

RESTAURATION HYDRAULIQUE D'UN MARAIS ET CONSÉQUENCES POUR LES OISEAUX : CONTRAINTES D'ÉCHELLES D'ESPACE ET DE TEMPS DANS LES PROCESSUS ÉCOLOGIQUES

Vincent BRETAGNOLLE¹, Sylvie HOUTE¹ & Nicolas BOILEAU²

SUMMARY

Over the last thirty years the intensification of agricultural practices by drainage and conversion of grasslands to arable has led to the loss of hydrological and ecological functions of wetlands in the western marshes of France, in particular the conservation of animals characteristic of these wetlands. The goal of this study was to restore at least some of the ecological functions of wet grasslands by experimentally manipulating the water regime and grazing; the consequences for the plant and bird communities were measured. This was done in an experimental set-up of 63 fields covering 170 ha in the Marais de Brouage (Charente-Maritime).

The water regime is driven by natural processes (rainfall and evaporation) and artificially, through the manipulation of the level of the main canal. By modifying the subsidiary canals and building sluice gates it was possible to isolate experimental fields from the influence of the main canal. The experimental fields were subjected to two treatments, *dry* (minimal flooding), *intermediate* (six months flooding) and *wet* (10 months). We worked at three hierarchical spatial levels, a field, a single catchment area and a set of catchment areas. For the restoration of biodiversity in this case particular bird species, we underline the importance of choosing the appropriate spatial level, which will depend on the objectives. In this wetland system, which reacts fast, the time scale is not a major constraint.

Particular attention was paid to birds because these are known to be good indicators of other animal groups, and because the changes in agricultural practices have led to declines in most of the species of farmland in Europe. Between 1997-2001 we counted breeding birds (principally the Skylark *Alauda arvensis* and the Yellow wagtail *Motacilla flava*). The former species declined and the latter increased in the set of catchment areas (170 ha). We tested the hypothesis that this was due to an increase in the duration of flooding: at the field level, the Skylark declined and Wagtails increased when the duration of flooding increased. It is therefore possible to experimentally induce rapid changes in the populations of these birds at small spatial scales.

In contrast for other species such as the breeding waders, and in particular the Lapwing *Vanellus vanellus*, no response was obtained at these spatial and temporal scales. However, at the scale of the whole marsh (12 000 ha) and 12 years major changes occurred in the abundance and distribution of Lapwings, many of the birds moving from wet grasslands to arable for nesting. We propose hypotheses to explain this which require testing in the future.

¹ Centre d'Etudes Biologiques de Chizé, CNRS UPR 1934, F 79360 Beauvoir-sur-Niort. E-mail : breta@cebc.cnrs.fr

² LPO, Réserve naturelle de Moëze-Oléron, Plaisance, F 17780 Saint-Froult.

These results show the importance of choosing clear objectives in ecological restoration projects, and appropriate indicator species. Since the ecological processes involved occur at different spatial and temporal scales, the level of biological organisation selected and the species will modulate the expression of the processes.

RÉSUMÉ

Depuis une trentaine d'années, l'intensification de l'agriculture par le drainage et la mise en culture a entraîné la perte des fonctions hydrauliques et écologiques des marais de la façade atlantique. Conservation et réhabilitation de la biodiversité de ces milieux sont à l'origine de notre étude. Grâce à un dispositif expérimental de terrain (63 parcelles, 170 ha) situé dans le marais de Brouage (Charente-Maritime), nous avons cherché à restaurer le caractère humide des prairies naturelles en manipulant la gestion hydraulique et pastorale, et en mesurant les conséquences sur les oiseaux. Les parcelles en prairie ont été soumises à trois « scénarios » de gestion hydraulique : le scénario « sec » (durée d'inondation minimale), le scénario « intermédiaire » (inondation d'environ 6 mois) et le scénario « humide » (inondation d'environ 10 mois). Entre 1997 et 2001, des dénombrements exhaustifs des passereaux nicheurs (Alouette des champs *Alauda arvensis* et Bergeronnette printanière *Motacilla flava*), ont montré qu'à une échelle temporelle de cinq ans, il est possible d'enregistrer des évolutions d'abondance des populations (baisse de la densité des alouettes et augmentation de celle des bergeronnettes) en fonction du degré d'humidité dans la parcelle. Par ailleurs, le suivi de la dynamique des populations du Vanneau huppé (*Vanellus vanellus*) a montré que l'échelle spatiale choisie (170 ha) n'était pas adaptée et qu'il fallait prendre en compte l'ensemble du marais, soit 12 000 hectares. Sur le plan temporel, des changements très significatifs dans l'utilisation de l'espace sont intervenus chez cette espèce, mais ces changements n'auraient pu être détectés en 3 années seulement.

INTRODUCTION

Depuis une trentaine d'années, un contexte favorable à la production céréalière ainsi que des progrès technologiques ont engendré l'intensification de l'agriculture par le drainage et la mise en culture : entre 1974 et 1990, la moitié des surfaces en prairies du Marais Poitevin a été retournée au profit des céréales (Duncan *et al.*, 1999). A l'échelle européenne, les marais de la façade atlantique constituent l'une des régions agricoles qui a le plus intensifié ses productions. Cette évolution entraîne une perte des fonctions hydrauliques et écologiques, et notamment celle de la conservation de la biodiversité des espèces caractéristiques des zones humides. La conservation de ces fonctions exige la mise au point de méthodes de restauration hydraulique (Larson, 1990 ; Mitsch & Gosselink, 1993 ; Hollis, 1993) et pastorale (Gordon & Duncan, 1993), cohérentes avec la politique agricole nationale et européenne.

Parmi les espèces animales, les oiseaux ont toujours servi d'indicateurs de choix de l'état de la richesse biologique des systèmes, car ils présentent des avantages considérables, notamment en termes de rapidité de réponse fonctionnelle, du degré de connaissance que nous possédons sur leur biologie, ou plus simplement de facilités d'observation (Furness *et al.*, 1993 ; Ormerod & Tyler, 1993 ; Bennets & Owens, 2002). Ainsi, de nombreuses études ont montré que des modifications d'habitat ont des répercussions importantes sur les oiseaux (Smith, 1983 ; Dolman & Sutherland, 1995). Dans les zones humides, les prairies naturelles constituent un habitat de reproduction pour de nombreuses espèces d'oiseaux et en particulier pour les anatidés, les passereaux et les limicoles. La destruction accélérée de cet habitat

depuis 50 ans a entraîné une chute des effectifs nicheurs chez la plupart des espèces à l'échelle européenne, et en particulier en zones humides (Tucker & Heath, 1994).

Depuis le milieu des années 1980, la restauration des zones humides est devenue une préoccupation internationale, notamment à travers de grands programmes de conservation mis en place à l'échelle mondiale. Les connaissances scientifiques, nécessaires à l'élaboration de méthodes de restauration, restent néanmoins trop fragmentaires pour établir des propositions de cahiers des charges objectifs et valides, et l'efficacité des méthodes de restauration utilisées est rarement évaluée (Ratti *et al.*, 2001). Néanmoins, les travaux existants ont souligné que trois éléments principaux doivent être pris en considération : l'eau (durée et intensité des inondations), le couvert végétal (composition et structure des communautés végétales) et le pâturage par les grands herbivores. Ces trois facteurs conditionnent, dans une large mesure, la diversité biologique des zones humides.

Les objectifs de cette étude étaient de tester la qualité des connaissances actuelles sur les facteurs régissant la diversité des communautés de plantes et d'oiseaux dans les prairies naturelles humides, sur une échelle de temps de trois ans et à différentes échelles spatiales. Grâce à un dispositif expérimental de terrain, nous avons donc cherché à restaurer le caractère humide du milieu en manipulant la gestion hydraulique et pastorale et en mesurant les conséquences sur différentes composantes de la biodiversité. Seuls les résultats obtenus sur les oiseaux seront présentés dans cette synthèse.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

SITE D'ÉTUDE

Aujourd'hui, deux modes d'utilisation agricole se partagent l'espace des marais de l'Ouest (100 000 ha) : la culture céréalière et l'élevage sur prairies naturelles. Ce dernier milieu, partiellement inondable et traditionnellement géré en pâturage extensif, est en régression constante depuis les années 1980. Le site expérimental concerné par l'étude fait partie des marais de Brouage (12 000 ha) situés dans le département de la Charente-Maritime à l'ouest de la France et appartenant aux marais de l'Ouest (Fig. 1). Il s'agit d'anciens marais salants aménagés entre les XI^e et XVIII^e siècles, abandonnés et convertis en prairies naturelles. Ils conservent de ce passé une structure topographique originale, alternance de bassins rectangulaires, les « jas » (aires de récolte du sel) et de levées de terres les séparant, les « bossis ». Le tout est délimité par un système de fossés et de canaux. Des vannes permettent de gérer la quantité d'eau dans les fossés et donc dans les jas existant au centre de chaque parcelle en prairie.

L'alimentation en eau de ce marais est sous l'influence des eaux météoriques et dans une faible mesure du bassin versant. Le canal reliant la Charente à la Seudre, contrôlé et entretenu par la Direction Départementale de l'Équipement, constitue l'amenée d'eau principale en même temps que l'exutoire prioritaire pour le syndicat de marais qui a en charge la gestion hydraulique de l'ensemble du marais de Brouage, et donc du site d'étude. Ce canal, ou réseau primaire, est connecté aux réseaux secondaires par des ouvrages hydrauliques. Ce réseau secondaire dessert les prises de marais (blocs de parcelles constituées lors des endiguements), et le

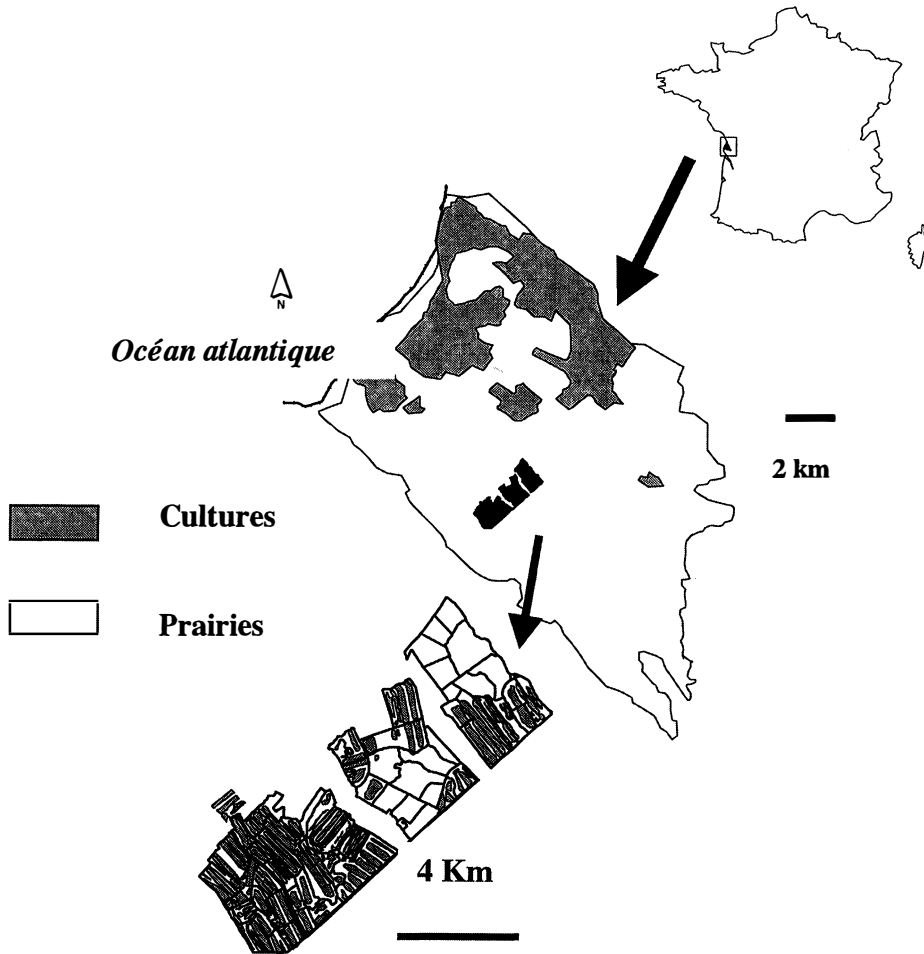


Figure 1. — Site d'étude (agrandissement avec jas, en gris). Les zones de cultures (en gris) sont distinguées des prairies (en blanc).

réseau tertiaire privé. Les niveaux d'eau dans le réseau tertiaire du marais de Brouage, et donc l'hydromorphie des parcelles, sont contrôlés par le syndicat de marais (Giraud, 1992).

Le programme de recherche a débuté en 1997 sur des terrains appartenant au Conservatoire du Littoral et en particulier sur un secteur où existe un îlot foncier de 170 ha gérés par cinq exploitants agricoles.

TRAVAUX DE RESTAURATION HYDRAULIQUE

Les travaux réalisés sur le site d'étude avaient pour objectifs de restaurer le fonctionnement hydraulique, d'isoler les parcelles expérimentales de l'influence de

la gestion de l'eau imposée par le syndicat de marais et de mettre en place un système de suivi de mesures des niveaux d'eau. La remise en état de fonctionnement du réseau hydraulique fut la première priorité du Conservatoire du Littoral qui entreprit, au cours de l'automne 1997, les travaux indispensables au bon déroulement de l'expérimentation : curage des fossés, restauration ou construction de digues, construction d'ouvrages de régulation hydraulique pour l'isolement entre parcelles et entre blocs de parcelles, et pour l'isolement ou la connexion avec le réseau syndical, mise en place de 7 points de mesure pour le suivi des réseaux secondaires et tertiaires, et 71 points de mesure (piquets métalliques) pour le suivi des jas, tous calés par rapport au système NGF. Aucune information sur les niveaux d'eau dans ce secteur du marais de Brouage n'était disponible auparavant. Des échelles limnimétriques de lecture (points cotés sur ouvrages) ont été installées dès septembre 1996 (Boutaud, 1997). Les mesures hebdomadaires relevées au cours de cette étude sont ainsi les premières informations relatives au régime des niveaux d'eau sur ce syndicat de marais.

DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Grâce à ces travaux, et en particulier la mise en place des ouvrages de régulation hydraulique, nous avons établi sur 30 des 63 parcelles constituant le dispositif, trois « scénarios » théoriques de gestion hydraulique : un *scénario* « *sec* » : la durée d'inondation y est minimale, c'est-à-dire uniquement pendant l'hiver en cas de pluies importantes ; un *scénario* « *intermédiaire* » : les jas restent inondés en hiver et s'assèchent au printemps (6 mois) ; et un *scénario* « *humide* » : la durée d'inondation est maximale avec maintien d'un substrat humide en été (10 mois).

SUIVI DES NIVEAUX D'EAU

Des mesures de niveaux d'eau ont été réalisées à trois échelles spatiales de gestion :

- sur le réseau secondaire, en propriété syndicale représentant l'échelle du territoire ;
- sur les réseaux tertiaires (7 systèmes isolés) correspondant chacun à une unité fonctionnelle de gestion agricole (bloc de parcelles) ;
- sur les jas, c'est-à-dire au sein de chaque parcelle.

Le suivi hebdomadaire des hauteurs d'eau (cm) a démarré le 22 janvier 1998 et a été effectué sur toute la durée de l'étude.

DISTRIBUTION ET ABONDANCE DES PASSEREAUX NICHEURS

Des dénombrements exhaustifs des passereaux nicheurs ont été réalisés en 1997, 1999 et 2001. Peu d'espèces se reproduisent dans ces prairies, et nous avons choisi de focaliser nos travaux sur les deux espèces dominantes, l'Alouette des champs *Alauda arvensis* et la Bergeronnette printanière *Motacilla flava* (les autres espèces rencontrées concernaient le Bruant des roseaux *Emberiza schoeniclus*, et le Cisticole des joncs *Cisticolas juncidis* en particulier). De nombreuses études se sont intéressées aux méthodes de dénombrement des passereaux (Blondel & Frochat, 1987). Pour des raisons pratiques et logistiques, nous avons opté pour la méthode

des plans quadrats (ou plans quadrillés), méthode la plus appropriée pour évaluer précisément les densités de ces deux espèces (Sutherland, 1998). Dans ce type de milieu, la détection (ouïe et vue) est assez facile, en particulier l'observation des comportements territoriaux des mâles sur lesquels repose cette méthode (voir aussi Moller, 1975 ; Leroux, 1989 pour d'autres études sur les marais littoraux).

A l'exception de la troisième session de 1997 (une méthode dérivée des points d'écoute en plaine céréalière a été testée pour comparaison), la méthode utilisée systématiquement était donc fondée sur la réalisation d'itinéraires et de points d'écoute, répartis en trois sessions par an. Sur chaque parcelle, l'observateur cartographie les mâles chanteurs et fait 30 points d'écoute (durée : 5 minutes) répartis sur toute la zone d'étude (170 ha, 63 parcelles). Trois passages complets sont effectués entre fin avril et fin juin pour chaque session (deux seulement ont pu être faites en 1999 pour des raisons liées à la météorologie), soient au total entre six et neuf passages par année. Les passages sont réalisés durant la période d'activité de chant maximale, entre 6 h 30 à et 10 h. Un mâle cantonné correspond à la présence d'un individu vu sur le même site de chant (tolérance de 50 mètres autour de chaque point de chant) au cours d'au moins trois passages sur les six visites effectuées. Une attention particulière est portée sur les contacts simultanés de mâles voisins (voir recommandations dans IBCC, 1969).

Pour les analyses, nous avons calculé des densités pour les deux espèces, par parcelle et par hectare. Compte tenu d'une forte variabilité inter-annuelle (voir ci-dessous), nous avons relativisé ces densités par rapport à la moyenne annuelle des densités (en prenant la valeur résiduelle entre la densité d'une parcelle donnée et la densité moyenne annuelle). Enfin, pour comparer les densités sur une même parcelle entre années, nous avons calculé la différence ou contraste entre les deux valeurs relatives (une par année). Ceci nous a ensuite permis de confronter les valeurs de contrastes entre parcelles dont la gestion hydraulique a été modifiée dans le cadre du dispositif expérimental.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

GESTION HYDRAULIQUE

Les variations du régime hydraulique sur l'ensemble du marais sont actuellement imposées par le syndicat de marais. L'enregistrement hebdomadaire des niveaux d'eau que nous avons effectué dans le réseau syndical de 1998 à 2001 montre une augmentation du degré d'inondation sur l'ensemble du secteur et sur la durée totale de notre d'étude ($F = 10.9$, $n = 154$, $p < 0,001$; Fig. 2a). En hiver, les niveaux d'eau dans les canaux sont maintenus bas afin d'évacuer les eaux de pluie (voir les pics négatifs sur la figure 2a). Par la suite, ils sont rehaussés en été afin de contenir le bétail et de fournir l'eau pour l'irrigation agricole.

Suite aux travaux réalisés sur le dispositif expérimental, nous avons pu isoler sept réseaux hydrauliques indépendants (0,1 km à 3,8 km de fossés isolés) afin de nous affranchir de la gestion syndicale. Les variations du niveau d'eau dues à la gestion syndicale n'influençaient donc plus que partiellement les niveaux des réseaux indépendants donc des parcelles en prairie. La figure 2b met en évidence cette indépendance avant l'arrêt de la gestion hydraulique, puisque la tendance à l'augmentation enregistrée dans le réseau syndical ne se retrouve pas sur les

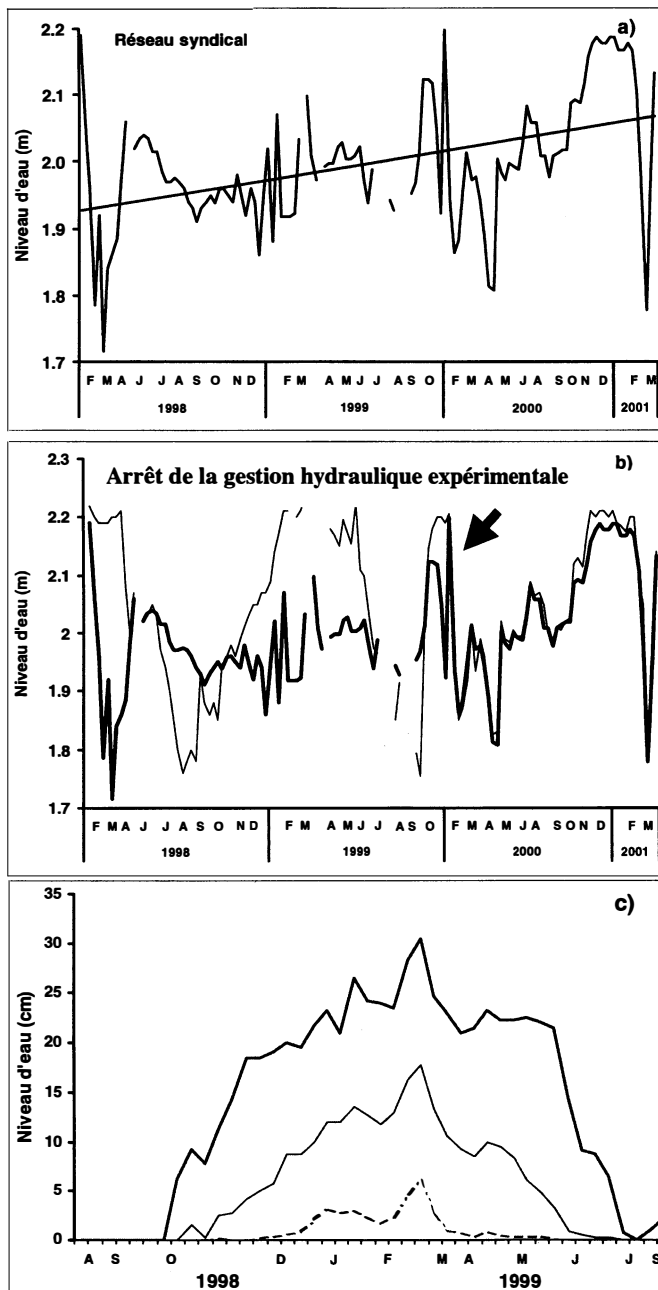


Figure 2. — Evolution du niveau de l'eau enregistré à différentes échelles spatiales : a) dans le réseau géré par le syndicat de marais (enregistrements hebdomadaires) ; b) dans un réseau isolé (trait fin) et dans le réseau géré par le syndicat de marais (trait épais) ; c) au cours d'une année dans toutes les parcelles appartenant à un réseau isolé et soumises à une gestion contrôlée (une courbe moyenne/scénario). La courbe en trait épais représente les parcelles gérées en « humide », en trait fin celles gérées en « intermédiaire » et en trait pointillé celles gérées en « sec ».

réseaux isolés. De plus, ce graphique illustre cette déconnexion du régime syndical entre janvier 1998 et janvier 2000, date à laquelle a pris fin la gestion hydraulique expérimentale. Après janvier 2000, les deux courbes sont à nouveau indissociables (Fig. 2b).

Devenant maître de la gestion de l'eau sur le site d'étude, nous avons pu mettre en place les trois types de gestion expérimentale à l'échelle des jas (gestions sèche, intermédiaire et humide ; Fig. 2c). Certaines parcelles agricoles ont été concernées par deux, voire trois types de traitements. Au final, 14 jas ont bénéficié du traitement intermédiaire, 6 du traitement humide, 5 du traitement sec et 46 constituent des contrôles c'est-à-dire qu'ils subissent la gestion du réseau syndical. Parmi les jas expérimentés, 17 (appartenant à 13 parcelles), ont effectivement subi entre 1997 et 2001 une modification de gestion hydraulique, certains montrant une humidification, d'autres un assèchement. Ces situations contrastées en terme de hauteur d'eau, dérivant d'un état initial connu, ont pu ainsi être étudiées. La figure 2c illustre les trois scénarios de gestion hydraulique appliqués aux jas expérimentaux. Il s'agit de l'évolution des niveaux d'eau (exprimés en cm) au cours d'une année, enregistrés dans tous les jas d'un même bloc de parcelles (correspondant à un réseau isolé).

SUIVI AVIFAUNISTIQUE

A une échelle temporelle de cinq ans, de 1997 à 2001, des évolutions substantielles de l'abondance des populations de passereaux ont été observées : baisse de la densité annuelle moyenne des alouettes, et augmentation des bergeronnettes (Fig. 3). Or, le degré d'inondation général du marais, a lui aussi enregistré des modifications, dans le sens d'une humidification (Fig. 2a). On pourrait donc suggérer l'existence d'un lien de cause à effet entre les deux phénomènes, et proposer les prédictions suivantes : l'Alouette réagit négativement à une humidification du milieu, contrairement à la Bergeronnette. Nous avons utilisé le dispositif expé-

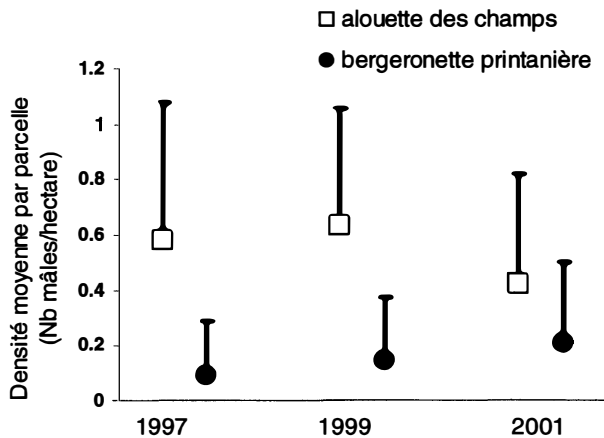


Figure 3. — Densités moyennes annuelles (et écart-type) de l'Alouette des champs (carré vide) et de la Bergeronnette printanière (rond plein) sur le site d'étude.

mental hydraulique afin de tester ces hypothèses. Comme prédit, nous retrouvons cet effet du degré d'inondation lorsque l'on analyse les résultats obtenus à l'échelle des parcelles. Ici, nous observons l'effet des changements de gestion, réalisés entre 1997 et 1999, et entre 1997 et 2001 sur les jas expérimentés. Ainsi, les alouettes diminuent en densité (contraste négatif de densité) lorsque le degré d'humidité dans la parcelle augmente (contraste positif d'humidité, Fig. 4a), alors que les bergeronnettes réagissent de manière inverse (Fig. 4b). L'effet sur les alouettes est significatif lorsque que la gestion évolue d'un jas intermédiaire vers un jas humide ($N = 26$ parcelles, $R^2 = 0.219$, $F_{2,4} = 6,712$, $P = 0,016$), alors que les bergeronnettes augmentent, bien que non significativement, lorsque qu'un jas passe d'une gestion sèche vers une gestion intermédiaire ($N = 26$, $R^2 = 0,219$, $F = 2,228$, $P = 0,149$).

Ces résultats montrent qu'il est donc possible, aussi bien empiriquement qu'expérimentalement, d'enregistrer des variations d'abondance chez les passe-reaux à l'échelle de cinq ans et sur une surface assez réduite, 170 ha dans notre étude. Cependant, il est important de noter que la notion d'échelle doit être prise en

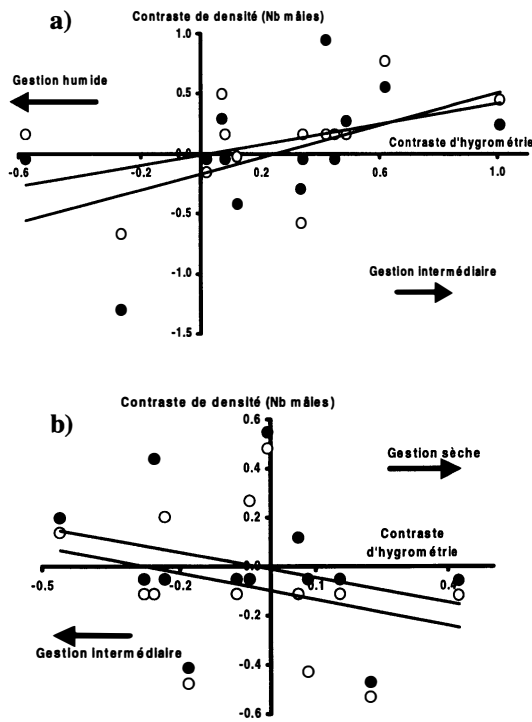


Figure 4. — a) Densité d'alouettes en fonction de l'humidité des parcelles du secteur d'étude. Les données sont présentées sous forme de contrastes (voir méthodes). En abscisse, les contrastes de gestion des jas ; en ordonnées, les contrastes de densités d'alouettes. Les ronds noirs correspondent au contraste 1997-1999, les ronds blancs au contraste 1997-2001. Deux courbes de régression (une par paire d'années) sont présentées. Un point correspond à une parcelle (si plusieurs jas ont subi des traitements opposés sur une même parcelle, la valeur du contraste est obtenue par pondération de la superficie relative des jas). b) Densité de bergeronnettes en fonction de l'humidité des parcelles sur le secteur d'étude. Le principe de calcul est identique à celui des alouettes.

compte pour identifier le choix des espaces et des espèces pouvant répondre aux questions posées. En effet, le programme portait également sur d'autres modèles d'étude, en particulier les Limicoles. Or, les résultats obtenus sur le suivi de la dynamique des populations de limicoles nicheurs, et en particulier le Vanneau huppé (*Vanellus vanellus*), ont mis en évidence que l'échelle spatiale choisie (170 ha) n'était pas adaptée, car la localisation des colonies concernait l'ensemble du marais (Fig. 5a). Nous avons dû changer d'échelle spatiale et prendre en compte l'ensemble du marais de Hiers-Brouage (Charente-Maritime), soit 12 000 hectares (N. Boileau, P. Delaporte, V. Bretagnolle, in prép.). Sur le plan temporel également, l'étude sur les vanneaux a montré que des changements très significatifs dans l'utilisation de l'espace étaient intervenus chez cette espèce (P. Delaporte, comm. pers. ; Fig. 5b), mais sur une échelle de temps de douze ans, changements qui n'auraient pu être détectés en trois années seulement.

CONCLUSION

La volonté d'atteindre un certain niveau d'eau dans les prairies supposait de les contrôler au préalable dans les réseaux tertiaires. Il s'agit donc de différentes échelles de gestion qui sont emboîtées les unes dans les autres et où chaque niveau se trouve sous le contrôle du niveau supérieur et conditionne le fonctionnement du niveau inférieur. Les différents réseaux ne sont donc pas indépendants les uns des autres, ce qui donne plus de « poids » au réseau global situé en amont. Dans une perspective de restauration de la biodiversité, il est alors indispensable d'identifier l'échelle la plus pertinente, qui va dépendre en grande partie des objectifs à atteindre. Dans un tel système d'interdépendance, l'échelle temporelle n'est par contre pas une contrainte. Il est en effet possible d'obtenir un effet immédiat aux changements de gestion appliqués aux parcelles expérimentales. Ceci est aussi vérifié hors expérimentation, puisque des fluctuations dans un compartiment hydraulique en amont entraînent immédiatement des variations dans le compartiment en aval.

Notre étude sur la restauration du caractère humide du marais de Brouage a mis en évidence l'importance de la définition des objectifs de restauration et du choix des indicateurs utilisés. En effet, les processus écologiques impliqués (par exemple la compétition intra ou interspécifique, la sélection de l'habitat, etc.) agissent à des échelles spatiales et temporelles différentes. Ceci provient du fait que les niveaux biologiques considérés (individu, population, espèce) et l'appartenance taxinomique des indicateurs utilisés vont modeler l'expression de ces processus. Par exemple, les différences existant entre les traits d'histoire de vie des plantes et des oiseaux (fécondité et survie) induisent des temps de réponse aux manipulations expérimentales, ou plus généralement aux évolutions de milieux, qui diffèrent. Ainsi, au terme des cinq années et à l'échelle de la station (placette de végétation dans la prairie), des modifications importantes de la végétation se sont produites suite aux manipulations de l'inondation (E. Kerneis & J.-B. Bouzillé, comm. pers.). Sur une seule année d'expérimentation, il a été possible d'enregistrer des variations de la dynamique de la végétation lors de tests de compétition inter-spécifique (*Juncus gerardi*, *Agrostis stolonifera*, *Scirpus maritimus* ; A. Bonnis, comm. pers.). Ceci résulte du fait qu'une population constituée de nombreux individus aura un « temps de réaction » à une modification environnementale plus élevé qu'un individu isolé, qui lui changera éventuellement d'habitat par un phénomène de disper-

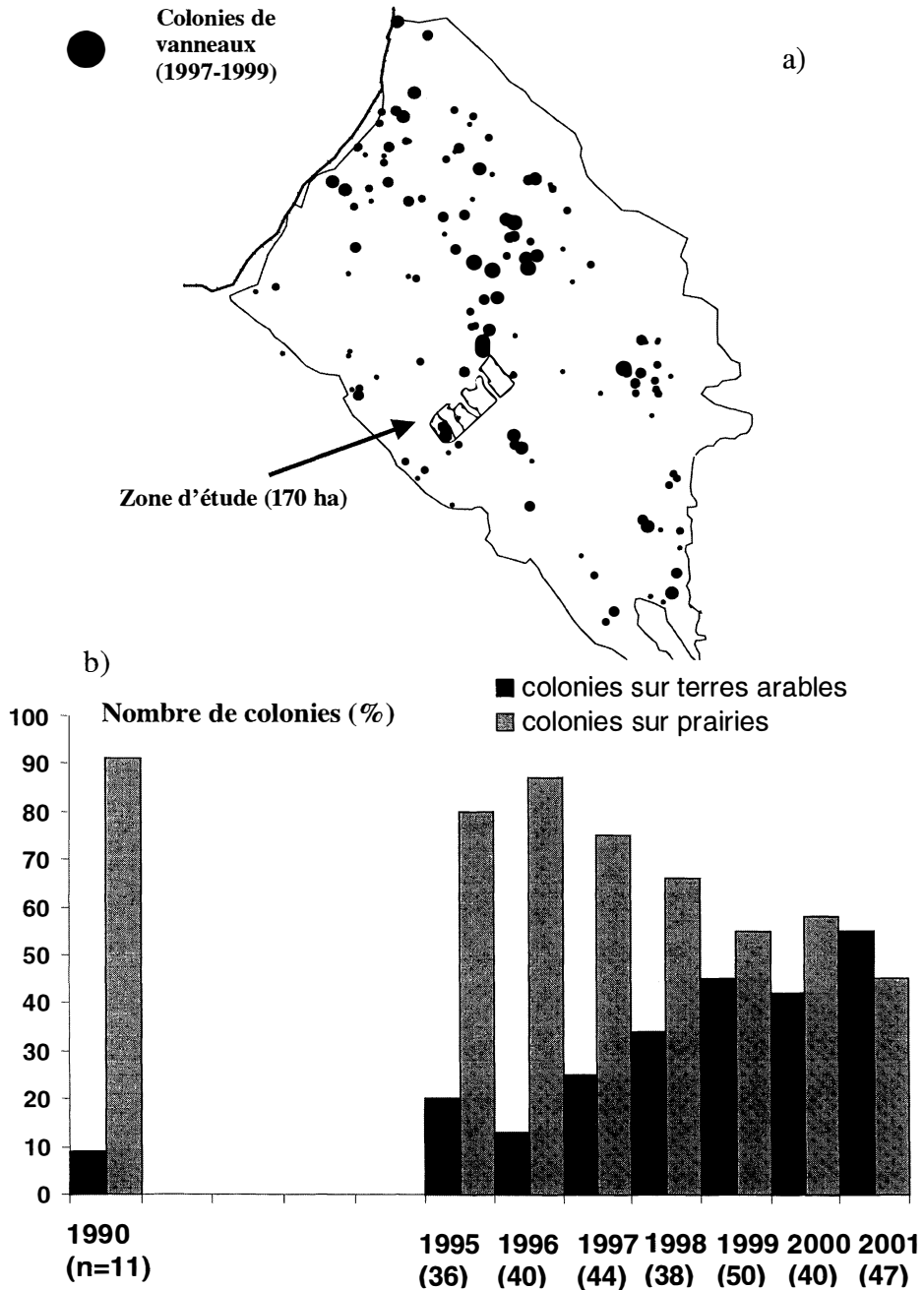


Figure 5. — a) Distribution des colonies de vanneaux huppés sur l'ensemble du marais de Brouage (cumul des années 1997, 1998 et 1999). Noter que très peu de colonies ont été localisées sur le site expérimental de 170 ha. b) Evolution de la sélection de l'habitat de nidification chez le Vanneau sur le marais de Brouage. Noter le glissement progressif, sur les sept dernières années (1995-2001), de l'habitat préférentiel des vanneaux.

sion. Ainsi les temps de réaction aux changements environnementaux diffèrent selon l'appartenance au groupe taxinomique (par exemple oiseaux *versus* plantes annuelles). A ce titre, le fait de travailler dans une zone humide s'est révélé être un grand avantage, car leur productivité exceptionnelle génère des processus écologiques rapides.

REMERCIEMENTS

Nos remerciements s'adressent aux partenaires du programme : INRA/SAD Station expérimentale de Saint-Laurent-de-la-Prée, Univ. Rennes I/CNRS UMR 6553, Conservatoire de l'Espace Littoral et des Rivages Lacustres (CEL). Nous remercions toutes les personnes qui ont participé à la réalisation de cette étude et tout particulièrement P. Duncan (CNRS UPR 1934) responsable scientifique du programme de recherche, O. Allenou (CREN Poitou-Charentes), E. Kerneis (INRA) et A. Bonis & J.-B. Bouzillé (CNRS) ainsi que leurs stagiaires. Pour une grande partie du travail de terrain, nous remercions M. Boutaud (CREN), J.-L. Lenoble (CREN), P. Delaporte (LPO) et J. Corbin (CNRS). Nous remercions aussi MM. Gilbert, Garnier, Sarragot, Gontier et Natier pour nous avoir accueilli sur leur exploitation agricole. Les travaux hydrauliques ont été financés par CEL ; le programme a été financé par le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement dans le cadre du Programme national de recherche « Recréer la Nature » : réhabilitation, restauration et création d'écosystèmes. Enfin, Jean-Louis Chapuis et deux relecteurs anonymes ont amélioré ce texte par leurs commentaires.

RÉFÉRENCES

- BENNET, P.M. & OWENS, I.P.F. (2002). — *Evolutionary ecology of birds : Life histories, mating systems and extinction*. Oxford series in Ecology and Evolution, Oxford.
- BLONDEL, J. & FROCHOT, B. (Eds) (1987). — Bird census and atlas studies. *Acta Oecol. (Oecol. Gener.)*, 8.
- BOUTAUD, M. (1997). — *Le marais de Brouage : gérer les ressources hydriques pour valoriser le pâturage et la biodiversité*. Rapport BTS-GPN, CFP Carquefou, CELRL, CEN Poitou-Charentes.
- DOLMAN, P.M. & SUTHERLAND, W.J. (1995). — The response of bird populations to habitat loss. *Ibis*, 137 : 38-46.
- DUNCAN, P., HEWISON, A.J.M., HOUTE, S., ROSOUX, R., TOURNEBIZE, T., DUBS, F., BUREL, F. & BRETAGNOLLE, V. (1999). — Long term changes in agricultural practices and wildfowling in an internationally important wetland, and their effects on the guild of wintering ducks. *J. Appl. Ecol.*, 36 : 11-23.
- FURNESS, R.W., GREENWOOD, J.J.D. & JARIS, P.J. (1993). — Can birds be used to monitor the environment ? Pp. 1-41, in : R.W. Furness, & J.J.D. Greenwood (Eds). *Birds as Monitors of Environmental Change*. Chapman & Hall, London.
- GIRAUD, F. (1992). — *Modélisation hydrologique d'une zone humide agricole : perspective pour l'étude du transport d'azote et de phosphore dans le réseaux hydraulique. Cas du marais de Moëze, Charente-Maritime*. Thèse de Doctorat, Université Rennes I.
- GORDON, I.J. & DUNCAN, P. (1993). — Common determinants of production and conservation objectives. Pp. 20-32, in : R. Haggard & S. Peel (Eds). « *Grassland Management and Nature Conservation* », British Grassland Society Occasional Symposium.
- HOLLIS, G.E. (1993). — Goals and objectives of wetland restoration and rehabilitation. In : Waterfowl and wetland conservation in the 1990s-a global perspective. Proc. IWRB Symp. St. Petersburg Beach, Florida, USA. *IWRB Spec. Publ. Slimbridge*, 26 : 187-194.
- IBCC (1969). — Recommendations for an international standard for a mapping method in bird census work. *Bird Study*, 16 : 248-255.
- LARSON, J.S. (1990). — Adequacy of the science base for wetland restoration and creation. *Bull. Ecol.*, 21 : 11-14.
- LEROUX, A. (1989). — *Le peuplement d'oiseaux, indicateur écologique des changements des marais de l'ouest de la France*. Thèse de Doctorat, Université Rennes I.
- MITSCHEW, W.J. & GOSSELINK, J.G. (1993). — *Wetlands*. 2nd edition. Van Nostrand Reinhold, New York.
- MOLLER, M.S. (1975). — Danish saltmarshes communities of breeding birds in relation to different types of management. *Ornis scandinavica*, 6 : 125-133.

- ORMEROD, S.J. & TYLER, S.J. (1993). — Birds as indicators of changes in water quality. Pp. 179-216, in : R.W. Furness, & J.J.D. Greenwood (Eds). *Birds as Monitors of Environmental Change*. Chapman & Hall, London
- RATTI, J.T., ROCKLAGE, A.M., GIUDICE, J.H., GARTON, E.O. & GOLNER, D.P. (2001). — Comparison of avian communities on restored and natural wetlands in north and south Dakota. *J. Wildl. Manage.*, 65 : 676-684.
- SMITH, K.W. (1983). — The status and distribution of waders breeding on wet lowland grasslands in England and Wales. *Bird Study*, 30 : 177-192.
- SUTHERLAND, W.J. (1998). — *Ecological census techniques : a handbook*. Cambridge University Press, Cambridge.
- TUCKER, G.M. & HEATH, M.F. (1994). — *Birds in Europe : their conservation status*. BirdLife Conservation Series, No. 3. BirdLife, Cambridge.