CD_RP 15632.

CIRAD-CA
UPR « Peuplements de riz »
TA 70/01
34398 Montpellier Cedex 5

Centre français du Riz
Mas du Sonnailler
13200 Arles

Caractérisation du développement et de la nuisibilité en rizière de *Bolboschoenus maritimus*

Rapport d'activité 2005

Convention CFR-CIRAD/Ca

A. Audebert
S. Roques

CIRAD-DIST
Unité bibliothèque
Lavalette

Juillet 2006

CIRAD
000082219

DK= 533 377

Note introductive

Le présent rapport se propose de donner une vision synthétique des suivis expérimentaux réalisés durant la campagne 2005.
Les essais mis en place, ont été conduits dans le cadre de stages de formation et ont fait l'objet de rapports, qui ont été transmis au CFR. Ce rapport d'activité se veut une synthèse des différents rapports cités ci-dessus.

Sommaire

Sommaire 3
Rappel sur la problématique générale 4
A Etude nuisibilité de *Bolboschoenus maritimus* 5
Problématique 5
Objectifs 5
Matériel et méthodes 5
I. Capacité de germination et de multiplication de *Bolboschoenus maritimus* 6
I.1 Germination 6
I.2 Colonisation 7
II. Analyse comparative de la croissance et des stades phénologiques pour le riz et *Bolboschoenus maritimus*. 8
II.1 Phénologie 8
II.2 Croissance et répartition des matières sèches. 9
II.3 Conclusion 10
III. Etude de la compétition de *Bolboschoenus maritimus* sur la culture du riz 12
III.1 Effet sur la croissance et le tallage du riz 12
III.2 Effets de la compétition vis-à-vis des ressources du milieu 13
III.3 Effets de la compétition vis-à-vis de la lumière 14
III.4 Effets de la compétition vis-à-vis de la production 16
III.5 Seuils de nuisibilité 16
Conclusion et perspectives 17
B typologie du comportement de différentes variétés de riz en Camargue 19
Problématique 19
Objectifs 19
Matériel et méthodes 19
Résultats 19
Conclusion et perspectives 23

Rappel sur la problématique générale

La riziculture camarguaise est confrontée à deux difficultés majeures :
- une rentabilité incertaine en raison de la forte concurrence internationale sur le marché du riz, des coûts de production élevés et d'une qualité de grain pas toujours adaptée aux demandes du marché ;
- une production difficile en limite nord de la culture, avec des risques de pertes de rendement élevés suite aux aléas climatiques divers (froid de début de cycle ou à floraison, vents desséchants), aux infestations de la culture par les mauvaises herbes ou aux remontées salines sur certaines terres basses.

A cela s'ajoute la pression sociale de plus en plus forte sur la préservation de l'environnement. Le maintien de l'écosystème camarguais devient simultanément une contrainte supplémentaire pour la riziculture et une opportunité : l'activité rizicole limite les remontées salines en immergeant les terres ; elle doit en contrepartie se montrer compatible avec la préservation de la faune et de la flore camarguaises en se fixant un code de bonnes pratiques culturales.

En termes agronomiques, les contraintes citées amènent à chercher une amélioration de l'itinéraire technique : (i) en limitant les coûts de production sans diminuer les rendements ; (ii) en limitant les rejets polluants dans l'écosystème camarguais (herbicides, insecticides, engrais azotés et phosphatés,....).
C'est dans ce cadre que le CFR a demandé au CIRAD d'analyser les interactions « variété x itinéraire technique (ITK) x milieu » avec comme objectifs :
(i) ajuster l'ITK aux caractéristiques variétales. Les variétés de riz présentent différentes stratégies de colonisation de l'espace et différentes modalités d'élaboration de la production ; les interventions culturales doivent s'ajuster aux typicités variétales pour optimiser leur croissance et développement et limiter les traitements par excès ou par défaut ;
(ii) adapter les types variétaux au système de culture. L'agriculteur, par les choix initiaux de son système de culture, se définit un jeu de contraintes qui limite ses choix techniques (monoculture ou rotation, disponibilité en main d'œuvre et matériel, coût...). Des types variétaux distincts doivent répondre aux exigences de l'agriculteur.

La mauvaise mise en place du peuplement de riz en début de campagne est une donnée influençant grandement les modalités d'élaboration du rendement. Aussi, les activités réalisées au cours de la campagne 2004 se sont focalisées sur (i) la nuisibilité de *Bolboschoenus maritimus* sur la culture de riz, (ii) une caractérisation au champ de *Bolboschoenus maritimus*.

A Etude nuisibilité de *Bolboschoenus maritimus*

Problématique

La compétition des adventices constitue un facteur de variabilité des rendements de riz paddy. De nombreuses études d'observation des pertes de rendements du riz affectés par les adventices, ont montré que l'espèce *Bolboschoenus maritimus* est une des principales mauvaises herbes les plus nuisibles en rizières camarguaises. La méconnaissance du comportement de *Bolboschoenus maritimus*, sur sa nuisibilité, et sur son interaction avec la culture, constituent un obstacle à la définition de moyens de lutte intégrés et efficaces.

Objectifs

Le projet de recherche « Caractérisation au champ du développement et de la nuisibilité des mauvaises herbes sur la culture de riz en Camargue » a pour objectifs de (i) mieux connaître le cycle de développement de l'adventice au champ; (ii) d'évaluer l'impact de la compétition de cette mauvaise herbe sur la culture de riz en fonction de différentes pressions de compétition afin de définir les seuils de nuisibilité; enfin (iii) de proposer un outil d'aide à la décision aux riziculteurs sur leur itinéraire technique de désherbage afin de minimiser les coûts de traitements.

Matériel et méthodes

Pour cette problématique, 2 expérimentations ont été mises en place pendant la campagne 2005.

- Expérimentation 1 : 2860 tubercules de *Bolboschoenus maritimus* ont été prélevés dans des parcelles cultivées lors de la préparation des sols. Ces tubercules ont été triés en 3 groupes en fonction de leur diamètre et de leur poids :
    - Les petits tubercules : de 0,90 à 1,11 cm de diamètre avec un poids compris entre 0,27 et 0,43 g.
    - Les tubercules moyens : de 1,29 à 1,39 cm de diamètre avec un poids compris entre 0,66 et 0,73 g.
    - Les gros tubercules : de 1,41 à 1,49 cm de diamètre avec un poids compris entre 0,90 et 1,17 g.

Les tubercules ont été placés sous lame d'eau au Mas du Sonnailler et un suivi bihebdomadaire de la germination de ces tubercules a été réalisé par comptage.

- Expérimentation 2 : La parcelle expérimentale était située au Mas du Sonnailler sur une parcelle du CFR avec une forte présence de *Bolboschoenus maritimus* pour permettre la mise en place du dispositif. Le semis (riz) a été réalisé le 6 mai après un travail du sol. La variété utilisée pour cet essai, est Ruille, de type botanique indica avec un grain classé long A. Semi-précoce, cette variété dispose d'une bonne aptitude à la levée et d'un bon potentiel de tallage.

Les modalités testées correspondent à des densités d'adventices différentes. La densité de riz étant fixé à 100 plantes/m². Cinq modalités sont testées :

T0 : Témoin désherbé à une densité de 100 plantes de riz/m²
T1 : Densité de *Bolboschoenus maritimus* de 4/m² (3.8% de la pop. totale de la parcelle)
T2 : Densité de *Bolboschoenus maritimus* de 8/m² (7,4% de la pop. totale de la parcelle)
T3 : Densité de *Bolboschoenus maritimus* de 16/m² (10,7% de la pop. totale de la parcelle)
T4 : Densité de *Bolboschoenus maritimus* de 32/m² (24,2% de la pop. totale de la parcelle)
TE : Témoin de *Bolboschoenus maritimus* à une densité de 100 plantes de m²
NB : La densité de riz est fixe. Elle est de 100 plantes/m² pour chaque modalité.

CIRAD-DIST
Unité bibliothèque
Lavalette

Les différentes densités de riz et de mauvaises herbes ciblées pour chaque modalité sont obtenues par arrachage manuel lors de la phase d'implantation. Les autres espèces de mauvaises herbes et les levées ultérieures de la mauvaise herbe ciblée sont éliminées manuellement au fur et à mesure.

Les modalités sont disposées en blocs randomisés à 4 répétitions. L'essai comporte ainsi 20 parcelles élémentaires (5 modalités x 4 répétitions) qui ont une surface de 9 m² (3m x 3m). Les blocs sont parallèles aux bordures de la parcelle pour capter un éventuel effet bordure.

Chaque parcelle élémentaire contient 4 micro-parcelles élémentaires ou placette de 50 cm x 50 cm soit ¼ m² (cf Figure 14). Ce système de placette de ¼ m² permet d'alléger la charge de travail d'arrachage manuel pour obtenir la densité voulue (ou démariage). Le nombre de plants de riz par placette est donc de 25 pour chaque modalité. Le nombre de plantes de *Bolboschoenus maritimus* est donc respectivement de 1, 2, 4 et 8 pour les modalités T1, T2, T3 et T4. Ces 4 placettes sont utilisées comme suit :

Placette 1 : pour les mesures non destructives et la récolte
Placette 2 : pour le prélèvement à 42 JAS (Jours Après Semis)
Placette 3 : pour le prélèvement à 70 JAS
Placette 4 : pour le prélèvement à 90 JAS

Un suivi phénologique est réalisé tant sur Bolboschoenus que sur le riz. Sur la placette récolte, 4 plantes préalablement identifiées sont suivies hebdomadairement. Le nombre de talles et le nombre de feuilles sur le brin maître sont mesurés ainsi que le LAI et une mesure SPAD
Pour les mesures destructives, quatre dates de prélèvement ont été prévues au cours du cycle de la culture (42, 70, 90 jours après semis et récolte)
Les mêmes variables sont mesurées pour le riz et *Bolboschoenus maritimus* :

Matière sèche des différents organes,
Surface foliaire des limbes,
Nombre de talles.

Les surfaces foliaires sont obtenues grâce à un planimètre.

Cette étude a été suivie par Marion Besnard étudiante en deuxième année de L'INAPG et Sébastien Latrille étudiant en dernière année de l'ISAB.

I. Capacité de germination et de multiplication de *Bolboschoenus maritimus*

I.1 Germination

La germination d'une population de tubercule de *Bolboschoenus maritimus* est relativement étalée dans le temps. Les résultats montrent (Figure 1a) qu'après 40 jours après la mise en eau, environ 50 % des tubercules ont germé. C'est entre 20 et 35 jours après la mise en eau que la plupart des tubercules germent. Ce taux de germination n'est pas identique selon la taille du tubercule (figure 1b). Ainsi il s'avère que les tubercules de taille moyenne ont le taux de germination le plus important (65%). Les petits tubercules se caractérisant par un faible taux de germination.

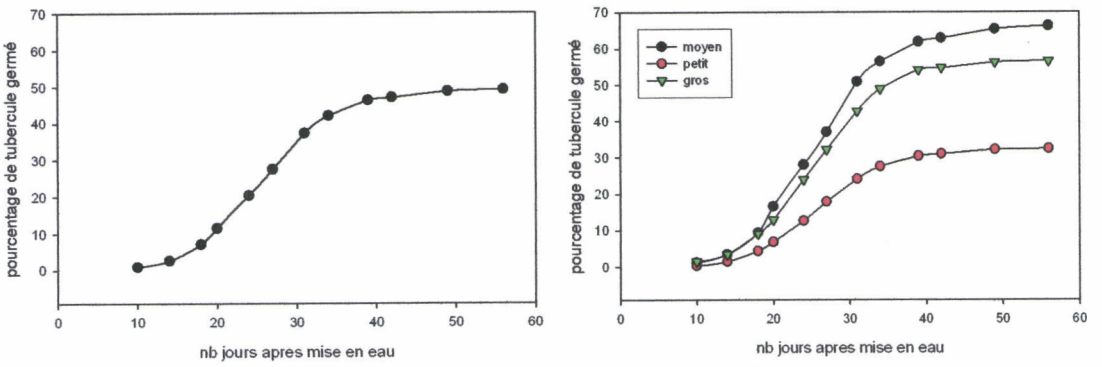

Figure 1 : Evolution de la capacité de germination de tubercule de *Bolboschoenus maritimus*. a) pourcentage global de germination, b) pourcentage de germination selon la taille du tubercule. Camargue 2005.

I.2 Colonisation

Une des caractéristiques de *Bolboschoenus maritimus* est sa capacité à coloniser le milieu. Ainsi jusqu'à 90 jours après l'implantation des tubercules, de nouvelles plantules continuent à apparaître (Figure 2).

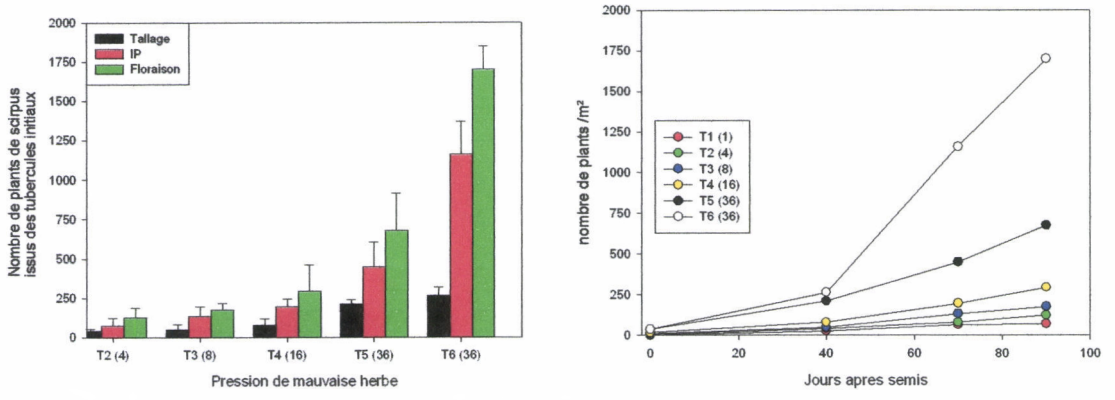

Figure 2 : Evolution du nombre de plants de *Bolboschoenus maritimus* issus des tubercules implantés pour chaque traitement en fonction du temps.

Cette faculté à coloniser semble dépendre du nombre de tubercule initialement implanté. *Bolboschoenus maritimus* semble être sensible à la compétition du riz. En effet le traitement T6 présente une production de plante 2.5 fois plus importante que le traitement 5 correspondant au même nombre de tubercule implantés mais en compétition avec le riz.
Les différents taux de colonisation selon la pression de compétition sont dans le tableau 1.

Tableau 1: Taux de colonisation de *Bolboschoenus maritimus* selon la date et les traitements (nb de plantes nouvelles par jour)

Traitement		Taux de 0 a 40 J	Taux de 40 a 70 J	Taux de 70 a 90 J	Taux moyen
T1	1	0.68	0.09	0.05	0.78
T2	4	0.26	0.06	0.08	0.34
T3	8	0.15	0.09	0.07	0.25
T4	16	0.12	0.08	0.07	0.20
T5	36	0.15	0.07	0.07	0.21
moyenne		0.27	0.08	0.07	0.36
T6	36	0.18	0.15	0.07	0.52

II. Analyse comparative de la croissance et des stades phénologiques pour le riz et *Bolboschoenus maritimus.*

Pour cette partie du travail qui sert à décrire spécifiquement le comportement des deux espèces (riz et *Bolboschoenus maritimus*) seuls les traitements T0 et TE de l'ont été utilisés.

II.1 Phénologie.

Contrairement aux essais précédents qui ont porté sur Echinochloae, le Bolboschoenus présente une architecture différente du riz. Les feuilles de *Bolboschoenus maritimus* sont étroites et érigée. Ce type de port laisse passer la lumière. Le développement des deux espèces est
Le nombre maximal de feuille sur les tiges de *Bolboschoenus maritimus* les plus âgées est de 14 alors qu'il n'excède pas 12 chez le riz (Figure 3a).

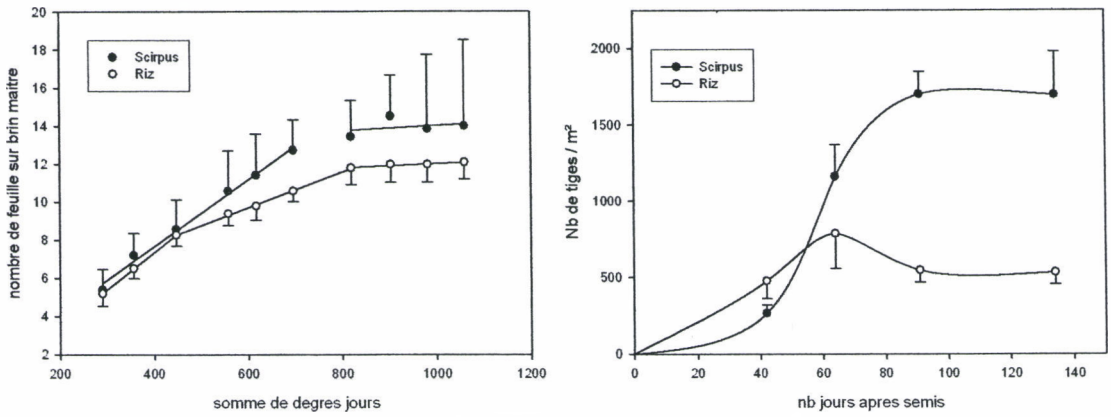

Figure 3 : Evolution du nombre de tiges/talles chez Bolboschoenus maritimus et chez le riz

Sur certains aspects, le comportement des deux espèces en présence est très proche. Ainsi la dernière feuille apparaît aux environs de 800-850 °C jours, ce qui correspond à 90 jours après semis. Pour d'autres, *Bolboschoenus maritimus* se distingue clairement du riz. Ainsi la mise en place des capteurs aériens (feuille) chez *Bolboschoenus maritimus* ne présente qu'une unique phase. En confirmation avec les résultats de 2003 et 2004, deux phases distinctes de mises en place des feuilles ont été observées chez le riz, et caractérisées par une vitesse d'apparition des feuilles ou phyllochrone. Le tableau ci-dessous représente les phyllochrones des différentes phases pour les deux espèces.

Tableau 2 : Détermination du phyllochrone pour les deux espèces en compétition.

	Phase 1		Phase 2	
Espèce	Equation	Phyllochrone (°C jours)	Equation	Phyllochrone (°C jours)
Riz	y=0,019x - 0,484 r^2 = 0,99	63.6	y=0,0094x + 4,04 r^2 = 0,99	108,55
Bolboschoenus	y=0,017x + 0,602 r^2 = 0,99	55,2		

Quelle que soit l'espèce, la première phase est plus active et se traduit par une vitesse d'apparition des feuilles plus importante que pour la deuxième phase. Il est à noter et en confirmation avec les résultats 2003 que le phyllochrone de la première phase est nettement plus

CIRAD-DIST
Unité bibliothèque
Lavalette

court chez *Bolboschoenus maritimus* que chez le riz. Les principales mauvaises herbes du riz en conditions camarguaise (*Bolboschoenus maritimus* et *Echinochloae crus-gallis*) ont une capacité a croitre et se développer plus importante que le riz.

- Emission de tiges/talles par plante.

Les courbes d'évolution du nombre de tiges/talles pour chaque espèce sont significativement différentes (Figure 3b). Des le 40eme jours après le semis *Bolboschoenus maritimus* a déjà mis en place plus de tiges secondaires que le riz a produit de talles. Alors que la formation de ces tiges continue de façon soutenue jusqu'à un plateau aux environ de 90 jours après semis pour *Bolboschoenus maritimus*, le riz ne produit des talles que jusqu'à environ 70 jours après semis. A la floraison du riz (90 jours), ce nombre de talles a même diminué pour des raisons de compensation. A la floraison du riz le nombre de tiges produites par *Bolboschoenus maritimus* est significativement plus élevé que le nombre de talles produit par le riz.

II.2 Croissance et répartition des matières sèches.

- Matières sèches aériennes

La Figure 4 présente l'évolution du poids de matières sèches aériennes totales pour les deux espèces étudiées (riz et *Bolboschoenus maritimus*). La croissance semble être plus rapide pour *Bolboschoenus maritimus*. Ainsi bien que le riz présente une matière sèche plus importante lors de la première date de prélèvement, il perd du terrain, et se trouve distancé par le *Bolboschoenus* dès la deuxième date. Ainsi au prélèvement de 62 JAS, le Bolboschoenus a pris un léger avantage sur le riz, avec 437 g/m^2 contre 421 g/m^2 pour le riz. Le prélèvement de 90 JAS confirme cette tendance avec 950 g/m^2 pour *Bolboschoenus maritimus* et 850 g/m^2 pour le riz.

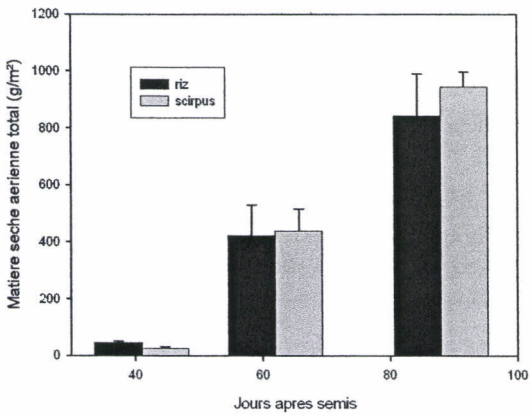

Figure 4 : Comparaison de la répartition des matières sèches au cours du temps pour Bolboschoenus et le riz

La vitesse de croissance relatives des deux espèces est également différentes sur les deux périodes 42-65 et 65-90 jours après semis [RGR (entre date 1 et 2) = (Ln MS_{date2} – Ln Ms_{date1})/(date 2 – date 1)]. Ainsi on constate que la croissance relative de la population de *Bolboschoenus maritimus* est toujours supérieure à celle du riz.

- Capacité de recouvrement du sol (Leaf Area Index ou LAI)

Les deux espèces en présence dans cette étude présentent une dynamique de recouvrement du sol similaire. Contrairement a *Echinochloa* (rapport CFR 2003 et 2004), les courbes sont simultanée, Le riz et *Bolboschoenus maritimus* présente un LAI maximum a la même date (85 jours après

semis). Aux densités étudiées, l'évolution du LAI est parallèle (Figure 5a). Une inversion des courbes aux environs de 55 jours après semis confirme le résultat précédent. Dans les conditions de l'essai, la germination de *Bolboschoenus maritimus* est plus longue que celle du riz. Mais sa croissance est supérieure, Bolboschoenus rattrape et dépasse légèrement le riz en surface foliaire et en matière sèche.

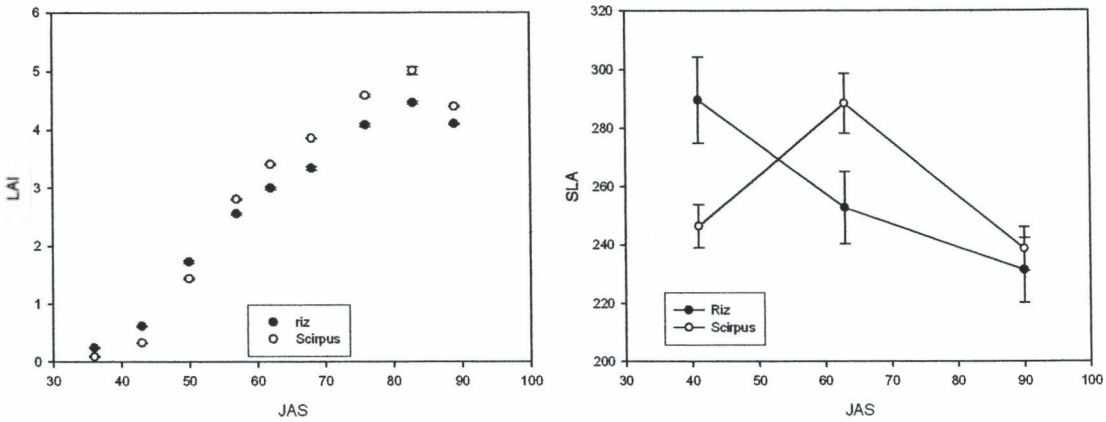

Figure 5 : Evolution du LAI et du SLA pour *Bolboschoenus maritimus* et le riz

- SLA (Specific Leaf Area).

La figure 5b présente l'évolution du SLA de chaque espèce en fonction du temps. On constate, conformément à la littérature et aux précédentes campagnes que le SLA du riz diminue régulièrement tout au long du cycle. L'évolution du SLA de *Bolboschoenus maritimus* au cours du temps est totalement différent. *Bolboschoenus maritimus* présente une courbe avec un pic lors du deuxième prélèvement.

Cette différence d'évolution peut s'expliquer par le nombre important de nouvelles plantes de *Bolboschoenus maritimus* qui émergent pendant cette période. Ce sont de jeunes plantules avec un SLA élevée. Apres le 70ème jours, Le nombre de jeunes plantules a tendance a diminuer et donc que la proportion de feuilles « âgées » augmente entraînant une tendance a la baisse du SLA globale.

II.3 Conclusion

Les analyses comparatives de croissance phénologique et morphologique entre le riz et *Bolboschoenus maritimus* sont récapitulées dans le Tableau 3 ci-après :

Les suivis des stades phénologiques des deux espèces nous montrent des différences notables en terme de croissance. En raison du mode de multiplication et du protocole (tubercules de *Bolboschoenus maritimus* placés au moment du semis du riz) *Bolboschoenus maritimus* mets plus de temps que le riz a s'installer. Mais très vite, ces capacités de croissance (phyllochrone, RGR, etc.) lui permettent de rattraper son retard.

Tableau 3 : Récapitulatif des données phénologiques et morphologiques de Bolboschoenus maritimus et du riz, campagne 2005.

Année	2005	
Caractéristiques	*Bolboschoenus maritimus*	riz
Nombre maximum de feuilles sur BM	14	12
Phyllochrones (°C jours) :		
phase 1	55.2	63.6
phase 2		108.5
Nombre de talles-tiges /m²		
42	265	476
70	1159	786
90	1698	545
MS aériennes (g/m²):		
42 JAS	24	45
70 JAS	438	422
90 JAS	944	842
RGR g/g/		
42 à 70 JAS	18.79	17.11
70 à 90 JAS	18.73	15.55
LAI :		
42 JAS	0.3	0.6
70 JAS	3.4	2.9
90 JAS	4.4	4.1
SLA:		
42 JAS	246	289
70 JAS	288	252
90 JAS	238	231

CIRAD-DIST
Unité bibliothèque
Lavalette

III. Etude de la compétition de *Bolboschoenus maritimus* sur la culture du riz

III.1 Effet sur la croissance et le tallage du riz

La Figure 6a montre que la formation des feuilles du riz sur le brin maître n'est pas affectée par la compétition avec *Bolboschoenus maritimus* aux densités utilisées. Pour toutes les modalités, le nombre final de feuilles sur le brin maître s'établit au environ de la floraison soit 800 °Cj (90 JAS). Après cette date, le nombre de feuilles sur le brin maître reste constant.

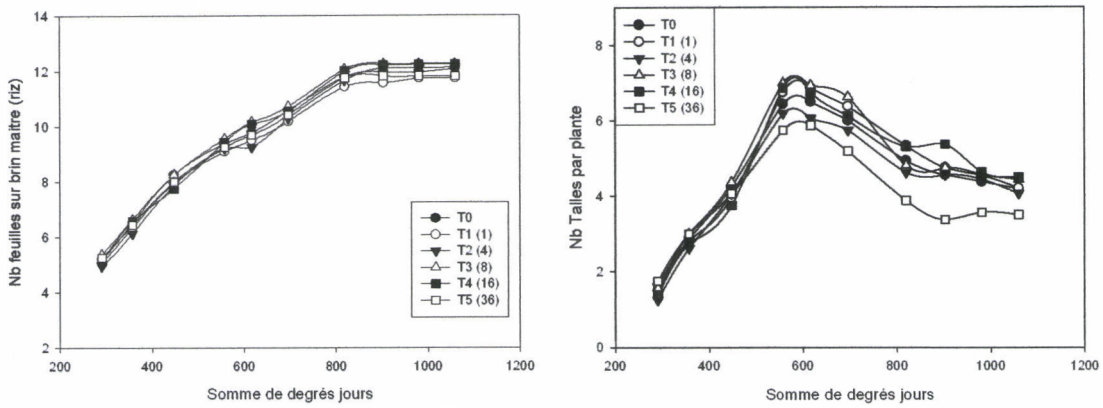

Figure 6 : Effet de la densité d'adventice sur la mise en place des feuilles sur le brin maître et sur le tallage

Ces courbes révèlent que l'évolution du nombre de talles par plante comprend plusieurs phases : une phase exponentielle, une phase plus lente voir de stabilisation et une phase de régression (Figure 6b).

Jusqu'au 54 JAS (426 degrés jours), le tallage n'est pas perturbé par la présence de *Bolboschoenus maritimus*. Ce n'est qu'après cette date que le nombre de talles par plante des différents traitements se distingue légèrement. Toutefois, l'analyse de variance n'a pas révélé de différences significatives entre les traitements quelque soit la date de prélèvement (Tableau 3 et Figure 7a).

Tableau 4 : Analyse de variance du nombre de talles de riz a la floraison

Source	DF	SS	MS	F	P
Numtrait	5	161.50	32.3000	0.64	0.6715
Error	18	907.00	50.3889		
Total	23	1068.50			

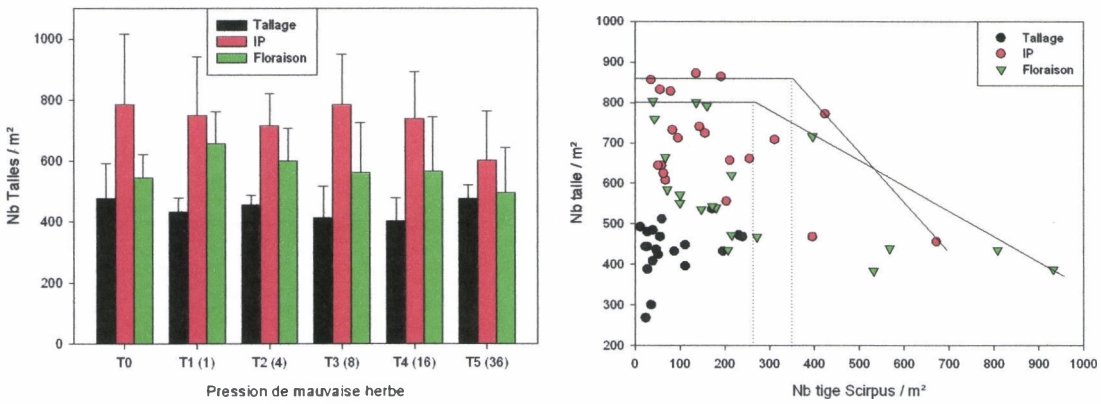

Figure 7 : Effet de la compétition de *Bolboschoenus maritimus* sur le nombre de talle de riz

L'observation de la figure 5b représentant le nombre de talle de riz en fonction du nombre de tige de *Bolboschoenus maritimus* laisse apparaître sur la courbe enveloppe une rupture de pente significative pour les dates de prélèvement de l'initiation paniculaire et de la floraison. Cette rupture de pente est suffisamment marquée pour que l'on puisse faire l'hypothèse d'un effet de la compétition de *Bolboschoenus maritimus* sur la formation des talles du riz à partir de plus ou moins 300 plants de *Bolboschoenus maritimus* par m² selon la date.

III.2 Effets de la compétition vis-à-vis des ressources du milieu

La compétition riz/adventices pour les ressources du sol (nutriments et sels minéraux) est évaluée en terme de quantité de matière sèche ou biomasse du riz pour chaque modalité.
Malgré la pression de compétition, la matière sèche aérienne totale ne semble pas subir L'analyse de variance de la biomasse aérienne totale ne montre pas de différences significatives pour les trois dates de prélèvements (42, 70 et 90 jours). Mais comme précédemment, il est possible d'observer une rupture de pente nette sur la courbe enveloppe.

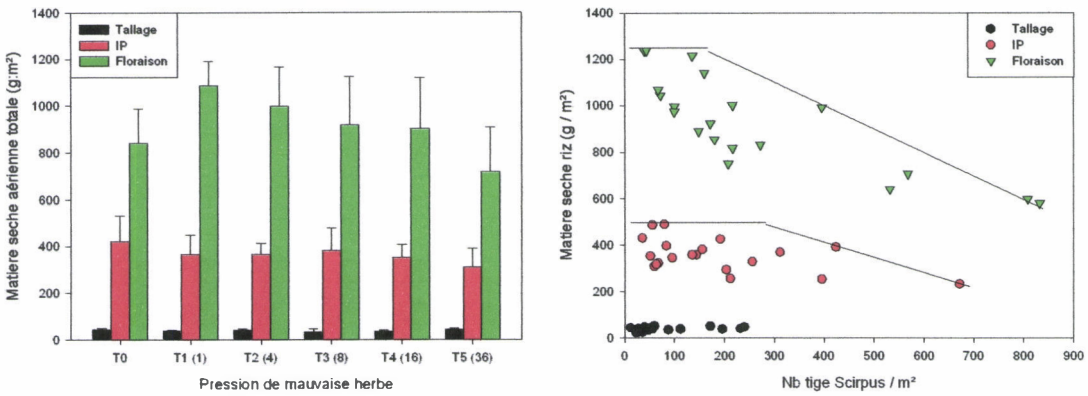

Figure 8 : Effet de la densité d'adventice sur le MS aérienne totale du riz.

Par ailleurs, la matière sèche aérienne des adventices a également été pesée à chaque prélèvement. La part du riz dans la matière sèche totale (riz + *Bolboschoenus maritimus*) de chaque placette a ainsi pu être calculée (Tableau 3).

Tableau 3 : Pourcentage de la matière sèche du riz dans la totalité de la placette pour chaque traitement aux trois dates de prélèvements

	T1	T2	T3	T4	T5
42 JAS	94.11	90.28	85.97	84.07	70.54
70 JAS	92.78	93.87	90.92	84.80	67.86
90 JAS	96.61	93.78	91.59	86.22	68.87

La part du riz dans la matière sèche totale de la parcelle reste stable pour chacun des traitements. Ainsi l'intensité de la compétition riz / *Bolboschoenus maritimus* pour les ressources du sol est stable tout au long du cycle. Cette part du riz diminue avec la pression de compétition. Mais seul le traitement T5 est significativement différent des autres. Contrairement à *Echinochloa Crus-galli*, la nuisibilité de *Bolboschoenus maritimus* est définie en début de campagne selon la densité initiale.

Il est également intéressant d'évaluer la compétition riz/adventices pour les ressources du sol en termes d'évolution de matière sèche aérienne totale par le calcul du R.G.R (Relative Growth Rate). On remarque que le RGR est nettement plus important entre 70 JAS et 90 JAS qu'entre 42 JAS et 70JAS et ceci pour tous les traitements (Tableau 4). Au contraire le R.T.R (Relative Tillering Rate) est plus important pendant la période précèdent l'initiation paniculaire (avant 70 jours). Après cette date un certain nombre de talle régresse pour permettre à la plante d'optimiser le remplissage des panicules (Tableau 5).

Tableau 4 : RGR du riz par traitement entre 42 et 70 JAS et entre 70 JAS et 90 JAS

RGR en mg/g/j	T1	T2	T3	T4	T5	P
entre 42 et 70 JAS	14.87	14.67	15.75	14.39	12.15	ns
entre 70 et 90 JAS	26.66	23.42	19.89	20.43	15.10	ns

Tableau 5 : RTR du riz par traitement entre 42 et 70 JAS et entre 70 et 90 JAS

RTR en mg/g/j	T1	T2	T3	T4	T5	P
entre 42 et 70 JAS	14.36	11.82	16.86	15.23	5.64	ns
entre 70 et 90 JAS	-3.44	-4.33	-8.3	-6.37	-3.93	ns

III.3 Effets de la compétition vis-à-vis de la lumière

La compétition vis-à-vis de la lumière dépend de la capacité de colonisation et le taux de recouvrement de l'espace des espèces en présence. Ces caractéristiques rendent compte de la surface de captation du rayonnement.
Des mesures de L.A.I sur la placette entière (population totale) ont été réalisées une fois par semaine (cf. Figure 8). Il n'y a pas de différences significatives entre les différents traitements. La présence d'une population de *Bolboschoenus maritimus* dans le peuplement de riz ne suffit pas à augmenter la densité du couvert.

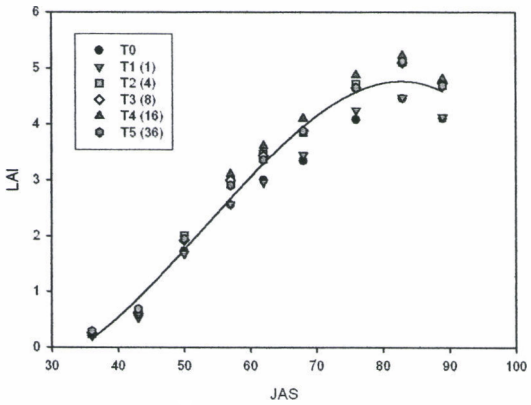

Figure 8 : Evolution du LAI global de la placette pour chaque traitement

Les surfaces foliaires spécifiques des deux espèces en compétition on été mesurées par planimètre. De la même manière que précédemment, il est possible pour chaque espèce de connaître la proportion en surface de la surface foliaire totale de la placette (Tableau 5). Pour chaque traitement, la part de la surface foliaire du riz dans le couvert total de la placette reste stable tout au long du cycle. Comme précédemment seul le traitement T5 est significativement différent. Pour ce caractère, la nuisibilité est elle aussi définie en début de campagne selon la densité initiale de *Bolboschoenus maritimus* dans la parcelle.

Tableau 6 : Pourcentage de la surface foliaire du riz dans la totalité de la placette pour chaque traitement aux trois dates de prélèvements

	T1	T2	T3	T4	T5
42 JAS	94.09	89.50	88.15	79.87	59.43
70 JAS	90.96	91.87	88.71	80.03	58.50
90 JAS	93.88	83.52	82.24	72.81	51.84

Toutefois, plus la compétition est forte (densité de *Bolboschoenus maritimus*) moins la population de riz développe une surface foliaire importante. Ainsi à la floraison, la part de la surface du riz tombe de 94 a 50 % du couvert entre le traitement T1 et T5 (Figure 9a).

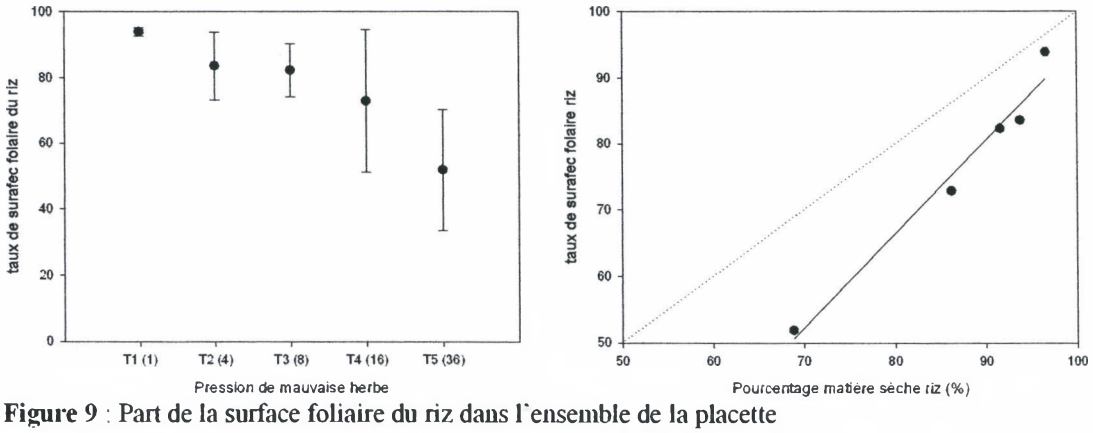

Figure 9 : Part de la surface foliaire du riz dans l'ensemble de la placette

En représentant le pourcentage de surface foliaire du riz dans la parcelle en fonction du taux de matière sèche (figure 9b) on observe que la compétition avec *Bolboschoenus maritimus* a un impact plus important sur la surface foliaire du riz que sur sa matière sèche.

III.4 Effets de la compétition vis-à-vis de la production

La compétition de *Bolboschoenus maritimus* a un fort effet sur la production en grain (Figure 10a). Le témoin présente une production honorable (8.2 t/ha). Ce n'est qu'à partir de la troisième modalité que le rendement chute de manière significative pour atteindre 5.6t/ha pour le traitement T5. Le seuil de nuisibilité peut être clairement estimé pour cette variable à partir de la densité du traitement T2 soit 4 plantes /m².

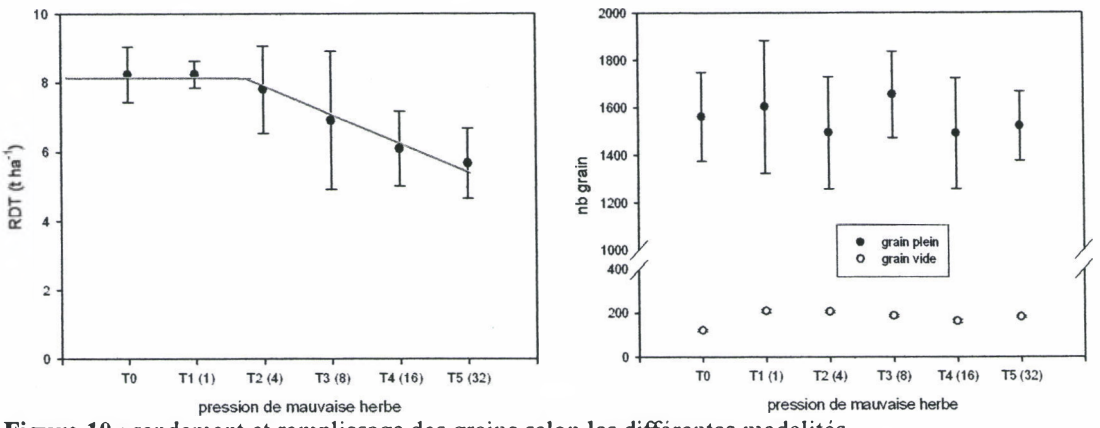

Figure 10 : rendement et remplissage des grains selon les différentes modalités

L'analyse des composantes du rendement indique que la pression des mauvaises herbes n'agit pas sur le nombre total de grain ni sur la stérilité (figure 10b). Il n'y a pas non plus d'impact sur le poids de 1000 grains. C'est le nombre de panicules qui est principalement affecté par la compétition avec *Bolboschoenus maritimus.*

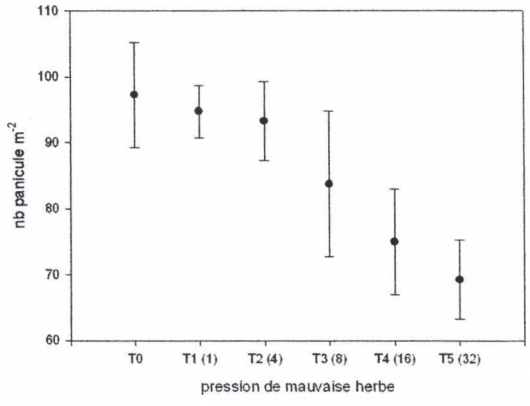

Figure 11 : Effet de la compétition sur le nombre de panicule de riz

III.5 Seuils de nuisibilité

Cette étude a également montré que la présence d'adventices pouvait perturber le cycle du riz. Un seuil de nuisibilité correspondant à la densité minimale d'adventices provoquant un effet significatif est déterminé pour chacune des variables mesurées (cf. Tableau 7). Ces seuils ont été pour certains définis à partir du nombre de tiges de *Bolboschoenus maritimus* installé dans la parcelle. Ces seuils sont relativement stables quelque soit la variable étudiée. On remarque toutefois que les variables végétatives présentent un seuil de nuisibilité plus élevé que les variables de composante du rendement.

CIRAD-DIST
Unité bibliothèque
Lavalette

Tableau 7 : Seuils de nuisibilité pour chaque variable

Variable riz		Seuils de nuisibilité
	Traitements	Densités d'adventices
Nombre de talles	T3 – T4	entre 8 et 16 /m²
MSA Tot	T3 – T4	entre 8 et 16 /m²
Nb panicule	T2 - T3	entre 4 et 8 /m²
Surface foliaire	T3 – T4	entre 8 et 16 /m²
Rdt	T2 - T3	entre 4 et 8 /m²
Stérilité		ns
Remplissage des grains	T2 - T3	entre 4 et 8 /m²

Ainsi, les effets de *Bolboschoenus maritimus* sur le la croissance et le développement du riz n'apparaissent significativement qu'à partir de 200 tiges de la mauvaise herbe correspondant globalement a 8 tubercules par/m², alors que l'impact de la mauvaise herbe sur les composantes du rendement apparaît a partir de 4 tubercules /m². La détermination de ces seuils de nuisibilité de *Bolboschoenus maritimus* sur le riz pourrait constituer un réel outil d'aide à la décision pour le désherbage en permettant aux riziculteurs de raisonner leur traitement herbicide en fonction du degré d'infestation des rizières.

Conclusion et perspectives

Cette première année d'étude de l'impact de la compétition de *Bolboschoenus maritimus* sur la riz montre le caractère diffus de cette compétition. En effet *Bolboschoenus maritimus* ne présente pas, contrairement a *Echicnochloa crus-galli* étudiée précédemment, des caractères très supérieurs a ceux du riz. Il en découle une compétition forte entre les deux espèces et des impacts plus diffus sur l'ensemble des caractères mesurés. Seul le rendement et le nombre de talle de riz sont affectés significativement par la compétition avec une valeur seuil de nuisibilité comprise entre 4 et 8 tubercules de *Bolboschoenus maritimus.* Pour les autres variables, Un effet est observable mais il est nécessaire de raisonner par des courbes enveloppe en fonction du nombre de tiges de *Bolboschoenus maritimus*.
L'effet de compétition de *Bolboschoenus maritimus* n'apparaît pratiquement qu'après la floraison et c'est sur certains composants du rendement qu'il est le plus important (nombre de panicule).
Ces résultats ont également confirmé que les densités d'adventices ont un effet significatif sur le tallage et sur l'accumulation de matières sèche. La capacité de *Bolboschoenus maritimus* à coloniser l'espace, perturbe l'émission des talles du riz. Malgré un taux de croissance similaire au riz contrairement à *Echinochloa crus-galli* étudiée précédemment, cette mauvaise herbe empêche le riz de se développer normalement et entraîne une chute de la production.

En considérant les ressources du milieu (sol et lumière) distribués de manière homogène au niveau du champ, leur utilisation par chaque composante de la population végétale présente (riz et mauvaise herbe) est proportionnelle à la croissance et au développement de chaque espèce en compétition. Ainsi, la compétition de *Bolboschoenus maritimus* vis-à-vis des ressources du sol se traduit par une diminution de la croissance de matière sèche du riz. Au moment de la floraison, ces ressources minérales n'ont été utilisées par le riz qu'à 97%, 94%, 91%, 86% et 69% selon le degré d'infestation de la parcelle (T1, T2, T3 T4 et T5). Ces valeurs indiquent une plus faible compétition de *Bolboschoenus maritimus* sur le riz que *Echinochloae crus-gallis.*

L'analyse du pourcentage de la surface foliaire relatif aux deux espèces étudiées permet d'évaluer le pourcentage du rayonnement intercepté par le riz en présence de *Bolboschoenus maritimus*. Les résultats sont similaires a ceux présentés précédemment mais avec un effet plus important (94%, 83%, 82%, 73% et 52%). Ce pourcentage décroît en fonction de l'importance de pression de *Bolboschoenus maritimus,* et cela quel que soit la date de prélèvement.

Cette étude de nuisibilité est basée sur une caractérisation agro-physiologique du comportement du riz. Afin d'affiner les seuils obtenus il serait nécessaire de faire une étude en conditions réelles et économique intégrant la totalités des coûts et des produits.

B typologie du comportement de différentes variétés de riz en Camargue

Problématique
La Camargue se caractérise par une forte hétérogénéité spatiale tant sur le plan des milieux naturels qu'au niveau des systèmes de cultures. Une structuration en SIG des données agronomiques, économiques et écologiques sur les zones rizicoles en Camargue permettrait par la définition de zones au comportement du riz homogène d'optimiser les itinéraires techniques du riz selon les caractéristiques du milieu.

Objectifs
Un système d'information géographique permettrait d'avoir un meilleur suivi de la gestion globale des espaces rizicoles et de la relation avec leur milieu physique et écologique. Il permettrait de quantifier les dégradations engendrées par la riziculture (apport en fertilisant trop important) ainsi que ses apports favorables (désalinisation des terres).
L'hétérogénéité du rendement est réelle tant à l'échelle de la parcelle que de l'exploitation. Cette irrégularité est temporelle mais aussi spatiale. Une meilleure définition des contraintes majeures propres aux zones identifiées permettrait de définir des itinéraires techniques spécifiques a l'environnement rizicoles. L'analyse et le traitement de données satellitaires donne également l'occasion de réaliser un suivi de l'état du peuplement sur la parcelle.
Enfin le dernier objectif à plus long terme est une traçabilité agricole de la riziculture à la parcelle ou à l'exploitation. La traçabilité agricole est considérée comme un moyen permettant de retrouver la localisation et les conditions de production (données agronomiques et économiques) au moyen d'un identifiant enregistré.

Matériel et méthodes
Un premier travail de recensement des données disponibles a été effectué. Des bases de données SIG préexistantes pour certaines parties de la Camargue concernant l'occupation des sols ont été utilisées et concaténées. Ces données ont été conçues a partir du parcellaire cadastral. Les parties manquantes ont été comblées par analyse d'images satellitaires. Une carte pédologique a été numérisée. Les bases de données INRA (agrosyst) et IGP ont été utilisées afin de définir une première ébauche de zonage de la riziculture.

Cette étude a été suivie par Marie Aude Canet étudiante en DESS de cartographie SIG de l'université de Paris et de l'école nationale des sciences géographiques..

Résultats

La région comprend l'ensemble des terres basses deltaïque et marécageuses que les eaux du Rhône et de la Durance ont abandonnées irrégulièrement au cours de crues ou de migrations successives entre les deux bras du fleuve. Les sols de Camargue sont principalement constitués d'alluvions. Ces alluvions peuvent subir fortement l'environnement marin au niveau des embouchures (Salins de Giraud et Salins du midi). Des sols à forte concentration de sel peuvent également se retrouver à l'intérieur du delta sous forme de zones bien délimitée (figure 12).

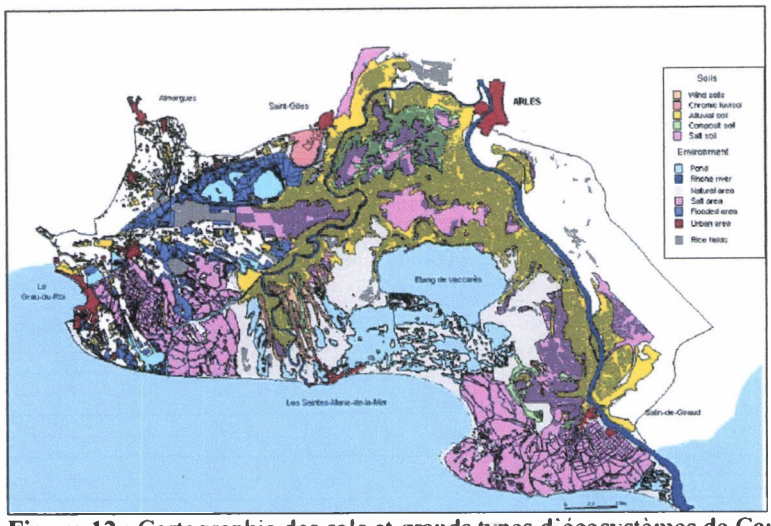

Figure 12 : Cartographie des sols et grands types d'écosystèmes de Camargue

En Camargue 6 type de sols, selon une classification granulométrique, existent : argileux, argilo-limoneux, limono-argilo sableux, limono-sablo-argileux limono-argileux, et sablo-argilo-limoneux. Plus les terres sont basses, plus elles sont riches en argiles et en matières organiques ; a l'opposé, les terres les plus sableuses se rencontrent le long des bourrelet alluviaux de l'actuel ou des anciens bras du fleuve et sur les cordons littoraux.
Les sols sont riches en calcaire (15-45%), ce qui leur confère des pH variant de 7.5 a 8.5. Leur richesse en argile est très variable (10 à 45%) ; tout comme la teneur en matière organique (1-5%). La relative proximité de la mer et le niveau topographique des sols, associés à leur caractéristique texturales, les prédisposent aux risques de remontées salines.
4 grands types de sol cultivé se rencontrent :
a/ les sol minéraux bruts
- d'apport alluvial : ces sols d'alluvions sont de texture limoneuse, riche en calcaire, non salé même en profondeur
- d'apport marin et fluvio marin : ce sont des sols sableux salé ou très salé à faible profondeur,
- d'apport de dépôt éoliens : ce sont des sols sableux et peuvent être salés en profondeur

b/ les sols peu évolué
-d'apport alluvial texture limono sableuse et limono argileuse ce sont les sols les plus anciennement cultivés
-d'apport éolien : ce sont des sols sableux relativement riches en matière organique

c/ les sols sodiques
- les sols sodiques sont prédominant en Camargue. Ils ont des textures limoneuses, limono argileuse et argilo limoneuse. Il existent deux type de sols : les sols salins avec une conductivité électrique supérieure à 7 mmhos/cm et les sols peu salins avec une Ec inférieure à 7 mmhos/cm

d/Les sols hydromorphes minéraux :
Ces sols plus ou moins salins se rencontrent dans les parties basses des étangs et des marais. Ce sont des sols argilo-limoneux

La dynamique fluviale et l'action de la mer ont engendré une mosaïque de milieux particuliers. Selon le régime des eaux (inondation ou sécheresse...), la teneur en sel des sédiments, et la texture du sol, qui sont très différents d'un point à l'autre du delta.
La carte simplifiée de l'occupation du sol de la Camargue permet de visualiser l'influence combinée des facteurs physiques sur la répartition géographique des milieux (cf Figure13):

CIRAD-DIST
Unité bibliothèque
Lavalette

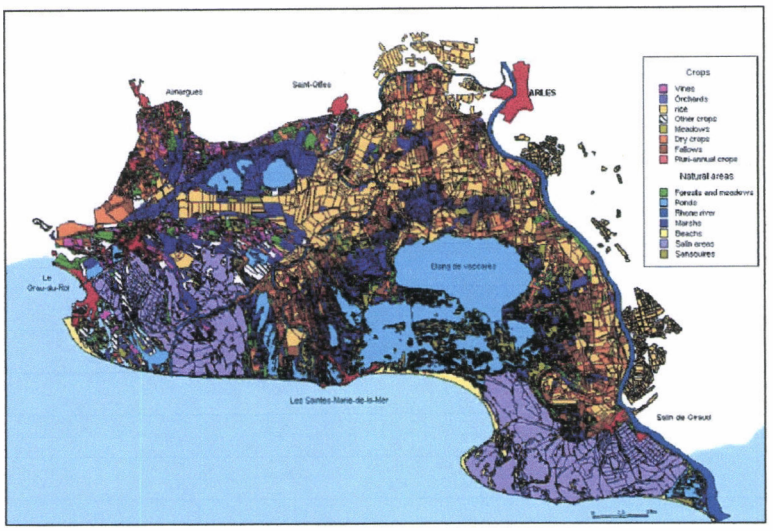

Figure 13 : Occupation des sols de Camargue

Milieux cultivés, milieux humides à caractère temporaire et milieux humides permanents s'organisent en une disposition concentrique où étangs et lagunes constituent le cœur du delta. Les marais et les sansouires forment autour de ce cœur une sorte de bouclier repoussant vers les bras du fleuve les zones de cultures. Toutefois, cette approche très générale de l'organisation spatiale des grands types de milieux n'occulte en rien la complexité géomorphologique (bourrelets alluviaux, dépressions sédimentaires, cordons dunaires ...), qui traduit la mosaïque de milieux bien visible au sein de laquelle l'espace cultivé est souvent imbriqué avec l'espace naturel.

Les milieux cultivés sont situés sur des terres où la valorisation agronomique est possible notamment grâce à la maîtrise par l'homme des apports d'eau douce. Les zones de cultures se sont donc développées plus aisément à proximité des deux bras du fleuve. Elles sont également présentes sur les anciens bourrelets alluviaux, qui correspondent à des sols où le sel se situe plus en profondeur.

La surface cultivée s'élève à 33000 ha en 2001 dont 20000 ha de riz (Figure 14). Le reste du territoire deltaïque soit 59 300 ha comprennent deux principaux types de milieux naturels humides. Les milieux humides à caractère temporaire, doux à saumâtres (marais, mare, sansouire...) dont la superficie globale approche 20 400 ha et les milieux humides permanents (étang, lagune...) couvrant une surface de 28 300 ha.

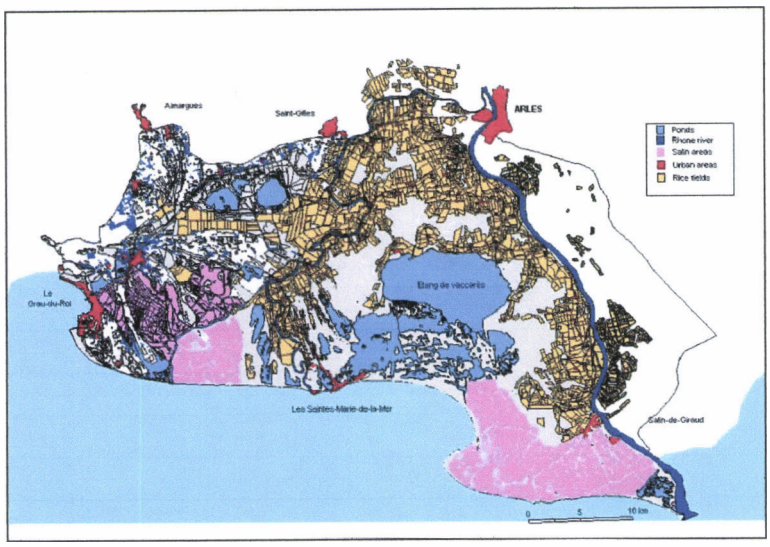

Figure 14 : Cartographie de la riziculture camarguaise

La variabilité interannuelle est importante. A partir des données de la base agrosyst, une parcelle suivie 4 ans de suite peut enchaîner quatre variétés de riz différentes. Cependant, avec la même variété et un itinéraire technique identique d'une année à l'autre, les rendements peuvent varier du simple au double.

L'étude des caractères agro-pédologiques permet d'identifier deux facteurs qui jouent un rôle important dans la répartition des terres et dans les caractéristiques de leur production, l'eau et le sel. De plus, il semble qu'un troisième facteur peut être ajouté. La situation topographique des parcelles (altitude) intervient dans les itinéraires techniques et s'ajoute aux précédents.

L'eau est effectivement une composante omniprésente du territoire camarguais, qu'elle soit douce ou salée. Les surfaces en eau représentent 34 % des milieux naturels dont la plupart sont des étangs. La question de l'eau reste primordiale pour la riziculture, mais l'eau ne représente pas un facteur limitant (directement pompée dans le fleuve).

Le second facteur est le sel. Toute la Camargue est soumise à son influence de façon plus ou moins marquée en fonction de sa proximité à la mer ou du niveau de la nappe salée, surtout dans les régions de très basse en altitude. La salinité dépend de la présence d'eau douce et de la sécheresse estivale. La riziculture de type inondée comme elle se pratique en Camargue est utilisée pour limité les remontées salines et dessaler les sols, afin de pouvoir réaliser 1 à 3 ans de cultures sèches selon les zones.

La typologie présentée dans la figure 15 a été construite en utilisant les zones qui réagissent de la même façon. Ce découpage visuel du territoire prends en compte les caractéristiques du sol (texture, sel) et les variations du comportement de la culture (durée du cycle, rendement).

Quatre grandes zones ont été délimitées selon 3 types de comportement des parcelles rizicoles :

Au nord, les sols sont composés d'alluvions fluviatiles. L'activité agricole, et particulièrement rizicole, y est très importante, et relativement stable dans le temps. Les sols y sont peu salés : on ne fait pas de la riziculture uniquement pour dessaler les terres, mais parce qu'on obtient des productions rentables.

Au sud, on est dans la Camargue Laguno-marine. Les sols autour des deux bras du Rhône sont très salés. Les rendements suivent un gradient Sud-Nord en s'éloignant de la mer et des bras du Rhône. Les deux facteurs intervenant dans cette zone sont la concentration de sel et les alluvions qui sont directement dépendant de leur distance avec le fleuve et l'embouchure. Le risque de

CIRAD-DIST
Unité bibliothèque
Lavalette

salinité est d'autant plus important que l'eau d'irrigation étant directement pompée dans le fleuve. Selon son débit, la couche d'eau salée fluctue en profondeur. En période de sécheresse le risque de pompée dans cette couche peut être important.

Enfin, la zone de transition s'étendant sur toute la partie agricole de la Camargue gardoise et de la grande Camargue, offre d'assez bonnes conditions pour la riziculture grâce à la présence de l'eau. C'est la zone la plus instable au niveau des superficies, car c'est là où se situent de grands espaces naturels. La riziculture dans cette zone dépend plus de la conjoncture que dans les autres espaces. On l'observe sur les cartes d'évolution d'occupation du sol où apparaissent, selon les années, cultures et zones de friche. C'est cette instabilité dans le mode d'occupation du sol qui entraîne une grande irrégularité dans les résultats de la production.

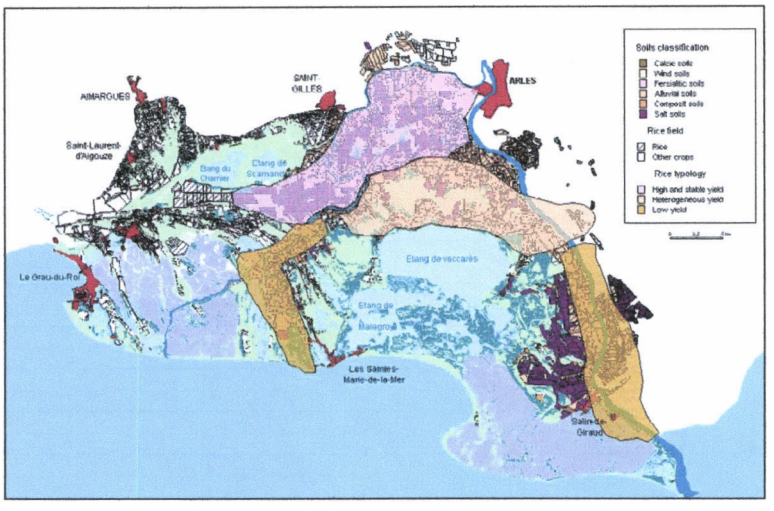

Figure 15 : Typologie de la riziculture Camarguaise

Conclusion et perspectives

Cette première approche d'un zonage agro environnementale de la riziculture camarguaise, a le mérite d'exister mais demande à être vérifiée. Deux contraintes majeures semblent avoir été déterminées : le sel et les conditions de sol. Ces contraintes orientent un gradient de comportement de la culture globalement nord-sud sur l'ensemble de la Camargue. Une vérification et une amélioration simultanée peuvent être envisagées par la poursuite des essais multi locaux mis en place par le CFR chaque année (essai vitrine).

Les cartographies réalisées n'ont pas pu prendre en compte les données IGP puisque celles-ci sont des données par exploitation et ne sont pas géo-référencées. Afin de palier se manque, l'alternative serait d'utiliser le parcellaire agricole correspondant a chaque casier. Il sera alors possible d'intégrer la base de données IGP et utiliser toute sa richesse pour définir une vraie typologie à partir d'indicateurs agro-environnementaux.

CIRAD-DIST
Unité bibliothèque
Lavalette