

# Déterminisme pédologique de la diversité végétale d'écosystèmes prairiaux du Marais Poitevin

## Application à la définition d'une gestion agri-environnementale

F. Tournade (1), J-B. Bouzillé (2)

1 : Laboratoire de Science du Sol - ENSA Rennes - CNASEA (Centre National pour l'Aménagement des Structures des Exploitations Agricoles) - Délégation Régionale Poitou-Charentes - 18, Bd Jeanne d'Arc - 86000 Poitiers

2 : Laboratoire d'Écologie Végétale UA CNRS 1853 - Université de Rennes, Campus Beaulieu, 35042 Rennes Cedex

### RÉSUMÉ

Les prairies naturelles communales du Marais Poitevin représentent une référence importante pour la mise en œuvre des mesures agri-environnementales qui se développent depuis 1991 dans les Marais de l'Ouest. Différentes investigations d'ordre pédologique (cartographies, analyses spatiales détaillées, suivis expérimentaux), guidées par des repères phytosociologiques, ont permis d'établir un modèle d'organisation écologique de ces prairies naturelles humides dans lequel les paramètres de salinité et de sodicité du sol apparaissent déterminants, d'avancer dans la compréhension du fonctionnement hydrique et de démontrer le rôle du pâturage dans la mise en place de ces agro-écosystèmes. La dimension historique des processus génétiques conduisant à cette forte valeur patrimoniale et le poids prépondérant de la gestion pastorale dans toute politique de maintien de la qualité de ces espaces constituent les principaux résultats de cette contribution à la nouvelle problématique Agriculture-Environnement dans les zones humides.

### Mots clés

Agri-environnement, prairie naturelle humide, marais de l'Ouest, sols salins.

### SUMMARY

#### **PEDOLOGICAL DETERMINISM OF PLANT DIVERSITY IN WATER GRASSLANDS OF THE MARAIS POITEVIN (WEST FRANCE MARSHES) - APPLICATION TO AN AGRICULTURAL ENVIRONMENTAL MANAGEMENT**

*The marshy common land areas of South Vendée (figure 1) represent a significant reference for agri-environmental surveys which have increasingly been taking place in the West France marshes since 1991. Various pedological researches conducted with phytosociological criteria (table 1) have enabled the drawing-up of an ecological organization model of these natural water grasslands (figure 2), mainly based on large spatial variations of soil salinity and sodicity (table 2). Intermediate slopes with salted soils and halophytic plants along the flooded hollows constitute the most original feature of this model. Moreover, an experimental piezometric and water electric conductivity follow-up (figures 3 and 4, table 3) has allowed to improve the understanding of the water process and has demonstrated the partial independance from the outer hydraulic net and the inner juxtaposition of vertical hydrodynamic compartments. Finally, comparing the soil salinity distribution in the common land areas with several ecosystems like coastal salt marshes (table 4) mowed and abandoned natural grasslands (tables 5 and 6) prove the determining role of grazing in the setting up of these agrosystems. In the intermediate slopes, the trampling due to the cattle seems to reduce the soil fissuring and favour capillary rise which could recharge upper soil layers in salt. Both the historical aspect of the evolutive process leading to this bio-patrimony and the major role of*

*pasture management in any kind of project about the quality upkeep of these areas constitute the main findings of this contribution to the new agri-environmental issue in wetlands.*

### **Key-words**

*Agri-environment, natural water grasslands, west France marshes, saline soils.*

### **RESUMEN**

*Las praderas naturales comunales de la zona pantanosa (Marais Poitevin, Vendée Francia) son una referencia importante por la implantación de medidas agro-ambientales que se desarrollan desde 1991 en los pantanos del Oeste. Diferentes investigaciones de carácter pedológico (cartografía, análisis espaciales detallados de la salinidad del suelo) orientadas por los aspectos fito-sociológicos, han permitido establecer un modelo de organización ecológica de esas praderas naturales humedad en la que los parámetros de salinidad y sodicidad del suelo son determinantes para avanzar en la comprensión del funcionamiento hídrico y de demostrar el efecto del pastoreo en esos ecosistemas, particularmente a través de los efectos del pisoteo del ganado sobre la estructura del suelo y la circulación del agua.*

Les marais littoraux de l'Ouest Atlantique (*figure 1*) sont depuis 1991 le champ d'application d'un éventail de mesures réglementaires (Zones de Protection Spéciale de la directive européenne "Oiseaux", par exemple) ou contractuelles (mesures agri-environnementales), destinées à adapter l'agriculture de ces marais à la préservation de leur richesse biologique et au maintien de la prairie naturelle humide, actuellement menacée par deux phénomènes opposés : le retournement pour mise en culture et la déprise foncière. La réussite de cette politique fondée sur la reconnaissance du rôle essentiel de l'agriculture dans l'entretien de ces espaces, passe par une recherche accélérée de références techniques et scientifiques encore insuffisantes, concernant à la fois l'optimisation technique et économique des systèmes d'élevage extensifs et la gestion des différents milieux liés à la prairie naturelle humide (marais plats saumâtres, marais tourbeux intérieurs, polders récents, anciennes salines devenues marais "à bosses" ou marais "gâts").

Dans cette optique, les marais communaux du Marais Poitevin (*figure 1*), objets dès 1989 de contrats de gestion agri-environnementaux proposés par le Parc Naturel Régional, constituent des champs d'observation et d'expérimentation privilégiés en raison de certaines particularités : extension, importance paysagère, richesse floristique et avifaunistique reconnues et surtout permanence à travers leur histoire presque millénaire d'un mode d'exploitation par pâturage collectif et plurispécifique.

Sur la base d'un modèle d'organisation écologique déjà présenté (Tournade et Bouzillé, 1991), différents travaux

interdisciplinaires ont analysé le rôle spécifique du facteur sol dans le déterminisme et le fonctionnement de ces agro-systèmes ainsi que l'influence exercée par les herbivores domestiques qui assurent depuis l'origine une pression de pâturage permanente (Bouzillé, 1992 ; Tournade, 1993 ; Amiaud, 1993). Les résultats obtenus permettent de mieux cerner les différentes modalités de gestion envisagées et justifient les options agri-environnementales retenues actuellement par rapport aux autres stratégies possibles (gestion patrimoniale, acquisition, réserve naturelle,...).

## **PRÉSENTATION DES MILIEUX ÉTUDIÉS**

Les grands marais communaux, situés dans les marais mouillés inondables de la bordure vendéenne du Marais Poitevin (*figure 1*) occupent une surface d'environ 2 500 ha de prairies naturelles humides exploitées depuis leur exondation définitive vers le X<sup>e</sup> siècle en pâturage collectif par des troupeaux plurispécifiques de bovins, équins et parfois d'oies. Les animaux sont généralement présents huit mois par an, d'avril à décembre. Le chargement instantané à l'ouverture est actuellement fixé entre 0,8 et 1,6 Unités de Gros Bétail par hectare, mais a pu connaître de fortes variations par le passé (entre 0,6 et 2,5 UGB/ha dans la période 1970-1990).

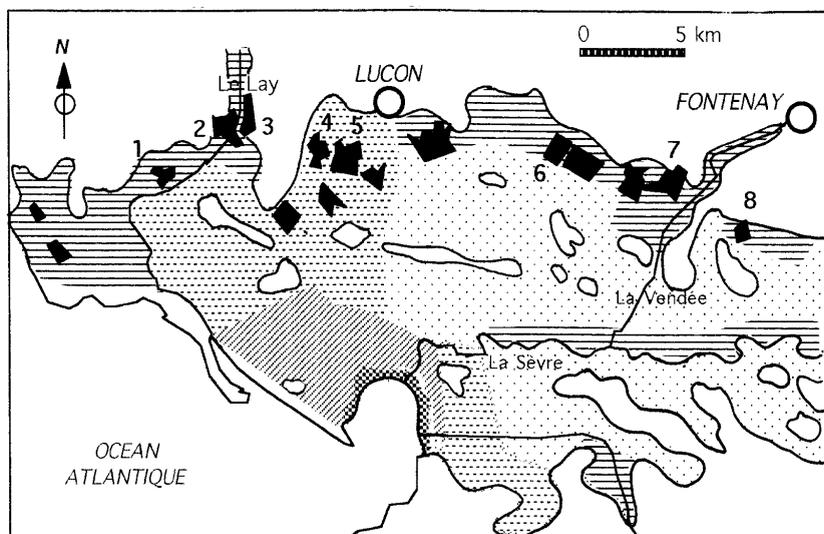
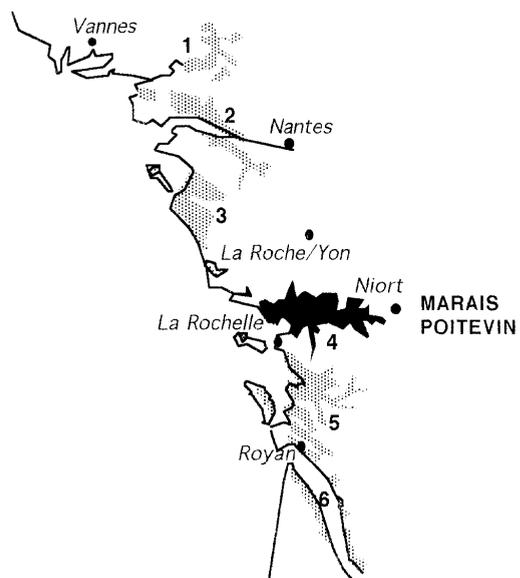
D'une altitude comprise entre 2 et 3 m au-dessus du niveau marin NGF, ces marais saumâtres dits plats présentent en réalité un microrelief de faible amplitude (0,5 m en moyenne) composé de dépressions fermées et chenaux inondables - les "baisses" - bordées de courtes pentes, délimitant des buttes ou

**Figure 1 - Place des marais communaux du Sud Vendée dans les Marais de l'Ouest.**

**Figure 1 - Location of the marshy common land areas in the West France marshes.**

- 1 : Marais de la Vilaine
- 2 : Marais de Loire et Brière
- 3 : Marais Breton Vendéen
- 4 : Marais Poitevin
- 5 : Marais saintongeais (Rochefort. Marennes. Seudre)
- 6 : Marais de Gironde

**LES MARAIS DE L'OUEST**  
(surface totale: 260 000 ha)



**TYPOLOGIE DES ZONES HUMIDES DU MARAIS POITEVIN**

 Marais mouillés	 Marais desséchés	 Prés salés "Mizottes"
 Marais intermédiaire	 Polders	 Plaine & îles calcaires Dunes

**LES MARAIS COMMUNAUX EXPLOITES EN PATURAGE COLLECTIF**

- 1 : St BENOIST SUR MER (87 ha) - 2 : CURZON (294 ha) - 3 : LAIROUX (245 ha)
- 4 : CHASNAIS (72 ha) - 5 : LES MAGNILS-REIGNIERS (236 ha) - 6 : NALLIERS (129 ha)
- 7 : LE POIRE SUR VELLUIRE (251 ha) - 8 : MONTREUIL (67 ha)

replats - les "belles". Ce modelé dit "Baisse-Belle" est essentiellement d'origine naturelle, peu perturbé par les aménagements (Verger, 1968). La diversité de la végétation prairiale apparaît en première approche liée à ce microrelief et aux hétérogénéités internes qu'il engendre en terme de submersion par les eaux de surface.

Trois grands ensembles phytosociologiques permettent de regrouper la dizaine de groupements végétaux présents dans ces marais, en considérant simplement leur position dans le micropaysage (Bouzillé, 1992) :

— les groupements hygrophiles des dépressions inondables, riches en espèces sub-aquatiques (*Eleocharis palustris*, *Cyperus fistulosus*, *Alopecurus geniculatus*, *Ranunculus ophio-glossifolius*, *Rorippa amphibia*, *Glyceria fluitans...*),

— les groupements mésohygrophiles formant sur les zones bordières de pentes une mosaïque de taches de joncacées et cypéracées (*Carex divisa*, *Juncus gerardi*) et de zones à végétation rase (*Plantago coronopus*, *Alopecurus bulbosus*, *Hordeum marinum*, *Bellis perennis*),

— les groupements mésophiles des parties les plus hautes du microrelief, dominés par les graminées (*Cynosurus cristatus*, *Gaudinia fragilis...*).

Dans ces marais d'alluvions argileuses fluvio-marines d'âge flandrien ("bri" ancien), Dupuis *et al.* (1968), puis Ducloux (1989) ont décrit des sols lourds hydromorphes à gley, parfois salés et sodiques, assimilables aux Réductisols, et parfois aux Sodosols ou Salsols chloro-sulfatés du nouveau Référentiel Pédologique (AFES, 1992).

Leurs caractéristiques morphologiques sont les suivantes : texture lourde (50 à 60 % d'argile), couleur gris olive du matériau argileux parental (5Y 4 à 6/2), profil peu différencié très marqué par l'hydromorphie, structures de type prismatique à débit polyédrique et caractères vertiques (faces de glissement).

Dans ce milieu pédologiquement homogène, Collas, Damour et Pons (1984) ont mis en évidence une grande diversité de comportements physiques du sol et de potentialités agronomiques en relation avec la variabilité des caractéristiques physico-chimiques : matière organique, calcaire total, salinité et sodicité (Na éch./CEC %). Leur classification des sols en termes d'aptitude agronomique, ainsi que les méthodes de diagnostic et les grilles d'interprétation analytique proposées (Damour et Pons, 1987), ont été largement utilisées dans ce travail.

## OBJECTIFS ET MÉTHODES D'ÉTUDE

Partant d'une demande initiale de simple caractérisation des sols et de la végétation, une démarche particulière s'est construite progressivement pour élargir l'étude et l'orienter vers des objectifs plus complets concernant les relations entre sol, végétation et microrelief, puis plus généralement l'organisation

écologique, le fonctionnement et la genèse de ces écosystèmes saumâtres (tableau 1).

Trois principes ont guidé cette démarche :

ζ le calage permanent des observations pédologiques sur des repères topographiques et phytosociologiques,

ζ la prise en considération du caractère spatial et continu des couvertures pédologiques et végétales,

ζ le recours à des changements successifs d'échelle (1:25 000, 1:1000, 1:100) garantissant la représentativité des différents objets d'étude (secteurs, toposéquences, transects, aires-échantillons, exclos...) et la validité des conclusions obtenues à chaque niveau d'investigation.

## RÉSULTATS

### Un écosystème prairial fondé sur une organisation pédologique à forts contrastes

Pour des raisons tenant tant aux échelles d'analyse qu'aux objectifs de travail, les études pédologiques réalisées depuis vingt-cinq ans sur ces milieux alluviaux apparemment homogènes ont toutes fourni une image de la couverture pédologique, dépourvue d'organisation et aléatoire dans ses variations : cartographies à moyennes échelles (Ducloux, 1989 ; Dupuis *et al.*, 1968 ; Fournier, 1971 ; Salin, 1985), analyses géostatistiques (King, 1986), zonages agropédologiques préalables aux aménagements (Tournade, 1988).

La démarche précédemment décrite a permis, grâce à l'approche spatiale des relations entre la végétation et les facteurs physiques (eau, sol, microrelief) et à l'emboîtement des échelles successives d'investigation de démontrer l'existence au sein de chaque motif micropaysager (dépression-pente bordière-replat) d'une organisation écologique parfaitement répétitive (Tournade et Bouzillé, 1991).

Ce modèle d'organisation morpho-pédo-botanique (figure 2) peut être décrit comme la juxtaposition sur quelques dizaines de mètres et dans un ordre topographique constant d'unités pédologiques à forts contrastes, associées à chaque groupement végétal et possédant leurs propriétés physico-chimiques (sodicité, salinité) et leurs caractères morphologiques (structure, enracinement) propres.

Les paramètres de salinité et de sodicité du sol déterminent les principaux traits de ce modèle d'organisation (tableau 2) :

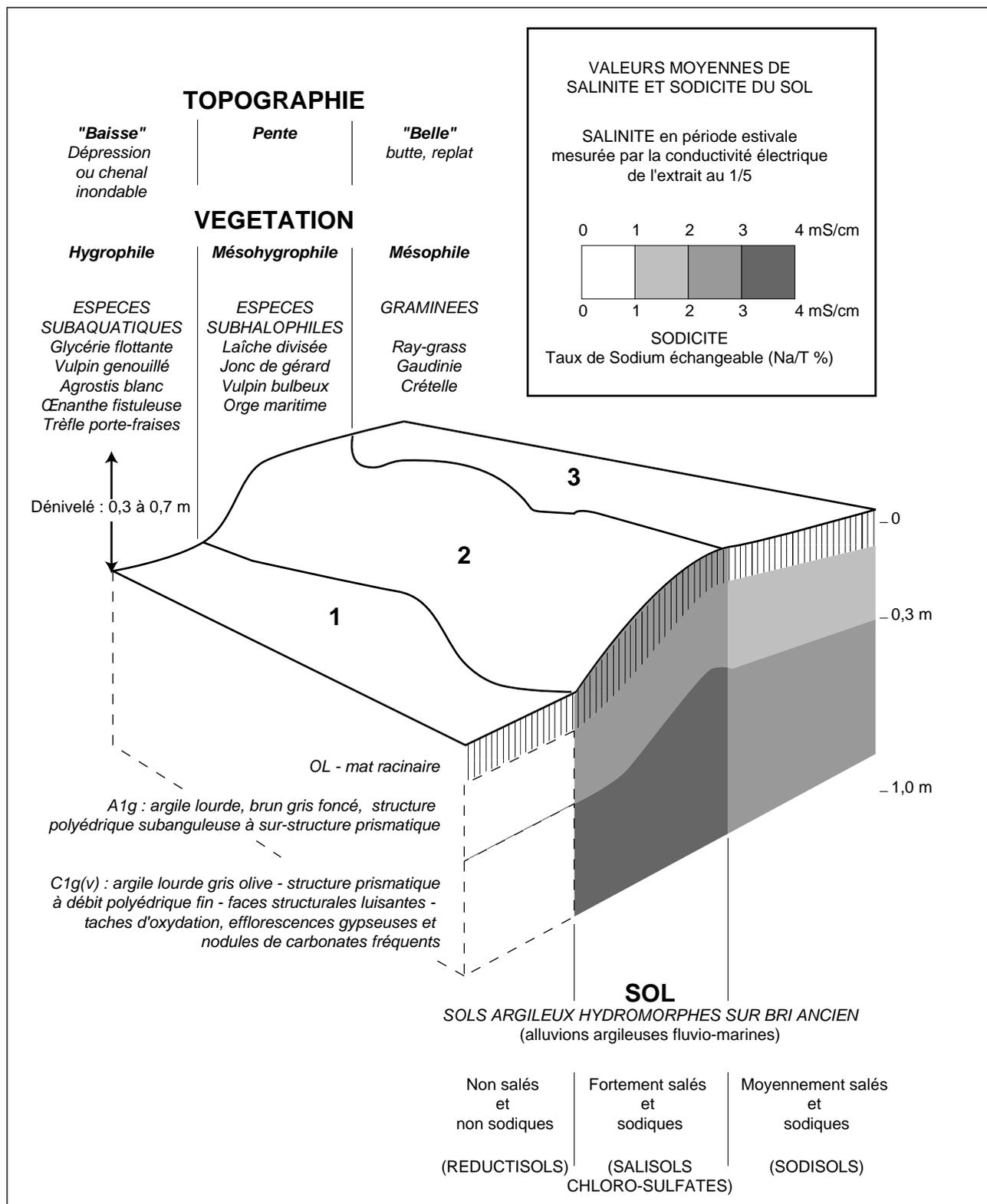
— l'opposition entre les sols des dépressions hygrophiles, RÉDUCTISOLS dessalés et dessodés sur une grande épaisseur, à structure prismatique à débit polyédrique nette, et les sols des autres stations, mésohygrophiles ou mésophiles, SALISOLS chloro-sulfatés ou SODISOLS, où des conditions de salinité et sodicité prononcées se maintiennent à faible profondeur (30 à 50 cm), déterminant la présence d'horizons massifs

**Tableau 1** - Les différentes étapes de la démarche d'étude (thèmes, méthodes et résultats).**Table 1** - *The various research stages (topics, methods and results).*

<b>THÈMES D'ÉTUDE</b> <i>Objet d'étude (Zone, surface)</i>	<b>MÉTHODES</b>	<b>RÉSULTATS</b>
<b>1 - Caractérisation des sols et des communautés végétales</b> Étude pédologique et phytosociologique Huit marais communaux du Marais Poitevin (2.500 ha)	Prospection pédologique d'ensemble (diagnostic INRA St Laurent de la Prée adapté - Damour et Pons, 1987) et phytosociologique avec prise en compte du microrelief "baisse-belle" : échelle 1:25 000 - 1 sondage pour 5 ha - 55 profils analysés et relevés phytosociologiques.	1. Caractéristiques et variabilité des sols. 2. Relations des variations pédologiques avec la topographie. 3. Définition des groupements végétaux (Tournade et Bouzillé, 1991).
<b>2 - Relations sol-végétation-microrelief</b> Étude phyto-écologique (idem 1)	Etablissement de profils écologiques (espèces) et synécologiques (groupements) pour les variables pédologiques étudiées (55 points d'observation). Analyse statistique : - barycentre, rayon de giration, amplitude écologique, - information mutuelle espèce facteur (Daget et Godron, 1982), - pouvoir discriminant des variables et sensibilité écologique des groupements. (Billiard, 1982).	1. Correspondances statistiques entre microrelief, sol et végétation. 2. Définition de groupes écologiques. 3. Rôle prépondérant de la salinité et de la sodicité du sol dans le déterminisme de la végétation (Tournade et Bouzillé, 1991).
<b>3 - Structure et organisation du système</b> Analyse détaillée d'unités de modelé Quatre secteurs de références (1 à 3 ha) Toposéquences, transects continus (20-50m) Aires-échantillons représentatives (100 m <sup>2</sup> )	Relevé topographique, cartographie des sols et de la végétation (échelle 1:1000). Analyse fine de la distribution spatiale des groupements végétaux en relation avec topographie, salinité du sol et autres caractères pédologiques, morphologiques et analytiques.	1. Règles de distribution de la salinité dans le micropaysage et relations avec les caractères morphologiques du sol. 2. Modèle d'organisation morpho-pédo-botanique (Tournade et Bouzillé, 1991).
<b>4 - Fonctionnement du système</b> Étude du fonctionnement hydrique du sol Une toposéquence représentative du communal de Nalliers (50 m)	Suivi de la piézométrie et de la salinité des eaux durant deux années (1991-1992) piézomètres gonflables (Damour, 1981) disposés dans chacune des stations de la toposéquence. Relations entre niveaux piézométriques et niveaux de submersion et niveaux d'eau du canal de ceinture mesurés par un limnigraphe.	1. Définition des propriétés hydrodynamiques et modalités de circulation de l'eau. 2. Contraintes écologiques hydriques - variations saisonnières. 3. Connexions hydrauliques externes avec le réseau hydrographique.
<b>5 - Origine du système</b> A- Analyse comparative avec d'autres milieux : Chronoséquence <u>a- Stade initial "vasière"</u> Mizottes de la baie de l'Aiguillon (85) <u>b- Prairies de fauche</u> Bordures des communaux de St Benoist et Magnils-Reigniers B- Évolution d'une toposéquence représentative après abandon du pâturage Exclos dans Communal Nalliers (1 ha)	Toposéquences et transects de salinité du sol conductimètre de terrain Aspic (Salin, 1985).  Suivi de la piézométrie et de la salinité des eaux sur cinq années (1991-1995) et comparaison avec témoin pâturé (dispositif analogue au paragraphe 4). Étude de la dynamique des populations végétales (Amiaud, 1993).	1. Démonstration du rôle du mode d'exploitation et du pâturage dans le fonctionnement et l'origine du système. 2. Premières hypothèses sur les mécanismes mis en jeu (piétinement).

**Figure 2 -** Modèle morpho-pédo-botanique d'organisation écologique des marais communaux.

**Figure 2 -** Model of ecological organization in the marshy common land areas.



**Tableau 2** - Distribution des paramètres de salinité et de sodicité du sol dans le micropaysage des marais communaux - relations avec les formes topographiques et les groupements végétaux.**Table 2** - Spatial distribution of soil salinity and sodicity in the marshy common land areas - Relations with topography and vegetal groups.

<b>Résultats</b> (moyennes et écarts types $\sigma$ ) obtenus sur 79 profils répartis sur huit marais communaux (avril à juin 1989)	<b>1</b> Dépressions "baisses"	<b>2</b> Pentes intermédiaires en bordure de "baisses"	<b>3</b> Replats et buttes
<b>Groupements végétaux</b>	<b>hygrophiles</b>	<b>mésohygrophiles</b>	<b>mésophiles</b>
<u>Caractères morphologiques distinctifs</u> - Fins débris coquilliers - Pseudomycelium de gypse - Limite de fissuration estivale - Racines                   taille profondeur	fréquents dans le profil non environ 1m fines jusqu'à 30 cm	non dès la surface 20/30 cm fines et grossières jusqu'à 0,8-1m	non au-delà de 40/50 cm environ 50 cm fines jusqu'à 20-30 cm
<u>Salinité du sol</u> Conductivité électrique de l'extrait 1/5 (mS/cm) horizon A1 (5/10 à 25/35 cm) horizon C (25/35 à 60 cm)	<b>0,4</b> ( $\sigma=0,3$ ) <b>0,5</b> ( $\sigma=0,4$ )	<b>1,6</b> ( $\sigma=1,5$ ) <b>2,3</b> ( $\sigma=1,5$ )	<b>0,5</b> ( $\sigma=0,3$ ) <b>1,3</b> ( $\sigma=1,1$ )
<u>Sodicité du sol</u> (Na/CEC %) horizon A1 (5/10 à 25/35 cm) horizon C (25/35 à 60 cm)	<b>3,3</b> ( $\sigma=1,4$ ) <b>5,8</b> ( $\sigma=3,3$ )	<b>12,0</b> ( $\sigma=5,2$ ) <b>18,7</b> ( $\sigma=5,5$ )	<b>5,9</b> ( $\sigma=4,5$ ) <b>12,9</b> ( $\sigma=7,9$ )

et peu structurés, caractérisés par des pseudomycelium gypseux et une absence complète de fissuration estivale ;

— le statut très particulier des pentes intermédiaires mésohygrophiles à forte salinité, dont la végétation subhalophile, remarquable par son enracinement profond, est l'analogue de la végétation pionnière des polders récents (Bouzellé et Tournade, 1994). Les groupements végétaux et leurs variantes piétinées à hémicryptophytes (*Plantago coronopus*, *Anthemis nobilis*, *Bellis perennis*) y forment une mosaïque dont l'agencement est déterminé par les variations superficielles de salinité - elles-mêmes étroitement liées aux mouvements de la microtopographie - et vraisemblablement par l'intensité du piétinement par le bétail. Cette structure végétale particulière a été identifiée comme une composante essentielle de l'attractivité des

communaux pour l'avifaune, au même titre que la présence des champs d'inondation (Blanchon *et al.*, 1989).

L'existence d'un tel modèle démontre le rôle important joué par le sol dans le déterminisme de la végétation et dans l'organisation écologique de ces milieux. Sujets à des variations spatiales fortes sur de très courtes distances, les paramètres de salinité et de sodicité du sol apparaissent prépondérants à double titre, à la fois en tant que contraintes écologiques influant directement sur la composition du couvert végétal et en tant que variables descriptives intégratrices du fonctionnement hydrique global du sol (lessivage, confinement, variations d'humidité). On peut également remarquer que les références issues des recherches agronomiques (Damour et Pons, 1987) conservent toute leur pertinence dans une approche écologique de ces

milieux non aménagés et faiblement perturbés. Le changement de comportement structural (perte de structure et instabilité) situé autour de la valeur-seuil de sodicité de 8 %, en l'absence de calcaire et de matière organique, est en particulier confirmé.

### **Fonctionnement hydrique du système : cloisonnement interne et indépendance relative vis-à-vis du réseau hydraulique général**

A la base de l'organisation du système, les contrastes marqués de salinité et sodicité traduisent une dynamique particulière de l'eau et des sels qu'il a été possible d'étudier durant deux cycles climatiques (1990-91 et 1991-92) par un suivi piézométrique et conductimétrique des différentes stations constitutives d'une unité de modelé représentative. Les résultats d'ordre quantitatif (profondeur de nappe, hauteur et durée de submersion) et qualitatifs (conductivité électrique et composition chimique des eaux) permettent de décrire le fonctionnement interne du système étudié et ses connexions hydriques externes.

#### **Alimentation hydrique du système et relations hydrauliques externes**

Deux types d'apports assurent l'alimentation en eau du système :

##### **Les précipitations**

Avec un excédent hivernal moyen (P-ETP) de 350 mm, les précipitations directes sur le sol fixent en grande partie le niveau et la durée de submersion hivernale des dépressions (*tableau 3 et figure 3a*) de janvier à mai et par voie de conséquence les limites d'extension des groupements végétaux hygrophiles.

##### **Les inondations temporaires**

Les débordements du réseau hydraulique en période de crues déterminés par la hauteur du bourrelet périphérique qui isole les dépressions du canal de ceinture (*figure 3b*) sont à l'origine de la submersion temporairement complète de ces marais. Suite aux améliorations successives des infrastructures et aux pratiques de gestion hydraulique liées à l'intensification agricole des marais, ces épisodes d'inondations prolongées se sont raréfiés et restent actuellement exceptionnels (depuis 1990, deux inondations hivernales complètes en 1991 et 1993 d'une durée de 10 à 20 jours).

En dehors de ces périodes de crues, l'indépendance entre niveaux d'eau des dépressions internes et des canaux de ceinture apparaît nettement sur les enregistrements limnigraphiques du premier semestre 1992 (*figures 3a et 3b*), notamment de janvier à mai où le niveau des baisses est constamment supérieur d'environ 0,70 m.

#### **Fonctionnement hydrique interne**

Les résultats du suivi hydrique sont exploités sous forme graphique (*courbes piézométriques et de conductivité élec-*

*trique - figure 4*) et en termes statistiques (*tableau 3*) après calcul de valeurs moyennes établies pour chaque grande période climatique d'excédent (septembre à avril) ou de déficit hydrique (mai à août).

Les courbes piézométriques des différentes stations présentent des variations globalement parallèles liées directement à la pluviométrie (*figure 4*). Non superposables après corrections altimétriques (altitude NGF), elles ne fournissent à aucun moment l'image d'une nappe libre horizontale au repos, mais confirment plutôt l'existence de nappes d'imbibition, encore appelées "nappes en réseau", "nappes fissurales" ou "lambeaux de nappes perchées" (Bouma, 1980, Chevallier *et al.*, 1984 ; Jaillard et Cabidoche, 1984 ; Laissus, 1979), pour traduire le caractère hétérogène et discontinu de l'état de saturation en eau dans ces sols très argileux.

Cette hétérogénéité hydrique ne respecte pas ici la logique souvent admise d'un gradient d'hydromorphie topographiquement régulier (des dépressions humides vers les points hauts plus secs). En effet, la descente estivale est maximale dans les sols de dépressions (plus de 1m de profondeur) alors que dans le même temps les zones bordières intermédiaires constituent de véritables bourrelets humides en toute saison, alimentés en été par des flux capillaires susceptibles d'entretenir la forte salinité du sol (*figure 4*).

Deux niveaux de circulation, l'un superficiel correspondant pour l'essentiel au mat racinaire, l'autre profond (plus d'1 m) et peu marqué par la structuration pédologique, sont séparés de façon plus ou moins complète par des horizons sodiques massifs et imperméables. Cette discontinuité hydrodynamique apparaît la plus prononcée dans les sols salés sodiques des stations mésohygrophiles, mais devient quasi-inexistante dans les sols dessalés des baisses hygrophiles, à structure bien affirmée sur l'ensemble du profil.

Sur le plan qualitatif, la conductivité électrique des eaux de nappe témoigne à travers ses fortes variations spatiales de cette absence de continuité hydrodynamique et constitue en période de saturation du sol une constante caractéristique propre à chaque station et conforme au modèle d'organisation (*tableau 3 et figure 4*).

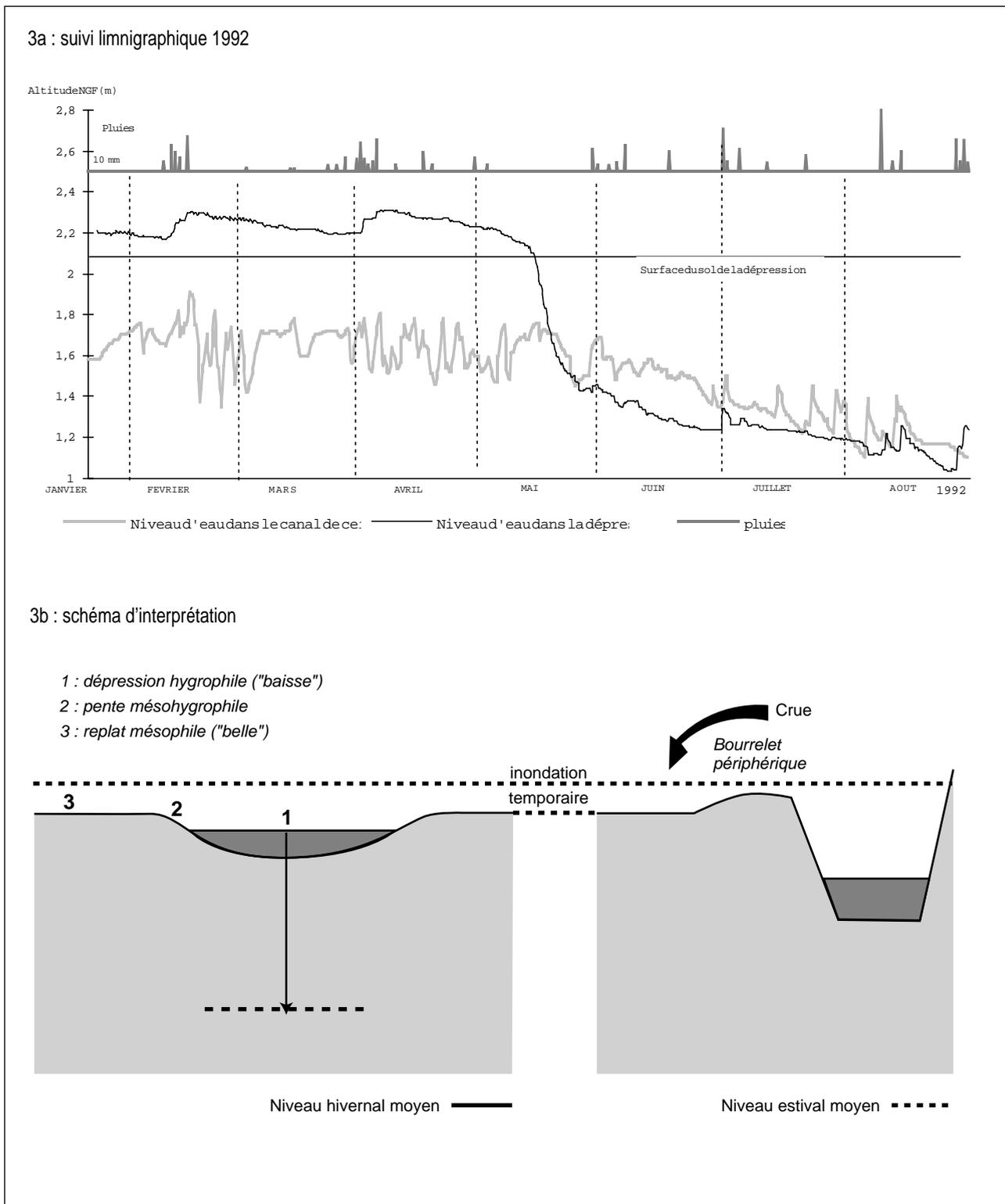
#### **Interprétation**

Les modalités de circulation de l'eau dans le sol obéissent globalement dans ces milieux peu perturbés par l'homme aux règles de fonctionnement des sols argileux lourds mises en évidence localement par les agronomes (Collas *et al.*, 1984 ; Damour *et al.*, 1984).

Toutefois, le système apparaît fortement cloisonné latéralement comme en témoignent les écarts importants de salinité des eaux entre les stations d'une même toposéquence espacées parfois de quelques mètres. Ce caractère fonctionnel trouve d'ailleurs sa concrétisation morphologique dans la quasi-absence de transition entre des états structuraux très contrastés.

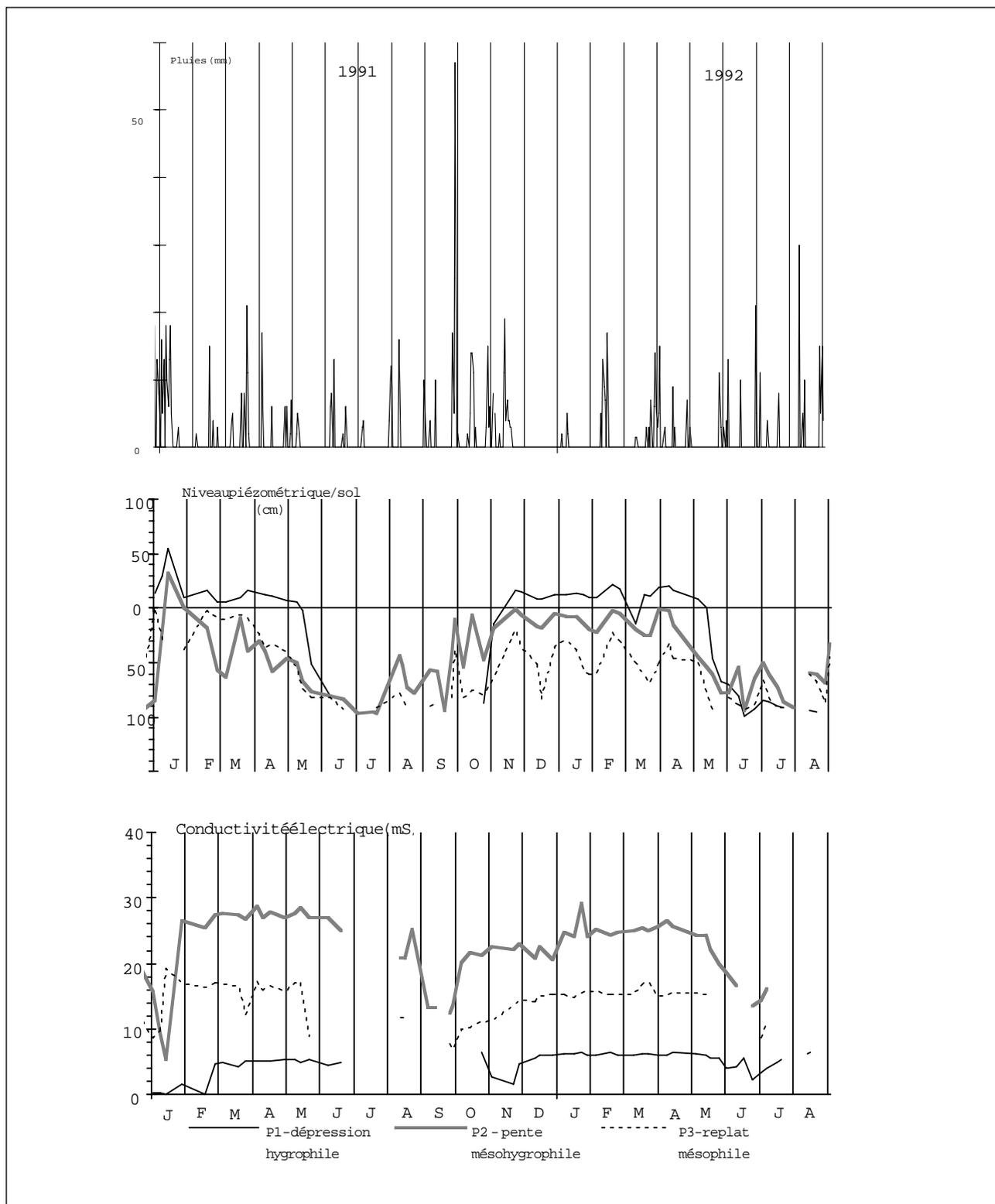
**Figure 3 -** Relations hydrauliques entre le marais communal et le réseau général.

**Figure 3 -** Hydraulic relationships between the marshy common land area and the general hydraulic network.



**Figure 4** - Évolution des niveaux piézométriques (profondeur en cm) et de la conductivité électrique des eaux d'une toposéquence représentative.

**Figure 4** - Location of ground water levels and electrical conductivity in a representative toposéquence.



**Tableau 3** - Caractéristiques hydriques des différentes stations d'une toposéquence représentative lors des deux cycles annuels 1990-1991 et 1991-1992.**Table 3** - Hydric characteristics of the different stations of a representative toposequence during a two years follow-up.

	<b>1</b> <b>Dépressions "baisses"</b>	<b>2</b> <b>Pentes intermédiaires</b> <b>bordières</b>	<b>3</b> <b>Replats et buttes</b>
Groupements végétaux	hygrophiles	mésohygrophiles	mésophiles
Altitude NGF	2,15 m	2,40 m	2,50 m
<b>Septembre 90 à avril 91 (P = 658mm)</b>			
Durée de submersion	4,5 mois	10 jours	10 jours
Hauteur maximale de submersion (cm)	55,0	30,0	20,0
Profondeur moyenne de la nappe (cm)	+ 15,9 ( $\sigma=13,3$ )	- 36,0 ( $\sigma=30,4$ )	- 19,5 ( $\sigma=15,2$ )
Conductivité électrique moyenne (mS/cm) (les mesures ne commencent qu'au mois de janvier)	3,8 ( $\sigma=1,9$ )	23,2 ( $\sigma=7,8$ )	15,3 ( $\sigma=3,1$ )
<b>Mai 91 à août 91 (P = 157mm)</b>			
Profondeur moyenne de la nappe (cm)	> 1,0 m	- 74,4 ( $\sigma=18,0$ )	- 86,4 ( $\sigma=13,7$ )
Conductivité électrique moyenne (mS/cm)	non mesurée*	25,2 ( $\sigma=3,0$ )	13,4 ( $\sigma=3,6$ )
<b>Septembre 91 à avril 92 (P = 581mm)</b>			
Durée de submersion	6 mois	-	-
Hauteur maximale de submersion (cm)	20,0	-	-
Profondeur moyenne de la nappe (cm)	+ 11,6 ( $s=7,7$ )	- 22,1 ( $s=22,6$ )	- 54,8 ( $\sigma=21,4$ )
Conductivité électrique moyenne (mS/cm)	5,7 ( $s=1,3$ )	22,2 ( $s=4,4$ )	13,5 ( $\sigma=3,1$ )
<b>Mai 92 à août 92 (P = 161mm)</b>			
Profondeur moyenne de la nappe (cm)	> 1,0 m	- 65,2 ( $\sigma=18,9$ )	- 81,3 ( $\sigma=17,2$ )
Conductivité électrique moyenne (mS/cm)	non mesurée*	18,9 ( $\sigma=4,1$ )	10,5 ( $\sigma=3,6$ )

\* aucun prélèvement possible à cette profondeur avec les piézomètres.

Ce fonctionnement peut être en définitive schématisé de façon simple par la juxtaposition de "bacs" étanches, dont le fond, de profondeur variable selon les différentes stations, pourrait symboliser à la fois l'amplitude annuelle du battement des nappes, l'importance de la fissuration estivale et le niveau d'apparition des horizons sodiques dans le profil.

Du point de vue de son fonctionnement hydrique, le système étudié se montre donc fortement compartimenté et relativement indépendant du réseau hydraulique général. Par

les contrastes extrêmes d'humidité et de salinité du sol qu'il entretient, ce fonctionnement particulier, paradoxal sous certains aspects, constitue un facteur déterminant de la diversité végétale de ces prairies.

### Le pâturage, facteur de diversité écologique et pédologique

#### **Analyse comparative des différents milieux d'une chronoséquence**

L'étude comparative de transects au modelé topographique identique, choisis dans des milieux plus ou moins récents (vasières, polders récents, prairies de fauche contemporaines des communaux), a permis de reconstituer une chronoséquence

et d'avancer un certain nombre de conclusions relatives à l'origine des contrastes pédologiques du modèle et au rôle des herbivores domestiques dont la présence sur ces milieux est avérée depuis leur exondation. L'essentiel de cette analyse a reposé sur la distribution spatiale de la salinité du sol en relation avec le modelé topographique et la nature de la végétation.

*Transects sur vasières (slikkes et schorres de la Baie de l'Aiguillon en Vendée) :*

Même si un léger maximum est enregistré en position de pente intermédiaire (*Puccinellietum, Spartinetum*), les variations de salinité enregistrées le long de ces transects (*tableau 4*) n'annoncent pas de manière significative les gradients particuliers observés dans les marais communaux, confirmant d'ailleurs les résultats antérieurs de Rigomier *et al.* (1971) et Callame (1982). Les contrastes caractéristiques du système saumâtre ne semblent donc pas constituer un héritage des premiers stades d'exondation. Le lien génétique qui relie le modelé "baisse-belle" des communaux au modelé "chenal-levée" des slikkes et schorres littorales ne suffit pas à expliquer à lui seul l'origine de cette organisation particulière.

*Transects sur prairies de fauche contemporaines des communaux :*

La composition de la couverture végétale est alors simplifiée à deux niveaux (*tableau 5*) : dépressions à groupements hygrophiles du niveau 1, pentes et replats à groupements mésophiles des niveaux 2 et 3 de composition floristique tout à fait analogue ici. Le système est pédologiquement homogène notamment en termes de salinité du sol qui apparaît relativement constante le long des transects.

Outre l'effet simplificateur de l'exploitation par fauche sur la composition floristique, cette analyse comparative démontre le rôle essentiel du pâturage qui, au-delà de son action directe sur les dynamiques végétales (Fily et Balent, 1991) conditionne la mise en place des zones salées mésohygrophiles caractéristiques.

#### *Suivi expérimental*

Le suivi piézométrique et conductimétrique d'une unité de modelé représentative soustraite du pâturage à partir de 1990 par mise en exclos et d'un témoin fournit une confirmation supplémentaire du rôle du pâturage dans l'existence des contrastes de salinité et permet d'apprécier la rapidité des changements intervenus au niveau des zones mésohygrophiles (*tableau 6*).

En quatre années de mise en défend, la végétation s'est considérablement modifiée et banalisée (Amiaud, 1993). Les espèces mésohygrophiles caractéristiques (*Hordeum marinum, Plantago coronopus, Juncus gerardi*) ont régressé ou disparu à l'avantage d'une espèce de graminée (*Elymus repens*). Cette simplification de la végétation s'accompagne d'une nette atténuation de la salinité de l'eau du sol (- 30% par rapport à la

double référence "situation initiale" et "témoin").

## **DISCUSSION ET CONCLUSION : PERSPECTIVES ET APPLICATIONS À LA GESTION AGRI-ENVIRONNEMENTALE DES PRAIRIES NATURELLES HUMIDES**

La diversité végétale qui sous-tend toute la politique actuelle de maintien de la prairie naturelle humide repose pour une grande part, dans ces vastes espaces de marais communaux, sur l'existence de zones salées à végétation sub-halophile en bordure des dépressions inondables. Cette caractéristique, à l'origine d'une organisation morpho-pédologique originale, voire paradoxale, apparaît très étroitement liée à la permanence du pâturage collectif à travers l'histoire et à l'utilisation hétérogène du milieu par les herbivores domestiques.

On peut donc affirmer que ce mode d'exploitation constitue, au même titre que les facteurs topographiques et hydriques, un facteur déterminant pour la mise en place et le fonctionnement de ces agro-écosystèmes (*tableau 7*), les zones salées mésohygrophiles devant être considérées comme des vestiges d'une végétation subhalophile pionnière installée depuis les premières phases d'exondation et soumise à un blocage successional séculaire (Bouzillé et Tournade, 1994). Même si la connaissance précise des mécanismes mis en jeu reste à acquérir, le rôle du piétinement animal à travers les perturbations qu'il engendre sur les dynamiques végétales (Bouzillé, 1992 ; Amiaud, 1993), sur la structure du sol et son fonctionnement hydrique peut être avancé, en se référant notamment à différents travaux néerlandais relatifs à des milieux littoraux analogues (Ijjas, 1969 ; Westhoff et Sykora, 1979, Bakker, 1985). Un faisceau d'observations convergentes nous y incite en effet : compaction superficielle du sol limitant l'infiltration de l'eau et la désalinisation, structure prismatique grossière ou massive des horizons sous-jacents sodiques, réduction des variations hydriques saisonnières et de la fissuration estivale favorisant des flux capillaires remontants.

Dans un tel contexte fondé sur des mécanismes séculaires de différenciation de la couverture pédologique et de blocage de certaines successions végétales (*tableau 7*), la notion de patrimoine biologique dépasse les simples critères naturalistes de diversité spécifique et de présence d'espèces rares ou menacées et s'intègre dans une perspective historique et sociologique, propre à renforcer une volonté générale de conservation, mais aussi de valorisation économique de ces territoires.

La compréhension du fonctionnement et de la genèse d'un tel écosystème prairial fournit également quelques éléments d'appréciation sur les différentes modalités de gestion proposées :

**Tableau 4** - Distribution de la salinité du sol dans quelques transects de vasières.**Table 4** - Soil salinity distribution of some transects in coastal salt marshes.

Vasières de l'Anse de l'Aiguillon (Triaize 85)	<b>1</b> Dépressions et chenaux		<b>2</b> Pentes intermédiaires		<b>3</b> Replats et levées	
Végétation	Vase nue (slikke)	<i>Salicornietum</i> <i>Spartinetum</i>	<i>Astereto- Suaedetum</i>	<i>Pucinellietum</i>	<i>Obionetum</i>	<i>Agropyretum</i>
Salinité du sol (0-10 cm) Conductivité électrique* (mS/cm) Moyenne sur huit transects Ecart-type $\sigma$	26,8 ( $\sigma=4,2$ )	26,1 ( $\sigma=2,2$ )	29,3 ( $\sigma=4,7$ )	28,0 ( $\sigma=2,3$ )	25,6 ( $\sigma=2,4$ )	22,4 ( $\sigma=7,4$ )

\* Conductimètre Aspic de Salin (1985), 5 répétitions par point, mesures en avril et août 91.

**Tableau 5** - Un exemple de toposéquence sous prairie de fauche (bordure du communal des Magnils-Reigniers).**Table 5** - Example of toposequence in a grassland intended for mowing only.

Longueur de la toposéquence : 25 m	<b>1</b> Dépression "baisse"	<b>2</b> Pente intermédiaire en bordure de "baisse"	<b>3</b> Replat
Groupe végétal	hygrophile	mésohygrophile	mésophile
Cortège floristique (en gras, les espèces dominantes)	<b>Ranunculus sardous</b> <b>Œnanthe fistulosa</b> <b>Agrostis stolonifera</b> Ranunc. ophioglossifolius Eleocharis palustris	<b>Carex divisa</b> <b>Agropyrum repens</b> <b>Poa trivialis</b> <b>Bromus commutatus</b> Trifolium squamosum Trifolium fragiferum	<b>Trifolium squamosum</b> <b>Bromus commutatus</b> Œnanthe silaifolia Carex divisa Poa trivialis Ranunculus sardous
Salinité du sol Conductivité électrique de l'extrait 1/5 (mS/cm) horizon A1 0-20 cm horizon C 20-40 cm	0,22 0,22	0,21 0,34	0,36 0,37
Sodicité du sol (Na/CEC %) horizon A1 0-20 cm horizon C 20-40 cm	4,5 6,1	7,0 9,2	7,0 16,7

**Tableau 6** - Évolution de la salinité d'une station mésohygrophile soustraite au pâturage**Table 6** - Evolution of salinity groundwater in a mesohygrophil zone isolated from grazing

<b>ZONE MESOHYGROPHILE</b> (Communal de Nalliers)	<b>année 90-91</b>	<b>EXCLOS</b> <b>année 91-92</b>	<b>année 93-94</b>	<b>TÉMOIN</b> <b>année 93-94</b>
Niveau piézométrique moyen de septembre à avril (en cm)	- 24,9	- 21,8	- 7,4	- 15,9
Ecart-type $\sigma$	$\sigma=30,1$	$\sigma=19,8$	$\sigma=15,2$	$\sigma=13,6$
Pluviométrie cumulée sur la période	658 mm	581 mm	800 mm	800 mm
Conductivité électrique des eaux* (mS/cm)				
Moyenne de septembre à avril	26,2	21,2	18,0	25,6
Ecart-type $\sigma$	$\sigma=1,8$	$\sigma=5,1$	$\sigma=4,7$	$\sigma=4,2$
% par rapport à la référence 90/91	100 %	81 %	69 %	98 %

\* mesure de la conductivité moyenne sur la tranche 0-50 cm de profondeur

**Tableau 7** - Facteurs écologiques et mécanismes intervenant dans la mise en place des écosystèmes prairiaux étudiés.**Table 7** - Ecological factors and processes acting in the setting-up of the marshy common land areas' ecosystem.

Contrainte écologique : + forte = moyenne - faible	<b>1</b> <b>Dépression "baisse"</b>	<b>2</b> <b>Pente intermédiaire</b>	<b>3</b> <b>Replat "belle"</b>
Groupements végétaux	hygrophile	mésohygrophile	mésophile
<b>CONTRAINTES ÉCOLOGIQUES</b>			
<b>EAU</b> (Submersion)	<b>+</b> Submersion régulière et prolongée depuis l'origine, actuellement conditionnée plus par les phénomènes climatiques qu'hydrologiques	<b>=</b>	<b>-</b>
<b>SOL</b> (Salinité)	<b>-</b> Phénomènes achevés de lessivage des sels et désodisation du sol	<b>+</b> Modifications de la structure superficielle du sol par le piétinement Désalinisation par lessivage du sol réduite et recharge possible par flux capillaires. Blocage successional de la végétation pionnière subhalophile	<b>=</b> Désalinisation progressive du sol par lessivage
<b>PRESSIION DE PÂTURAGE</b> (piétinement)	<b>=</b> Zone attractive pour le bétail (appétence du fourrage )	<b>+</b> Zone privilégiée de stationnement et repos Évolution rapide et irréversible de la végétation et du sol en cas d'abandon ou de sous-pâturage	<b>-</b> Zone fréquemment délaissée (refus)

**1/ En déclenchant de façon relativement rapide l'abaissement de la salinité et l'atténuation des contrastes pédologiques, l'abandon - ou un chargement en bétail trop faible - engendrent des évolutions irréversibles** du milieu au même titre que le labour et la mise en cultures. Les possibilités de restauration d'une flore aussi diversifiée à partir de parcelles cultivées ou en friche seront donc limitées a priori. Du strict point de vue de la diversité végétale, ce constat peut représenter une limite pour les politiques dites de reconquête, fondées sur la reconversion de terres arables en herbages et incite à privilégier la gestion pastorale comme axe principal d'intervention.

**2/ La mise en œuvre d'une gestion hydraulique s'ap-**

**puyant sur des ouvrages de "génie écologique" est souvent évoquée comme moyen d'accroître les durées de submersion des dépressions**, de rétablir artificiellement des épisodes de crues au printemps et d'en augmenter le potentiel d'accueil pour l'avifaune. A travers les premiers éléments de compréhension du fonctionnement hydrique de ce système, cette gestion hydraulique autonome suscite quelques interrogations :

ζ du point de vue technique, les volumes mis en jeu pour compenser une consommation évaporatoire des dépressions largement supérieures à l'ETP (Crundwell, 1986 ; Giraud, 1992), dépassent les ressources hydriques normalement dis-

ponibles en période estivale et rendent difficile une maîtrise totale des niveaux d'eau. Ainsi, pour l'année 1992, les apports nécessaires au maintien en eau des baisses du communal de Nalliers jusqu'à fin juin puis fin août ont été estimés respectivement à 4 000 et 6 500 m<sup>3</sup>/ha inondé ;

ζ d'un point de vue plus qualitatif, on est en droit de s'interroger sur les déséquilibres que risquent d'engendrer ces submersions artificiellement prolongées : perturbations de la dynamique de la végétation et évolution de la nature des groupements végétaux, engorgement permanent du sol, concentration éventuelle des pollutions diffuses.

**3/ Au cœur des débats actuels, l'opposition, ou pour le moins la distinction, entre deux grands modes de gestion possibles de ces marais**, l'une patrimoniale tournée uniquement vers la conservation de la diversité biologique et l'autre agri-environnementale, à la recherche du compromis entre une activité agricole viable et le respect d'un environnement écologiquement riche, devient donc caduque. Sur ces vastes ensembles prairiaux, la préservation du patrimoine biologique, et végétal tout particulièrement, est indissociable de la poursuite d'un mode d'exploitation pastoral qui, tout en restant dans les limites de l'extensif, doit entretenir une pression de pâturage significative. Une confirmation est donnée également de l'influence positive de ce pâturage sur la diversité et la structure de la végétation, contrairement à la fauche facteur d'ho-

mogénéisation. Le paramètre de chargement en bétail semble donc être le levier essentiel d'une conduite raisonnée et durable de ces agro-écosystèmes.

Il importera donc de vérifier la pertinence des normes actuelles de chargement annuel censées ménager en principe les impératifs écologiques et agronomiques. A ce titre, l'approche expérimentale de l'impact du chargement en bétail sur l'évolution des populations végétales et de leur productivité constituera prochainement une étape importante dans la définition des seuils écologiquement acceptables et la compréhension des complémentarités d'utilisation d'un troupeau plurispécifique.

**Au-delà des résultats immédiats pour la gestion de ces territoires communaux en particulier, ces travaux pluridisciplinaires contribuent à la production de références agri-environnementales locales et exportables sur l'ensemble des prairies naturelles des Marais de l'Ouest. Dépassant le cadre premier des études d'inventaire préalable pour en définitive produire un modèle d'organisation, véritable clé de lecture du paysage, l'étude du sol guidée par des repères phytosociologiques et phytoécologiques s'est révélée particulièrement efficace pour avancer dans la compréhension d'un système agro-écologique complexe**

dans sa structure et son fonctionnement.

## BIBLIOGRAPHIE

- AFES, 1992 - Référentiel Pédologique Français. Ouvrage collectif, INRA éditeur, 222p.
- Amiaud B., 1993 - Impact du pâturage sur les communautés prairiales du communal de Nalliers - rapport de DEA de Biologie et Agronomie - Laboratoire d'Écologie Végétale de Rennes I - 30 p + annexes.
- Bakker J.P., 1985 - The impact of grazing on plant communities, plant populations and soil conditions on salt marshes - *Vegetatio*, 62, p381-398 - Dr W.JUNK Publishers, Dordrecht.
- Billiard D., 1982 - Profils synécologiques et hiérarchisation des variables - *Acta Ōologica/ Ōologica generalis* - vol.3 - n° 4 - p 449-458.
- Blanchon J.-J., Dubois Ph.-J., 1989 - Importance des zones humides (Baie de l'Aiguillon et marais communaux) pour l'avifaune - rapport Ligue pour la Protection des Oiseaux - 259 p.
- Bouma J., 1980 - Predicting the effects of changing water-table levels and associated soil moisture regimes for soil survey interpretations - *Soil Science Soc. Amer. Journ* - 44,4 pp 797-802.
- Bouzille J.-B., 1992. - Structure et dynamique des paysages, des communautés et des populations végétales des marais de l'Ouest - Thèse d'État - spécialité "Écologie" - Université de Rennes 1 - n°C523 173 - 303 p.
- Bouzille J.-B., Tournade F., 1994 - Blocage séculaire d'une succession végétale dans les Marais de l'ouest de la France, *C.R.Acad.Sci.Paris, Sciences de la Vie*, 1994; 317:571-4.
- Callame B., 1982 - Distribution des phanérogames halophytes des schorres de l'Anse de l'Aiguillon (Vendée) en rapport avec la salinité des sols - *Annales de la Société des Sciences Naturelles de Charente Maritime* - 6 - pp 1035-1042.
- Chevallier C., Pons Y., Cheverry C., 1984 - Étude pédologique du polder de Mœze-Brouage - premières étapes de transformations structurales et géochimiques du polder 1978-1980 - Rapport INRA SAD unité d'Écodéveloppement/ENSAR - 111 p.
- Collas P., Damour L., Pons Y., 1984 - Types de sol et dynamique de l'eau : incidence sur la mise en valeur des marais de l'ouest - *C.R. Acad. Agr. Fr.*, (12), p1577-1586.
- Crundwell M.E., 1986 - A review of hydrophyte evapotranspiration - *Revue d'Hydrobiologie Tropicale* - 19 (3-4) - pp 215-232.
- Daget Ph., Godron M., 1982 - Analyse de l'écologie des espèces dans les communautés - Masson Paris - 1 volume, 163 p.
- Damour L., 1981 - Application du drainage dans les marais du Centre-Ouest

atlantique - dans " Drainage Agricole - Théorie et pratique "- Ed.

Damour L., Camus P. et Lafon E., 1984 - Régime de drainage dans les sols argileux sodiques des Marais de l'Ouest.- Comptes rendus du Colloque "Fonctionnement hydrique et comportement des sols" - Association Française pour l'étude du sol. pp 283-294.

Damour L., Pons Y., 1987 - Attention... un marais peut en cacher un autre - Édition Chambre Régionale d'Agriculture Poitou-Charentes , 10 p.

Ducloux J., 1989 - Notice explicative - Carte Pédologique de France a 1/100 000 - Feuille de Fontenay-le-Comte - INRA Service d'Étude des Sols et de la Carte Pédologique de France.- 204 p.

Dupuis J., Nijs R., Salin R., Fournier B. 1968 - Étude pédologique du Marais Poitevin - Laboratoire de Pédologie de l'Université de Poitiers - t1,1968, 208 p - t2,1969,144p.

Fily M., Balent T G., 1991 - Les interactions entre la végétation herbacée et les grands vertébrés herbivores : Le pâturage considéré comme un facteur évolutif pour les plantes - Publication INRA, Collection "études et recherches sur les systèmes agraires et le développement", n°24, pp1-42.

Fournier B., 1971 - Les sols de la basse Vallée de la Vendée (Marais Poitevin) - 2 vol.-157 p- 9 cartes au 1/10 000.

Guiraud F., 1992 - Modélisation hydrologique d'une zone humide agricole : perspective pour l'étude du transport de l'azote et du phosphore dans le réseau hydraulique. Cas du marais de Moëze, Charente maritime - Thèse Université de Rennes I, UFR Sciences de la vie et de l'environnement - n°778, 224 p+ annexes.

Godron M.,1966 - Application de la théorie de l'information à l'étude de l'homogénéité de la structure de la végétation -Ecol.Plant., 6, 209-225.

Ijjas I., 1969 - Effect of compactness and initial moisture content on the process of capillary rise- p 547-559- in : P.E. Sijtsema etH.Wassink, Water in the insaturated zone-IASH - Unesco symposium, Wageningen.

Chambre Régionale d'Agriculture de Bourgogne - Dijon - pp 455-470.