

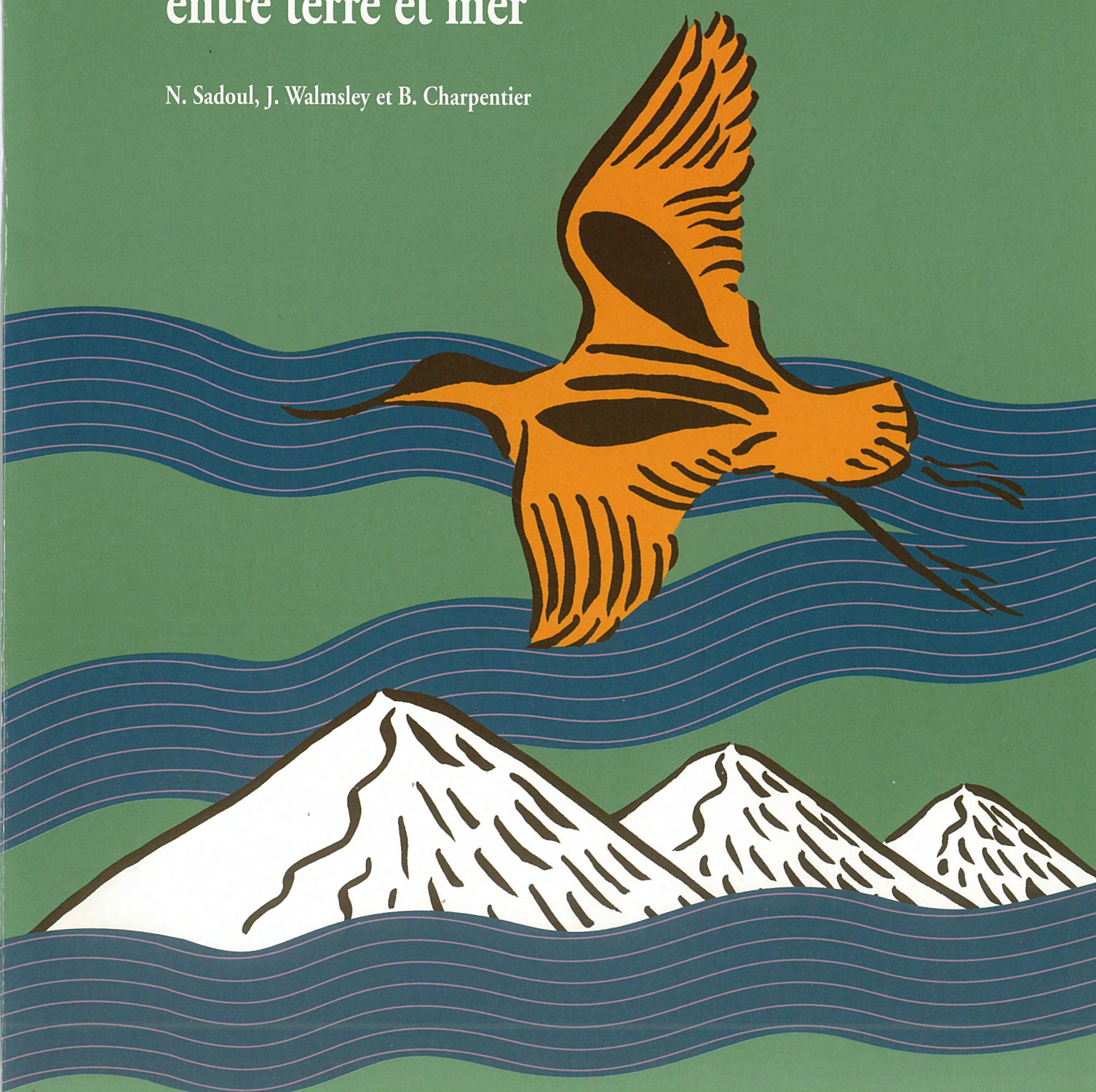


MedWet

Conservation des zones humides méditerranéennes

Les salins, entre terre et mer

N. Sadoul, J. Walmsley et B. Charpentier



Les auteurs ont le grand plaisir de remercier les personnes
qui ont contribué à l'élaboration de cet ouvrage par leur aide
et l'envoi de données publiées ou originales sur les salins méditerranéens :

T. Bino (Albanie), D. Boukhalifa (Algérie), E. Draganovic (Croatie), M. Hadjichristoforou (Chypre),
W. Salema (Egypte), S. Catchot, J. C. Dolz, J. L. Echevarrias, P. Garcias, A. Green, M. Llado,
A. Martinez Vilalta, P. Mateache, J. Mayol, M. J. Palmer, P. Planells Roig, J. C. Palerm,
J. Ribes, F. Robledano Aymerich, M. Zaforteza (Espagne), CSME, P. Orsini, J. N. Tourenq (France),
A. Dalaka, K. Latsoudis Panayiotis, V. Goutner, X. Gremillet, T. Petanidou, G. Valaoras (Grèce),
N. Baccetti, M. Fasola, M. Grotta, A. Mocci Demartis, M. Sara, M. Scutella, R. Tinarelli (Italie),
R. Ortal, D. Yekutiél (Israël), M. Fakhry, H. H. Kouyoumjian, G. Ramadan-Jaradi (Liban),
S. Lanfranco, J. Sultana (Malte), M. Calado, A. Luis, R. Neves, R. Rufino (Portugal),
G. Beltram, B. Krizan, C. Vojko (Slovénie), F. Maamouri, M. Smart (Tunisie),
G. Magnin, M. Siki, M. Yazar (Turquie), I. Skornik (Yougoslavie).

Production : Tour du Valat

Maquette : Tapages Publics

Couverture : Sonia Viterbi

Illustrations : Sonia Viterbi

© Photos : pages 4, 10, 15, 17, 18, 21, 28, 41, 43, 50, 52, 82, 85 : Salins ;
page 8 : P. Grillas ; pages 11, 70 : E. Violet ; pages 22, 57, 64 : A. Johnson ;
pages 24, 33, 37, 46, 54, 58, 63, 75, 76, 81, 84 : J. Walmsley ;
page 25 : H. Schkkermann ; page 26 : X. Montbailliu ; page 34 : A. Dervieux ;
pages 36, 47 : J. Roché ; page 79 : T. Salathé.

© 1998 Tour du Valat

Le Sambuc - 13200 Arles - France

Droits de traduction et reproduction des textes autorisés pour tous les pays,
avec mention Tour du Valat.

Droits de reproduction des photos réservés pour tous pays.

Une copie ou une reproduction des photos, même partielle,
par quelque procédé que ce soit, constitue une contrefaçon passible des peines
prévues par la loi du 11 mars 1957 sur la protection des droits d'auteurs.

Loi 49.956 du 16.07.1949

ISSN : 1271-8823 ISBN : 2-910368-25-4

MedWet



L'initiative MedWet

Le bassin méditerranéen est riche en zones humides présentant de grandes valeurs écologiques, sociales et économiques. Cependant, ces importantes ressources naturelles ont été considérablement dégradées ou détruites, essentiellement au cours du XXe siècle. MedWet est une action de collaboration concertée à long terme lancée en 1991 à Grado, Italie, pour arrêter ces pertes et inverser la tendance ainsi que pour assurer une utilisation rationnelle des zones humides dans toute la Méditerranée.

L'initiative MedWet est menée par le Comité des Zones Humides Méditerranéennes (MedCom), sous l'égide de la Convention de Ramsar sur les Zones Humides, qui réunit 25 gouvernements de la région, la Commission européenne, les Conventions de Berne et de Barcelone, ainsi que des ONG internationales. Elle recherche des partenaires et des fonds pour la mise en œuvre de la Stratégie pour la conservation des zones humides méditerranéennes, qui inclut des actions de conservation dans les zones humides d'importance majeure dans la région (en particulier sur les sites Ramsar) ainsi que la promotion des politiques nationales sur les zones humides, afin de prendre en considération la valeur des zones humides dans le processus de planification. MedWet offre également un forum destiné à l'échange régional d'expériences dans le domaine technique et publie une série d'outils de gestion des zones humides avec le soutien financier de l'Union européenne.

Le concept de MedWet et son importance pour promouvoir l'utilisation rationnelle des zones humides méditerranéennes ont été unanimement reconnus par les Parties Contractantes de la Convention de Ramsar sur les Zones Humides.

La série des publications MedWet

Les zones humides sont des écosystèmes complexes qui ont de plus en plus besoin d'être gérés de façon à conserver toutes leurs valeurs et leurs fonctions. L'objectif de la série de publications MedWet est de mieux faire comprendre les zones humides méditerranéennes et les politiques qui les concernent, et de rendre disponible à leurs gestionnaires une information scientifique et technique pertinente et actualisée.



Nicolas Sadoul, John G. Walmsley & Béatrice Charpentier, 1998

Les salins, entre terre et mer

Conservation des zones humides méditerranéennes - numéro 9

Tour du Valat, Arles (France), 96 p.

Titres de la collection :

1. Caractéristiques générales des zones humides méditerranéennes
2. Fonctions et valeurs des zones humides méditerranéennes
3. L'aquaculture en milieux lagunaire et marin côtier
4. Gestion des sites de nidification pour oiseaux d'eau coloniaux
5. L'enjeu de l'eau
6. La végétation aquatique émergente, écologie et gestion
7. Conservation des poissons d'eau douce
8. Végétation des marais temporaires, écologie et gestion
9. Les salins, entre terre et mer

Conservation des zones humides méditerranéennes

MedWet



Les salins, entre terre et mer

N. Sadoul, J.G. Walmsley et B. Charpentier

Numéro 9

Collection éditée par J. Skinner et A. J. Crivelli



Salins, J. Vidry

Histoire du sel en Méditerranée

Par ses conditions physiques favorables, le bassin méditerranéen a été une région productrice de sel depuis l'aube de l'humanité.

Produit aux multiples usages, levier du pouvoir politique, le sel a joué un rôle prépondérant dans l'histoire des hommes comme dans le façonnement du paysage de cette région.



La Méditerranée et le sel : une alliance éternelle

Disponible en quantités considérables et sous diverses formes sur la planète, le sel est une substance indispensable à l'homme. Par ses caractéristiques physiques, le bassin méditerranéen est une des régions où, de tout temps, sa production fut la plus aisée.

Des provenances diversifiées

Le sel obtenu par évaporation ne représente que 20 à 30 % de la production mondiale de sel.

Le sel est omniprésent sur la Terre. Les terrains sédimentaires recèlent d'importantes quantités de sel gemme*. En Europe, dans les salines* continentales de l'Est de la France, des Alpes suisses et autrichiennes, de la lande de Lunebourg en Allemagne, ce sel est d'abord dissous dans de l'eau injectée en profondeur ; puis, il est cristallisé par évaporation de cette saumure*. En Afrique saharienne, il est découpé en plaques dans le sous-sol (Touadéni au Mali), ou provient de sources salées (au Niger, sel ignigène* de Manga, sel solaire* de Bilma). Plus ponctuellement, le lessivage de cendres de végétaux ayant poussé sur un sol salé (Burundi), ou de cendres de tourbe salée (Zélande, Frise jusqu'à ce que Charles Quint y mette un terme), ou encore de sable de plages (côtes de la Manche au Moyen Age, Japon à l'époque moderne) permettent aussi de produire du sel.

Cependant, les mers et océans constituent son principal réservoir : s'ils étaient évaporés, le globe serait couvert d'une couche de sel de 37 m d'épaisseur. Au premier abord, le sel de la mer paraît donc plus facile à exploiter ; pourtant, son obtention par évaporation solaire n'est pas sans poser problèmes. En effet, en Europe, les précipitations et la faiblesse de l'ensoleillement empêchent sa production au-delà du 48° de latitude ; en Afrique, les côtes souvent élevées et les pluies, tropicales et équatoriales, la cantonnent aux rivages méditerranéens ou désertiques ; dans certaines parties de l'Asie, la mousson représente une contrainte.

Des conditions physiques favorables

Aux Salins de Giraud, en Camargue, par exemple, la production de 1 Mt de sel nécessite une énergie solaire gratuite de 3 Mt équivalent pétrole.

Dans le bassin méditerranéen, la faiblesse des précipitations, la longue insolation (toujours plus de 2 300 h de soleil par an) et la fréquente ventilation simultanées font de l'été une saison à forte évaporation, condition fondamentale de la saliculture. Cette dernière représente 2 900 km³/an sur l'ensemble de la Méditerranée, équivalant à une couche d'eau de l'ordre de 1 m d'épaisseur. Cependant, la période de production varie d'une rive à l'autre de la Méditerranée. Au nord, elle se limite au printemps et à l'été, tandis qu'elle s'étend tout au long de l'année au sud.

Histoire du sel en Méditerranée

D'autres paramètres contribuent aussi à des récoltes abondantes. Ainsi, la salinité* de la Méditerranée est élevée, variant d'ouest en est de 36 ‰ à 39 ‰. Par ailleurs, le relief côtier est fréquemment propice à l'installation de salins : les côtes basses représentent environ 40 % des 46 000 km du pourtour méditerranéen. Enfin, les dépressions proches du littoral, alimentées par la remontée du coin salé*, ne sont pas rares.

Des lieux de production localisés

Les salins se concentrent donc depuis des millénaires dans le bassin méditerranéen. A l'exception des salins continentaux des zones semi-arides de la péninsule ibérique et des lacs salés des zones semi-désertiques, l'essentiel du sel, et aussi le plus recherché, est produit à partir de l'eau de mer dans des salins ouverts. La gestion et la production y sont fondées sur l'équilibre entre la superficie et l'évaporation d'une eau de mer qui, pompée dans les lagunes, circule sur de longues distances grâce à un système de canaux. Aussi, les salins ont-ils été développés essentiellement sur des côtes basses, en particulier celles des zones humides. Là, le saunier*, à l'instar de l'agriculteur, doit saisir le moment propice à la récolte, plus ou moins abondante selon les années.

Par le passé, les dromadaires étaient utilisés pour tirer les wagonnets de sel lors de la récolte, ici en Tunisie.



Salins, Cotusal



Du Néolithique au Moyen Âge, l'organisation de la production de sel

En réponse à un besoin fondamental, les techniques de production et les routes du sel se développent de bonne heure. Tout est alors en place pour faire du sel une importante source de revenus et un instrument politique très efficace.

Le sel dans l'Antiquité

En Méditerranée, les salins les plus anciens (Ve millénaire av. J.C.) sont égyptiens. Puis, à partir du IIe millénaire, les Hittites, les Hébreux et les Phéniciens aménagent des salins. Les principaux moyens de production sont mis au point, en particulier l'utilisation de la force animale ou de l'énergie éolienne pour mouvoir les roues des engins élevant, en l'absence de marées, l'eau de mer des surfaces préparatoires vers les tables saunantes*. Les Phéniciens les exportent bientôt en Méditerranée occidentale.

Sous l'Empire, outre la production des salins d'Ostie, Rome importe du sel de l'ensemble du bassin méditerranéen. Se dessine alors un réseau de *viae salariae* à partir de la Sicile, de l'Espagne, de la Cappadoce, de la Crimée et de l'Égypte. La chute de l'Empire coïncide avec les grandes invasions : la production et le commerce du sel périclitent.

Les maîtres du sel

Jusqu'au XVIIe siècle, les prescriptions religieuses multiplient les jours de maigre rigoureux (166 jours par an), d'où un énorme besoin de poisson salé.

Du XIe au XIVe siècle, l'accroissement de la salaison des poissons (harengs de la Baltique et de la mer du Nord), lié à celui de la population européenne et à la religion, incite villes et états disposant de salins à développer leur production. Les salins, en plein essor, se répartissent alors en trois groupes : Venise, le littoral du Languedoc et de la Provence, les îles.

Le commerce du sel contribue en effet à la fortune de la Sérénissime. Il repose d'une part, sur le monopole des marchés de l'Italie du Nord et des Alpes, d'autre part, sur l'appropriation de salins proches dont elle néglige l'exploitation (Comacchio, Ravenne et Cervia) en faveur des grands salins dont elle est un acheteur privilégié. Elle importe ainsi du sel à bas prix de Chypre, de Crète, d'Alexandrie, d'Ibiza.

Sur les côtes du Languedoc et de la Provence, les salins appartiennent, jusqu'au Xe siècle, à de puissantes abbayes : Saint-Victor de Marseille

Histoire du sel en Méditerranée



Salins, R. Sprang

Banastes, écopés et palons,
outils du saunier.
Encyclopédie Diderot, XVIIIe siècle.

possède les salins d'Hyères, Maguelone exporte sa production à partir de son propre port. Puis, les Princes, les "seigneurs du sel" (*domini salis*), s'emparent du sel au détriment de l'Eglise. Possédant les salins d'Hyères et alimentant les Alpes jusqu'au lac Léman, le comte de Provence, Charles d'Anjou, institue le monopole du sel et la gabelle* en 1259. Mais, une rude concurrence l'oppose au roi de France qui, outre les salins de Narbonne, Béziers, Agde et Maguelone, possède ceux, importants, de Peccais. Pressions politiques, prix supérieurs, qualité inférieure, peste noire (1348), tout se conjugue pour signer la décadence des salins de Provence, entérinée par le rattachement du comté au royaume de France en 1481.

De la Crète aux Baléares, les îles de la Méditerranée produisent également du sel. Le succès du sel sarde, lié aux exportations vers l'abbaye Saint-Victor, puis vers Pise, et à l'administration des Salines Royales de Cagliari par l'Aragon, s'effondre après la mise à sac de l'île. Au XVe siècle, la production entre aussi en récession dans les autres îles. Seule, Ibiza garde un rôle prépondérant.

Le sel : objet et instrument de la politique

Dès l'Antiquité, le sel fut utilisé dans l'alimentation humaine, notamment pour la fabrication du *garum** et de l'*allex**, ainsi que pour la conservation des aliments (viandes, poissons, fromages), dans l'alimentation du bétail, le traitement des cuirs, la teinturerie (pour la pourpre), la céramique (blanchiment de l'argile), la parfumerie, la pharmacie.

Ces utilisations multiples expliquent l'importance qu'a revêtu, au fil de l'histoire, le contrôle de son approvisionnement, devenu un levier politique efficace.

Ce pouvoir reposait d'une part, sur le monopole qui existait déjà en Egypte et à Rome dans l'Antiquité, puis à Venise et à Gênes au XIe siècle, dans les comtés de Nice et de Provence, dans les royaumes d'Aragon (Ibiza), de Naples et de France (salins de Peccais, près d'Aigues-Mortes) à partir du XIIe siècle, d'autre part, sur des actions diplomatiques où le sel était à la fois objet de la politique et instrument de celle-ci vers d'autres objectifs, économiques ou guerriers.

Au XIXe siècle, les réformes techniques et administratives de la production ont ôté son pouvoir politique au sel et l'ont fait entrer dans l'ère des marchés modernes.

Essor et déclin du pouvoir du sel

De la Renaissance à la révolution industrielle, le sel est convoité par les marchands comme par les tenants du pouvoir politique dans le bassin méditerranéen et en Europe. Il connaît alors un âge d'or auquel la mise au point de technologies de pointe et la mondialisation de l'économie mettent fin.

L'avènement du règne des marchands

Les utilisations traditionnelles du sel restent d'actualité. En effet, il est toujours indissociable de l'alimentation humaine, notamment comme vecteur d'oligo-éléments (iode et fluor) et comme agent de conservation. Dans le domaine agricole, il joue aussi un rôle prépondérant dans l'apport d'oligo-éléments au bétail, ainsi que dans l'ensilage (régularisation de la fermentation).

Avec la Renaissance, se développe un marché international du sel, dominé par une classe de marchands liée à l'essor des villes et à la demande des pêcheries de Terre-Neuve. La conjonction de la géographie du sel et du tracé des nouvelles frontières politiques délimite alors quatre espaces : la Méditerranée et ses salins, l'Atlantique avec le "sel de la baie" de Bourgneuf exploité par les Anglais, la Baltique avec le sel de Lunebourg bientôt remplacé par celui de l'Atlantique moins coûteux, l'Europe centrale avec le sel gemme extrait du Jura à la Pologne. La concurrence joue d'un espace à l'autre comme à l'intérieur de ces espaces avec, par exemple, l'affrontement des marchands vénitiens et génois, éternels rivaux.

Des marchés actifs et contrastés

Les producteurs de sel se répartissent entre états de petite et de grande superficie. A Gênes, le monopole est assuré par la Casa di San Giorgio, le plus puissant établissement financier de l'Occident à la fin du Moyen Age. Elle importe du sel par les ports de Savone, de Finale et d'Albenga

Divers usages du sel.
XIXe siècle.



Salins, R. Sprang

Histoire du sel en Méditerranée

et le revend dans le Milanais. A Venise, le commerce est exercé par l'Office du sel qui, seul habilité à écouler le sel produit ou importé, réalise de considérables profits.

Les seconds doivent assurer leur consommation intérieure et leurs exportations ; aussi, le commerce est-il une prérogative du pouvoir. Dans le midi de la France, le roi perçoit la gabelle dans ses greniers, points de passage obligé du sel. Les conditions étant excessives, la fraude s'instaure si bien qu'entre 1423 et 1441, les revenus de la gabelle sur le sel du Rhône diminuent de moitié. Suite à ce constat, le roi de France et le comte de Provence confient le "tirage"* du sel sur le Rhône à des fermiers. Ceux-ci se livrent à la spéculation et la gabelle devient

Maritimes et terrestres : les routes du sel

A partir du Xe siècle, en Europe et dans le bassin méditerranéen, les routes du sel, maritimes et terrestres, connaissent un renouveau.

Le transport par mer se fait à bord de nefes qui voyagent en convoi, les "flottes du sel", pour résister aux pirates. Venise, par exemple, s'approvisionne à Chypre, à Alexandrie, en Libye, à Djerba, à Ibiza. Cette île, "la salière de l'Europe", devient le plus gros producteur de sel de Méditerranée au XVIe siècle, exportant sa production jusqu'en mer Baltique. Dès la fin du XVe siècle, la pêche à la morue sur les bancs de Terre-Neuve prend son essor ; la vogue du stockfish* gagne l'Italie, l'Espagne, le Portugal et le sud de la France où les morutiers, en échange du sel local, écoulent leur pêche. Au XIXe siècle, le champ s'élargit encore et les nouveaux Etats américains se fournissent en sel au Portugal et en Tunisie.

A terre, le sel circule de péage en péage, au rythme des caravanes de mulets ou de chevaux : quinze jours au minimum entre Aigues-Mortes et Tournon. Le voyage est coûteux (en 1547, le voiturage des salins de

Peccais à Valence représente 48 % du prix du sel). Aussi, les voies navigables sont-elles utilisées : le Pô pour le sel de Comacchio, le Rhône pour celui de Peccais et de Provence. Au XIXe siècle, la construction du chemin de fer et des canaux navigables facilitent le transport, tandis que les politiques d'unifications nationales (Italie, Allemagne) réduisent les barrières douanières.

En Afrique du Nord, le sel des salins répond aux besoins locaux et à l'exportation vers l'Europe. Le ravitaillement de l'intérieur du continent est assuré par des caravanes de milliers de dromadaires qui, apportant des marchandises diverses, font route depuis la Méditerranée vers les oasis sahariennes. Là, elles sont échangées contre le sel du Mali et du Niger. Il est troqué plus au sud, sur le golfe de Guinée, contre de l'or, de l'ivoire, des esclaves..., denrées ramenées vers la Méditerranée d'où elles gagnent le Proche-Orient et l'Europe.

Aujourd'hui, la mondialisation des échanges bouleverse ces itinéraires ancestraux : ainsi, le sel tunisien assure le déneigement des routes norvégiennes et celui de Camargue traite l'eau des ménages américains.



Aux multiples usages traditionnels s'ajoutent, lors de l'industrialisation du XIXe siècle, la voirie (viabilité hivernale) et de nombreuses utilisations dans l'industrie (cosmétologie, teinturerie, traitement des cuirs et peaux, céramique...). Dans l'industrie chimique, l'électrolyse des solutions salines permet d'obtenir du chlore et de la soude. Le premier sert à la fabrication de solvants, matières plastiques, insecticides et eau de javel. La seconde contribue à la fabrication de carbonate de sodium (pour le verre), à l'extraction de la cellulose du bois, à la saponification des corps gras (savonnerie) et à l'affinage de l'aluminium.

un moyen d'enrichissement auquel les "grands" du royaume (ducs de Condé, de Richelieu...) recourent sous des prête-noms. Dans les pays importateurs, les intérêts des marchands coïncident avec ceux de l'Etat. Le négoce du produit n'est pas seul à faire leur fortune ; il sert surtout de levier dans des marchés fondés sur d'autres denrées (métaux précieux, épices...). Cependant, au XVe siècle, en Suisse et en Savoie, l'Etat se substitue aux marchands, suite à la précarité d'un ravitaillement lié aux aléas politiques et au profit escompté.

Le sel moderne : une obligation de rentabilité

A partir du XVIIe siècle, de nouvelles technologies de production sont mises au point afin, notamment, de mettre un terme aux pénuries, relativement fréquentes qui frappent surtout l'Europe du Nord. Elles ôteront au sel son pouvoir politique. Au XIXe siècle, l'utilisation de la machine à vapeur pour le pompage de l'eau de mer vers les partènements, le perfectionnement de la conduite des eaux dans les salins et une meilleure utilisation du climat, concourent à la production accrue d'un sel méditerranéen d'excellente qualité. Non seulement les surfaces salinières augmentent, mais de nouveaux salins sont ouverts en Grèce.

L'histoire des salins du sud de la France illustre la modernisation liée à la révolution industrielle. Pour atteindre une meilleure productivité, les salins de Peccais sont remembrés en une seule et vaste unité de production. Ceux de Giraud, les plus grands d'Europe (près de 12 000 ha), sont créés. Pour eux, tout commence à la fin du XVIIIe siècle lorsque Nicolas Leblanc met au point un procédé permettant de produire de la soude à partir du sel. En 1855, la Compagnie des produits chimiques Henri Merle installe une soudière dans le Gard. Or, il lui faut de la matière première, du sel.

Des étangs littoraux sont acquis dans le delta du Rhône, une voie ferrée de desserte jusqu'à Arles et un réseau ferré interne sont installés, la cité de Salin de Giraud est construite. Chefs d'entreprises dynamiques, fusions de groupes, diversification de la demande, mise en place d'une haute technologie (méthode de récolte, gestion informatisée des mouvements d'eau), ainsi que suivis scientifiques des niveaux d'eau, des densités de saumures et des données météorologiques : tout concourt à l'essor de la production de sel.

Installés sur les côtes basses du pourtour méditerranéen, les salins produisent un sel de qualité, à l'origine d'un important trafic empruntant des routes terrestres et maritimes ancestrales. convoité pendant des siècles surtout pour son rôle de levier politique, le sel a perdu, avec l'avènement des nouvelles technologies de production, son caractère stratégique sur le marché mondial. Cette évolution n'est pas sans retentissement sur le paysage méditerranéen, dont les salins sont une composante patrimoniale.

Histoire du sel en Méditerranée



Charroi du sel
dans les années 1930 dans
les salins méditerranéens français

Salins, R. Sprang

Le faux-saunage* : une contrepartie aux charges du sel

Excessivement lourdes, les charges du sel en rendent le prix exorbitant. Le saunier, lié par contrat à un propriétaire, ne reçoit guère plus que le quart du revenu de son salin. Il doit alors acquitter diverses charges dont la plus connue (et la plus détestée) est la gabelle, héritée de l'administration arabe du royaume normand de Sicile.

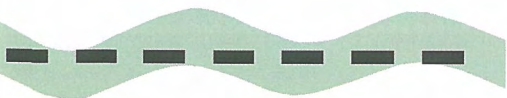
A la fin du règne de Louis XIV, elle représente près de 25 % du revenu de l'Etat, générant des injustices sociales à l'égard de la paysannerie et des corporations urbaines consommatrices obligées de sel (révolte des bouchers en 1413).

Les discriminations entre provinces de grande gabelle, où elle est assortie d'une lourde obligation d'achat, et celles de petite gabelle sont grandes : le prix du sel peut varier dans un rapport de un à vingt. Aussi, fermiers et

gabelous* sont-ils la cible de la colère populaire, et la contrebande se généralise avec, parfois, la semi-complicité des autorités.

C'est ainsi que les accords qui font obligation aux salins de Peccais de livrer les quantités nécessaires aux besoins savoyards, estimés par les fonctionnaires ducaux, sont détournés. Ces derniers obtiennent des livraisons supérieures aux besoins réels. Le taux de la gabelle de Savoie étant inférieur à celui de la France, le surplus est réexporté vers ce pays par les faux-sauniers*.

En Provence et en Languedoc, le faux-saunage est si important que, par l'édit de 1596, Henri IV fait noyer les salins qui ne peuvent être surveillés. En France, la Révolution met fin à cette situation en réduisant le prix du sel de moitié et en supprimant la gabelle ; réapparue sous le Directoire, elle ne sera abolie qu'en 1945. Pour sa part, Venise ruine la contrebande en uniformisant les prix.



Situation actuelle des salins méditerranéens

Au fil des siècles, le littoral méditerranéen a évolué sous l'influence des hommes qui y ont développé de nombreuses activités.

En particulier, un grand nombre de lagunes et d'étangs ont été transformés en salins. L'exploitation traditionnelle dont ils ont fait l'objet est aujourd'hui sujette à de profondes mutations.

En été, l'assèchement des chotts et sebkhas laisse apparaître une épaisse couche de sel.
Sebkha Sidi el Hani, Tunisie.

Les salins opérationnels

Outre les salins primitifs en passe de faire figure de patrimoine culturel, les salins productifs de Méditerranée présentent une grande diversité. Cependant, la modernisation générale dont ils font l'objet concourt à la banalisation du paysage salinier.

Une terminologie fondée sur le mode de production

Les salins méditerranéens littoraux peuvent être caractérisés par les critères suivants¹ :

- la localisation (lagunes, deltas, îles...) ;
- les particularités physiques et la construction (salins primitifs, de type phénicien, romain...) ;
- la gestion de l'eau (circulation par gravité, moulins à vent, roues à aube, moto-pompes diesel, pompes électriques) ;
- les méthodes de récolte (à la main, mécanisation partielle ou complète).

Les salins du bassin méditerranéen présentent donc une grande diversité. Pour clarifier notre propos, nous avons adopté une terminologie simple, fondée sur le mode de production, qui a l'avantage de prendre en compte tous les salins méditerranéens littoraux en production lors de la publication de ce fascicule. Quatre types se différencient : les salins primitifs, les salins rudimentaires, les salins artisanaux et les salins modernes.

Un salin primitif creusé
dans le calcaire collecte
les embruns créés par le ressac
les jours de grand vent.
Gozo, Malte



Situation actuelle des salins méditerranéens

Les salins primitifs

Antérieurs de plusieurs siècles à l'Empire romain, les salins primitifs sont situés sur les côtes rocheuses et exposées au vent des îles. Ils forment une mosaïque de cuvettes taillées à la main dans le roc dont la profondeur atteint parfois 50 à 75 cm. Leur fonctionnement est optimal lorsque les vagues se brisent sur les falaises et que les embruns tombent dans ces petits bassins. Par temps calme, l'évaporation naturelle conduit à la formation de cristaux de sel récoltés à la main. Les salins primitifs Xweini de l'île de Gozo (Malte) font partie des rares salins primitifs encore exploités. Suite, notamment, à l'intérêt porté à ce site par les touristes, le ministre de l'environnement a reconnu leur valeur comme patrimoine national de Malte et a annoncé leur préservation pour les générations futures.

Les salins rudimentaires

Les salins rudimentaires sont typiques du Maghreb et du Machrek. Ceux situés dans les grandes lagunes proches de la route Port-Saïd-Damiette, dans le delta du Nil, sont isolés de la mer par un cordon littoral. Ils sont formés de bassins d'une superficie inférieure le plus souvent à un hectare et d'une profondeur d'environ un mètre, les niveaux d'eau étant maintenus, même pendant la récolte du sel.

Lorsque la saturation est atteinte, les cristaux de sel précipitent et sont récoltés à la main. Le sel, produit toute l'année grâce aux températures élevées et relativement constantes, est vendu localement.



Les salins rudimentaires côtiers
près de Port Saïd, Egypte.

H. Schekkermann

Les salins artisanaux
de Efni, Liban.



Les salins artisanaux

Occupant les côtes basses, en particulier des zones humides, les salins artisanaux sont formés de partènements* aménagés, reliés par des canaux et des digues. Leur extension et leur taille dépendent de l'importance de la communauté qui y travaille, ainsi que du dénivelé et des méthodes utilisées pour la circulation de l'eau. Dans certains, des moulins à vent hissaient l'eau des lagunes aux niveaux supérieurs ; ils sont aujourd'hui remplacés par des électro-pompes ou des roues à aubes mues par des moteurs.

Ces salins fonctionnent de la même façon que les salins modernes. Lorsque le niveau d'eau désiré est obtenu, l'eau est soumise à évaporation jusqu'à ce que le degré de saturation soit atteint. Pendant l'évaporation, le sel cristallisé est ratissé et retourné quotidiennement. Extrait à l'aide

Les salins continentaux d'Espagne

Dans l'intérieur de la péninsule ibérique, là où les précipitations annuelles sont inférieures à 400 mm, de petits salins sont exploités depuis plusieurs siècles. Le sel est produit par pompage d'une eau salée issue du sous-sol formé de sédiments marins déposés lors de la transgression marine du pléistocène*. Dans des norias*, des ânes et des chèvres tournent

constamment pour hisser l'eau salée en surface. Elle est déchargée dans des calentadores* où elle est soumise à évaporation. Lorsque la saturation est atteinte, l'eau est dirigée vers des cristalizadores*. Jadis, ce sel était destiné à la salaison du porc et du poisson ; aujourd'hui, il sert à la viabilité hivernale. Peu nombreux, ces salins sont menacés, à moins qu'ils ne soient préservés à titre patrimonial.

Situation actuelle des salins méditerranéens

de râdeaux ou de pelles, il est transporté dans des brouettes sur des aires de stockage où, pour prévenir sa dissolution par les pluies, les camelles* sont recouvertes d'un toit de tuiles (sud de l'Italie). Ce dernier demi-siècle, quelques-uns de ces salins, les plus grands, ont été modernisés : des pompes, des machines et des réseaux ferrés à voies réduites ont été installés. C'est le cas des salins de Turlida (sud de Messolonghi en Grèce).

Les salins modernes

Dans la majorité des cas, les salins modernes résultent de la transformation, au cours des trente dernières années, de salins artisanaux par agrandissement des partènements, construction de digues et modifications de la gestion de l'eau.

Au printemps, l'eau de mer est pompée dans les plus grandes surfaces évaporatoires, exondées en hiver. Puis, par un jeu d'électro-pompes et de vannes, elle circule sur des dizaines, voire des centaines de kilomètres, jusqu'à ce qu'elle arrive à saturation. Deux ans peuvent être nécessaires pour qu'elle parvienne sur les tables saunantes.

L'évaporation conduit à une augmentation progressive de la salinité totale, qui passe de 32 à 150 g/l dans les lagunes de basse salinité, de 150 à 200 g/l dans les lagunes de moyenne salinité, puis de 200 à 300 g/l dans les bassins de haute salinité. Enfin, l'eau est transférée dans les tables saunantes où, la salinité dépassant 300 g/l, le chlorure de sodium précipite et se dépose sur le fond.

Dans le nord de la Méditerranée, l'excès d'eau douce, dû aux fortes précipitations, est évacué par des canaux afin d'éviter la dilution des saumures. Pendant la période de production du sel, les prévisions météorologiques sont suivies de près, surtout en août pour fixer la date

Le sel des zones semi-désertiques

Sans être des salins proprement dits, les lacs salés, les chotts* et les sebkhas* des zones semi-désertiques de l'Afrique du Nord et de la Turquie, qui peuvent s'étendre sur des milliers d'hectares, produisent parfois du sel en grande quantité. En hiver, ils sont recouverts d'une eau peu profonde. Au plus fort de l'été, lorsque les températures avoisinent 40 à 50 °C, ils présentent de vastes surfaces de sel cristallisé.

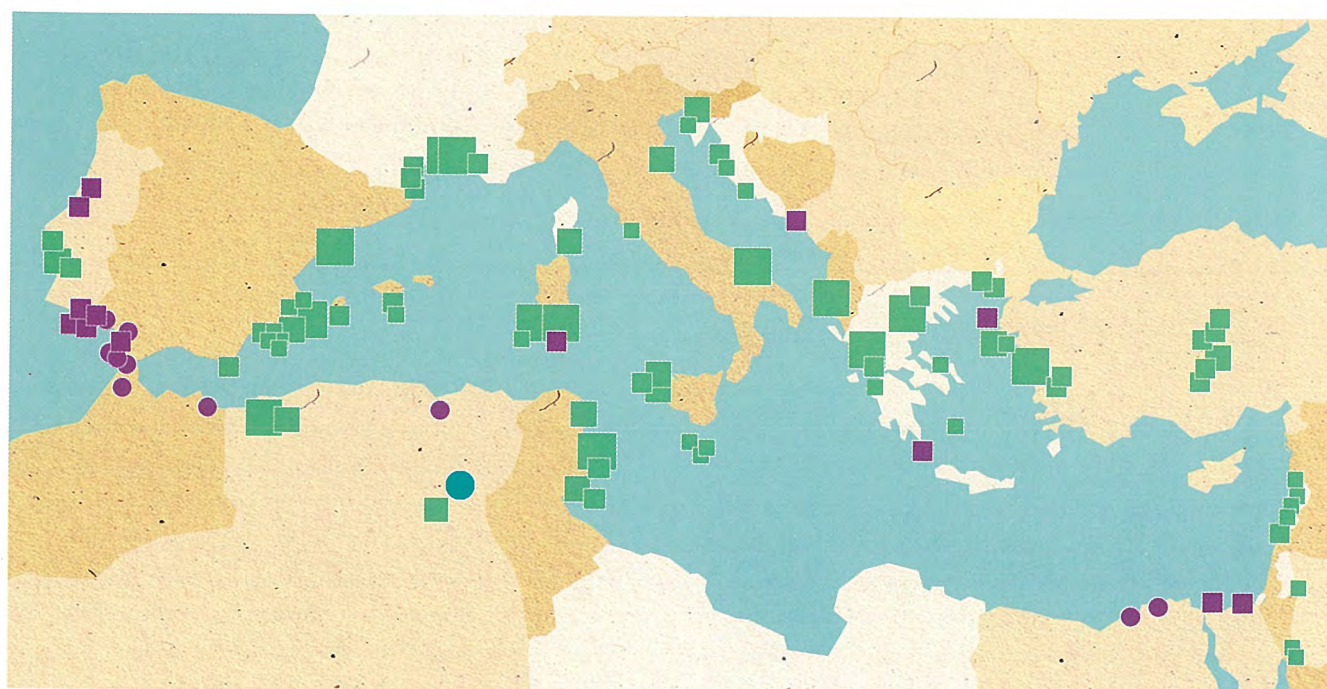
Avec une surface de 800 000 ha, le Chott Djerid en Tunisie est le plus grand lac salé temporaire d'Afrique du Nord. En Anatolie (Turquie), le lac Tuz Golu, qui s'étend sur 164 200 ha, est classé site Ramsar*. Partiellement asséché en été suite à la forte évaporation, il présente une couche de sel d'une trentaine de centimètres. Le sel en provenance des salins de ce lac (Kaldirim, Kayacik, Yausan) représente environ 55 % de la production nationale¹.



Salin de Giraud, France.

d'arrêt des pompages en mer. L'eau salée non parvenue à saturation est alors reléguée dans les partènements les plus profonds ; au printemps, elle sera répartie dans les lagunes afin de commencer un nouveau cycle. De même, les eaux de hautes salinité, stockées dans des réservoirs d'hiver, seront distribuées dans les tables saunantes lors de la nouvelle année de production.

La répartition des salins en Méditerranée.



Salins opérationnels ■ >1000 ha ■ 500 à 999 ha ■ 100 à 499 ha ■ <100 ha ■ superficie inconnue
 Salins de statut inconnu ● >1000 ha ● 500 à 999 ha ● 100 à 499 ha ● <100 ha ● superficie inconnue

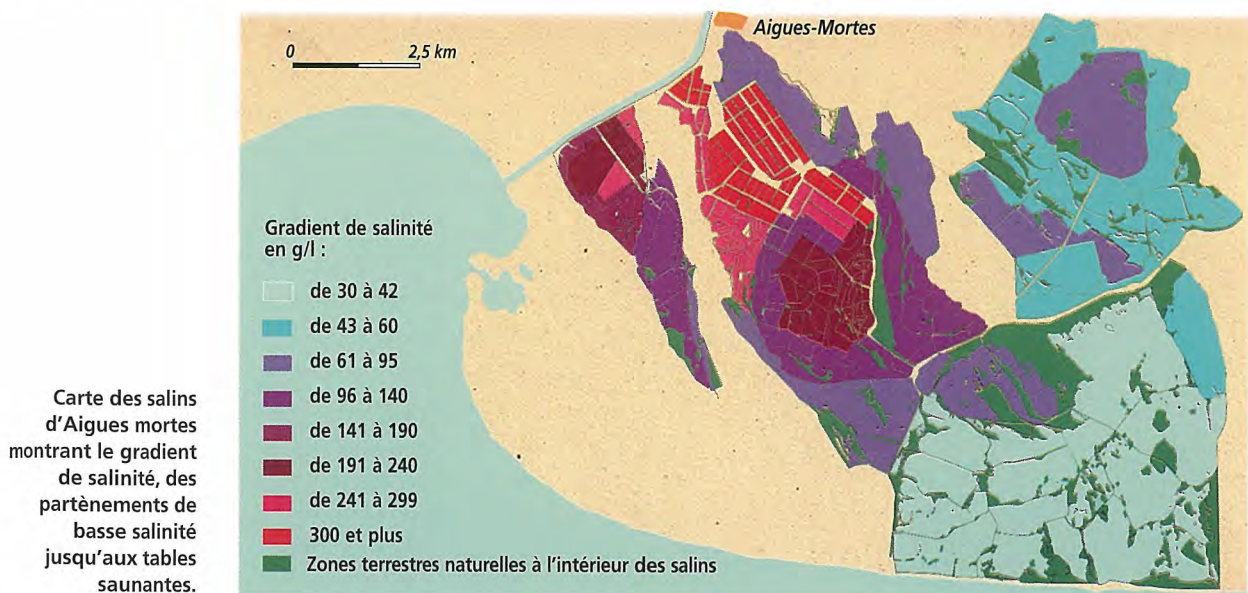
Situation actuelle des salins méditerranéens

Les salins modernes de Camargue

Au cœur de la Camargue (France), vaste zone deltaïque formée par les alluvions du Rhône, s'étendent les deux plus grands salins d'Europe. A l'est, le salin de Giraud est un complexe d'environ 12 000 ha de digues, canaux et partènements, dont les plus petits s'étendent sur 1 à 2 ha et les plus grands, sur 1 000 ha. Créé dans la seconde moitié du XIXe siècle pour répondre aux besoins de l'industrie chimique, (notamment pour la fabrication du savon de Marseille), sa superficie a été multipliée par 4 à partir de 1953 par endiguement de marais littoraux et de lagunes. A l'ouest, le salin d'Aigues-Mortes est en activité depuis l'Antiquité ; son activité s'est développée progressivement et 17 petits salins artisanaux étaient recensés au XVIIe siècle. Au XIXe siècle (1856), ils fusionnent avant de connaître, au cours du siècle suivant, une transformation due à la demande croissante en sel. C'est aujourd'hui un salin moderne de près de 11 000 ha qui produit pour l'essentiel un sel de qualité alimentaire.

Ces deux salins offrent une succession de paysages, selon une artificialisation croissante, du milieu lagunaire aux bassins nivelés et endigués à forte salinité. Les différences qu'ils affichent sont liées à l'histoire géomorphologique du delta. Dans le premier, situé sur d'anciens lits du Rhône, domine un faciès argilo-limoneux et seule, la frange littorale présente des dunes sableuses. Dans le second, plus éloigné du Rhône, le faciès sablo-limoneux permet le développement de dunes boisées en pins parasols, ceinturant des lagunes.

Outre le contrôle des pompages à la mer, de la circulation et des densités des saumures, le bon fonctionnement du salin dépend des conditions météorologiques. Défavorables en hiver, elles ne permettent qu'une seule récolte en fin d'été. De plus, la défense du front de mer doit interdire l'intrusion d'eau marine de moindre salinité. Des digues côtières renforcées par des enrochements ont donc été construites et, plus récemment, des épis perpendiculaires au rivage destinés à fixer le sable et à stabiliser le cordon dunaire.





Les salins inactifs et les salins transformés

Les salins inactifs désignent ceux qui ne produisent plus de sel depuis, au moins, une quarantaine d'années. Ils peuvent être divisés en deux catégories, selon l'état de conservation de leurs infrastructures. Il arrive aussi que ces salins aient été transformés, si bien qu'il est difficile de retrouver leur trace dans le paysage.

Les salins inactifs

Les premiers salins mis en sommeil ont été les salins rudimentaires et artisanaux ; plus récemment, quelques petits salins modernes ont aussi cessé leur activité.

Les lois économiques régissant le marché du sel conduisent à l'arrêt de la production dans certains salins. C'est le cas de nombreux petits salins du nord de la Méditerranée. Dépendants des exigences du marché, les travaux d'entretien des digues, le nivellement des partènements, les frais de pompage et de mécanisation de la récolte leur ôtent toute compétitivité face à des sels autres que le sel marin. Certains salins, inactifs depuis au moins 40 ans, montrent une forte dégradation des bâtiments et du réseau hydraulique ; d'autres témoignent d'une activité intermittente à l'instar des salins d'Hyères où l'activité, interrompue entre 1967 et 1982, a ensuite été relancée jusqu'en 1995. Contrairement aux premiers, ces salins conservent des infrastructures intactes permettant une possible reprise d'activité. Leur inactivité est souvent caractérisée par l'absence de circulation d'eau. Cependant, les précipitations contribuent à l'inondation des partènements, sauf en été suite à la forte évaporation.

Les salins transformés

La tendance à l'arrêt de production de sel est renforcée par la concurrence qu'exercent, sur le même espace littoral, l'urbanisation et l'industrialisation, en forte progression ces dernières années. Ainsi, certains salins ont été transformés pour satisfaire à d'autres activités. Ces mutations peuvent conduire à une destruction totale du site, alors comblé, où subsistent quelques vestiges (digue, piquets de soutènement...). En apparence moins destructive, la transformation des salins en fermes aquacoles est un phénomène qui prend de l'ampleur depuis une vingtaine d'années. Peu élevés, les prix d'achat et d'entretien sont couverts par la vente du poisson et les subventions de l'Union Européenne. En aquaculture artisanale, seule une partie du salin est consacrée à l'activité, si bien que le site conserve son apparence, ce qui n'est pas le cas en aquaculture intensive.

Situation actuelle des salins méditerranéens

Les salins dans l'espace méditerranéen

Si l'activité salinière se perpétue dans l'ensemble du bassin méditerranéen, c'est le rivage septentrional qui, paradoxalement, affiche l'essentiel de la production ainsi que le plus grand nombre de salins inactifs.

La répartition géographique des salins

Hormis les salins primitifs localisés sur les îles et en Méditerranée orientale, les salins évitent les côtes rocheuses. Des salins rudimentaires et artisanaux sont recensés dans le sud et l'est de la Méditerranée. D'autres salins artisanaux et les salins modernes sont concentrés sur le littoral septentrional, à l'exception de quelques salins modernes récents en Algérie, Tunisie et Egypte.

La concentration de la production salinière

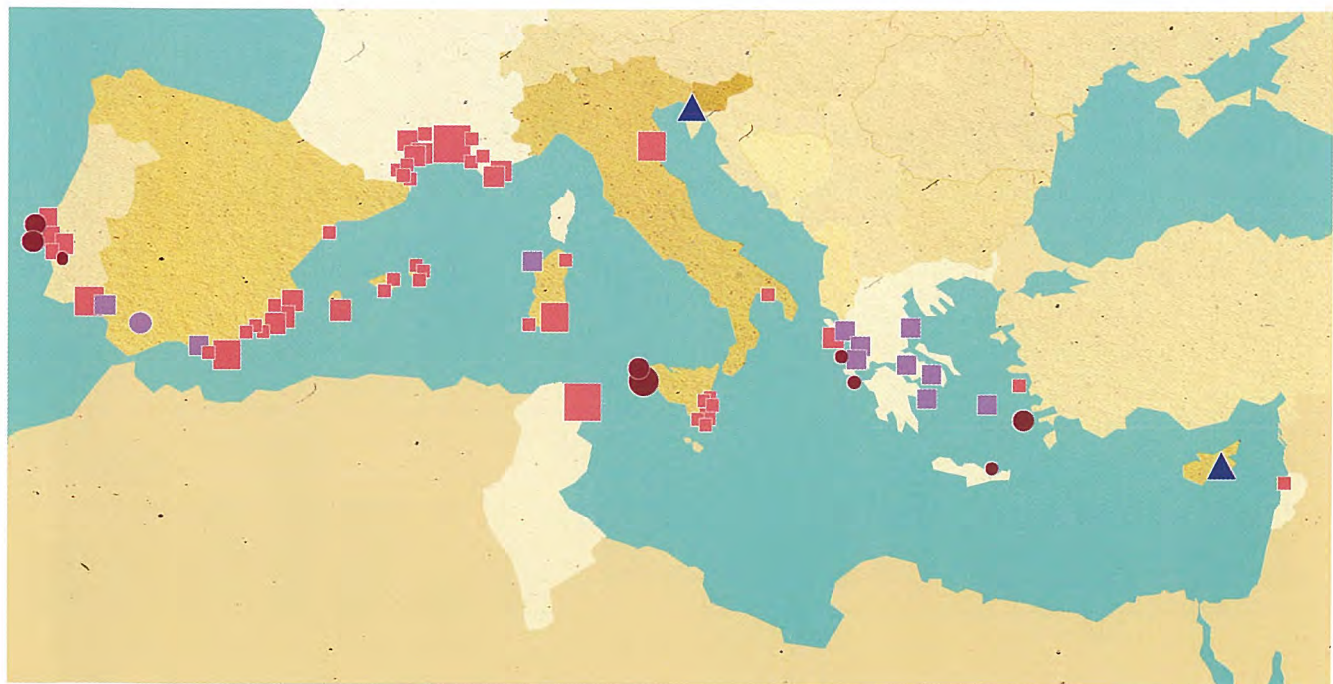
Sur 168 sites saliniers connus, les informations recueillies concernent 165 salins, soit 90 en production, 64 inactifs et 11 transformés, répartis dans 18 pays méditerranéens. Elles mettent l'accent sur une concentration des salins le long des côtes du centre et du nord de la Méditerranée.

Ces données proviennent d'une enquête réalisée par les auteurs auprès de personnes citées dans les remerciements.

Pour certains pays, les données de plusieurs salins sont rassemblées en une seule zone de production : Turquie, Italie, Portugal. Au Liban aussi, sont relevés de nombreux petits salins côtiers.

Pour la Syrie et la Libye, les données ne sont pas disponibles. Ainsi, le nombre de salins est plus élevé que celui déclaré.

De nombreux salins de petite taille ont été transformés en aquaculture ou mis en sommeil.



Salins inactifs



>1000 ha



500 à 999 ha



100 à 499 ha



<100 ha



superficie inconnue

Salins transformés en aquaculture



>1000 ha



500 à 999 ha



100 à 499 ha



<100 ha



superficie inconnue



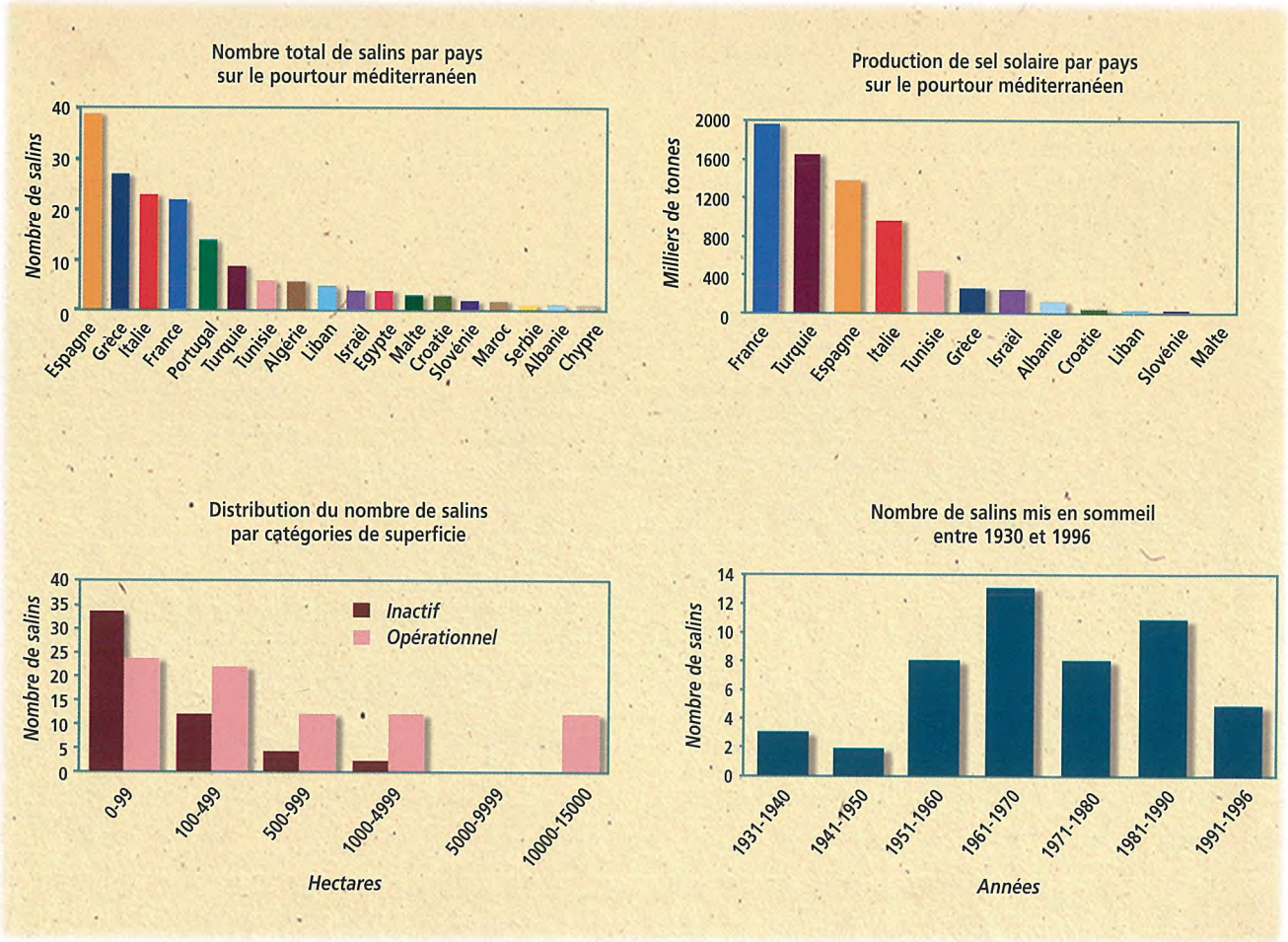
Salins en réserve naturelle

Sur les 90 salins actifs, 75,5 % se situent dans les pays du centre et du nord de la Méditerranée. L'Espagne, la Grèce, l'Italie, la France et le Portugal détiennent 77 % des salins méditerranéens ; ils sont suivis par la Turquie, l'Algérie et la Tunisie.

Les superficies couvertes par les salins varient considérablement, depuis le salin rudimentaire de 1 ha jusqu'au grand salin moderne de 12 000 ha.

La production totale annuelle de sel de la Méditerranée avoisine les 7 millions de tonnes. La France est le premier producteur avec environ 1,5 million de tonnes, suivie par la Turquie, l'Espagne et l'Italie. Ces quatre pays produisent 84 % du sel méditerranéen. La production est ainsi concentrée dans un petit nombre de pays (et de salins) : par exemple, la Grèce, qui possède plus de salins que la France, présente une surface et une production très inférieures.

Frappant surtout les petits salins, le mouvement de fermeture ou de suspension de production de sel a débuté dans les années 1930 en



Situation actuelle des salins méditerranéens

Les salins abandonnés de Cruzhina, Portugal sont d'excellents milieux pour l'alimentation et la nidification des oiseaux d'eau.



J. Walmsley

réponse à un souci d'amélioration de la productivité ; simultanément, les grands salins ont été modernisés et leur capacité de production a plus que doublé. Pendant la période 1950-1990, le nombre des salins mis en sommeil a fortement augmenté. Nombreux dans les pays industrialisés, ils sont rares dans le sud et l'est où l'exploitation traditionnelle se perpétue.

Sur les 64 salins de ce type, 83 % affichent une surface totale de seulement 9 230 ha. C'est surtout au Portugal, en Sicile et en Grèce que des salins ont été transformés en fermes aquacoles : 6 des 8 fermes aquacoles récentes ont une surface de 457 ha. Enfin, aujourd'hui encore, peu de salins ont acquis le statut de réserve naturelle, à l'instar de celle de Chypre qui s'étend sur 450 ha.

Les salins méditerranéens présentent une grande diversité. Les salins productifs, essentiellement les salins artisanaux et les salins modernes, sont concentrés sur le littoral septentrional. Quant aux salins en sommeil, de nouvelles vocations les attendent, en particulier la transformation en réserves naturelles du fait de leur richesse biologique.



Richesse biologique des salins

Malgré leur image de milieux artificiels, les salins se révèlent être d'une grande richesse biologique.

Cette richesse est due non seulement à leurs caractéristiques de zones humides, mais aussi aux interventions humaines qui y assurent une circulation de l'eau ainsi qu'une relative tranquillité.

Situés sur la zone côtière, entre terre et mer, ils représentent un milieu peu profond, stable et prévisible malgré un climat méditerranéen souvent très variable d'une année à l'autre.

Les salins peuvent également comprendre d'importants milieux terrestres. Aigues-Mortes, France.

Les facteurs déterminant la richesse biologique des salins

Composés de lagunes, d'étangs et de bassins peu profonds, les salins sont des milieux relativement simples.

Cloisonnés, interconnectés et dotés d'un mode de fonctionnement comparable, ils présentent un gradient de salinité et d'artificialisation.

Les principaux facteurs écologiques

Les espèces animales et végétales des salins varient en fonction de leur localisation. Ainsi, le tadorne de Belon *Tadorna tadorna* de Méditerranée occidentale est remplacé par le tadorne casarca *Tadorna casarca* en Grèce. Mais, la diversification des milieux recensés dans un salin, ainsi que la richesse de ses peuplements floristiques et faunistiques, sont fortement liées à la superficie du salin qui influe sur trois facteurs écologiques principaux : le confinement* propre au compartimentage du salin, le régime hydrique et le gradient de salinité.

L'influence du confinement

Le plus souvent, les premiers partètements sont en communication avec la mer. Pourtant, leur richesse biologique est déjà inférieure à celle de la mer ; par ailleurs, dans un même partètement, la zonation des organismes marins montre un gradient entre le secteur le plus proche de l'entrée d'eau de mer et le plus éloigné, le plus riche et le plus pauvre respectivement.

La compartimentation des étangs conditionne la circulation de l'eau. Ici, les algues s'accumulent où l'eau stagne. Aigues Mortes, France.



Richesse biologique des salins

Le temps de confinement est exprimé comme le temps de renouvellement des éléments d'origine marine ou comme le temps mis par les éléments marins pour atteindre un point considéré.

En Camargue, par exemple, à une profondeur de 40-60 cm, les températures annuelles extrêmes varient de -6° C à +33° C.

Cette variation dans la diversité biologique relève de différents paramètres. Si elle est tout d'abord à mettre en relation avec la provenance de l'eau alimentant le salin (mer, lagune...), l'effet de confinement, quoique difficile à préciser dans le système salin, joue indéniablement. En effet, les importantes variations journalières de la température de l'eau (atteignant 14° C en été), du pH et de l'oxygène dissous diffèrent de celles rencontrées en mer, milieu plus vaste et plus stable.

Le mode d'introduction de l'eau dans le salin a aussi une influence, essentiellement sur les peuplements de poissons. En effet, si l'eau pénètre passivement par un chenal en utilisant le basculement des marées et les vents ou au moyen de roues à aubes, l'intrusion d'espèces marines est possible. En revanche, dans les salins modernes, les pompes à fort débit¹ permettent seulement l'entrée de larves de poissons, daurades *Sparus auratus* par exemple, qui se développent plus rapidement qu'en pleine mer. Mais, ces poissons ne peuvent généralement pas regagner le large pour accomplir leur reproduction.

L'influence du régime hydrique

Selon leur exposition et leur profondeur, les étangs peuvent présenter des surfaces exondées temporairement sous l'effet du vent, similaires aux zones intertidales* particulièrement propices à l'alimentation des limicoles.

Par ailleurs, dans les salins modernes, une exondation est pratiquée pour éviter que les pluies automnales et hivernales ne réduisent la concentration en sel, les eaux étant stockées dans les étangs les plus profonds. La partie de ces salins asséchée jusqu'à la saison de production suivante n'est pas



Les salins représentent une étape importante durant la migration des oiseaux d'eau ; ici, les sternes et les limicoles en Méditerranée.

J. Walmsley

¹ - 15m³/s pour un volume annuel de près de 80 millions de m³ aux salins de Giraud.

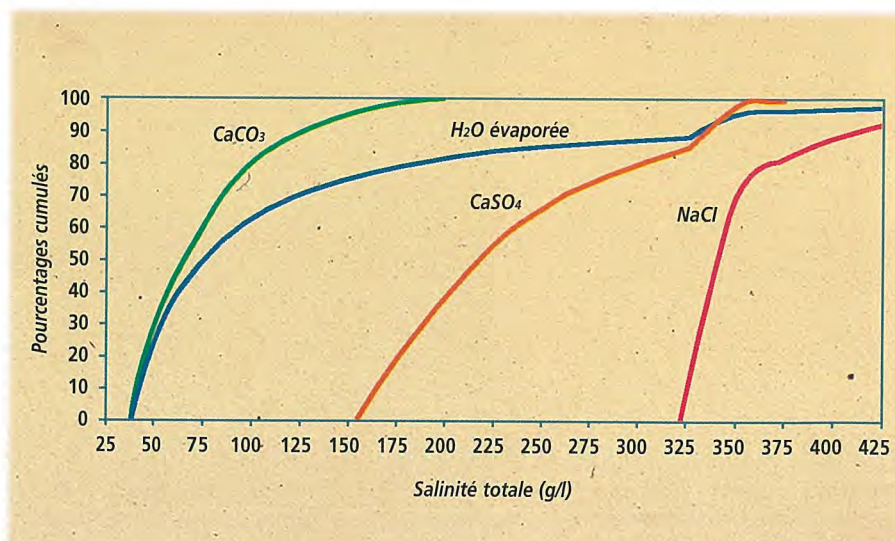
favorable aux espèces ne présentant pas de formes de résistance ou peu tolérantes à la dessiccation : macrophytes (*Althenia filiformis*), chironomes (*Chironomus salinarius*), annélides, mollusques et poissons.

L'influence du gradient de salinité

Le facteur prépondérant dans la diversité des espèces est la salinité. Contrairement aux lagunes, le gradient de salinité des salins ne s'exprime pas dans le temps, mais dans l'espace. Ainsi, la richesse spécifique de chaque bassin est fonction de sa position dans le circuit de l'eau et, donc, de sa salinité particulière. L'évaporation progressive de l'eau provoque la précipitation des sels dissous selon des gammes de solubilité. Par conséquent, la composition ionique de l'eau diffère d'autant plus de celle de l'eau de mer que les étangs sont éloignés de l'arrivée d'eau. Ces variations chimiques sont des contraintes physiologiques pour les organismes marins colonisateurs.

A partir d'une salinité totale de 70 g/l, se produisent des précipitations de carbonates, borates de calcium et composés ferriques. Présents en faible quantité, ils ne laissent aucun dépôt significatif au fond des étangs. La modification la plus spectaculaire survient à partir de concentrations voisines de 150 g/l. La précipitation du gypse (sulfate de calcium) forme une croûte qui recouvre le sédiment sur une épaisseur pouvant dépasser 10 cm en quelques années ; cette barrière physique entre l'eau et le substrat ajoute ses effets aux changements de la composition ionique de l'eau, entravant le développement de nombreux organismes. Enfin, dans les tables saunantes où la salinité totale avoisine 320 g/l, le chlorure de sodium précipite et se dépose sur le fond.

Chaque sel se dépose
à des moments différents selon
la concentration de la saumure.
L'évaporation de l'eau,
initialement rapide,
ralentit ensuite
D'après Usiglio, 1849



Richesse biologique des salins

La richesse biologique des salins

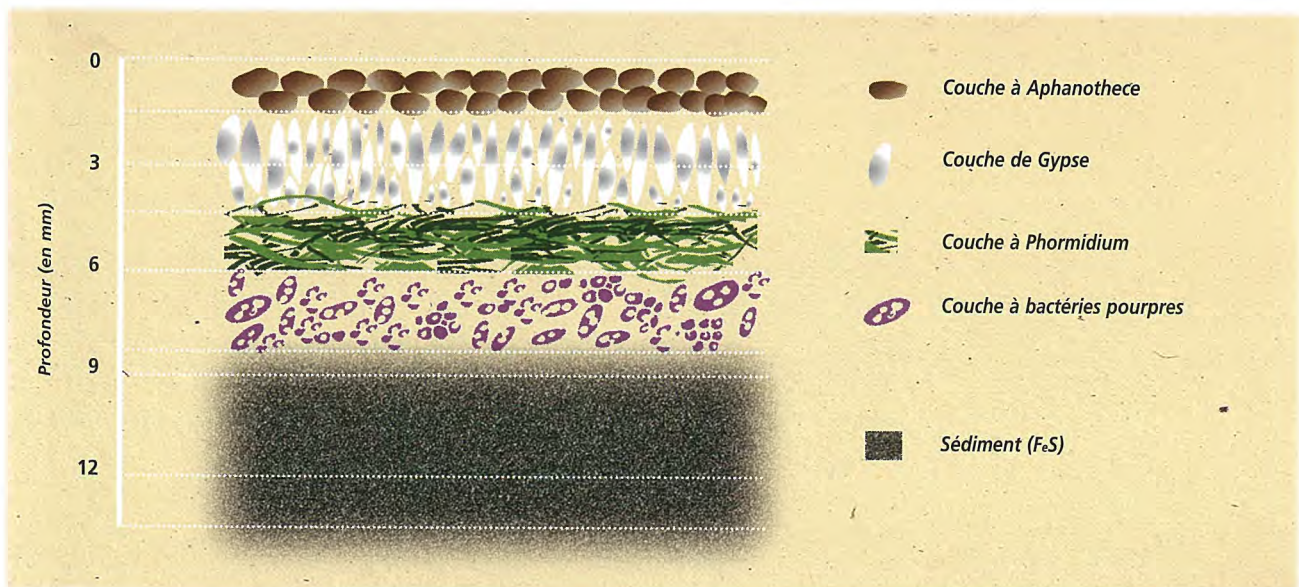
Parmi les peuplements faunistiques et floristiques qui caractérisent les salins et s'adaptent aux gradients de salinité et d'humidité, deux groupes sont prépondérants par leur productivité : les organismes unicellulaires et les invertébrés aquatiques. Ils sont les éléments incontournables d'une chaîne trophique qui permet la présence d'une avifaune variée et nombreuse.

Les organismes unicellulaires

Dans les salins, propices aux formes de vie aquatiques, le groupe des organismes unicellulaires planctoniques et benthiques est le plus représentatif. Sa composition est similaire à celle rencontrée dans les eaux salées d'origine marine ou continentale (lacs salés...) ; elle varie cependant selon les caractéristiques physico-chimiques de l'eau et du substrat.

Jusqu'à 130 g/l de salinité totale, les diatomées et les cyanobactéries dominent. La distribution de la cyanobactérie *Lyngbya estuarii*, limitée aux étangs temporaires ou aux places découvertes par le vent, semble contrôlée, dans les eaux permanentes, par la prédation du gastéropode *Hydrobia acuta*. Quant aux tapis de cyanobactéries (*Microcoleus chthonoplastes*, par exemple), bien qu'atteignant plusieurs centimètres d'épaisseur sur toutes les gammes de profondeur d'eau et de régime hydrique, leur développement est optimal entre 55 et 150 g/l de salinité.

Les tapis microbiens stratifiés sont les plus répandus dans les bassins de 70 à 140 g/l. Les sédiments sous-jacents manquent d'oxygène. D'après Caumette et al., 1994.





Le peuplement floristique est limité à des espèces très tolérantes au sel.

A partir de 150 g/l, la précipitation du gypse modifie le peuplement. La structure lamellaire caractéristique des habitats hypersalés est due au gradient vertical de la teneur en oxygène et de la lumière qui diminue avec la profondeur. Se succèdent, de haut en bas : une couche brune de cyanobactéries du groupe *Aphanothece* développant une forte activité photosynthétique ; la croûte de gypse dont la perforation dégage une forte odeur d'hydrogène sulfuré (H_2S) et sous laquelle l'appauvrissement en oxygène et en lumière diminue l'activité photosynthétique en condition aérobie le jour et anaérobie la nuit ; une couche verte de cyanobactéries filamenteuses à *Phormidium* ; une couche de sulfobactéries pourpres à *Chromatium* et à *Thiocapsa* contribuant à la réduction des sulfates à l'état de sulfures, grâce à l'activité des bactéries sulfato-réductrices du genre *Desulfovibrio*, présentes dans le sédiment.

Au-delà de 180 g/l, la production de l'algue chlorophycée unicellulaire *Dunaliella salina* et des bactéries autotrophes comme *Halobacterium* est importante. Elles sont à l'origine de la coloration rouge de l'eau des bassins les plus concentrés.

Les plantes aquatiques et terrestres

Les plantes aquatiques émergentes sont absentes des salins, la salinité du milieu dépassant leur seuil de tolérance¹. Cependant, les salins abandonnés soumis à l'inondation par les pluies ou gérés en eau douce pour l'activité cynégétique abritent les émergentes des marais faiblement saumâtres, comme les scirpes (*Scirpus lacustris*, *S. littoralis*, *S. maritimus*) et les joncs (*Juncus gerardi*, *J. maritimus*) ou celles des marais d'eau douce, tels que les roseaux (*Phragmites australis*).

Immergées sous l'effet du vent, les bordures d'étangs à pente douce sont colonisées par les espèces annuelles des marais littoraux : salicorne annuelle *Salicornia europea* et soudes (*Suaeda sp.*, *Salsola sp.*) ; dès que la salinité dépasse 40 g/l, elles se cantonnent sur les digues et les îlots, où croissent les végétaux succulents pérennes des sansouires*, dont la répartition est fonction de la salinité du substrat et de la protection qu'elles trouvent face aux embruns : salicornes en buisson *Arthrocnemum fruticosum* et glauque *A. glaucum*, obione *Halimione portulacoides*.

Le substrat et la localisation influencent aussi la distribution des espèces colonisatrices des points hauts, milieux particulièrement secs. Ainsi, sur les cordons dunaires séparant les salins de la mer ou sur les dunes fixées, croissent l'oyat *Ammophila arenaria*, l'immortelle des sables *Heliochrysum stoechas*, la camomille des sables *Anthemis maritima*, l'euphorbe des sables *Euphorbia paralias*, la canne de Ravenne *Erianthus ravennae*, le lis des sables *Pancratium maritimum* et la crucianelle maritime *Crucianella maritima*.

1 - Voir n° 6 dans la même collection

Richesse biologique des salins

Sur les stations les plus stabilisées, les formations forestières à pin parasol *Pinus pinea* et pin maritime *P. pinaster*, associées à des fourrés de genévriers *Juniperus spp.* et de filaires *Phillyrea angustifolia*, diversifient le paysage.

Les macrophytes immergées sont peu nombreuses, voire même absentes des étangs dont la salinité excède 70 g/l et rares dans ceux exondés en hiver. Les espèces les plus abondantes sont les ruppias, tels *Ruppia maritima* et *R. cirrhosa* qui peut former d'importants herbiers, tandis que *Althenia filiformis* et *Lamprothamnium papulosum* sont rares. Ces herbiers constituent d'une part, une importante ressource alimentaire pour les invertébrés et les oiseaux herbivores, comme le canard siffleur *Anas penelope*, et d'autre part, des abris pour les poissons. Avec une biomasse annuelle de 85 à 150 g/m² de matière sèche, leur productivité est relativement faible comparée à celle des macrophytes d'eau douce¹.

Lorsque la salinité avoisine 70 g/l, les algues chlorophycées peuvent être abondantes. Les *Chaetomorpha spp.* et *Cladophora sp.* forment des tapis sur sédiment dans les zones peu profondes ; *Chaetomorpha linum*, dont les filaments de 30 à 60 cm ne sont pas fixés au substrat, a peu d'exigences quant à l'éclairement. Regroupant les espèces en forme de tubes aplatis, les *Enteromorpha spp.* apprécient les biotopes riches en azote. En été, ces algues construisent de grands tapis flottants que le vent entasse sur les berges ; leur décomposition provoque une désoxygénation de la colonne d'eau et, par conséquent, une élimination locale de la faune aquatique. Elle favorise, en revanche, le développement des invertébrés, tels que les diptères chironomides (*Halocladus varians*).



Les floraisons printanières
sur les zones terrestres.

Salins, J.F. Dejonghe



De façon générale, la distribution des invertébrés dans un étang est hautement agrégative et sujette à d'importantes variations temporelles : l'absence d'une espèce sur un site peut, quelques jours plus tard, faire place à une grande abondance.

Le profil du peuplement change lors d'années humides : lorsque les étangs sont alimentés par les pluies hivernales, la salinité est alors nettement inférieure à celle de la période estivale. Il peut aussi être complété par l'intrusion d'espèces marines, telles que le copépode *Harpacticus littoralis*, ou d'eau douce, comme l'hémiptère *Sigara lateralis*.

Les invertébrés aquatiques

Si les invertébrés aquatiques occupent l'ensemble d'un salin, aucune espèce n'est présente partout : leur répartition dépend de la salinité de l'eau. Bien qu'une réduction du nombre d'espèces corrélativement à l'augmentation de la salinité soit observée, elle n'est pas linéaire et une chute importante de la diversité, accompagnée d'une augmentation de la biomasse, est enregistrée lors de deux événements physico-chimiques majeurs : la précipitation des carbonates, puis celle du gypse. Lorsque la salinité atteint 70 g/l, le copépode *Eurytemora velox*, le gammare *Gammarus inaequicaudata* et le diptère *Chironomus salinarius* ont disparu. Il en est de même des mollusques et des décapodes, dont le squelette et la coquille ne peuvent plus être fabriqués suite à la précipitation des carbonates.

Entre 70 et 150 g/l, le nombre d'espèces reste relativement stable. Au-delà, il décline : les sulfates de calcium précipitent, entraînant la disparition des cyanophycées *Microcoleus chthonoplastes* et, par conséquent, de leurs consommateurs comme le diptère *Halocladus varians* ou le copépode *Cletocamptus retrogressus* ; simultanément, leur prédateur, le coléoptère *Berosus spinosus*, disparaît.

Autres prédateurs, le diptère *Thinophilus achilleus* et le coléoptère *Potamonectes cerisyi* colonisent les étangs très salés, se nourrissant d'artémias (*Artemia sp.*). Avec l'augmentation de la salinité et la diminution du nombre d'espèces, la richesse des bassins varie peu au cours de l'année, surtout quand ils fonctionnent en réservoirs en hiver. Trois espèces résistent à des salinités supérieures à 280 g/l : le diptère *Thinophilus achilleus*, la mouche du sel *Ephydra bivittata* et les artémias. La densité de ces deux dernières est maximale à des concentrations supérieures à 150 g/l en raison du petit nombre de prédateurs alors présents ; en revanche, à des salinités inférieures à 70 g/l, elle est minimale, malgré des gammes de tolérance importantes, suite à la prédation des poissons.

Si l'étude menée pendant deux ans sur les salins de Giraud a mis en évidence la présence de vingt-cinq taxons rassemblant trente-quatre espèces, la densité en invertébrés aquatiques est apparue relativement faible, comparée à d'autres habitats salés, et confirme le statut oligotrophique* des salins. Par exemple, la densité moyenne du bivalve *Cardium glaucum* est de 31-1 525 individus/m² contre 430-6 070 individus/m² dans les lagunes mésohalines* proches. De même, la densité maximale de *Hydrobia acuta* est de 18 000 individus/m² en hiver dans les étangs permanents contre 50 000 individus/m² pour une espèce proche *H. ulvae* sur des vasières intertidales en Angleterre, à la même saison. Seuls, les artémias présentent une abondance analogue dans tous les milieux, soit environ 16 000 individus/m².

Richesse biologique des salins

Les espèces varient en fonction de la localisation géographique des salins. Par exemple, dans le salin d'Atlit (Israël), on recense des mollusques absents des salins de Giraud : *Paludinella littorina*, *Siphonaria krracheensis* et *Pirenella conica*, espèce indo-pacifico-méditerranéenne¹.

Dans les premières lagunes, dont la salinité est proche de celle de la mer, la richesse en invertébrés est restreinte aux espèces euryhalines*. Ainsi, la présence des crustacés *Crangon crangon* et *Carcinus mediterraneus* ou du ver polychète *Nereis diversicolor* dépend de l'immigration de larves depuis le milieu marin. Cependant, les amplitudes thermiques quotidiennes de l'eau et la dessiccation sont des facteurs limitants dans le déroulement des cycles de vie. L'effet de cette dernière dans les lagunes asséchées en hiver est déterminant : tandis que pour résister, le mollusque *Hydrobia acuta*, le copépode *Cletocamptus retrogressus* et le coléoptère *Berosus spinosus* s'enfouissent dans le sédiment, les annélides, les copépodes *Canuella perplexa* et *Laophonte setosa*, l'amphipode *Gammarus inaequicaudata*,

Les artémias : une ressource naturelle et économique²

Inféodés aux étendues d'eau salée, temporaires ou permanentes, les artémias, dont on distingue six espèces ou super-espèces, sont des crustacés phyllopodes répandus sur toute la planète, à l'exception de l'Antarctique. Dans le bassin méditerranéen, prolifèrent *Artemia tunisiana*, espèce endémique de la Méditerranée qui se cantonne au sud du 40° de latitude et *Artemia parthenogenetica*, espèce européenne qui se retrouve dans l'ensemble de la région³. Avec la productivité la plus forte de tous les invertébrés des salins, ils sont un maillon indispensable de la chaîne trophique. La dynamique de leurs populations est fonction de la salinité et de la température. D'une part, leur densité augmente jusqu'à une salinité de 240 ‰, puis décroît. D'autre part, dans les salins du nord de la Méditerranée, les artémias passent l'hiver sous forme de cystes⁴ ; à partir de mars, l'élévation de la température et les pluies provoquent leur éclosion qui conduit au développement de cinq générations au minimum pendant l'été. La rapide succession des phases de développement (environ quinze jours) explique l'étonnante



Salins

Les artémias sont à la base de l'alimentation de la plupart des oiseaux d'eau.

productivité des artémias dont les densités dépassent 100 000 individus/m³ en conditions optimales. Fin mai, l'extinction du bloom phytoplanktonique, base de la nourriture des artémias, réduit la croissance des populations et les premiers cystes apparaissent.

Appréciés de nombreux oiseaux d'eau (flamant rose, avocette élégante...), les artémias contribuent à la richesse avifaunistique des salins. Si leur élevage en condition contrôlée n'est pas, à ce jour, économiquement viable, leur commercialisation en aquariophilie et en aquaculture, qui a débuté aux USA en 1950, met à profit leur productivité ; en 1988, la World Aquaculture Society estimait la production mondiale de cystes d'artémias à 250 t/an.

1 - Ortal, 1997

2 - Browne et al., 1991

3 - Browne, 1988

4 - MacDonald & Browne, 1989

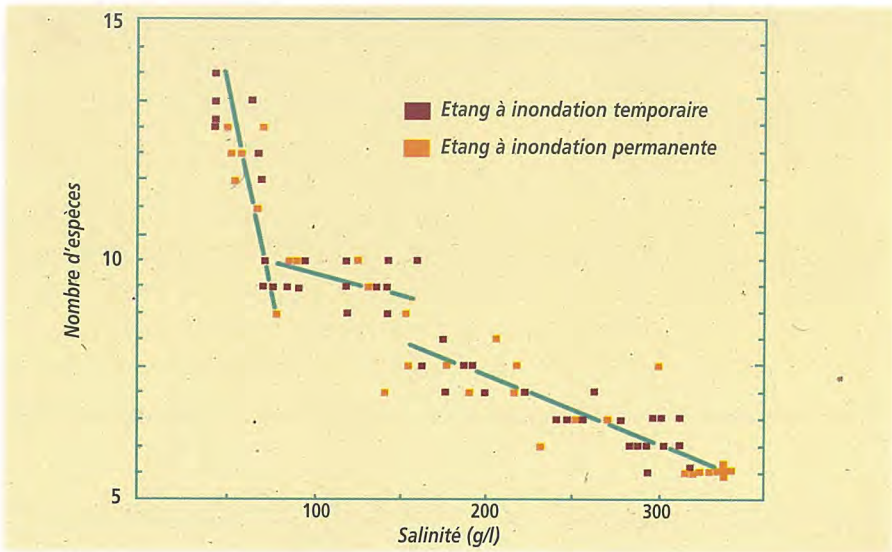
Liste des invertébrés inventoriés
dans les salins de Giraud
selon les moyennes (min-max)
des salinités en g/l.
Britton & Johnson, 1987.

sans stade de résistance, disparaissent ; leur présence au printemps s'explique par une recolonisation à partir des étangs permanents. Des mollusques survivent en fermant leur opercule, ce qui les isole de l'extérieur. Quant au diptère *Chironomus salinarius* et au copépode *Neocyclops salinarum*, leur tolérance à la salinité augmente simultanément à la baisse de la température de l'eau en hiver.

Familles	Espèces	Été	Hiver sec	Hiver humide
Turbellaria	• <i>Macrostomum appendiculatum</i> • <i>Monocelis lineata</i>	91 (40-166)	81 (25-153)	57 (25-117)
Nematoda	• Non identifié	-	-	41 (31-52)
Annelida		113 (40-284)	97 (25-200)	63 (25-141)
	Oligochaeta			
	• <i>Tubificidae</i> non identifié	46 (40-54)	-	45 (30-86)
	Polychaeta			
	• <i>Nereis diversicolor</i> • <i>Spionidae</i> non identifié	49 (40-63)	119	34 (26-41)
Mollusca		-	-	28 (25-31)
	Lamellibranchiata			
	• <i>Abra ovata</i> • <i>Cardium glaucum</i>	52 (40-63)	68 (46-111)	50 (30-70)
		51 (40-66)	62 (45-111)	47 (26-70)
	Prosobranchiata			
	• <i>Hydrobia acuta</i>	54 (40-84)	81 (46-143)	84 (30-89)
Crustacea				
	Decapoda			
	• <i>Carcinus mediterraneus</i> • <i>Crangon crangon</i>	49 (40-52)	-	31
		55 (40-66)	-	-
	Mysidacea			
	• Non identifié		40	-
	Amphipoda			
	• <i>Corophium</i> sp. • <i>Gammarus inaequicaudata</i>	-	-	39 (26-52)
		51 (40-68)	-	33 (25-31)
	Anostraca			
	• <i>Artemia</i> sp.	211 (68-320)	-	91 (39-104)
	Ostracoda			
	• <i>Cyprideis littoralis</i>	56 (40-84)	90 (46-143)	48 (25-89)
	Copepoda			
	• <i>Calanipeda aquae-dulcis</i> • <i>Canuella perplexa</i> • <i>Cletocamptus retrogressus</i> • <i>Eurytemora velox</i> • <i>Harpacticus littoralis</i> • <i>Laophonte setosa</i> • <i>Metis ignea</i> • <i>Neocyclops salinarum</i> • <i>Copepoda</i> non identifié	-	-	25
		46 (40-54)	-	41 (27-54)
		99 (40-207)	90 (22-217)	61 (25-134)
		48 (40-64)	-	42 (40-56)
		-	-	39 (30-52)
		40	-	39 (30-52)
		45 (40-54)	67 (46-89)	32 (27-40)
		50 (40-66)	95 (59-119)	53 (25-100)
		-	-	41 (30-52)
Insecta				
	Hemiptera			
	• <i>Sigara lateralis</i>	-	-	59
	Coleoptera			
	• <i>Anacaena bipustulata</i> • <i>Berosus spinosus</i> • <i>Potamonectes cerisyi</i>	63 (50-74)	-	-
		88 (40-152)	95 (22-160)	44 (25-59)
		115 (40-284)	85 (22-160)	52 (25-89)
	Diptera			
	• <i>Chironomus salinarius</i> • <i>Halocladus varians</i> • <i>Halocladus stagnorum</i> • <i>Ephydra bivittata</i> • <i>Ephydra glauca</i> • <i>Thinophilus acbilleus</i>	58 (36-63)	78 (46-119)	61 (40-89)
		84 (40-152)	75 (18-143)	60 (25-122)
		?	-	-
		176 (40-284)	94 (84-147)	86 (25-162)
		?	-	-
		163 (50-287)	94 (22-218)	71 (25-161)

Richesse biologique des salins

Le nombre d'espèces capables de survivre baisse rapidement au fur et à mesure que la salinité augmente. Britton & Johnson, 1987.



Liste des poissons observés dans les salins de Giraud. Britton & Johnson, 1987

Familles	Espèces	Familles	Espèces
Clupeidae	• <i>Sardina pilchardus</i>	Serranidae	• <i>Dicentrarchus labrax</i>
Anguillidae	• <i>Anguilla anguilla</i>	Sparidae	• <i>Sparus auratus</i> • <i>Sargus rondeletti</i> • <i>Sargus annularis</i>
Belonidae	• <i>Belone belone</i>	Gobiidae	• <i>Pomatoschistus sp.</i> • <i>Gobius sp.</i>
Syngnathidae	• <i>Syngnathus abaster</i> • <i>Syngnathus acus</i>	Pleuronectidae	• <i>Platichthys flesus</i>
Mugilidae	• <i>Mugil cephalus</i> • <i>Mugil ramada</i> • <i>Mugil auratus</i>	Soleidae	• <i>Solea vulgaris</i>
Atherinidae	• <i>Atherina boyeri</i>		

Des poissons dans les salins

Athérines *Atherina spp.*, muges *Mugil spp.* et aphanis *Aphanius spp.*, le plus souvent des juvéniles, fréquentent les salins jusqu'à une salinité de 70-80 g/l. En Méditerranée, l'espèce la plus fréquente est *Aphanius fasciatus*, très euryhaline. Une étude¹ menée à Messolonghi (Grèce) a montré que la population d'*Aphanius* résidant dans les salins a une durée de vie plus courte, un taux

de croissance plus faible et une mortalité plus élevée que celle de deux lagunes voisines dont la salinité (10-24 g/l) est inférieure à celle des salins (19-80 g/l). De plus, la température de ces derniers atteint 39 °C en juillet, proche de la température létale de l'espèce, alors qu'elle ne dépasse pas 29 °C dans les lagunes. D'une façon générale, les salins sont donc des milieux marginaux pour les poissons.

1 - Leonardos et al., 1996



Les oiseaux¹

Au cœur d'un littoral dégradé, les salins font figure d'habitats peu perturbés, variés, biologiquement productifs et fonctionnels. Au plan de la diversité biologique comme de l'intérêt patrimonial, ils revêtent donc une importance capitale pour la conservation de l'avifaune en Méditerranée. Ainsi, en 1997, le goéland d'Audouin *Larus audouinii*, endémique au bassin méditerranéen, y est réparti en une cinquantaine de colonies comptant plus de 19 000 couples². Le delta de l'Ebre (Espagne) est la principale zone de nidification avec environ 11 700 couples ; les salins de la Trinitat sont aujourd'hui essentiels à l'espèce puisqu'elle y concentre 70 % de ses effectifs. Quelques couples isolés fréquentent aussi les salins de Sardaigne.

Extrêmement mobiles, les oiseaux demandent de vastes territoires pour satisfaire leurs besoins vitaux, alimentation et reproduction. Leur fréquentation d'un salin dépend donc de la tranquillité qu'ils y trouvent, ainsi que de sa localisation par rapport aux routes de migration ou à la richesse des milieux alentours. Ceci explique partiellement que la diversité avifaunistique d'un salin sur un littoral fortement anthropisé (Hyères en France, par exemple) soit moindre que celle d'un salin situé au cœur de vastes territoires biologiquement riches : deltas du Rhône, de l'Ebre, du Pô, de l'Evros, Thyna (golfe de Gabès en Tunisie).

Le goéland railleur est une espèce en expansion en Méditerranée qui colonise principalement les salins.



J. Walmsley

La valeur des salins pour l'avifaune

La transformation d'une zone humide en salin n'ayant pas fait l'objet d'études d'impact, la valeur des milieux saliniers pour l'avifaune ne peut être révélée qu'au regard des peuplements d'oiseaux d'habitats comparables.

Ainsi, la Camargue recèle deux milieux laguno-marins caractéristiques : les salins et les étangs inférieurs du Vaccarès, zone endiguée qui comprend une grande lagune et une mosaïque d'étangs temporaires et de sansouires dont le fonctionnement hydraulique, à la différence des salins, varie selon les années ; ils sont intégrés dans deux zones protégées où, à l'instar des salins, le dérangement est faible.

Les suivis menés depuis plus de 40 ans et une enquête auprès d'ornithologues ont permis de dresser, en première approximation, les abondances moyennes des oiseaux reproducteurs. Sur cent trois espèces reproductrices présentes en Camargue, soixante nichent dans la zone laguno-marine. La moitié d'entre elles a une abondance comparable sur les deux milieux tandis que 16 sont plus nombreuses dans les salins.

Les étangs inférieurs accueillent onze espèces d'eau douce à faiblement saumâtre, peu abondantes, qui ne nichent pas dans les salins, telles que la poule d'eau *Gallinula chloropus* ou le bruant des roseaux *Emberiza schoeniclus*.

A l'inverse, les salins abritent neuf espèces absentes de la zone précédente par manque de sites de nidification appropriés : corps de bâtiment pour la tourterelle turque *Streptopelia decaocto*, talus verticaux pour le guépier



J. Roché

La bergeronnette printanière, *Motacilla flava* est une espèce nicheuse commune dans les salins.

d'Europe *Merops apiaster*, îlot de nidification artificiel pour le flamant rose. Deux espèces sont mieux représentées dans les étangs inférieurs, en relation certainement avec la plus grande superficie de zones à salicornes (fauvette à lunettes *Sylvia conspicillata*) ou arbustives (rossignol *Luscinia megarhynchos*).

En revanche, les salins paraissent plus importants pour six espèces d'oiseaux d'eau (tadorne et limicoles) en raison de leur préférence alimentaire et des caractéristiques de leurs sites de nidification. Enfin, dix des quinze espèces les plus abondantes dans les salins sont des charadriiformes* et neuf d'entre elles sont coloniales.

Ce constat illustre la grande richesse avifaunistique des salins, comparable à celle de milieux proches. Il ne doit pas cependant oblitérer le fait qu'il s'agit d'un instantané ne prenant pas en compte la pérennité des effectifs dans le temps et l'importance de la dynamique des habitats sur la structuration des peuplements¹. Il apparaît, de plus, que chaque site présente des spécificités, telle que la présence d'une strate arbustive plus ou moins importante, qui induisent des différences dans le peuplement et ne sont pas généralisables.

1 - Voir chapitre "Gestion des salins et avifaune", pages 60-63

Des zones d'alimentation pour les oiseaux d'eau

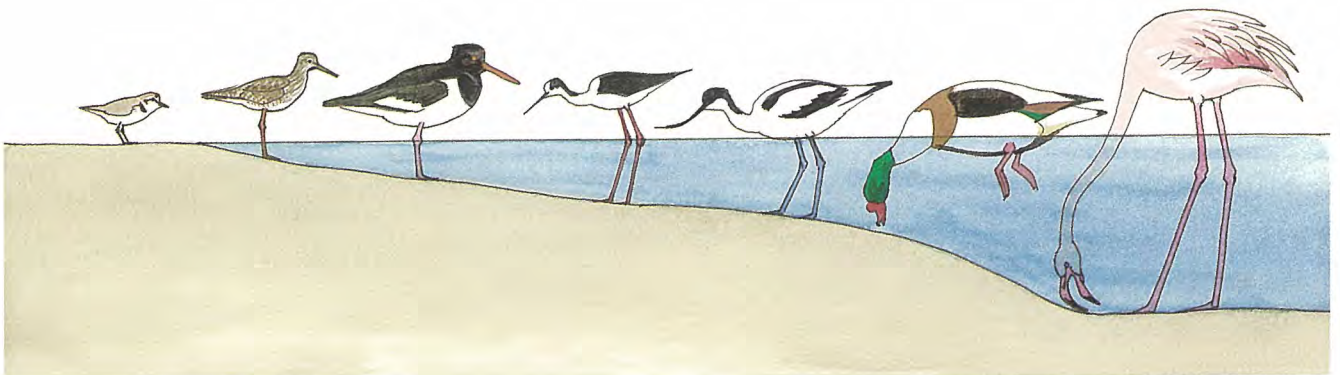
Le partage des ressources entre les espèces d'oiseaux exploitant les salins en tant que sites d'alimentation contribue à leur diversité. En effet, certains sont herbivores, d'autres piscivores, d'autres encore amateurs d'invertébrés ; surtout, ils exploitent toute la colonne d'eau, leur morphologie spécifique induisant des techniques de chasse différentes.

Une nourriture disponible et accessible

Dans les salins actifs, le cycle d'inondation est l'inverse de celui des zones humides naturelles. La présence d'eau, peu profonde et permanente au printemps et en été, assure une nourriture abondante sur des sites qui, normalement, devraient s'assécher progressivement. En améliorant la disponibilité et l'accessibilité de la nourriture, cette gestion de l'eau favorise la fréquentation de l'avifaune.

Chaque espèce recherche les étangs dont la salinité permet le développement de sa ressource alimentaire. Mais le compartiment de l'espace qu'elle occupe est fonction de sa morphologie et de sa technique de chasse. Ainsi, un flamant rose se nourrit des mêmes invertébrés qu'une avocette élégante ou qu'un bécasseau *Calidris sp.*, mais la longueur de ses pattes lui permet d'exploiter des eaux plus profondes. La prédation par les limicoles est ainsi maximale pour des

A chacun sa profondeur !
Illustration : S. Nicolle



Richesse biologique des salins

hauteurs d'eau de 0 à 18 cm. Les sternes, qui plongent sur les poissons, recherchent des eaux claires pour repérer leurs proies. En revanche, la spatule *Platalea leucorodia*, grâce à un bec aplati doté de sensibilité tactile, pêche dans des eaux troubles. En permettant le partage des ressources, cette ségrégation liée à l'espace et au régime alimentaire explique la diversité du peuplement d'oiseaux des salins.

Les oiseaux herbivores

Les oiseaux herbivores, canards et foulques, sont faiblement représentés à cause de la rareté de la végétation émergée. Cependant, la foulque macroule *Fulica atra* se nourrit principalement de cyanobactéries, le canard siffleur et le canard colvert *Anas platyrhynchos* de ruppias. En hiver, des rassemblements de plusieurs milliers de canards se forment. En l'absence d'une activité cynégétique importante, ils utilisent les salins comme remises*, à partir desquelles ils rejoignent les gagnages* au crépuscule, le plus souvent des marais d'eau douce voisins.

Les oiseaux piscivores

Parmi les oiseaux se nourrissant de poissons, les piscivores stricts se distinguent des espèces plus généralistes. Les premiers, principalement des espèces nordiques fréquentant les salins en hiver ou en cours de migration, sont peu abondants et se cantonnent sur les étangs les moins salés. Ce sont les grèbes, tel que le grèbe huppé *Podiceps cristatus*, les harles, comme le harle huppé *Mergus serrator*, et le grand cormoran *Phalacrocorax carbo*.

En Méditerranée orientale, le cormoran pygmée *Phalacrocorax pygmeus*, le pélican blanc *Pelecanus onocrotalus* et le pélican frisé *P. crispus* fréquentent aussi les salins, souvent comme zone de repos.

Strictement piscivores, la sterne pierregarin *Sterna birundo* et la sterne naine *Sterna albifrons* repèrent, en volant au-dessus de l'eau, des athérines sur lesquelles elles plongent ; outre les lieux de pompage ou de circulation d'eau entre deux étangs où elles capturent leurs proies à partir de vols stationnaires, elles pêchent à quelques encablures du rivage.

Si la sterne caugek *Sterna sandvicensis* se reproduit dans les salins, elle se nourrit en pleine mer sur les bancs de poissons pélagiques (sardine *Sardina pilchardus*, anchois *Engraulis encrasicolus*...). La présence de ces oiseaux dans les salins est donc liée aux ressources halieutiques marines voisines.

Rassemblés en dortoirs de plusieurs centaines d'individus sur les îlots des salins français, les cormorans pêchent le matin dans les marais d'eau douce et saumâtre. Excellents nageurs, ils capturent d'autant plus aisément leurs proies que les eaux sont claires et peu profondes.

Les hérons

Chasseur solitaire de crustacés et de larves de coléoptères, de batraciens et de poissons dans les marais d'eau douce, l'aigrette garzette *Egretta garzetta* forme des rassemblements de plusieurs dizaines d'individus lors de la vidange des étangs, s'emparant des poissons pris au piège. Une glande nasale lui permet d'évacuer le sel excédentaire ; la plupart des autres hérons (héron crabier *Ardeola ralloides*, héron bihoreau *Nycticorax nycticorax*, héron pourpré *Ardea purpurea*), ne possédant pas ce caractère anatomique, sont absents des salins.

Contrairement à l'aigrette garzette, le héron cendré *Ardea cinerea* capture des proies d'assez grande taille, des muges de 30 cm par exemple. Les ardéidés* pratiquent une pêche à l'affût du haut de leurs longues pattes, arpentant les eaux peu profondes ou les bords



Salins, J.F. Dejonghe

L'aigrette garzette se nourrit de poissons et de crevettes dans les salins.

des étangs. L'aigrette garzette est cependant capable de pêcher en eau trouble en effectuant un repérage tactile avec ses pattes.

La nidification de ces hérons arboricoles dans les salins est liée à la présence de bosquets comme les pinèdes de bord de mer¹. La taille de la colonie dépend aussi de la proximité de marais d'eau douce ou saumâtre, dont la productivité complète celle des salins.

Les oiseaux piscivores généralistes changent de régime alimentaire et d'habitat d'alimentation en fonction de la disponibilité des proies. Opportunistes, les laridés, comme le goéland railleur, adaptent leurs méthodes à la situation : plonger à la manière des sternes, marcher en eau peu profonde comme les hérons, racler le substrat avec le bec pour y capturer les poissons envasés... ; ils possèdent aussi une technique propre : nager, puis basculer rapidement de la tête ou du corps pour capturer les poissons.

Les oiseaux consommateurs d'invertébrés

La richesse biologique des salins reposant en grande partie sur les invertébrés, les oiseaux d'eau qui s'en nourrissent sont caractéristiques du milieu. Ainsi, en est-il de 26 des 33 espèces de limicoles les plus courantes de Méditerranée occidentale, à l'exemple des 40 à 50 % des 25 000 limicoles hivernants de la Bahia de Cadiz (sud-ouest de l'Espagne) qui exploitent les salins². Les autres espèces sont préférentiellement inféodées aux zones steppiques (pluvier guignard *Eudromias morinellus*, oedicnème criard *Burhinus oedicnemus*), aux

1 - Voir n° 4 dans la même collection

2 - Perez-Hurtado, 1995

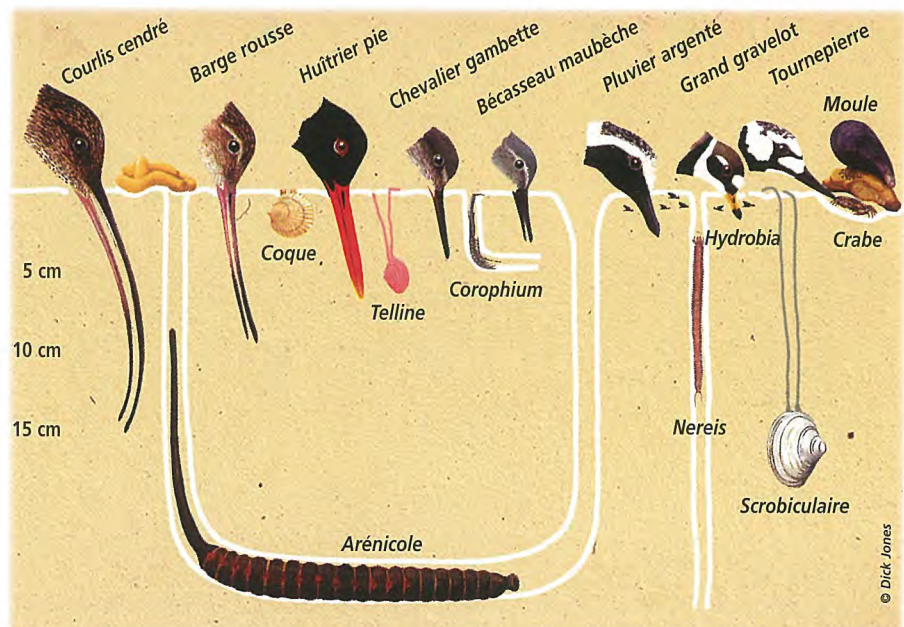
Richesse biologique des salins

marais d'eau douce (chevalier sylvain *Tringa glareola*, glaréole à collier *Glareola pratincola*, bécassine des marais *Gallinago gallinago*) ou aux prairies (vanneau huppé *Vanellus vanellus*).

La répartition de ces oiseaux en quête de nourriture sur le salin reflète la répartition des invertébrés constituant leur régime alimentaire. La forme et la longueur de leur bec, la taille de leurs pattes sont autant d'adaptations à la capture de leur proie préférentielle. Ces spécificités sont à l'origine de techniques de chasse variant selon les espèces et expliquent comment les limicoles se rassemblent en groupes multi-spécifiques pratiquant une compétition limitée. Se nourrissant de bivalves (*Cardium* sp), l'huîtrier pie *Haematopus ostralegus* partage les bassins de faible salinité avec la barge rousse *Limosa lapponica*, le courlis cendré *Numenius arquata* et le courlis corlieu *N. phaeopus* qui utilisent leur long bec pour extraire les vers de la vase. Comme le pluvier argenté *Pluvialis squatarola*, ces derniers se nourrissent aussi de mollusques, de décapodes ou de jeunes crabes.

La majorité des limicoles occupe les lagunes de moyenne salinité, mais la disponibilité des proies induit leur alimentation et leurs déplacements. Ainsi, en hiver, la disparition des artémias les conduit vers les bassins de plus faible concentration. Le bécasseau variable *Calidris alpina* se spécialise alors sur les coléoptères et le bécasseau minute *C. minuta* sur les chironomes. Ils ont en commun une technique de chasse fondée sur la recherche tactile des proies dans la vase avec leur bec. Cette méthode est aussi utilisée par l'avocette élégante qui balance son bec à la surface

La longueur du bec de chaque limicole est bien adapté à la capture des différentes proies enfouies dans le sable.
D'après Dick Jones¹





Les avocettes mènent leurs jeunes
sur les zones d'alimentation
dès leur éclosion.



Salins

de l'eau ; cependant, ses longues pattes lui permettent d'exploiter des eaux plus profondes. A l'opposé, les gravelots et l'échasse blanche *Himantopus himantopus* capturent leurs proies à vue.

Le flamant rose est, quant à lui, un redoutable filtreur. Il utilise sa langue comme une pompe aspirante et refoulante au rythme d'environ vingt coups par seconde. La structure lamellaire de la bordure de son bec fait office de tamis et retient les proies d'une taille variant de 0,1 à 10 mm. Sa faculté d'éliminer par les narines le sel qu'il ingère lui permet d'exploiter toute la gamme de salinité. L'efficacité de son mode d'alimentation est en adéquation avec sa forte taille. En effet, il doit consommer chaque jour environ 10 % de son poids, soit 32 000 larves d'*Ephydra* ou 135 000 d'artémias. Cinq mille flamants en alimentation dans les salins de Camargue nécessitent 1,4 t d'invertébrés par jour ! Le tadorne utilise la même méthode de filtration, mais avec une efficacité moindre.

Les laridés, comme la mouette rieuse *Larus ridibundus*, la mouette pygmée *L. minutus*, le goéland railleur, sont aussi de grands consommateurs d'invertébrés, en particulier d'artémias. Ils les capturent à la nage en picorant à la surface de l'eau. Cette technique n'est employée que par une famille de limicoles, les phalaropes, dont le représentant le plus courant en Méditerranée, mais qui reste rare, est le phalarope à bec étroit *Phalaropus lobatus*. Laridés, flamants, tadorne et limicoles profitent aussi du vent qui accumule les invertébrés sur les berges. Enfin, la guifette noire *Chlidonias niger* exploite les salins en cours de migration en saisissant en vol les invertébrés à fleur de l'eau.

Richesse biologique des salins

Importance des salins pour les oiseaux migrateurs

La migration est à l'origine des grands changements dans les peuplements d'oiseaux exploitant les salins au fil des saisons.

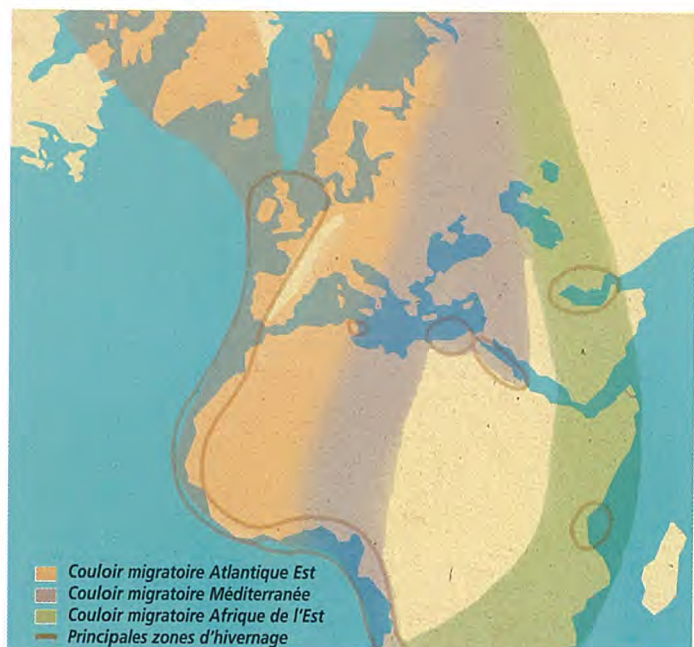
Certaines espèces n'y sont représentées qu'une partie de l'année, comme le bécasseau variable en hiver ou la sterne pierregarin et la sterne naine qui hivernent sur la côte africaine. D'autres comme le bécasseau maubèche *Calidris canutus* et le bécasseau sanderling *C. alba*, utilisent les salins seulement comme halte en cours de migration. D'autres encore, tel le flamant rose, sont présents toute l'année, quoiqu'un contingent se rende sur des sites d'hivernage. Chez la mouette rieuse, l'avocette ou le chevalier gambette *Tringa totanus*, les effectifs sont renforcés par des individus venant des régions nordiques.

Quant aux limicoles, ils empruntent deux routes de migration pour franchir la Méditerranée¹.

Suivie par près de trois millions d'oiseaux hivernants venant du nord de l'Europe, de Sibérie occidentale, du Groenland et du nord du Canada, la première rallie l'Afrique de l'Ouest et le golfe de Guinée ; bien que le courant principal soit observé le long de la côte atlantique, un certain nombre d'oiseaux traverse la Méditerranée occidentale.

La seconde est la route méditerranéenne qui mène les oiseaux d'Europe centrale et de Sibérie vers un hivernage en Afrique, entre Ghana et Angola, entre Egypte et mer Rouge. Cependant, près de 500 000 limicoles passent l'hiver sur les vasières de la frange intertidale de la côte méditerranéenne. Or, à de rares exceptions comme le golfe de Gabès rallié par quelque 250 000 oiseaux, ce milieu est rare en Méditerranée en raison de la faible amplitude des marées. Les salins jouent donc un rôle déterminant, procurant des habitats de remplacement au gré des exondations. Pour les hivernants comme pour les migrateurs au long cours, ils sont une halte majeure pour le repos et la reconstitution des réserves de graisse.

Trois couloirs migratoires distincts relient les zones de nidification arctiques des limicoles et leurs zones d'hivernage côtières en région tempérée et tropicale.
D'après Smit & Piersma, 1989.





Des zones de reproduction pour les oiseaux d'eau

La nidification oblige les oiseaux à se cantonner dans un périmètre restreint autour d'un point fixe. Chaque espèce y répond par des stratégies spécifiques qui commandent leur distribution dans le salin.

A l'exception de l'huitrier pie, les couples solitaires, incapables de nourrir leurs poussins, nichent près des sites d'alimentation afin de pouvoir les y emmener peu après l'éclosion.

Le choix du lieu de reproduction est essentiel à la pérennité des espèces ; effectué sans discernement, il conduit à l'abandon ou à la destruction de la nichée¹. Deux contraintes majeures s'imposent : l'existence d'un site propice à la construction d'un nid et celle d'habitats d'alimentation proches.

Les couples solitaires

Les anatidés* et certains limicoles nichent en couples solitaires. Ils construisent leurs nids sur les digues du salin ou sur des îlots inaccessibles aux mammifères prédateurs (rats, chiens, chats ou renards), bien que leur comportement discret et le mimétisme de leurs nids leur procurent déjà une excellente protection. Ainsi, le canard colvert, la nette rousse *Netta rufina* et le chevalier gambette dissimulent leurs nids sous les salicornes ou dans les graminées.

Le nid du gravelot à collier interrompu *Charadrius alexandrinus* est une coupelle dans un substrat meuble : le mimétisme des œufs et leur petite taille en est la seule défense. Cette stratégie est lourde de conséquences face à des prédateurs spécialisés : dans les salins de Giraud, jusqu'à 90 % de ses nids peuvent être attaqués par la belette *Mustela nivalis* ou la corneille noire *Corvus corone*.

En Méditerranée, les tadornes sont essentiellement inféodées aux salins.



1 - Voir n° 4 dans la même collection.

Richesse biologique des salins

Les colonies

D'autres oiseaux forment des colonies, à l'instar des flamants roses dont les rassemblements comptent jusqu'à 10 000 couples, en particulier dans les salins où le dérangement dû à l'homme est faible par rapport aux lagunes, lieux de nombreuses activités. Comme ils ne passent pas inaperçus, ne serait-ce que par leur comportement social qui s'accompagne de vocalisations bruyantes, ils recherchent des sites inaccessibles aux prédateurs terrestres contre lesquels ils sont sans défense¹. Même chose pour les mouettes, les sternes, les goélands.

Trois facteurs se combinent pour rendre les îlots inaccessibles : la profondeur de l'eau, la distance à la digue et la salinité. La profondeur détermine l'accès à pied ou à la nage du prédateur. Avec des salinités faibles, le renard *Vulpes vulpes* par exemple ne se rend pas sur un îlot si la distance à parcourir à la nage est supérieure à 150 m. Par contre, s'il peut gagner le site à pied, la distance importe peu. Dans une eau dont la salinité est supérieure à 100 g/l, la profondeur est déterminante. En effet, les carnivores se toilettent en se léchant. Or, il est probable que ce comportement leur interdise de s'immerger dans des eaux dont ils ressortiraient couverts de sel, d'autant que les points d'eau douce sont rares dans les salins. Aussi, dans les étangs très salés, les colonies peuvent-elles s'installer à quelques mètres de la berge.

La population méditerranéenne du tadorne de Belon²

Deux populations principales de tadornes de Belon s'individualisent. Estimée à 250 000 oiseaux, celle du nord-ouest de l'Europe est essentiellement côtière, tandis que l'asiatique, au sud-est de la mer Noire et de la mer Caspienne, rassemble près de 100 000 individus fréquentant les lacs salés intérieurs. Des études récentes ont mis en évidence une population ouest-méditerranéenne de 5 à 10 000 oiseaux associée aux salins et lagunes côtières et, donc, répartie de façon discontinue.

Les tadornes installent leurs nids, soit à l'abri de la végétation, soit dans des terriers de lapin. En été, les adultes accompagnent les

jeunes, rassemblés en crèche, sur les zones riches en artémias, base de l'alimentation pendant la période d'élevage. En hiver, les artémias ayant disparu, les tadornes s'alimentent sur les tapis de cyanobactéries (*Microcoleus chthonoplastes*).

A la fin de la saison de reproduction, les tadornes méditerranéens adultes migrent en mer de Wadden (Allemagne). Ils y rejoignent ceux du nord-ouest de l'Europe et effectuent leur mue. Incapables de voler pendant cette période, ils s'abritent des prédateurs terrestres dans de vastes vasières, riches en nourriture. La mue s'achève en novembre et les tadornes méditerranéens prennent alors le chemin du retour : le périple, par les vallées du Rhône et du Rhin, dépasse les 2 500 km.

1 - Voir n° 4 dans la même collection

2 - Walmsley, 1987



Les sternes s'installent souvent sur les plages des îlots, habitat de l'avocette et du goéland railleur.

Ces oiseaux qui nichent sur les îlots n'affichent pas les mêmes préférences, ce qui leur permet de former des colonies mixtes. Si la mouette rieuse utilise les salicornes pour construire son nid, la mouette mélanocéphale *Larus melanocephalus* dépose ses œufs dans les trous d'une végétation clairsemée. Les sternes préfèrent les zones dénudées à substrat meuble, où elles creusent une coupelle destinée à recevoir les œufs ; elles nichent aussi sur les épais tapis d'obiones.

En revanche, les colonies de flamants roses sont extrêmement denses et leur grande taille interdit l'installation d'autres oiseaux, excepté des couples isolés, sur leur îlot souvent dépourvu de végétation.

Le goéland leucophée *Larus cachinnans* niche aussi le plus souvent en colonies monospécifiques. Ce prédateur des œufs et nichées des autres espèces, comme de la sienne, est évité par les autres oiseaux.

La richesse des habitats d'alimentation doit être proportionnelle à la taille de la colonie. Comme tous les limicoles, l'avocette niche à proximité pour y emmener ses poussins. Cependant, la variété de son régime alimentaire lui permet de s'installer sur les partènements peu ou très salés, où elle se nourrit d'artémias. Les poussins des autres espèces coloniales sont nourris au nid. Le choix du site dépend alors de la distance à parcourir entre la colonie et les sites d'alimentation, elle-même fonction de la taille des oiseaux et de leur mode de transport des aliments. Le flamant, utilisant une sécrétion de son jabot pour nourrir son unique poussin, peut se ravitailler à plus de 100 km de la colonie. En revanche, la sterne ramène les poissons un à un dans son bec ; ses colonies se fixent donc le plus souvent près de la côte où elle pêche. La plus petite, la sterne naine, parcourt des distances de 5 à 10 km tandis que la plus grande, la sterne caugek, dépasse 20 km. Certaines espèces, la mouette mélanocéphale ou la sterne hansel *Sterna nilotica* par exemple, préfèrent les marais d'eau douce, les rizières et les friches, dont la localisation influe sur l'installation de leur colonie : si la mouette mélanocéphale parcourt plusieurs dizaines de kilomètres et nourrit ses poussins en régurgitant la nourriture, la sterne hansel rapporte la nourriture dans son bec et s'alimente donc à des distances moindres.

Les flamants roses, oiseaux des salins par excellence

En Méditerranée, la distribution des flamants roses coïncide avec celle des salins car cet oiseau est totalement adapté à ce milieu. Il n'est gêné, ni par la profondeur de l'eau (il a pied dans de nombreuses lagunes et peut nager), ni par la salinité. De plus, les salins non asséchés recèlent tout au long de l'année des invertébrés dont l'abondance permet, non seulement de satisfaire des exigences alimentaires en rapport avec sa taille, mais aussi de nourrir d'autres espèces d'oiseaux sans qu'il y ait compétition. En hiver, lorsque les artémias disparaissent, les flamants

Richesse biologique des salins

Les flamants qui nichent sur les restes des digues de l'ancien salin de Fuente de Piedra, Espagne, vont se nourrir dans les marismas du Guadalquivir situées à 150 km.



A. Johnson

hivernant au nord de la Méditerranée exploitent les bassins de salinité moyenne où ils consomment des larves de chironomides, des vers tubificides, de petits mollusques, ainsi que des œufs d'artémias.

La présence régulière d'eau dans un salin en fait un milieu stable et prévisible, presque idéal pour de nombreuses espèces. Cependant, à terme, les îlots disparaissent par érosion, une érosion due au vent, au piétinement par les flamants qui érigent avec leur bec des cônes de boue leur servant de nids. Ainsi, un îlot occupé par des flamants en mai a totalement changé d'aspect en juillet.

Presque toutes les colonies nicheuses de flamants du bassin méditerranéen sont établies dans des salins opérationnels (salins de Giraud en Camargue, de la Trinitat dans le delta de l'Ebre, de Camalti près d'Izmir) ou inactifs (Molentargius en Sardaigne) ; la lagune intérieure de Fuente de Piedra (Andalousie), avec ses aménagements saliniers, est d'ailleurs le deuxième site de nidification des flamants en région méditerranéenne. En effet, lors de la transformation d'une partie de cette lagune en salin, des digues ont été construites. Après l'abandon des salins dans les années 50, elles ont été érodées jusqu'à devenir des îlots qui, lorsque la lagune est en eau les années pluvieuses, sont occupés par des oiseaux nicheurs. La même chose s'est produite sur les salins de Molentargius, abandonnés suite à leur pollution par des eaux usées.

Le confinement, le régime hydrique et le gradient de salinité des salins dépendent des actions humaines. Associés à la localisation géographique, ces trois facteurs écologiques déterminent la richesse biologique de ces systèmes salés. De nombreux organismes unicellulaires, invertébrés et végétaux en assurent la dynamique, permettant la présence d'une avifaune diversifiée dont le flamant rose, par sa parfaite adaptation au milieu, peut être considéré comme l'espèce porte-drapeau.



Gestion des salins et avifaune

Les salins offrent une mosaïque d'habitats d'alimentation et de nidification pour l'avifaune, fortement influencés par la gestion de l'eau.

Jadis actionnées par des moteurs à vapeur, les roues à eau qui permettaient la circulation de l'eau dans les canaux se font rares aujourd'hui.

Malgré des conditions globalement favorables, des facteurs limitants pour la reproduction aviaire se font jour. Ils diffèrent selon qu'il s'agit de salins actifs ou de salins inactifs.



Les facteurs limitants de la reproduction aviaire dans les salins en activité

Les gains et les pertes biologiques que l'aménagement des salins a générés sur le milieu naturel d'origine sont difficiles à estimer. Quoiqu'il en soit, l'importance de ces systèmes salés au niveau régional est aujourd'hui indéniable. Cependant, à terme, des facteurs limitants se précisent.

L'impact de la dynamique paysagère sur la nidification

Les salins de Camargue (Aigues-Mortes et Giraud) sont des localités majeures pour la reproduction des oiseaux d'eau coloniaux. Depuis 1956, les effectifs reproducteurs des charadriiformes coloniaux (goélands, mouettes, sternes et avocettes) y font l'objet d'un suivi.

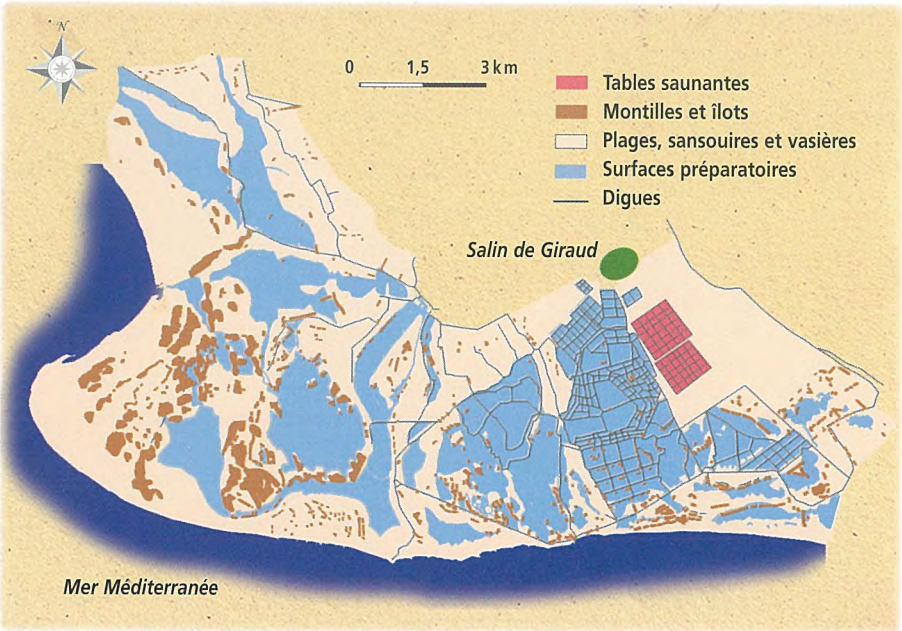
La base de données qui en résulte, unique en région méditerranéenne, a mis en évidence l'impact de la dynamique du paysage sur la nidification de ces espèces¹.

Avant 1953, la frange côtière occupée aujourd'hui par le salin de Giraud était formée de lagunes naturelles et de sansouires où les conditions d'inondation fluctuaient au gré des pluies et des entrées d'eau de mer. Le plus souvent, la période de reproduction aviaire coïncidait avec un assèchement de la zone à laquelle s'ajoutait une instabilité paysagère : sous le jeu des tempêtes, les processus de sédimentation et de régression, bien qu'atténués depuis l'endiguement du Rhône à la fin du XIXe siècle, modifiaient continuellement le relief de façon imprévisible, créant des îlots ou les détruisant. Seuls, les 2 800 ha du salin d'alors offraient une stabilité des conditions hydrauliques.

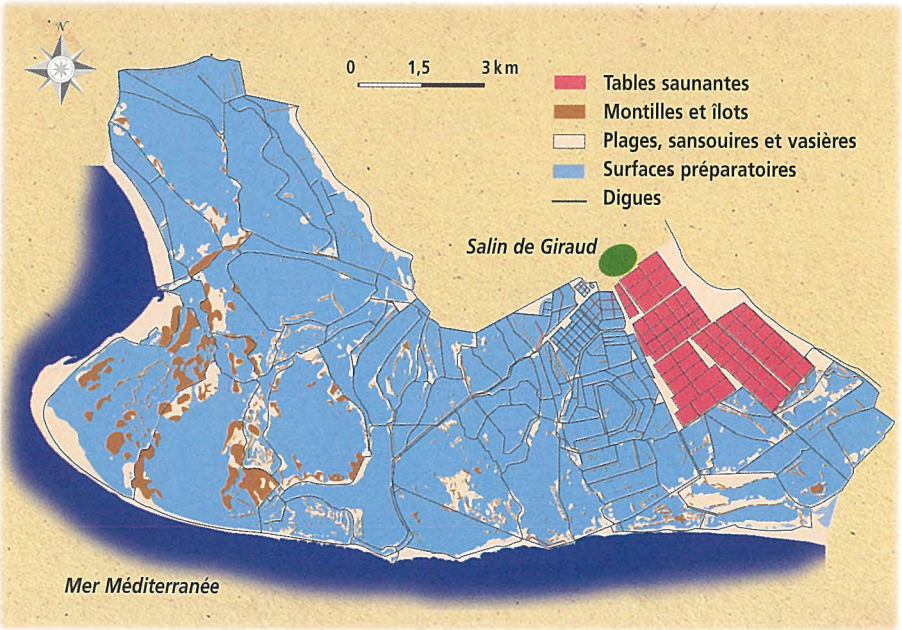
De 1953 à 1973, la superficie du salin a été quadruplée par l'endiguement de dépressions naturelles transformées en partènements. Leur mise en eau durant la saison de reproduction des oiseaux a isolé les anciennes dunes et les levées topographiques pour former des îlots. De plus, les travaux de terrassement ont conduit d'une part, à la formation d'îlots artificiels par amoncellement de matériaux et d'autre part, à la destruction d'îlots naturels lors du nivellement des étangs pour augmenter les surfaces d'évaporation. En outre, des digues de protection ont été construites et le cordon dunaire a été renforcé afin d'assurer une protection contre les empiétements* d'eau de mer. Enfin, les surfaces évaporatoires endiguées ont acquis un mode de fonctionnement opposé à celui d'origine et fondé sur la prévisibilité et la stabilité des niveaux d'eau. En deux décennies, l'expansion du salin a modifié le paysage aussi fortement que s'il s'était agi d'un processus naturel dynamique.

¹ - Sadoul, 1996

Gestion des salins et avifaune

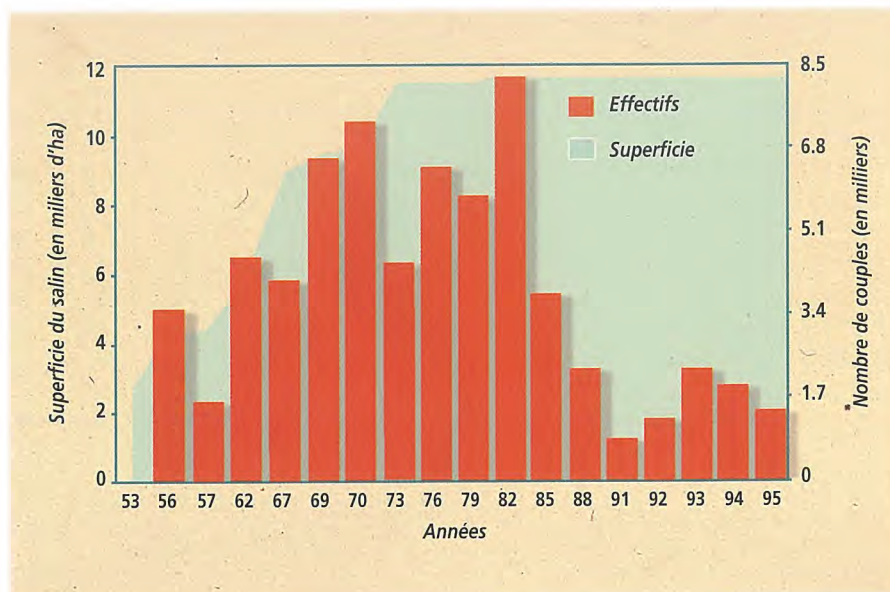


Modification du paysage du salin de Giraud, Camargue, entre 1944 (carte du haut) et 1994 (carte du bas) suite à son expansion.
D'après Sadoul, 1996.





Evolution de la superficie
du salin de Giraud
et des effectifs reproducteurs de
petits charadriiformes coloniaux
entre 1953 et 1995
D'après Sadoul, 1996



Les fluctuations de la colonisation aviaire

Les petits charadriiformes (mouettes, sternes, avocettes) ont répondu rapidement aux modifications induites dans ce salin. Les îlots anciens, dégradés par l'érosion, ont été abandonnés tandis que les zones nouvellement aménagées étaient colonisées. Les effectifs ont augmenté et l'expansion salinière est apparue profitable à leur nidification.

Par ailleurs, suite à l'augmentation des décharges d'ordures et à l'évolution de la pêche au chalut, les populations de goéland leucophée se sont considérablement accrues sur le littoral français. Cet oiseau colonise les îlots des salins où la stabilité des niveaux d'eau lui permet de développer une fidélité au territoire de reproduction. Sa forte compétitivité lui fait conserver ces sites au détriment des autres espèces qui, chassées, colonisent les nouveaux îlots au fur et à mesure de leur création dans le cadre de l'expansion du salin.

Or, à partir de 1973, l'agrandissement du salin étant arrivé à son terme, aucun nouvel îlot n'a plus été construit. Les îlots de reproduction les plus petits, soumis à l'érosion, ont disparu tandis que les plus grands étaient progressivement colonisés par le goéland leucophée. Face à cette situation, les petits charadriiformes n'ont eu d'autres alternatives que de quitter le salin ou de coloniser des sites ne répondant pas à leurs besoins. Aussi, leurs effectifs ont-ils diminué dramatiquement. Aujourd'hui, les colonies survivantes sont installées essentiellement sur les digues où les prédateurs et le dérangement sont à l'origine d'échecs de la reproduction. En 1993 et 1994, un suivi de cette reproduction a montré qu'aucune colonie ne présentait un nombre de poussins suffisant pour assurer sa pérennité.

Gestion des salins et avifaune

La gestion de l'eau : facteur limitant à moyen terme

Cet historique de la colonisation des salins de Camargue par les oiseaux met en évidence les facteurs limitants de la gestion sur leur reproduction. A terme, la modification du fonctionnement du milieu a des conséquences, variables selon les stratégies d'adaptation des espèces.

Si la gestion de l'eau induit de riches habitats d'alimentation, elle a un effet négatif qui tient à la stabilisation et à la prévisibilité des niveaux d'eau. En effet, l'inondation permanente estivale provoque l'érosion des îlots sans que de nouveaux ne se forment naturellement. Par ailleurs, la prévisibilité des niveaux d'eau favorise une espèce appréciant les milieux stables (goéland leucophée) aux dépens de celles adaptées aux milieux instables. A terme, la stabilité du milieu salinier devient un facteur de banalisation des peuplements.

Dans le Chott Djerid en Tunisie, les flamants roses et les goélands railleurs se reproduisent seulement les années de fortes pluies, les îlots étant alors isolés. Si la reproduction dans ces zones humides naturelles n'a pas lieu tous les ans, leur forte instabilité y permet une nidification sur le long terme. Au contraire, dans les salins, la stabilité des niveaux d'eau permet l'installation des colonies sur une base annuelle mais menace la reproduction sur le long terme.

Cette situation se répète d'un salin à l'autre sur le littoral français et il est probable qu'elle se rencontre dans la plupart des salins méditerranéens où les populations de goéland leucophée sont en expansion. Seules, les localités où cette espèce est rare présenteraient un bon fonctionnement des colonies des autres espèces.

Aujourd'hui,
les mouvements d'eau sont
principalement assurés par des
puissantes pompes électriques
dans les salins modernes.



J. Walmsley

La gestion des sites de nidification dans les salins en activité

La réponse la plus adaptée à l'amélioration des conditions de nidification est la construction d'îlots ; à terme, ils doivent faire l'objet d'une gestion visant à limiter leur colonisation par les goélands leucophées. Cependant, la conservation du paysage salinier et la faiblesse des coûts doivent rester une priorité.

La construction et la restauration de sites¹

Isolés des prédateurs, les îlots artificiels doivent offrir des surfaces suffisantes au fonctionnement des colonies ; leur relief et leur substrat doivent permettre aux œufs d'être abrités des intempéries et des embruns.

L'expérimentation menée dans les salins de Giraud fournit une illustration significative. En 1994, seize îlots d'argile d'une superficie totale de 450 m², dégradés par l'érosion et dénudés, étaient occupés par une colonie mixte de sternes pierregarins, d'avocettes et de mouettes rieuses. Seuls, quelques poussins de sternes étaient parvenus à l'envol. En janvier 1995, ces îlots ont été restaurés, grâce à la participation de la CSME², pour n'en former qu'un seul de 1 600 m². Une quinzaine de m³ de graviers et coquilles de moules a été répandue sur neuf plages couvrant 17 % de la superficie. A la fin avril, 122 couples d'avocettes étaient installés. Elles étaient rapidement rejointes par des goélands railleurs, des sternes pierregarins, des sternes naines et des mouettes rieuses ; ces effectifs représentaient

L'aménagement de plages de sables ou de graviers permet l'installation des oiseaux coloniaux sur les îlots compactés.



A. Johnson

1 - Buckley & Buckley

2 - Compagnie des Salins du Midi et des Salines de l'Est

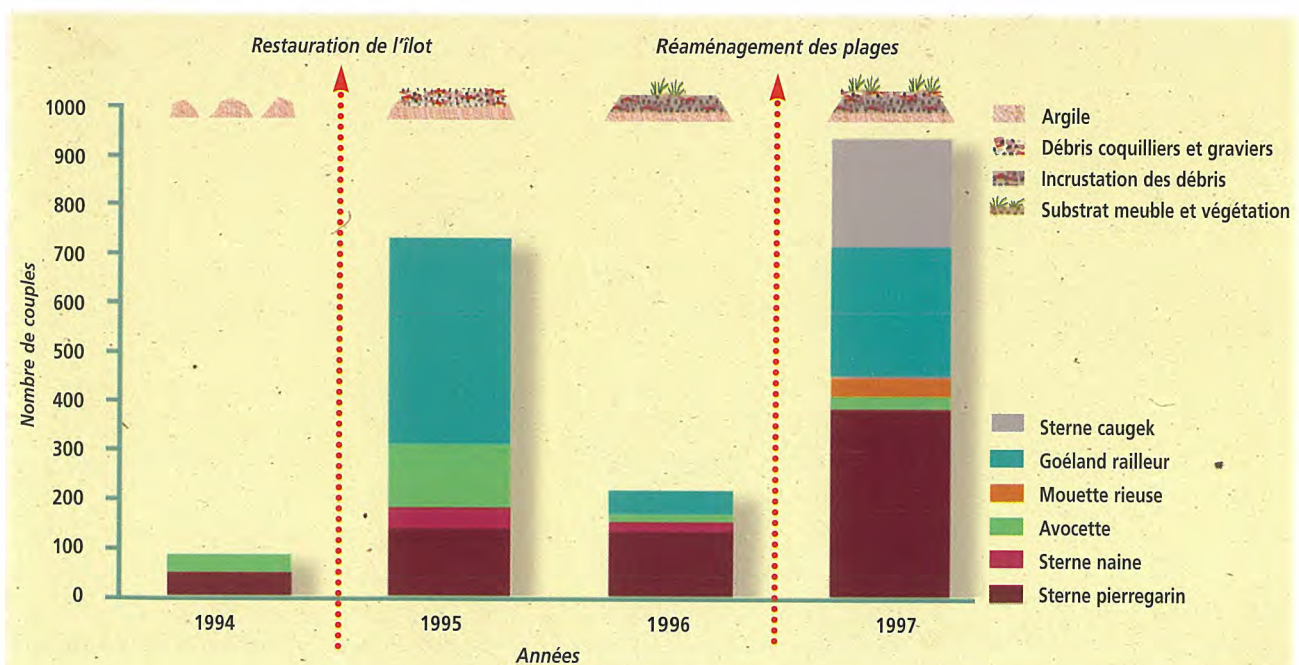
Gestion des salins et avifaune

La prévisibilité des niveaux d'eau induite par la gestion salinière explique la préemption des îlots de nidification par le goéland leucophée. Une gestion des sites qui reposerait sur la maîtrise des niveaux d'eau régissant l'isolement des îlots, consisterait à restaurer une variabilité interannuelle des conditions d'inondation de certains étangs. Cette gestion de l'eau, qui peut s'opposer à la production salinière, conviendrait en revanche aux salins non exploités. Elle n'a pas encore été testée in situ.

respectivement 44 %, 99 %, 33 %, 66 % et 5 % des effectifs reproducteurs du salin. Les goélands railleurs ont formé quatre groupes, localisés sur quatre plages de graviers ; les autres espèces ont occupé les plages restantes, saturées, et les zones argileuses périphériques. Le succès de la reproduction a été très faible pour les avocettes, deux familles seulement parvenant à amener les jeunes à l'envol, suite peut-être à la prédation du goéland leucophée sur les poussins. Les 138 couples de sternes pierregarins ont produit entre un demi et un poussin par couple ; ce résultat est sans doute imputable à l'installation directement sur l'argile des œufs qui ont subi de lourdes pertes. Environ 400 poussins de goélands railleurs, rassemblés en crèche, sont parvenus à l'envol. Pour les mouettes rieuses, installées tardivement et en petit nombre suite à l'absence de végétation, le stade de l'éclosion n'a pas été atteint.

En 1996, une partie des matériaux déposés l'année précédente a été emportée par le vent, aucun aménagement n'a été effectué, les débris coquilliers et graviers incrustés dans l'argile n'ont pas permis la construction des nids : les effectifs ont diminué. Pendant l'hiver 1996-1997, une opération de chargement des plages en débris coquilliers a été réalisée. La saison de reproduction suivante a vu le retour d'importants effectifs et l'installation d'une nouvelle espèce, la sterne caugek. La végétalisation de l'îlot par les salicornes a aussi contribué à l'augmentation des effectifs de mouettes rieuses puisque 30 couples ont niché.

L'aménagement d'un îlot a un effet positif sur les effectifs reproducteurs des petits charadriiformes coloniaux. (Données Tour du Valat).





La gestion des sites d'alimentation et de nidification dans les salins inactifs

L'intérêt biologique des salins inactifs n'est pas à négliger. Cependant, le maintien et même l'amélioration de leurs caractéristiques en tant que sites d'alimentation et de nidification nécessitent des innovations au plan de la gestion, par rapport à celle pratiquée dans les salins en activité.

Les salins non exploités, territoires pour la conservation des oiseaux

Les salins non exploités représentent un énorme potentiel pour la conservation des oiseaux d'eau en Méditerranée.

La dispersion géographique de ces territoires biologiquement fonctionnels pallie la fragmentation des zones humides naturelles en fournissant des haltes lors de la migration ou de l'hivernage. Leur disparition augmenterait l'isolement de ces zones, rendant difficiles les échanges d'individus. Cet aspect est majeur en Méditerranée occidentale, où la pression humaine est la plus forte et les salins inactifs nombreux.

Ils offrent l'avantage sur les salins en activité d'une gestion des niveaux d'eau dans un objectif de conservation. Cette gestion peut être abordée sous deux angles complémentaires : d'une part, l'optimisation de la valeur trophique pour l'alimentation des oiseaux ; d'autre part, le bon déroulement de leur reproduction.

La gestion des ressources alimentaires

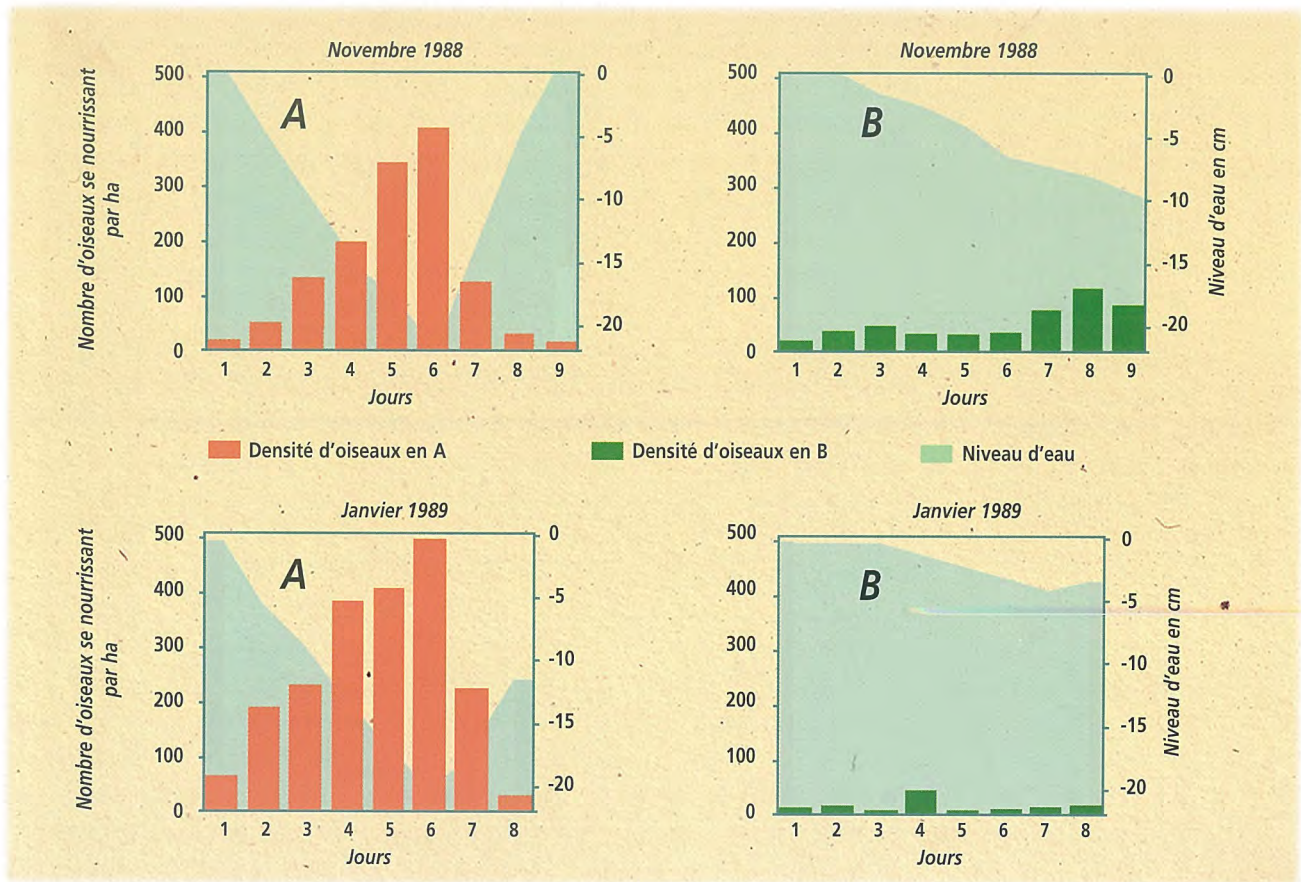
La gestion de l'eau dans les salins non actifs peut se calquer sur celle des salins en activité afin de garantir une productivité importante du milieu. Mais, la capacité d'accueil d'un salin peut être augmentée en faisant fluctuer les niveaux d'eau.

Il est possible d'optimiser la productivité en invertébrés et de faciliter l'accès de cette ressource alimentaire aux oiseaux. La productivité des étangs diminue à partir d'une concentration de 240 g/l en salinité totale. En conséquence, le circuit d'eau pourrait être isolé à partir de telles concentrations et l'augmentation de la salinité arrêtée, soit en rejetant les saumures à la mer, soit en connectant une entrée d'eau de mer. Par rapport aux salins en activité, la capacité d'accueil des oiseaux serait accrue. Ce travail d'ingénierie est fonction des potentialités techniques et financières de chaque salin ; en outre, il interdit toute récolte de sel.

Les petits échassiers n'exploitent qu'une faible fraction de la faune benthique disponible, soit que leur mode de capture nécessite des surfaces exondées, soit que la longueur de leurs pattes ne leur permette pas de s'alimenter dans les endroits profonds. Des expérimentations¹ ont été menées dans les salins de Berg River (Afrique du Sud) pendant l'hivernage des limicoles (été austral). Les niveaux d'eau d'un bassin de 11,3 ha ont été abaissés d'environ 20 cm, en décembre, janvier et mars découvrant 7 ha de vasières. L'impact de cette gestion sur les limicoles,

1 - Vélasquez, 1992

Gestion des salins et avifaune



Impact de la modification des niveaux d'eau sur la densité de limicoles en alimentation. Expérimentation menée dans les salins de Berg River, Afrique du Sud. D'après Velasquez, 1992.

calculée par dix comptages quotidiens minimum pendant six à neuf jours, a été comparé à celle pratiquée sur un bassin voisin de 15 ha où la hauteur d'eau a été maintenue. Les limicoles ont répondu rapidement à la baisse des niveaux : la densité d'oiseaux en alimentation est passée en six jours de 19 individus à 404 à l'hectare, puis de 70 à 500 en décembre et janvier respectivement. Aucune modification significative des effectifs n'a été observée sur le bassin témoin. La réponse des oiseaux était particulièrement marquée pour ceux arrivant de migration en décembre, à cause de leurs besoins énergétiques supérieurs aux espèces résidentes.

L'exondation du bassin expérimental a fait passer la salinité de 27 g/l à près de 50 g/l, induisant la disparition des amphipodes (densité moyenne en décembre de 24 400 individus/m²) et l'augmentation des larves de chironomides (moyenne de 2 800 larves/m² en décembre contre 12 700 en mars). Cette situation explique en partie que les espèces n'aient pas exprimé une réponse identique à l'abaissement des niveaux d'eau au cours de la saison. Ainsi, si la croissance des effectifs en alimentation de chevalier aboyeur *Tringa nebularia*, consommateur d'amphipodes, a été exponentielle en décembre, elle est devenue linéaire en janvier et à peu près nulle en mars. Le bécasseau coccorli *Calidris ferruginea* a



Il est aussi possible d'optimiser la production des larves de chironomides, élément-clé de l'alimentation des oiseaux d'eau, en particulier des limicoles.

orienté son alimentation sur les vers polychètes chassés sur les vasières à marée basse en janvier et en mars et n'a plus répondu que de façon linéaire à la diminution des niveaux d'eau. A l'inverse, les effectifs du combattant varié *Philomachus pugnax* et du grand gravelot *Charadrius hiaticula*, consommateurs de chironomes, ont augmenté sur le bassin expérimental. Enfin, quelle que soit la période, la réponse des plus petits échassiers, tel le bécasseau minute, a toujours été importante, les niveaux d'eau maximaux leur rendant la nourriture inaccessible.

Dans des conditions favorables d'inondation et de température, la capacité colonisatrice des chironomides après assèchement et le taux rapide de renouvellement des générations expliquent une production élevée dans les milieux perturbés ou temporaires ; en outre, en causant la mort des tapis végétaux, l'assèchement temporaire favorise le développement des populations de chironomides, pour la plupart détritivores. La gestion de l'eau doit intégrer ces paramètres et les adapter aux cycles des différentes espèces présentes¹. Au début du printemps, l'abaissement des niveaux d'eau permet l'émergence de vasières qui d'une part, augmente l'accessibilité de la ressource aux oiseaux et d'autre part, induit une mortalité des algues. A partir de fin avril, lorsque la température de l'eau dépasse 12 °C, une immersion rapide des étangs favorise la prolifération des chironomides (premier pic d'éclosion). Le maintien de l'inondation jusqu'en août garantit un développement optimal (deuxième pic d'éclosion). Les niveaux d'eau peuvent être diminués lors de la migration automnale des limicoles. Enfin, un remplissage des étangs début octobre permet l'explosion du troisième pic, primordial car les dernières générations contribuent à la production des individus de la saison suivante. Le maintien de l'inondation pendant l'hiver garantit leur survie².

La gestion des sites de nidification

Utilisée dans le contrôle de la végétation, de la productivité en invertébrés ou en poissons, ainsi que de l'utilisation par les oiseaux de ces ressources alimentaires, la maîtrise des niveaux d'eau n'a pas été exploitée jusqu'à présent pour réduire la compétition entre les espèces par le biais de la régulation de l'accès aux sites de nidification. Un site accessible aux prédateurs terrestres est impropre à la reproduction des oiseaux coloniaux. L'inondation successive, mais à des stades différents, d'une série d'étangs peut favoriser la reproduction d'espèces telles que les petits charadriiformes au détriment de l'implantation du goéland leucophaea.

Cette gestion a l'avantage de reproduire une instabilité des habitats, composante majeure de la structuration des peuplements, sur un littoral de plus en plus aménagé et stabilisé. Elle s'inscrit dans une gestion multisites où chaque salin inactif, même de taille restreinte, est un élément du réseau constitué par l'ensemble de ces milieux. Aujourd'hui,

1 - Rehfish, 1994

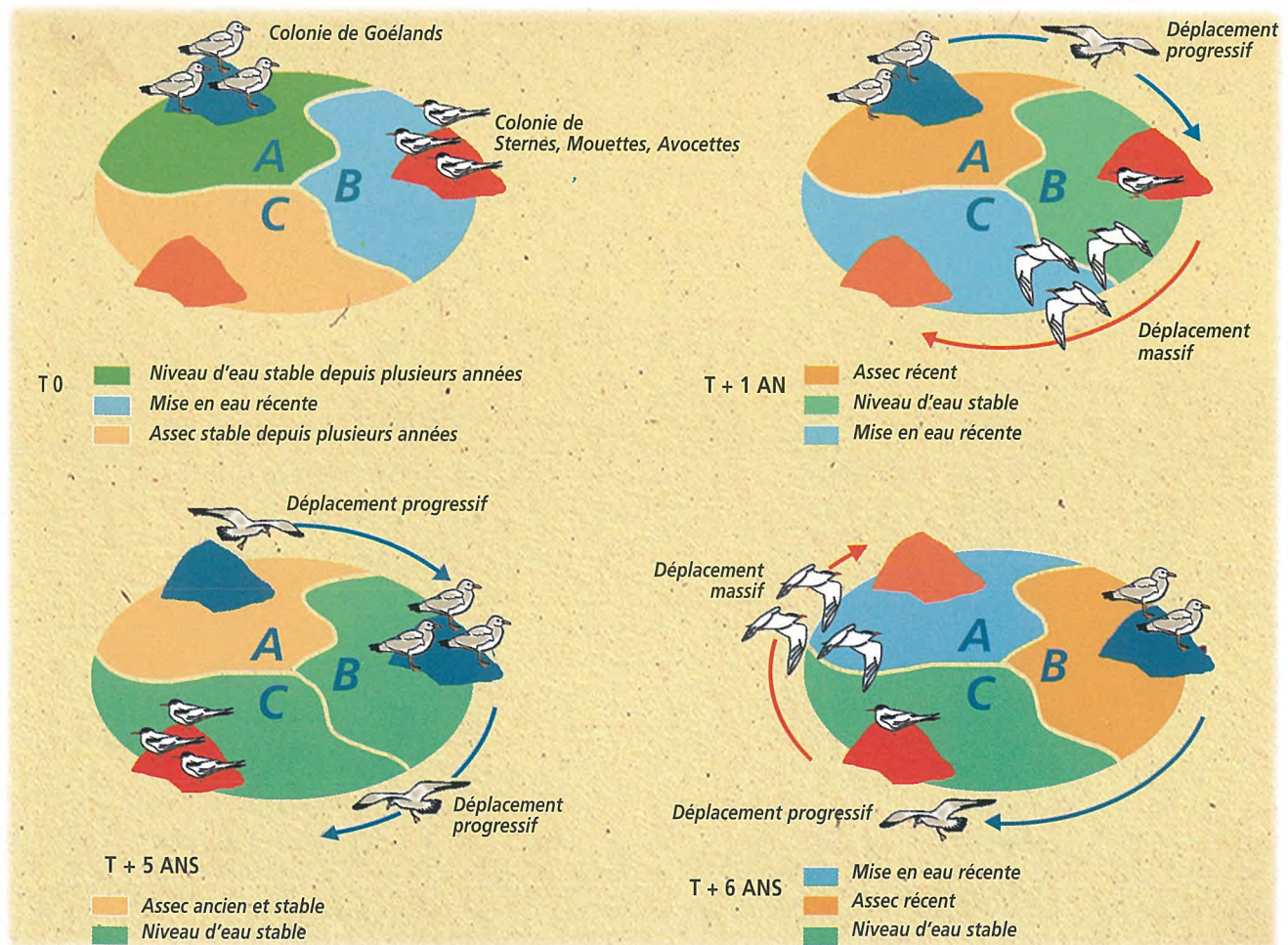
2 - Tourenq, 1975

Gestion des salins et avifaune

toute démarche de conservation, pour avoir à terme quelque chance de succès, se doit d'appliquer les principes du développement durable. Aussi, la collaboration entre les saliniers, avec les contraintes socio-économiques qui leur sont propres, et les biologistes, avec les contraintes environnementales auxquelles ils tentent de répondre, peut conduire à une politique de conservation efficace sur l'ensemble des salins. L'expérimentation et la réussite des propositions présentées ici implique un suivi à moyen et long terme, de façon à apporter les corrections indispensables au fur et à mesure des résultats obtenus et à en faire des outils exportables sur d'autres localités.

Si la gestion de l'eau à des fins de production salinière est à l'origine de la richesse de ces habitats, elle induit aussi des facteurs limitants, tels que l'érosion des îlots ou la stabilité des niveaux d'eau, ce qui favorise par exemple le grand prédateur qu'est le goéland leucophée. Ces facteurs conduisant à une banalisation de l'avifaune des salins appellent la mise en œuvre de mesures de gestion spécifiques conciliant des impératifs apparemment contradictoires.

En jouant sur l'instabilité de l'inondation dans différents étangs d'une année à l'autre, on peut favoriser la nidification des petits oiseaux coloniaux aux dépens des goélands leucophées.





Avenir des salins et conservation

**Les salins méditerranéens sont des zones humides
fondamentales pour la conservation des oiseaux d'eau.**

Ces milieux, dont le fonctionnement est lié à l'activité salinière, sont en danger de perdre leur valeur biologique et culturelle suite aux mutations économiques liées à la mondialisation ainsi qu'à la concurrence exercée par d'autres activités qui se traduit par des volontés d'acquisition foncière.



Le contexte économique de l'activité salinière

Les salins sont des zones humides fonctionnelles. A cet aspect biologique, s'ajoute une valeur de patrimoine culturel. Cependant, leur fragile équilibre est lié à la production de sel et, donc, à un marché tributaire d'une part, de la concurrence du sel terrestre et d'autre part, de la mondialisation des échanges économiques.

Les difficultés des salins opérationnels

Pour rester compétitifs sur le marché mondial, les salins se sont modernisés. La main-d'œuvre, nombreuse à l'origine, a été remplacée par des engins de levage, les éoliennes et moteurs à vapeur ont cédé la place à des moteurs et des pompes électriques de faible entretien. Cette évolution, induite notamment par l'importance des charges de personnel dans les pays occidentaux, a réduit la surveillance des salins où, du fait de leur localisation sur des littoraux peuplés, les dérangements, pour l'avifaune comme pour l'activité salinière, sont multiples.

En ce qui concerne la circulation de l'eau, la sédimentation obstrue en quelques années les emprunts* et comble les bassins, en particulier ceux où le gypse précipite. Les travaux pour les recreuser représentent un coût parfois élevé. Ainsi, les capacités d'accueil des oiseaux, pour l'alimentation comme pour la reproduction, se réduisent respectivement par diminution de la superficie en eau et par rupture de l'isolement des îlots.

Quelquefois, les métropoles situées sur le littoral ou sur les fleuves sont susceptibles de générer une pollution liée à une épuration, souvent peu performante, des eaux usées. Les retombées peuvent toucher les salins qui puisent l'eau dans les lagunes où se font ces rejets directs ou indirects. Les risques de contamination du sel peuvent aller jusqu'à entraîner la fermeture de salins : cas de Molentargius et Quartu en Sardaigne, par exemple.

Les conséquences de l'abandon de l'activité salinière

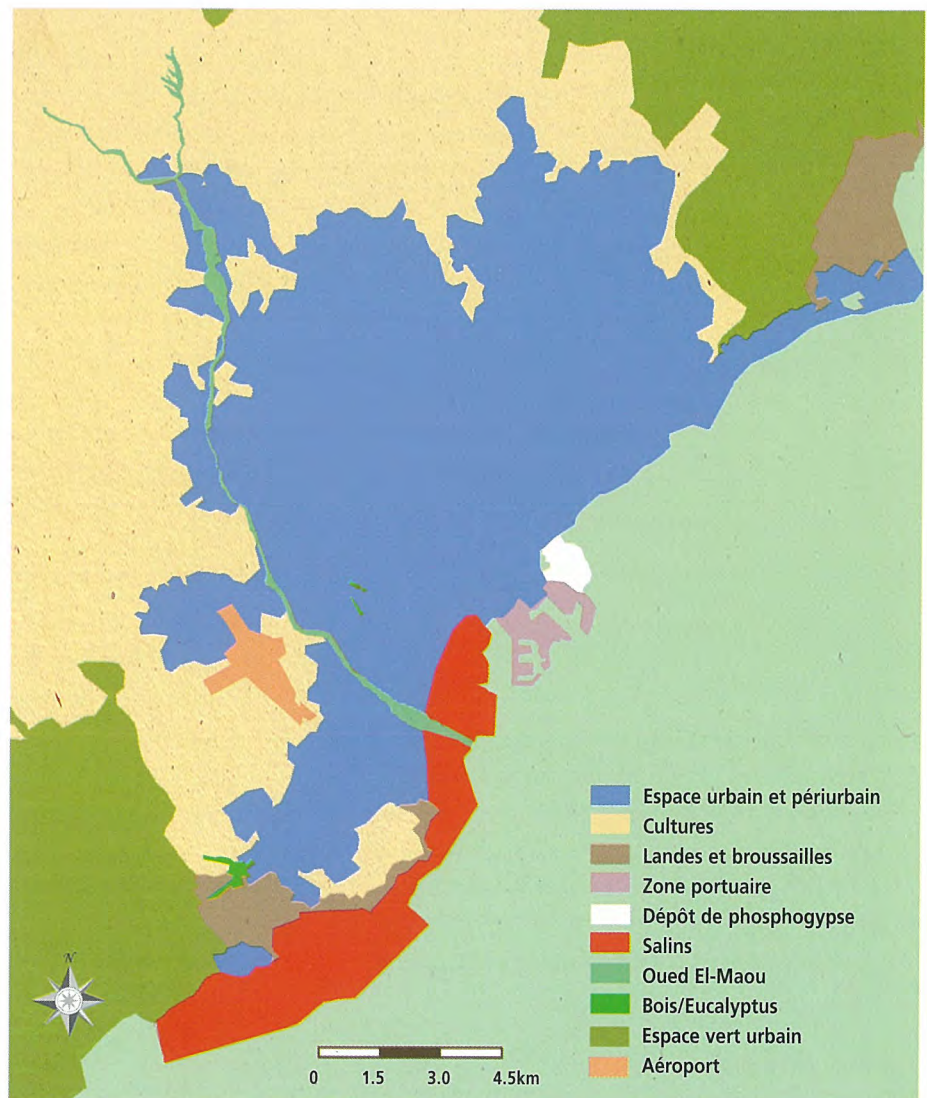
Certains salins méditerranéens ont entamé un processus d'arrêt de production, partiel ou total. Peu furent créés ces dernières années, à l'exemple de celui l'île de Limnos (Grèce). Or, l'absence de circulation d'eau induit une perte immédiate de richesse biologique du salin : en dehors de toute intervention, elle devient aussi épisodique que les pluies.

Avenir des salins et conservation

Nombre de salins en activité (54 %) témoignent d'une insertion dans le tissu urbain ou industriel littoral, en forte densification depuis le début des années 60, comme à Ibiza, à Sfax (Tunisie) ou en Sicile. Or, leur mise en sommeil, dans un contexte de pressions excessives et concurrentes pour l'appropriation et l'utilisation de l'espace à des fins d'économie et d'urbanisation, les rend susceptibles d'une acquisition qui conduit à leur comblement pour la création d'infrastructures ; entre 1985 et 1990, plus de 7 000 ha de salins inactifs ont été reclassés¹ en zones d'activités urbaines, industrielles, aéroportuaires, touristiques...

Au Portugal, en Espagne, en Sicile et en Grèce surtout, les salins font aussi l'objet de reconversions en fermes aquacoles dont la rentabilité est effective². Bien que l'aquaculture n'entraîne pas la destruction du paysage salinier, les aménagements et leur mode de fonctionnement induisent une perte importante de diversité biologique et les oiseaux piscivores, indésirables, sont exclus par des systèmes dissuasifs.

Les salins de Sfax en Tunisie
se sont retrouvés graduellement
entourés par une zone industrielle
et les banlieues de cette ville
en expansion.
Plan Bleu, 1997



1 - Marin & d'Ayala, 1996

2 - Voir n°3 dans la même collection



Quelles alternatives pour les salins ?

Il est aujourd'hui unanimement reconnu que la valeur patrimoniale des salins, biologique et culturelle, tient à l'activité salinière. Or, face aux impératifs de rentabilité, la fermeture des salins se poursuit à un rythme alarmant. Les aides financières de l'Union européenne dans le cadre du maintien des paysages ruraux sont une solution.

Les salins en activité

Les unités de production appartenant à de petites entreprises privées sont les plus menacées dans la poursuite de leur activité et, donc, dans la préservation patrimoniale. Des aides gouvernementales (par exemple, réduction de la fiscalité attachée à la production du sel) pourraient contribuer à leur maintien.

La valeur biologique des salins en activité démontre une absence d'antagonisme entre les objectifs de production salinière et ceux de conservation de la diversité biologique. Les menaces qui pèsent sur l'activité salinière varient en fonction des politiques locales de développement et de sa résistance face à la concurrence mondiale.

De même, qu'ils soient petits ou grands, privés ou d'état, les salins pourraient bénéficier d'aides internationales pour des actions de gestion orientées vers la conservation biologique. Ainsi, les mesures agro-environnementales¹ développées par l'Union européenne, pourraient aussi s'appliquer à l'activité salinière d'autant plus que, dans certains pays comme la France, elle est considérée d'un point de vue législatif comme une activité agricole. Ces aides compensatoires² sont destinées à favoriser une exploitation des terres agricoles prenant en compte la protection et l'amélioration de l'environnement.

Elles ont aussi pour objectif d'encourager la gestion des terres pour l'accès du public et les loisirs. Elles paraissent donc tout à fait adaptées aux salins qui pourraient jouer là un rôle de premier plan ; ils offrent en

Le sel dans le monde

De 1950 à 1996, la production mondiale de sel a connu une forte progression, passant de 48,1 à 195 millions de tonnes³, réparties quantitativement comme suit : Amérique du Nord et centrale : 33,2 % ; Asie et Océanie : 29,1 % ; Europe de l'Ouest : 19,7 % ; Europe centrale et de l'Est : 10,6 % ; Amérique du Sud : 5,6 % ; Afrique : 1,8 %.

En Europe, sa répartition qualitative⁴ est la suivante : sel en dissolution (sous forme de saumure) : 42,8 % ; sel ignigène : 24,7 % ; sel gemme : 17,4 % ; sel de mer : 12,2 % ; sel co-produit (mélange) : 2,9 %.

Il est utilisé dans les secteurs suivants⁵ : industrie chimique : 39 % ; viabilité hivernale : 34 % ; alimentation humaine : 10 % ; industries diverses dont agriculture et adoucissement d'eau : 17 %.

Avenir des salins et conservation

effet de réelles potentialités éducatives par la présentation *in natura* de l'histoire du sel et de sa production. Un patrimoine naturel et culturel aussi intéressant en hiver qu'en été, une infrastructure de digues permettant l'accès à des zones inconnues du public, une localisation proche des grandes métropoles littorales, sont autant d'atouts pour le développement d'une activité qui devrait garantir le non-dérangement de l'avifaune par le public ; elle pourrait, en outre, être créatrice d'emplois (accompagnateurs spécialisés).



L'exploitation d'artémias pour les aquariophiles peut être une activité annexe des salins.

J. Walmsley

Aquaculture et avifaune

Deux types d'aquaculture coexistent. Les fermes aquacoles de type artisanal (Portugal) conservent la structure initiale du salin. Seule une partie est gérée pour l'élevage et la profondeur de l'eau y dépasse généralement 1 m ; les autres bassins, où elle est souvent inférieure à 0,15 m, sont exploités par l'avifaune.

Dans les fermes aquacoles intensives, les digues dévégétalisées et les bassins sont profilés en pentes abruptes, ce qui n'autorise aucune variation des surfaces en fonction de la hauteur d'eau. Les salins initiaux sont donc transformés et la profondeur oscille entre 1 m

et 1,5 m, rendant l'accès à la nourriture difficile pour l'avifaune. Aussi, présentent-ils souvent un intérêt trophique seulement lorsque les bassins sont vidés et que les fonds deviennent accessibles¹. La valeur de ces salins pour la nidification est pratiquement nulle. Au Portugal, par exemple, si 69 % des effectifs reproducteurs d'échasses blanches sont recensés dans les salins en activité ou non, seuls 3 % exploitent les piscicultures traditionnelles et 0 % les piscicultures intensives. Plus précisément, dans l'estuaire du Tage, la densité de l'espèce passe de 2 à 3 couples pour 10 ha dans les salins, à 0,7 couple dans les salins transformés en pisciculture traditionnelle.

L'urbanisation intensive
de la zone littorale accélère
la disparition des salins.



J. Walmsley

Un compromis entre production et protection : la collaboration de la CSME et de la Station biologique de la Tour du Valat

Depuis plusieurs décennies en Camargue, la CSME collabore avec la Station biologique de la Tour du Valat afin de préserver la valeur biologique de ses salins. Différentes actions ont été menées pour sauvegarder la colonie de reproduction des flamants roses, comme la réfection périodique de leur îlot de nidification.

Actuellement, face à la raréfaction des îlots de reproduction des charadriiformes coloniaux, la CSME projette, avec la Tour du Valat, la mise en œuvre d'une stratégie d'aménagement et de gestion de sites. Elle permettra d'expérimenter différents modes de gestion, spécifiques aux salins, afin de les appliquer ailleurs ultérieurement. Ce partenariat rassemble professionnels du sel, biologistes et experts en ingénierie et circulation des eaux saturées. Avec la mise en commun des expériences respectives, il permet de proposer une gestion optimale de l'environnement dans les salins méditerranéens.

Le développement d'activités de substitution

L'absence d'activité salinière dans les salins inactifs conduit, outre la diminution de leur valeur biologique, à leur transformation pour une activité économique de substitution entraînant une dégradation. Aussi, paraît-il urgent de mettre en place soit une protection reposant sur la maîtrise foncière, soit de proposer un type de développement visant à garantir leur rôle dans la conservation de l'avifaune en Méditerranée.

Les salins méditerranéens : des protections diverses

La valeur patrimoniale des salins méditerranéens, naturelle et culturelle, et leur importance capitale pour la conservation des oiseaux d'eau ne sont, à ce jour, pas suffisamment prises en considération au sein des structures institutionnelles et de la conservation. Cependant, bien qu'ils ne fassent l'objet d'aucune mesure législative ou financière spécifique, la situation tend à évoluer favorablement depuis quelques années.

Au niveau mondial, le programme "Man And Biosphere" de l'UNESCO préside à l'élaboration d'un réseau de réserves de biosphère. S'appliquant à toute zone disposant d'une protection juridique, ce label permet l'obtention de financements pour la conservation des écosystèmes et des ressources génétiques, ainsi que l'éducation et le maintien des activités traditionnelles ; en France, la réserve de biosphère de Camargue a obtenue son label en 1977.

Sur le littoral méditerranéen de l'Union Européenne, la reconnaissance de la valeur patrimoniale des salins se traduit par le fait que "plus de 75 % de ces espaces se trouvent actuellement soumis à un régime de protection spéciale, de caractère urbanistique ou en vertu des législations spécifiques en matière de conservation de la nature"¹.

La directive européenne du 6 avril 1981 sur la conservation des oiseaux a requis le classement en Zone de Protection Spéciale de sites dont la valeur écologique doit être maintenue ; elles englobent les salins d'Ibiza et Formentera (Baléares), de Margherita de Savoia (Italie).

Au titre de la directive Habitats du 21 mai 1992, un inventaire des sites d'intérêt communautaire concernant les habitats naturels terrestres et aquatiques, ainsi que les espèces de la faune et de la flore en danger de disparition, a été lancé. L'objectif est de préserver la biodiversité par la conservation des habitats naturels. "Les bassins et étangs de salines... dans la mesure où ils sont le résultat de la transformation d'une ancienne lagune naturelle ou d'un ancien marais salé et caractérisés par un impact mineur de l'activité d'exploitation" font partie de ces habitats prioritaires. A terme, ces habitats doivent constituer un réseau de Zones de Conservation Spéciale : "Natura 2000".

Au plan national, les salins sont souvent inclus dans des zones de protection plus étendues : parcs nationaux, réserves naturelles... En France, l'inventaire ZNIEFF² signale la richesse patrimoniale de nombreux sites méditerranéens comportant des salins, qui devrait à terme appeler des mesures réglementaires. Enfin, l'aménagement du territoire peut être un moyen efficace de protection : ainsi, la loi "littoral" du 3 janvier 1986 (France), relative à l'aménagement, la protection et la mise en valeur du littoral ; identifiant les milieux naturels à préserver, elle entre lentement en application.

Par ailleurs, le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux littorales de l'agence Rhône-Méditerranée-Corse (France) a identifié un territoire littoral méditerranéen, découpé en cinquante zones homogènes comprenant les salins ; des actions de préservation portant sur la surfréquentation, l'eutrophisation, la réduction des pollutions urbaines et industrielles, etc., y sont prévues³.

1 - Marin & d'Ayala, 1996

2 - Zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique

3 - Comité de Bassin, RMC, 1995



La valeur biologique des salins inactifs peut être restaurée et même améliorée. Dans le sud-est de l'Espagne, celui de El Saladar, soumis aux rythmes des pluies, présente, sur une année, une densité moyenne en limicoles près de cinq fois inférieure à celle du salin inactif de Murtula, pourtant quatre fois plus petit, mais sur lequel une lame d'eau est maintenue artificiellement. La densité en limicoles y est d'ailleurs supérieure à celle enregistrée sur le salin moderne proche de Santa Pola. Cependant, aucune différence n'est à noter durant la période de reproduction¹.

Dans les salins non exploités, le problème réside dans l'absence de prise en charge des coûts de fonctionnement et de gestion de l'eau par une activité économique. Dans ceux du Portugal ou du sud-ouest de l'Espagne, les marées assurent les entrées d'eau. Mais en Méditerranée, les bassins ne peuvent être alimentés le plus souvent que par pompage. En outre, plus un salin est étendu, plus la circulation régulière de l'eau y est onéreuse. La mise en œuvre d'une gestion adéquate ne peut être uniquement le fait d'ONGs et nécessite des aides, nationales ou internationales.

Là encore, les mesures agro-environnementales de l'Union Européenne trouvent un terrain d'application : dans l'article 1er, le régime d'aides est destiné à "encourager l'entretien des terres agricoles et forestières abandonnées là où cela s'avère nécessaire pour des raisons écologiques, de risques naturels ou d'incendie et prévenir de ce fait les risques liés au dépeuplement des régions agricoles".

Si la conséquence de l'arrêt de production des salins sur le maintien de la ligne de rivage face à l'érosion marine n'est pas d'actualité, des risques naturels, tels que le botulisme*, ont déjà été signalés dans des salins inactifs (salin du Lion sur l'étang de Berre, France). L'intégration de ces salins dans une structure de protection (Parc naturel, Réserve naturelle) peut être le moyen d'une conservation à long terme. De tels projets sont à l'étude dans la baie de Cadix (Espagne) et en Région Languedoc-Roussillon (France). Le développement d'activités annexes, intégrant les volontés des acteurs concernés, peut conduire à terme à un autofinancement.

1 - Robledano Aymerich, 1995

Un exemple de développement : les salins de Secovlje dans la baie de Piran (Slovénie)¹

Avec une superficie de 738 ha, les salins de Secovlje sont au troisième rang des salins de la côte orientale de la mer Adriatique. Créés sans doute à la fin du premier millénaire, ils ont fait preuve de dynamisme au cours du XIX^e siècle lorsque, la douceur du climat et l'effet médicinal des boues se conjuguant, la région est devenue un lieu de villégiature.

Dans les années 1960, suite aux coûts de production élevés, l'activité salinière a décliné : entre 1962 et 1995, les emplois ont chuté de 85,5 %, passant de 165 à 24, dans la région de Piran.

Par ailleurs, les années 1970 et 1980 ont été marquées par le développement d'un tourisme de masse avec créations d'hôtels, de marinas et d'un aéroport. Aujourd'hui, seuls 263,5 ha sont exploités, la récolte étant assurée par du personnel temporaire (retraités, étudiants, pluri-actifs).

Publié en 1976, l'inventaire du patrimoine naturel remarquable de Slovénie stipule la mise en place d'un statut de protection des salins de Secovlje. Considérés comme l'une des deux zones humides importantes pour les oiseaux d'eau en Slovénie, ils ont reçu le statut ZICO² en 1980.

En 1990, un décret d'état a reconnu leur valeur pour la conservation au niveau local et national et pour la recherche scientifique, l'éducation et la culture, justifiant la création du Secovlje Salina Landscape Park.

La pérennité de la production de sel y est considérée comme indispensable à la

conservation du site. Dans la partie abandonnée, quatre réserves naturelles ont été homologuées. Le développement de nouvelles activités (tourisme, aquaculture...) est prévu à condition qu'elles ne perturbent pas l'équilibre naturel ; ainsi, de 1991 à 1995, quelque 6 000 visiteurs ont été reçus chaque année et deux bassins ont été restaurés en musée sur les méthodes de fabrication du sel. En 1993, un classement en zone Ramsar* a reconnu l'importance internationale du site.

Malgré ces mesures, les conflits d'usages entre activités persistent. Une stratégie pour un développement du site tenant compte des objectifs de conservation est proposée. Reposant sur la coordination des intérêts et l'intégration des activités, elle a préconisé la poursuite de l'exploitation du sel comme solution pour la sauvegarde de la valeur patrimoniale, naturelle et culturelle, du site.

Les salins de Secovlje, Slovénie.



T. Salathé

1 - Beltram, 1996

2 - Zone Importante pour la Conservation des Oiseaux



La nécessité d'une bonne information

La valeur des salins méditerranéens pour la nature réside en particulier dans le fait qu'ils constituent un système de zones humides accueillantes pour l'avifaune. Les acteurs s'organisent en reconnaissant l'importance des salins et mettent en place un réseau dont le travail est fondé sur l'échange d'expériences et la complémentarité des actions.

L'acquisition de connaissances

Les salins restent des habitats relativement mal connus, surtout en terme d'aménagement et de gestion. Il apparaît donc urgent de construire un réseau qui puisse promouvoir des échanges sur le travail initié sur de nombreux sites du bassin méditerranéen, ceci dans le but d'aider à la conciliation de l'activité salinière avec la conservation de la nature et au maintien des petits salins.

Pour la première fois, un atelier de travail et de réflexion a été organisé en 1996 à Olhão (Portugal) à l'initiative du Département d'écologie animale et végétale de l'Université de Cadix et de la Société portugaise pour l'étude des oiseaux (SPEA). Trois axes prioritaires de travail comprennent : la réalisation d'un inventaire mettant en évidence le statut et les menaces pesant sur l'ensemble des salins méditerranéens et sur leur avifaune respective ; l'acquisition d'une connaissance approfondie de la gestion des salins, qu'ils soient en activité ou non, ou bien transformés ; le développement de programmes de recherche destinés à définir l'impact de la gestion de l'eau sur les populations d'invertébrés, à estimer le bénéfice de l'exploitation des salins par l'avifaune durant la migration, à préciser le statut de la reproduction des oiseaux en fonction des facteurs environnementaux propres à la gestion et au statut de protection des salins¹.

Le réseau méditerranéen rassemble les différents acteurs, dont ceux de la conservation et les professionnels du sel, pour que soient prises en compte, dans le cadre du développement durable, valeurs socio-économiques et protection ; il facilite la communication et l'échange d'informations et d'expériences et il met en place une gestion intégrée des populations d'oiseaux intégrant les potentialités d'un réseau de sites.

Le développement d'actions institutionnelles

L'importance des salins pour la conservation du patrimoine naturel et culturel a été reconnue au cours de la conférence internationale "Nature and Workmanship : artificial wetlands, threatened coastal areas in the Mediterranean". Organisée par INSULA², avec la participation de la DG XI

1 - Anonyme, 1996

2 - International Scientific Council for Island Development

Avenir des salins et conservation

de l'Union Européenne et l'UNESCO, elle s'est tenue à Paris en 1997. En conclusion, l'information, la sensibilisation et le transfert d'expériences ont été avancés comme recommandations pour le développement d'actions en faveur des salins.

Le maintien de la valeur patrimoniale des salins méditerranéens dépend de l'activité salinière. A l'arrêt des salins, doivent donc correspondre des démarches novatrices, telles que l'extension des mesures agro-environnementales de l'Union Européenne au secteur salinier, la création d'activités de substitution dans le cadre d'une gestion partagée entre des partenaires jusque-là étrangers les uns aux autres, le développement de réseaux d'information entre les différents acteurs du monde salinier.

L'organisation de visites de salins, ici Carloforte en Sardaigne, sensibilise le public à leur importance.



J. Walmsley

Les salins du Cabo de Gata (Espagne)¹

Les salins du Cabo de Gata sont situés dans un Parc naturel ; le Plan d'aménagement et le Plan directeur d'usage et de gestion estiment que la continuité de l'activité salinière est une garantie pour le maintien de la valeur éco-culturelle du

site. En 1987, une convention de "collaboration pour la protection des ressources naturelles existantes des salins de Cabo de Gata" a été signée ; elle constitue un modèle de coopération et de gestion partagée d'un milieu naturel entre l'administration publique et l'industrie salinière.

¹ - Marin & d'Ayala, 1996 ; Castro Nogueira, 1993



Conclusion

Du fait de conditions géographiques particulières, climat chaud et sec une grande partie de l'année, relief de côtes basses sur presque la moitié du rivage, mer à salinité élevée, la production de sel est une activité qui a connu un développement précoce dans le bassin méditerranéen.

Les modes d'exploitation ont évolué au fil des siècles. Un paysage salinier s'est donc peu à peu inscrit dans le paysage littoral, jusqu'à devenir partie intégrante du patrimoine culturel. Il y a eu une géographie du sel avec les *viae salariae** drainant mers, océans et continents ; il y a eu une population du sel avec les saliniers, les fermiers et les faux-sauniers ; il y a eu une politique du sel avec les

princes de l'Eglise et les seigneurs du sel qui l'ont utilisé comme moyen de leur pouvoir ; il y a eu une industrie du sel avec ses marchands, ses inventeurs et ses modernismes. Il y a aujourd'hui un produit que le souci de rentabilité et la mondialisation des marchés ont conduit à la banalisation.

Mais, au-delà de ces aspects économique-culturels, les salins qui, au premier abord, peuvent faire figure de zones humides artificielles, constituent en fait un patrimoine biologique inestimable au cœur d'une région où les pressions liées aux activités humaines sont intenses. Ils sont des refuges pour l'avifaune qui trouve, dans leur tranquillité, sites de repos, d'alimentation et/ou de nidification.

L'atout des salins reste la gestion de l'eau, réponse à l'objectif économique qu'est la production de sel. Les traits principaux de cette gestion sont le maintien des niveaux d'eau en des périodes vouées naturellement à l'assèchement, l'existence de gradients de confinement et de salinité, la stabilité dans le calendrier des différents cycles. La conjonction de ces différents facteurs conduit à une mosaïque de milieux où la productivité des populations d'organismes unicellulaires et d'invertébrés, nourriture privilégiée des oiseaux d'eau, est particulièrement élevée.

Cependant, la forte prévisibilité de cette gestion, en s'opposant à l'instabilité originelle des zones humides littorales, peut aussi être à l'origine de facteurs limitants pour la reproduction des oiseaux. D'une part, elle génère une érosion très active des îlots sans permettre la création de nouveaux ; d'autre part, les espèces appréciant les milieux stables, telles le goéland leucophée, redoutable compétiteur et prédateur,

Les salins apparaissent aujourd'hui comme des milieux essentiels à la conservation des oiseaux coloniaux.



J. Walmsley

Les salins de Oualidia
au Maroc sont classés
"Site d'Intérêt Biologique".



A. Johnson

tendent à se substituer aux autres espèces coloniales qui, pour la plupart, ont une forte valeur patrimoniale. La gestion des salins peut alors entraîner une banalisation des peuplements d'oiseaux qui sont à la base même de leur richesse biologique. Cette banalisation ne peut être révélée que sur le long terme.

Les salins sont certainement aujourd'hui à un tournant de leur histoire. Face à des contraintes variées, certains d'entre eux, pour l'essentiel dans le nord de la Méditerranée, sont rendus inactifs ou en voie de l'être. Or, la richesse biologique d'un salin s'essouffle vite en l'absence d'une gestion de l'eau adéquate. Surtout, quand ils sont implantés sur un littoral sururbanisé, ils font figure de réserves foncières qui éveillent les convoitises et peuvent entraîner leur comblement et leur disparition. La mise en œuvre du développement durable, préconisée par la CNUED¹ (Rio, 1992), à l'échelle du bassin méditerranéen devrait conduire à une approche systémique du problème que pose le devenir des salins. Contraintes naturelles et objectifs économiques devraient pouvoir s'harmoniser, en faisant appel à des mesures novatrices, qu'elles soient biologiques, institutionnelles, juridiques, financières ou éducatives, pour la conservation du patrimoine naturel et culturel que sont les salins méditerranéens.

Liste des espèces d'oiseaux d'eau que l'on trouve dans les salins de la Méditerranée selon leur période de fréquentation, leur fréquence et leur activité.

Familles	Espèces	Est Med	Période	Fréquence	Activité
Podicipedidae	• <i>Tachybaptus ruficollis</i> • <i>Podiceps cristatus</i> • <i>Podiceps nigricollis</i> • <i>Podiceps griseigena</i>	*	M H M H M H H	+ ++ ++ +	A R A R A R A R
Phalacrocoracidae	• <i>Phalacrocorax carbo</i> • <i>Phalacrocorax pygmeus</i>	*	M H M H	++ +	a R a R
Pelecanidae	• <i>Pelecanus crispus</i> • <i>Pelecanus onocrotalus</i>	*	T M H	+ +	R R
Ardeidae	• <i>Ardea cinerea</i> • <i>Ardea purpurea</i> • <i>Egretta garzetta</i> • <i>Egretta alba</i> • <i>Ardeola ralloides</i> • <i>Bubulcus ibis</i> • <i>Nycticorax nycticorax</i> • <i>Ixobrychus minutus</i> • <i>Botaurus stellaris</i>		T M T M H M T M M M	++ + ++ ++ + ++ + + +	n a R R N A R a R R n R R R R
Ciconiidae	• <i>Ciconia ciconia</i> • <i>Ciconia nigra</i>		M M	+ +	a R a R
Threskiornithidae	• <i>Plegadis falcinellus</i> • <i>Platalea leucorodia</i>		M M H	+(+) ++	a r A R
Phoenicopteridae	• <i>Phoenicopterus ruber</i>		T	++	N A R
Anatidae	• <i>Cygnus olor</i> • <i>Anser anser</i> • <i>Anser fabalis</i> • <i>Anser albifrons</i> • <i>Tadorna ferruginea</i> • <i>Tadorna tadorna</i> • <i>Anas strepera</i> • <i>Anas platyrhynchos</i> • <i>Anas querquedula</i> • <i>Anas clypeata</i> • <i>Anas acuta</i> • <i>Anas crecca</i> • <i>Anas penelope</i> • <i>Aythya ferina</i> • <i>Aythya fuligula</i> • <i>Netta rufina</i> • <i>Oxyura leucocephala</i> • <i>Mergus serrator</i> • <i>Mergus albellus</i>	*	M H H H H T T T T M M H M H M H M H M H M H M H T M H M H M H	+ + + + + ++ + ++ + ++ ++ ++ + ++ ++ + ++ ++ + ++ +	R R R R n a R N A R n a R N A R a R a R a R a R a R a R a R N a R a R A R A R
Rallidae	• <i>Rallus aquaticus</i> • <i>Gallinula chloropus</i> • <i>Fulica atra</i>		T T M H	++ ++ ++	n A R n A R A R
Haematopodidae	• <i>Haematopus ostralegus</i>		T	++	N A R
Recurvirostridae	• <i>Recurvirostra avosetta</i> • <i>Himantopus himantopus</i>		T T	++ ++	N A R N A R
Burhinidae	• <i>Burhinus oedidnemus</i> • <i>Glareola pratincola</i> • <i>Glareola nordmanni</i>	*	E M E M M	++ ++ ++	n A R n a R a R
Charadriidae	• <i>Vanellus vanellus</i> • <i>Charadrius alexandrinus</i> • <i>Charadrius dubius</i>		T T E M	+ ++ ++	n A R N A R n A R

Familles	Espèces	Est Med	Période	Fréquence	Activité
Glareolidae	• <i>Charadrius hiaticula</i>		M H	++	A R
	• <i>Charadrius asiaticus</i>	*	M	++	A R
	• <i>Charadrius leschenaultii</i>	*	M H	++	A R
	• <i>Charadrius pecuarius</i>	*	T	++	N A R
	• <i>Pluvialis apricaria</i>		M H	+(+)	A R
	• <i>Pluvialis squatarola</i>		T	++	A R
	• <i>Hoplopterus spinosus</i>	*	T	++	N A R
Scolopacidae	• <i>Calidris alba</i>		M H	++	A R
	• <i>Calidris alpina</i>		T	++	A R
	• <i>Calidris canutus</i>		M H	++	A R
	• <i>Calidris ferruginea</i>		M H	++	A R
	• <i>Calidris minuta</i>		M H	++	A R
	• <i>Calidris temminckii</i>		M H	++	A R
	• <i>Limicola falcinellus</i>		M	++	A R
	• <i>Philomachus pugnax</i>		M H	++	A R
	• <i>Limosa lapponica</i>		M H	++	A R
	• <i>Limosa limosa</i>		T	++	A R
	• <i>Numenius arquata</i>		T	++	A R
	• <i>Numenius phaeopus</i>		M	++	A R
	• <i>Tringa cinereus</i>		M (H)	+(+)	A R
	• <i>Tringa erythropus</i>		M H	++	A R
	• <i>Tringa glareola</i>		M	+(+)	a R
	• <i>Tringa nebularia</i>		M H	++	A R
	• <i>Tringa ochropus</i>		M H	+(+)	a R
	• <i>Tringa stagnatilis</i>		M H	++	A R
	• <i>Tringa totanus</i>		T	++	N A R
	• <i>Actitis hypoleucos</i>		M H	++	A R
	• <i>Arenaria interpres</i>		M H	++	A R
	• <i>Gallinago gallinago</i>		M H	++	a R
Phalaropidae	• <i>Phalaropus fulicarius</i>		M	+	A R
	• <i>Phalaropus lobatus</i>		M	++	A R
	• <i>Phalaropus tricolor</i>		M H	+	A R
Stercorariidae	• <i>Stercorarius parasiticus</i>		M	+	R
Laridae	• <i>Larus cachinnans</i>		T	++	N a R
	• <i>Larus melanocephalus</i>		T	++	N R
	• <i>Larus ridibundus</i>		T	++	N a R
	• <i>Larus genei</i>		T	++	N A R
	• <i>Larus armenicus</i>	*	M H	++	a R
	• <i>Larus audouinii</i>		T	++	N R
	• <i>Larus canus</i>		H	+	a R
	• <i>Larus fuscus</i>		M H	++	a R
	• <i>Larus ichthyaetus</i>	*	M H	+	R
	• <i>Larus minutus</i>		M	++	A R
	• <i>Cblidonias hybrida</i>		M H	+	a r
	• <i>Cblidonias niger</i>		M	++	A R
	• <i>Cblidonias leucopterus</i>		M	+(+)	A R
	• <i>Sterna nilotica</i>		E M	++	N a R
	• <i>Sterna hirundo</i>		E M	++	N A R
	• <i>Sterna sandvicensis</i>		T	++	N R
	• <i>Sterna albifrons</i>		E M	++	N A R
	• <i>Sterna bengalensis</i>		E M	+	n R
	• <i>Sterna caspia</i>		M H	++	A R
	• <i>Sterna dougallii</i>		M	+	a R
	• <i>Sterna paradisaea</i>		M	+	a R

Est Méd.: * = oiseaux que l'on ne trouve qu'à l'est d'une ligne de partage nord - sud de l'Albanie à la Tunisie (le premier étant sur la façade est et le second sur la façade ouest)

Période:

M = durant la migration (printemps ou automne),

H = hiver,

E = été,

T = toute l'année.

Fréquence:

+ = rare;

++ = régulier;

+(+) = rare à régulier suivant les localités.

Activité:

N,n = nicheur;

A,a = alimentation;

R,r = repos.

Les lettres en majuscule et en minuscule marquent respectivement une activité principale et secondaire.



Glossaire

Allex : condiment à base de poisson et de saumure (sorte de nuoc-mâm).

Anatidé : famille dans la classification des oiseaux qui rassemble les canards, les harles et les sarcelles.

Ardéidé : famille dans la classification des oiseaux qui rassemble les hérons.

Botulisme : manifestations pathologiques déterminées par l'ingestion d'une toxine. Sa présence est à mettre en relation avec la stagnation d'une lame d'eau lors des températures estivales élevées et, donc, avec l'absence de gestion de l'eau.

Calentadore : partènement (Espagne).

Camelle : stock de sel.

Charadriiforme : ordre dans la classification des oiseaux qui comprend, entre autres, les laridés, les sternidés et les limicoles.

Chott : terre salée, souvent une dépression, entourant une sebkha.

Coin salé : remontée d'eau de mer dans les terres littorales.

Confinement : il est exprimé par le temps de renouvellement des éléments d'origine marine ou par le temps mis par les éléments marins à atteindre un point considéré.

Cristalizadores, cristallisoir ou tables saunantes (ou salantes) : voir tables saunantes.

Cyste : œuf de résistance.

Emplein : entrée d'eau de mer lors de tempêtes.

Emprunt : grosse rigole creusée dans un bassin permettant une évacuation rapide de l'eau lors de son assèchement.

Euryhaline (espèce animale) : espèce supportant de brusques variations de salinité.

Fagne : marais d'altitude.

Faux-saunier : contrebandier du sel.

Faux-saunage : contrebande du sel.

Gabelle : impôt sur la consommation de sel et système de distribution régi par l'Etat qui vend le sel à un prix arbitraire incluant cet impôt.

Gabelou : collecteur de la gabelle (pratiquant parfois la contrebande !).

Gagnage : site d'alimentation des oiseaux d'eau, principalement utilisé par les anatidés.

Garum : voir Allex.

Grau : passe dans un cordon littoral.

Intertidale (zone) : zone littorale comprise entre les niveaux des marées les plus hautes et les plus basses et caractérisée par une faune et une flore pouvant vivre alternativement dans l'eau de mer et à l'air libre.

Limicole : petit ou grand échassier faisant partie de l'ordre des charadriiformes.

Martelière : vanne dans les salins du sud de la France.

Mésohaline : dont la salinité est proche de celle de la mer (entre 5 et 20 ‰).

Mine de sel : exploitation minière d'extraction de sel gemme (v. ce mot).

Noria : chaîne à godets permettant de remonter l'eau d'un puits, généralement actionnée par un animal de trait.

Oligotrophique : se dit d'un milieu pauvre en substances nutritives.

Partènement : bassin dans lequel se concentre l'eau de mer avant de pénétrer dans les tables saunantes.

Pléistocène : quaternaire ancien.

Ramsar (Convention) : Convention sur les zones humides d'importance internationale, spécialement comme habitat des oiseaux d'eau. Traité intergouvernemental signé à Ramsar, Iran, en 1971 et entré en vigueur en 1973

Remise : dortoir diurne des oiseaux d'eau, principalement utilisé par les anatidés.

Salin : terrain aménagé en vue de la production de sel par évaporation et concentration naturelle d'eaux salées d'origines diverses (mer, saumure de sondage, lac ou nappe souterraine salée...).

Saline : usine de production de sel par évaporation ou concentration artificielle d'eaux salées d'origines diverses (saumure de sondage ou de lessivage des sables, nappe salée, résurgence salée...).

Salinité : concentration totale en sels solubles.

Salure : concentration en chlorure de sodium.

Sansouire : milieu humide camarguais, caractéristique des zones deltaïques, où la salinité et la durée de submersion déterminent le couvert végétal.

Saumure : eau fortement salée.

Saunier : celui qui produit et récolte le sel.

Sebkha : dépression salée et endoréique, alimentée en eau par les oueds et surtout par les eaux souterraines.

Sel de mer : sel d'origine marine.

Sel gemme : sel d'origine terrestre, obtenu en l'état, par extraction minière.

Sel ignigène (ou igné) : sel d'origine terrestre, obtenu par évaporation artificielle des saumures de sondage (saumures issues de la dissolution du sel souterrain).

Sel solaire : sel d'origines diverses (saumure de sondage, nappe souterraine salée...), obtenu par évaporation solaire.

Table saunante (ou salante) : surface évaporatoire parfaitement nivelée, alimentée en saumure saturée et permettant le dépôt et la récolte du sel cristallisé (chlorure de sodium ou NaCl).

Tirage : zone de vente du sel.

Viae salariae : routes du sel établies dès l'époque romaine.



Bibliographie

Anonyme - Chemins de fer régionaux et urbains - Les chemins de fer des salins de Giraud, n° 258, 1996/6.

Anonyme - Le sel en Europe. Economie Géographie, mensuel publié par l'Institut de l'entreprise, n° 306, 1993.

Anonyme - Salinas in the Mediterranean region and their birds : present status, threats and conservation requirements. A workshop organised by the Department of Animal and Plant Biology and Ecology of the University of Cádiz and the Portuguese Society for the Study of Birds (SPEA). Olhão, Portugal - 23 and 24 March 1996. Wader Study Group Bulletin 80, 33-35, 1996.

Balzano, R. - Rassuen ou la mémoire des étangs. Ed. Le patrimoine des étangs, 1993.

Beltram, G - The conservation and management of wetlands in Slovenia in the context of European policy related to wetlands. Ph.D. thesis in Human Ecology, Vrije Universiteit Brussel, 1996.

Bergier, J.F. - Une histoire du sel. Presses universitaires de France, Paris, France, 1982.

Boudet, G. - Les origines du sel du littoral méditerranéen français. Science Tribune, mars 1997.

Boudet, G. - La renaissance des salins du Midi de la France au XIXe siècle. CSME, 1995.

Braudel, F. - Les structures du quotidien. Civilisation matérielle, économie et capitalisme XVe - XVIIIe siècle. Tome I. Armand Colin, 1979.

Britton, R. H. & A.R. Johnson - An ecological account of a mediterranean salina: the Salin de Giraud, Camargue (S. France). Biological Conservation 42, 185-230, 1987.

Browne, R.A. - Ecological and genetic divergence of sexual and asexual Brine Shrimp (*Artemia*) from the Mediterranean Basin. National Geographic Research 4, 548-554, 1988.

Browne, R.A., Sorgeloos, P. & C.N.A. Trotman - *Artemia* Biology. CRC Press, Boca Raton, Ann Arbor, Boston, 374, 1991.

Bibliographie

- Buckley, P.A. & F.G. Buckley** - Guidelines for the protection and management of colonially nesting waterbirds. North Atlantic Regional office, National Park Service, Boston, 52, 1978.
- Burgess, N.D. & G.J.M. Hiron** - Creation and management of artificial nesting sites for wetland birds. *Journal of Environmental Management* 34, 285-295, 1992.
- Castro Nogueira, H.** - Las salinas de Cabo de Gata. Ecología y dinámica anual de las poblaciones de aves en las salinas de Cabo de Gata (Almería). Instituto de Estudios Almerienses, Almería, 1993.
- Caumette, P., Matheron, R., Raymond, N. & J.C. Relexans** - Microbial mats in the hypersaline ponds of Mediterranean salterns (Salin-de-Giraud, France). *Microbiology Ecology* 13, 273-286, 1994.
- Charpentier, B.** - L'environnement méditerranéen - Contribution française. Documentation française, 1995.
- Charpentier, B.** - Le Plan d'action pour la Méditerranée - Contribution au développement durable du bassin méditerranéen. 1996.
- Comité de Bassin RMC** - SDAGE Rhône-Méditerranée-Corse - Atlas du bassin Rhône-Méditerranée-Corse. Comité de Bassin. 1995.
- De Saboulin Bollena, B.** - Le sel au Sahara. *La Baleine*, n° 17, Spécial Sahara. Cie des Salins du Midi et des Salines de Djibouti, 2-53, Noël 1964.
- CRDP Marseille** - La Camargue, Protection et développement du delta. Découverte de l'environnement régional, CRDP Marseille & Conseil régional PACA, 1995.
- Goss-Custard, J.** - Beach Feast. *Birds* 5(10) : 23-26, 1975.
- Hocquet, J.C.** - Le sel de la Terre. Du May, Paris, 1989.
- Johnson, A.R.** - Construction of a breeding island for flamingos in the Camargue. *Journal of Environmental Management* 34, 285-295, 1982.
- Leenhardt, A.** - Les salins du Languedoc. Imprimerie Sadag, Bellegarde, France, 1939.
- Leonardos, A., Sinis, A. & D. Petridis** - Influence of environmental factors on the population dynamics of *Aphanius fasciatus* (Nardo, 1827) (Pisces: Cyprinodontidae) in the lagoons Messolongi and Etolikon (W. Greece). *Israel Journal of Zoology*, 42, 231-249, 1996.



- Mac Donald, G.H. & R.A. Browne** - Population dynamics of an asexual brine shrimp *Artemia* population. J. Exp. Biol. Ecol. 133, 169-188, 1989.
- Magnin, G. & M. Yarar** - Important bird areas in Turkey. Dogal Hayati Koruma Dernegi (DHKD), Istanbul, Turkey, 313, 1997.
- Marin, C. & P.G. d'Ayala** - Salines. Management of Mediterranean wetlands IV. MedWet, Morillo, C. & J.L. Gonzalez eds, Madrid, 17-31, 1996.
- Matvejevitch, P.** - Bréviaire méditerranéen. Fayard, Paris, France, 1992.
- Mesléard, F. & C. Pérennou** - La végétation aquatique émergente. Publication MedWet / Tour du Valat n° 6, Arles, France, 86, 1996.
- Moinier, B.** - Communication sur l'exploitation de la mer. Lecture moderne de Plin l'ancien. 5èmes Rencontres internationales d'archéologie marines d'Antibes, 1984.
- Moinier, B.** - Crystallised salt in Western Europe. Science Tribune, octobre 1996.
- Moinier, B.** - The role of salt in civilisation. Science Tribune, octobre 1996.
- Moinier, B.** - Sel et société, une affaire de métier. Nathan, 1997.
- Ortal, R.** - Saline wetlands of Israël (salinas and their surroundings). Nature Reserves Authority, Jerusalem, 15, 1997.
- Pearce, A & A.J. Crivelli** - Caractéristiques générales des zones humides méditerranéennes. Publication MedWet / Tour du Valat, n° 1, Tour du Valat, France, 88, 1994.
- Pérennou, C., Sadoul, N., Pineau, O., Johnson, A.R. & H. Hafner** - Gestion des sites de nidification des oiseaux d'eau coloniaux. Publication MedWet / Tour du Valat , n° 4, Tour du Valat, Arles, France, 114, 1996.
- Perez-Hurtado, A.** - Ecologia alimentaria de Limícolas invernantes en la Bahia de Cadiz. Airo 6, 15-23, 1995.
- Petanidou, T.,** - Salt – Salt in European History and Civilisation. Hellenic Saltworks S.A., Athens, Greece, 1997.
- Plan bleu pour la Méditerranée** - Programme d'aménagement côtier du Grand Sfax (Tunisie), 1997.

Bibliographie

- Rehfish, M.M.** - Man-made lagoons and how their attractiveness to waders might be increased by manipulating the biomass of an insect benthos. *Journal of Applied Ecology* 31, 383-401, 1994.
- Robledano Aymerich, F.** - Ecologia de humedales y conservation de Limicolas en el SE de Espana : experiencias de investigation aplicables a la gestion. *Airo* 6, 39-56, 1995.
- Rosecchi, E. & B. Charpentier** - L'aquaculture en milieux lagunaire et marin côtier. Publication MedWet / Tour du Valat , n° 3, Tour du Valat, Arles, France, 94, 1995.
- Rufino, R. & R. Neves** - The effects on wader populations of the conversion of salinas into fish farms. Managing mediterranean wetlands and their birds, proceedings of an IWRB International Symposium (M. Finlayson, T. Hollis and T. Davis, eds), IWRB special publication n° 20, 177-182, 1992.
- Sadoul, N.** - Dynamique spatiale et temporelle des colonies de charadriiformes dans les salins de Camargue : implications pour la conservation. Thèse de doctorat, Université de Montpellier II, 1996.
- Soutif, M., Denhez, F. & C. Rives** - Péril vert. *Géo* n° 221, 159, juillet 1997.
- Smit, C.J. & T. Piersma** - Numbers, midwinter distribution and migration of wader populations using the East Atlantic flyway. In *Flyways and reserve networks for waterbirds* (H. Boyd and J. Y. Pirot, eds.), IWRB Special Publications n° 9, 24-63, 1989.
- Tessier, G.D., Blokpoel, H. & R.A. Andress** - Restoration of a Common Tern colony after displacement by nesting Ring-billed Gulls. 17th Colonial Waterbird Society Meeting, 6-10 October, Arles, 1993.
- Tourenq, J.N.** - Recherches écologiques sur les chironomides (*Diptera*) de Camargue. Thèse de doctorat, Université P. Sabatier, Toulouse, France, 1975.
- Usiglio, J.** - Etudes sur la composition de l'eau de la Méditerranée et sur l'exploitation des sels qu'elle contient. Ed. Migot et Pardigon, Aix en Provence, 1849.
- Velasquez, C.R.** - Managing artificial saltpans as a waterbird habitat : species responses to water level manipulation. *Colonial Waterbirds* 15, 43-55, 1992.
- Verhoeven, J.T.A.** - The ecology of *Ruppia*-dominated communities in Western Europe, III. Aspects of production, consumption and decomposition. *Aquatic Botanic* 8, 209-253, 1980.



Walmsley, J.G. - Observations of colour-ringed Shelduck *Tadorna tadorna* of Camargue origin in the Grosser Knechtsand moulting area. Beitrage zur Nartuskunde Niedersachsens 40, 294-296, 1987.

Weller, M.W. - Waterfowl management techniques for wetland enhancement, restoration and creation useful in mitigation procedures. Wetland creation and restoration : the status of the sciences (J.A. Kusler and M.E. Kentula, eds.), Island press, Washington, 517-528, 1990.

Index

- Aigrette garzette : 50
Aigues-Mortes : 17, 19, 29, 36, 60
Algérie : 31, 32
Artémia : 42, 43, 51, 52, 55, 56, 57, 74
Avocette élégante : 11, 43, 48, 51, 52, 53, 56, 60, 62, 64, 65, 69
Baléares : 16, 17, 18, 73, 77
Barge rousse : 51
Bécasseau coccorli : 67
Bécasseau maubèche : 51, 53
Bécasseau minute : 51
Bécasseau sanderling : 53
Bécasseau variable : 51, 53
Bécassine des marais : 51
Bruant des roseaux : 47
Camargue : 14, 19, 29, 37, 46, 47, 48, 52, 57, 60, 61, 63, 76, 77
Canard siffleur : 41, 49
Canard colvert : 49, 54
Chevalier aboyeur : 67
Chevalier gambette : 51, 53, 54
Chevalier sylvain : 51
Chironomides : 38, 41, 42, 51, 57, 67, 68
Chypre : 16, 19, 32, 33
Combattant varié : 68
Cormoran pygmée : 49
Courlis cendré : 51
Courlis corlieu : 51
Crète : 16, 17
Echasse blanche : 52, 75
Egypte : 16, 17, 19, 25, 31, 32, 53
Espagne : 16, 19, 26, 32, 46, 50, 57, 73, 78, 81
Fauvette à lunettes : 47
Flamant rose : 11, 48, 43, 47, 52, 53, 55, 56, 57, 63, 76
Foulque macroule : 49
Glaréole à collier : 51
Goéland d'Audouin : 46
Goéland railleur : 11, 46, 50, 52, 56, 65
Goéland leucophee : 56, 62, 63, 64, 65, 68, 69, 85
Grand cormoran : 49
Grand gravelot : 51
Gravelot à collier interrompu : 54
Grèbe huppé : 49
Grèce : 20, 27, 32, 33, 36, 45, 72, 73
Guépier d'Europe : 47
Guifette noire : 52
Harle huppé : 49
Héron bihoreau : 50
Héron cendré : 50
Héron crabier : 50
Héron pourpré : 50
Huîtrier pie : 51
Hyères : 17, 30, 46
Italie : 16, 17, 18, 19, 21, 27, 31, 32, 77
Languedoc : 16, 21, 78
Liban : 26, 31, 32, 33
Libye : 19, 31
Malte : 24, 25, 32
Mouette mélanocéphale : 56
Mouette pygmée : 52
Mouette rieuse : 52, 53, 56, 64, 65
Nette rousse : 54
Oedicnème criard : 50
Pélicans : 49
Phalarope à bec étroit : 52
Pluvier argenté : 51
Pluvier guignard : 50
Portugal : 19, 31, 32, 33, 73, 75, 78, 80
Poule d'eau : 47
Salin de Giraud : 5, 14, 18, 20, 29, 37, 42, 43, 44, 45, 54, 57, 60, 61, 62, 64, 71
Sardaigne : 17, 46, 57, 72
Sicile : 9, 16, 21, 33, 72, 73
Spatule : 49
Sterne caugek : 49, 56, 65
Sterne hansel : 56
Sterne naine : 49, 53, 56, 64, 65
Sterne pierregarin : 49, 53, 65
Tadornes : 36, 47, 52, 54, 55
Tourterelle turque : 47
Tunisie : 15, 19, 23, 27, 31, 32, 46, 63, 73
Turquie : 27, 31, 32
Vanneau huppé : 51
Venise : 16, 17, 19, 21

Tour du Valat
Le Sambuc - 13200 Arles - France
Télécopie : ++ 33 (0)4 90 97 20 19
E. mail : secretariat@tour-du-valat.com
Internet : <http://www.tour-du-valat.com>

Imprimé sur papier sans chlore.

Achévé d'imprimer en juillet 1998
sur les presses de l'Imprimerie De Rudder
84000 Avignon - 04 90 89 94 00



Station Biologique de la Tour du Valat : Etudier pour mieux gérer

Deltas, lagunes, marais, étangs, forêts riveraines, le terme “zones humides” regroupe toute une gamme de milieux qui jouent un rôle essentiel dans le cycle de l’eau et abritent une faune et une flore très riches. Les zones humides rendent d’immenses services à l’homme : écrêtage des crues, amélioration de la qualité de l’eau, espaces de loisirs, milieux pour les poissons et le gibier. Aujourd’hui, ces milieux sont menacés et leur conservation présente donc un enjeu au-delà de la seule protection des espèces et des habitats naturels en danger.

Dans ce contexte, la Tour du Valat s’est donnée pour mission ***“d’arrêter la perte et la dégradation des zones humides méditerranéennes et de les restaurer”***.

Recherche

Une politique efficace de conservation de la nature doit s’appuyer sur des connaissances scientifiques issues d’une recherche rigoureuse. Dans ce cadre, la Tour du Valat a mis en place un programme de recherche sur le fonctionnement des milieux menacés, notamment les roselières et les mares temporaires. Elle s’implique aussi dans les études à long terme sur les espèces clés, la réhabilitation de zones humides et les mesures agri-environnementales (riziculture, élevage extensif).

Gestion

Les expériences sont menées sur le domaine de la Tour du Valat (2500 ha) au cœur de la Camargue. Par délégation de la Mairie d’Arles, la Tour du Valat gère également les Marais du Vigueirat (1000 ha). Ce site du Conservatoire du littoral est une excellente vitrine de la mise en application du concept de gestion intégrée.

Conservation

La Tour du Valat s’efforce de promouvoir le transfert des connaissances obtenues par les chercheurs et les gestionnaires à travers le développement de plans de gestion pour les zones humides méditerranéennes, la mise en place de stages de formation, le conseil et l’appui aux politiques promouvant la gestion rationnelle de ces ressources, l’édition d’ouvrages de vulgarisation.

Créée en 1954 par Luc Hoffmann, la Station biologique de la Tour du Valat est un organisme privé, géré par la Fondation Sansouire, reconnue d’utilité publique. Une équipe de près de 80 personnes se consacre aux activités scientifiques, à la gestion du domaine et aux actions de conservation.