à 100 kg. Certaines préparations peuvent intervenir à ce stade pour ajouter des condiments ou diverses herbes.

Par ailleurs, les marais salants sont des zones naturelles particulièrement riches du point de vue de la biodiversité (Dupont, 1977 ; Faucheux, 1980 ; Geslin et al., 2002 ; Godeau, 1975 ; 1976 ; 1980a ; 1980b ; Houssay, 1980 ; Lecocq, 1980 ; Maillard et Baudet, 1980).