

Suivi agro-pédologique des sols en marais littoral atlantique

Test d'un protocole d'observation sur la parcelle d'un agriculteur

Jean-Michel Hillaireau¹

Résumé : *Les marais de la façade atlantique sont soumis à des conflits d'usage entre agriculteurs et environnementalistes. L'évaluation des potentialités du territoire est une voie essentielle de conciliation entre ces intérêts contradictoires. Dans ce contexte, le domaine expérimental Inra de Saint Laurent de la Prée a conduit, en collaboration avec un agriculteur et un géophysicien, une démarche de caractérisation des mécanismes de diversification du sol à l'échelle d'un petit territoire. Je présente dans cet article un protocole d'observation mis en œuvre sur la parcelle d'un agriculteur pour étudier les fonctionnements hydriques et pédologiques qui interagissent avec le couvert végétal. Le dispositif expérimental se fonde sur le suivi d'indicateurs agronomiques et pédologiques le long d'un transect destiné à mettre en évidence l'influence du bassin versant. D'un point de vue méthodologique, le recueil des données in situ est associé à l'enquête technique et à la concertation entre les partenaires de l'étude. Le géophysicien est ainsi amené à intégrer dans son questionnement la pratique agricole et l'agriculteur à ne plus considérer son sol indépendamment de son fonctionnement sous-jacent.*

Mots-clés : Marais littoraux atlantiques, argiles salés-sodiques, diversification pédologique, dynamique hydrique, recherche en partenariat

Introduction

Dans les marais de la façade Atlantique, l'évolution des activités agricoles, liée aux techniques de drainage et de mise en culture, génère des conflits entre les acteurs locaux concernant l'occupation de l'espace et les modalités de gestion hydraulique. Il s'agit aujourd'hui de rendre compatible l'activité agricole avec les autres secteurs d'activité et avec la préservation du milieu naturel reconnu d'un intérêt majeur sur le plan environnemental.

Depuis les années 90, notre équipe du domaine expérimental Inra de St Laurent de la Prée a orienté ses recherches vers la question du développement durable du territoire et soutient l'effort de conciliation locale entre activités. Une voie de concertation essentielle repose sur la répartition spatiale des activités pour prendre en compte la vulnérabilité du milieu et mettre en adéquation ses potentialités avec les attentes des divers groupes d'usagers. Or, la mise en place du dialogue nécessite que les acteurs locaux disposent de connaissances sur la diversité du milieu et sur les processus de sa diversification.

Cette problématique nous a conduits à étudier les mécanismes pédologiques et hydriques à l'origine de la diversité des potentialités de sol. Les travaux ont montré l'importance du gradient sédimentaire naturel, mais aussi des pratiques culturelles de surface sur le comportement hydromécanique du sol.

Une demande récente de collaboration d'un agriculteur confronté à une forte variabilité de ses rendements céréaliers, sur un site à très fort gradient sédimentaire, a été l'occasion de

¹ Inra SAD Domaine de Saint Laurent de la Prée, route du Bois Maché, 17450 Fouras

☎ 05 46 82 10 50 jean-michel.hillaireau@stlaurent.lusignan.inra.fr

SAD = sciences pour l'action et le développement

construire, en 2005, un protocole de suivi "agro-géophysique" pour 3 ans, sur la base des résultats acquis. Ce suivi vise à étudier l'influence des facteurs naturels sur la différenciation des états agro-pédologiques du sol. Il implique la collaboration d'un agriculteur², d'un ingénieur agronome et d'un technicien de St Laurent de La Prée³ et d'un géophysicien⁴ de l'Université de Poitiers.

Nous avons choisi de mener un suivi agro-géophysique dans un contexte simplifié ; nous avons défini une seule parcelle cultivée comme périmètre d'étude pour être en présence d'une pratique agricole homogène ; l'hétérogénéité naturelle est organisée suivant un gradient dominant, à savoir l'épaisseur de la couche sédimentaire.

L'objectif est de mener sur ce périmètre une double démarche visant à :

- mettre en relation le gradient naturel avec l'état et le fonctionnement hydrique des profils, par les moyens d'observation classiques en agronomie et en sciences du sol,
- contribuer à construire, à partir d'une acquisition commune de connaissances, une vision partagée sur le processus de différenciation du sol, au-delà des points de vue et des échelles de perception propres à chacun des acteurs impliqués dans le projet.

Je vais décrire ici

- la mise en œuvre du protocole d'observation sur le terrain, l'élaboration du protocole et l'interprétation agronomique des observations ;
- la coordination sur le terrain, les interventions scientifiques, notamment avec les géophysiciens ;
- les échanges de vue entre partenaires sur la base des résultats techniques.

1. Mise en œuvre du protocole d'observation et interprétations agronomiques

1.1 Le site d'observation

Le site est en situation de marais desséché du littoral atlantique, isolé des eaux maritimes et continentales par des digues limitant les risques d'inondation. Les sols sont constitués à 90% d'éléments fins, dont 50 à 60 % d'argile, communément appelée « bri » leur mise en culture nécessite des aménagements hydrauliques (rigoles, drains enterrés et pompage...) pour évacuer l'excès d'eau de pluie pendant la période hivernale. Les marais sont souvent sodiques et salés ce qui leur confère une instabilité structurale, compacte et imperméable, ils présentent une forte aptitude à la fissuration du sol (fente de retrait) lors des phases de dessiccation.

Le site d'observation proposé par l'agriculteur est une opportunité dans la mesure où il rassemble les différentes caractéristiques de milieu auxquelles chaque partenaire attribue l'origine des hétérogénéités via la circulation de l'eau :

- la proximité de l'ancienne côte,
- la variation d'épaisseur de la couche sédimentaire,
- les variations topographiques de surface.

² Laurent Salgues, agriculteur dans la commune de St Laurent de la Prée.

³ Claude Chevallier et Jean-Michel Hillaireau, équipe de recherche agronomique de St Laurent de La Prée. D'autres agents de l'Inra ont apporté leur appui pour des opérations lourdes telles que la récolte ou les prélèvements de sol avec une tarière manuelle.

⁴ Patrick Dudoignon, équipe de recherche en géophysique de l'Université de Poitiers, assisté d'un thésard et d'étudiants lors de ses déplacements sur le terrain.

L'étude est intégrée dans un programme de recherche sur la gestion durable des zones humides littorales, financé par la région Poitou-Charentes et le Parc interrégional du Marais Poitevin.

En effet, le site est localisé sur la commune de St Laurent de la Prée à proximité du domaine Inra, dans un petit bassin de marais qui reproduit à une échelle réduite l'avancée de la terre sur la mer sous le contrôle des techniques de poldérisation (**photo 1**). Il est adossé à l'Ouest à un coteau calcaire qui constituait l'ancienne côte. L'épaisseur de la couche sédimentaire du dépôt est marquée par un gradient d'Ouest en Est associé au fort pendage du substrat calcaire sous-jacent (jurassique). La proximité des terres hautes pourrait être une source d'alimentation en eau douce du marais entre les couches argileuses du sol.

La parcelle est bordée à l'Ouest par le coteau calcaire et sur ses autres cotés par des prairies naturelles. Elle est drainée depuis 12 ans et sa superficie est de 40 ha. Elle est exploitée suivant une rotation blé/maïs. Les résultats présentés dans cet article sont ceux de la campagne 2006 au cours de laquelle la parcelle était cultivée en maïs.



Photo 1 : Plan parcellaire et positionnement du transect⁵ d'observation

Source IGN Bd ortho® 1999 - Données JM Hillaireau 2006

1.2 Les zones et les mesures d'observation

D'un point de vue technique, la réalisation de l'étude repose sur la comparaison de zones d'observations "agro-pédologiques" stationnelles représentatives du milieu, disposées le long d'un transect établi suivant le gradient d'hétérogénéité naturelle Ouest-Est pour appréhender une éventuelle dynamique de différenciation spatiale. Des profils sont réalisés pour rendre compte des différences de dynamique hydrique entre stations et suggérer les processus de différenciation qui agissent à d'autres échelles (influence du bassin versant, de l'épaisseur de l'argile). Ils sont caractérisés par des indicateurs synthétiques (rendement), des descripteurs structuraux (profils pédologiques, culturaux, salins) et des descripteurs fonctionnels (profils hydriques, niveaux piézométriques).

Le dispositif expérimental est composé de trois zones d'observations (k1, k2, k3), d'environ 600 m² chacune, correspondant au passage du pulvérisateur de l'agriculteur (**photo 1**). Les points de mesure sont positionnés en fonction de relevés géomorphologiques, c'est-à-dire calés par rapport à l'altitude et la microtopographie du terrain.

⁵ Le transect désigne un dispositif d'observation de terrain ou la représentation d'un espace, le long d'un tracé linéaire pour mettre en évidence une succession spatiale ou des relations entre phénomènes : distance, altitude, topographie. On peut dire que c'est une ligne imaginaire (graphique) de repérage qui coupe la parcelle pour matérialiser la distance à la cote, la topographie, etc.

1.3 Le protocole d'observation

- Les caractéristiques hydrauliques

Des enregistrements piézométriques⁶ sont effectués sur les niveaux de nappe en inter drain. Chaque zone a été équipée de 2 piézomètres, tubes perforés à la base, d'une longueur de 2,20 m, encadrant le drain. L'agriculteur effectue les mesures à un rythme hebdomadaire sur la période hivernale. Je réalise, avec l'aide d'un agent, un profil d'humidité en fin de cycle de la culture, lorsque l'assèchement du sol est maximal. Le carottage est effectué avec une tarière de 45 mm de diamètre jusqu'à 190 cm de profondeur.

- Les caractéristiques pédologiques

Elles sont calées sur des observations topographiques du transect qui prennent en compte le micro relief du terrain, c'est-à-dire le nivellement du sol. Je réalise des profils culturaux pour décrire l'état structural du sol et l'enracinement des cultures. Les fosses d'observation sont généralement ouvertes en inter drain après la récolte. Les profils salins sont réalisés sur un sous-échantillon de terre issu des prélèvements dédiés aux profils hydriques. La conductivité électrique est mesurée à partir d'un extrait aqueux par horizon de 10 cm et après un séchage à l'air pendant 3 semaines.

- Les caractéristiques agronomiques

Les composantes du rendement (nombre de pieds, nombre d'épis, ...) sont établies à partir de quatre placettes préalablement identifiées par un tirage aléatoire dans chaque zone expérimentale sur le transect. Chaque placette initiale a une surface de 4.5 m² qui correspond à 2 rangs de maïs contigus, de 3 m de longueur et d'un écartement de 0.75 m.

1.4 Principaux résultats

Le suivi montre une forte variation des résultats agronomiques, chimiques et structuraux le long du transect. L'éloignement à la côte apparaît comme le principal facteur en cause, l'influence de la microtopographie, autre facteur important de variation, ayant été éliminé par le choix de situations planes et d'altimétrie voisine.

Cet effet est d'abord confirmé par l'accroissement des rendements le long du transect (**figure 1**). Dans le cas des profils salins (**figure 2**), les effets d'un stockage momentané de gypse avant épandage ont provoqué en K1 une forte salinisation sur 50 cm qui rend délicate la comparaison avec les profils K2 et K3 pour les horizons de surface. Un effet de désalinisation Ouest-Est est cependant évident lorsqu'on compare l'ensemble des profils.

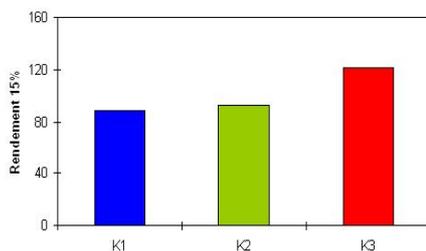


Figure 1 : Rendement du maïs pour chaque station

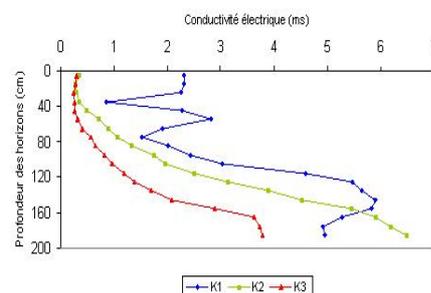


Figure 2 : évolution de la salinité du profil en profondeur et sur le transect

⁶ La piézométrie est l'utilisation d'un point d'eau à des fins de suivi quantitatif d'une entité aquifère (nappe, aquifère,...). Elle permet d'obtenir des chroniques de données en continu ou de façon plus irrégulière.

Les descriptions des profils culturaux et pédologiques (**figure 3**) informent sur les dynamiques d'évolution de la structure du sol à long terme. Les profils présentent des horizons superficiels massifs constitués d'éléments grossiers souvent repris en masse. En dessous, l'horizon est fissuré verticalement et coïncide avec la présence de l'enracinement. L'horizon sous-jacent est le reflet de la zone de battement de la nappe, caractérisée par le niveau piézométrique moyen en hiver. Elle est révélatrice d'une instabilité structurale difficilement pénétrable par les racines. Sa profondeur est respectivement de K1=60, K2=90 et K3=85 cm. Un effet du gradient ouest-est est là aussi sensible.

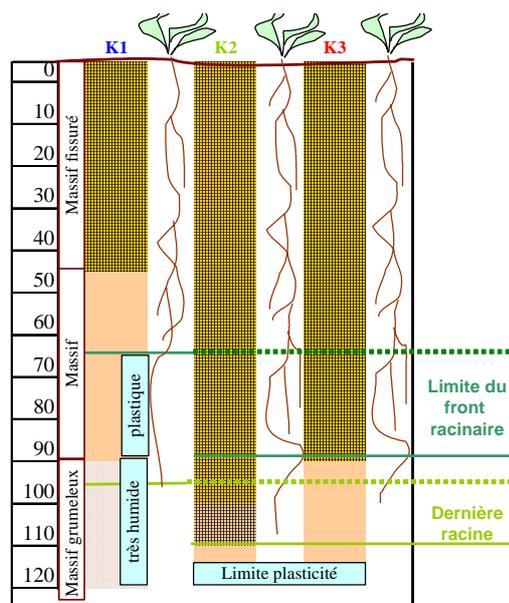


Figure 3 : Caractérisation du profil cultural par situation

Le niveau piézométrique permet de suivre la dynamique de la nappe sur un pas de temps saisonnier, c'est un indicateur de la fertilité physique du sol à travers l'état structural. Il traduit la capacité du sol à évacuer l'excès d'eau en période saturée et permet de déterminer le potentiel de production des cultures en place, compte tenu de l'enracinement des plantes. Le niveau moyen de la nappe en hiver fluctue entre 42 et 82 cm pour descendre progressivement dès le mois de mars (**figure 4**). Des différences de hauteurs sont visibles sur le transect et confirment l'effet du bassin versant en K1.

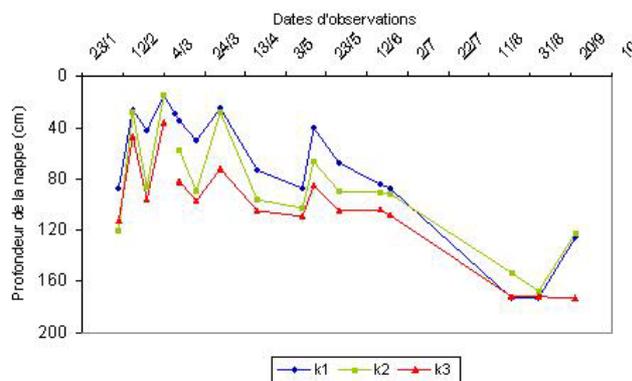


Figure 4 : Suivi du niveau piézométrique annuel

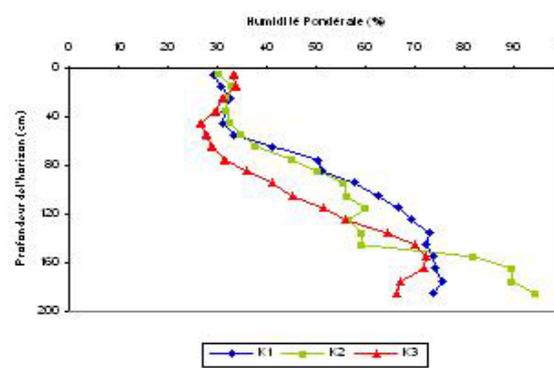


Figure 5 : Observations de l'humidité du sol en fin de cycle végétatif

Les mesures d'humidité pondérale permettent de caractériser le degré d'assèchement du profil de sol par le maïs en place et d'estimer éventuellement la profondeur d'enracinement. Le profil racinaire est synonyme de "garde-manger" et renvoie à la notion de réserve utile disponible pour l'alimentation hydrique et minérale des plantes. Ainsi, cette mesure met en évidence les performances des racines et confirme l'existence d'un facteur limitant l'enracinement au delà d'un seuil propre à chacune des situations, comme l'illustre le classement des situations K1, K2, K3 (**figure 5**). La forte augmentation du dessèchement avec l'éloignement à la côte est ainsi cohérente avec les autres indicateurs, notamment avec le rendement.

2. Contribution à l'échange de vues dans le dispositif de suivi

Les participants à l'étude – l'agriculteur, l'agronome et le géophysicien - ont des domaines de connaissance et d'intervention disjoints. Une part importante de l'étude est donc dédiée à la confrontation de perceptions très différentes autour de la notion de diversification des états de milieu pour obtenir à terme une cohérence de vue sur les mécanismes en jeu. Cette démarche repose sur l'organisation d'une concertation permanente pour consolider l'engagement réciproque des partenaires et je suis un intermédiaire privilégié entre l'agriculteur et les chercheurs pour animer et pérenniser les échanges (débat) entre les participants. Ainsi la perception de mon rôle est d'autant plus efficace que je connais le milieu agricole, liée à mes origines rurales et à mon expérience professionnelle, pour intervenir tant en terme de facilitation que de régulation dans la démarche recherche/action

2.1 La relation avec l'agriculteur

D'une part, je mets à profit mes connaissances techniques du terrain pour établir le dialogue avec l'agriculteur et communiquer avec lui dans un langage accessible sur le suivi technique et scientifique. D'autre part, j'explique aux scientifiques les pratiques de l'agriculteur.

J'ai tout d'abord animé et coordonné les discussions avec l'agriculteur pour expliciter les problèmes qu'il rencontrait sur sa parcelle et son attente vis-à-vis de l'étude en cours. A partir de ce travail, mené selon la méthode de résolution de problème proposé par le GERDAL⁷ (Darré J.P., 1992), nous avons construit un questionnement conjoint à partir de la question initiale de l'agriculteur, la baisse de ses rendements céréaliers, et de la problématique de recherche de l'équipe, la diversification des états de milieu. Cette démarche implique une forte disponibilité et une écoute attentive pour mieux comprendre les actes et le raisonnement du praticien sur son exploitation.

Puis, j'ai réalisé une première enquête globale et approfondie pour renseigner le fonctionnement de l'exploitation. Les entrevues suivantes avec l'agriculteur se sont déroulées en majorité sur ses lieux de travail, puis ont laissé place à des entretiens périodiques afin de synthétiser l'avancée des travaux et éventuellement de détecter des dysfonctionnements, tels que un arrêt de pompe de drainage ou la présence de maladies.

En général, mes visites sont planifiées en fonction des observations de terrain relatives aux interventions culturales (semis, travail du sol...) ou d'épisodes climatiques exceptionnels (forte pluviométrie). Ces rencontres sont pour l'agriculteur des opportunités pour demander un conseil (objectif de rendement, fertilisation...), ou pour engager une discussion sur l'utilité de certaines techniques (mesures piézométriques par exemple); elles renforcent ainsi la relation de partenariat.

En fin de campagne, une enquête technique me permet de faire le bilan des opérations culturales réalisées sur la parcelle et donne lieu à des restitutions écrites et commentées diffusées aux partenaires. Le compte rendu d'expérimentation est discuté point par point (travail du sol, niveau piézométrique...) avec l'agriculteur pour valider les résultats et pour examiner la faisabilité technique de nouvelles perspectives expérimentales.

L'agriculteur participe de manière active au suivi technique en assurant le suivi piézométrique des nappes. Pour lui, c'est une démarche formatrice qui suscite des réflexions sur l'adaptation de pratiques plus respectueuses de l'environnement dans un contexte d'incertitudes.

⁷ Gerdal groupe d'étude, recherche et développement d'action localisées.

2.2 L'évolution des représentations et pratiques des partenaires de l'étude

Au cours de l'étude, des liens de confiance se sont tissés entre les acteurs, à travers lesquels chacun a pu acquérir une meilleure connaissance des savoir-faire de l'autre et faire évoluer ses points de vue (**tableau 1**). Ainsi, les résultats obtenus à l'échelle du transect incitent le géophysicien à prendre en compte l'effet des pratiques et des circulations subhorizontales des eaux sur la différenciation du substrat.

		Questionnement initial des partenaires	Evolution des points de vue
Partenaires	Agriculteur	<p><i>Question</i> Rendement des cultures, alimentation hydrique et risque de toxicité saline</p> <p><i>Echelles</i> Profil cultural et parcelle / cycle annuel</p> <p><i>Processus</i> Climat et fluctuation de la RU</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Les variations de rendement doivent être analysées en fonction de l'hétérogénéité de la parcelle - Cette hétérogénéité résulte d'une interaction structure/fonctionnement hydrique à des échelles différentes de celle de la parcelle
	Agronome	<p><i>Question</i> Aptitude et vulnérabilité des sols</p> <p><i>Echelles</i> Profils agro-pédologiques, parcelles et territoire / long terme</p> <p><i>Processus</i> Transferts hydriques verticaux et latéraux / structuration du milieu</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Les moyens d'investigation habituels de l'agronome doivent être adaptés pour l'étude de l'hétérogénéité parcellaire (transect) - L'approche agronomique doit être confrontée à d'autres champs disciplinaires (hydrologie, géophysique) pour aborder la diversification des états de milieu
	Géophysicien	<p><i>Question</i> Propriétés hydrodynamiques du sédiment, échanges avec compartiments voisins</p> <p><i>Echelles</i> Bassin de marais et couche sédimentaire / temps géologique</p> <p><i>Processus</i> Interaction porosité/humidité des argiles s/s contrainte mécanique</p>	<ul style="list-style-type: none"> - L'utilisation d'un modèle physique de structuration du sédiment est insuffisante pour l'étude des transferts hydriques - Les fonctionnements hydriques de surface sous différents couverts végétaux doivent être pris en compte

Tableau 1 : Evolution des points de vue dans la démarche partenariale

Avec les méthodes d'observation que je mets en place et le dialogue avec l'agriculteur je peux faire la part entre l'effet des pratiques et celui du milieu sur la variabilité du rendement. Je prends en compte les dires de l'agriculteur sur l'itinéraire technique pour étayer mon diagnostic et rechercher des causes au problème posé. Lors de cet échange je perçois les limites pratiques des préconisations techniques que j'ai pu formuler en réponse aux attentes de l'agriculteur. Après avoir cerné les objectifs qu'il s'est fixé (rendement maximum) et avoir expliqué les mécanismes du fonctionnement hydraulique du sol, je peux alors lui présenter les interactions qui en découlent ; par exemple, l'arrêt du drainage est un facteur de risque de déstructuration du sol en profondeur et limite le rendement. Le diagnostic peut ainsi remettre en question les règles d'intervention de l'agriculteur.

Par ailleurs, le fait de changer d'échelle de travail m'a conduit à adapter les techniques de mesure en fonction des éléments géomorphologiques de la parcelle. En conséquence, je me suis intéressé à l'hétérogénéité intra parcellaire en terme d'altimétrie (quadrillage 20m*30m sur environ 1/3 de la surface). Cette opération m'a donné une vision globale de la planéité du

sol, de cartographier les bosses et les baisses, pour vérifier la pertinence et la fiabilité des mesures.

La participation de l'agriculteur au suivi expérimental lui procure un sentiment de reconnaissance dans son activité. La sécheresse de l'année 2003 ayant entraîné une baisse de sa production céréalière sans modification de l'itinéraire technique, il est conduit à s'interroger sur les effets du changement climatique, le fonctionnement du sol et leurs conséquences sur le potentiel de production. Dans son raisonnement sur l'élaboration du rendement, il s'est approprié la notion d'hétérogénéité de la parcelle et accepte de prendre en compte l'historique de sa parcelle et les contraintes naturelles qui l'entourent. Il réalise l'impact d'un aménagement tel que le drainage et mesure la fragilité de ce système de culture dont les règles de décision doivent être soumises à une vigilance extrême.

Conclusion

Le suivi expérimental décrit dans cet article a permis de tester une méthode d'observation des dynamiques hydriques et structurales des sols de marais pour l'étude des processus de différenciation pédologique. Il met en évidence l'intérêt de relier dans le cycle saisonnier les fonctionnements hydriques du bassin versant et du sédiment et surtout, d'associer des échelles d'observation complémentaires, tant dans le temps (dynamiques hydriques au pas de temps annuel et structure du sédiment sur le long terme) que dans l'espace (station, transect et territoire en surface – horizons superficiels et couche sédimentaire en profondeur).

Le fait que les pratiques agricoles influent profondément sur le fonctionnement hydrique global du sédiment implique que les praticiens soient associés à ces études comme des partenaires qui ont à s'approprier des modèles de fonctionnement plus larges du milieu qu'ils exploitent. Grâce à mon activité sur le terrain, j'ai acquis une vision pragmatique et concrète du métier d'agriculteur qui fait que je contribue efficacement à la participation des agriculteurs aux dispositifs de recherche et à la transmission des avancées techniques de la recherche.

Remerciements : Je remercie Claude Chevallier pour son soutien et son étroite collaboration dans la mise en place de cette action et sa participation à la l'élaboration de cet article.

Bibliographie

- Bernard M., Dudoignon P., Chevallier C., Pons Y (2004) Mécanisme de consolidation des sols de marais : irréversibilité et paléosol. XXII^{ème} rencontre universitaire de Génie Civil, Marne-la-Vallée, rencontre 2004 - 8p.
- Chevallier C. (1991) Les marais littoraux atlantiques et l'eau de surface. Brochure ADEMART. 26p.
- Darré J.P. (1992) Du sens aux actes – Comment transformer en idées neuves les dialogues de tous les jours GERDAL. 32 p.
- Hillaireau J.M., Chevallier C. (2007) Suivi agronomique des sols de marais chez M. Salgues Compte-rendu d'expérimentation INRA SAD Saint Laurent de la Prée. 16 p.