



# Développement et optimisation d'un modèle de gestion durable pour la maîtrise des incursions de Flamants roses dans les rizières de Camargue

Rapport d'activités 2009



**Arnaud Béchet  
Régis Vianet  
Philippe Isenmann  
Pascal Gaubert  
Jean-Baptiste Audibert  
Aurélien Laget**



Région  
Provence-Alpes-Côte d'Azur  
Partenaire principal



**Comité de pilotage 2009 :**

**Parc naturel régional de Camargue**

Régis Vianet

Philippe Isenmann

**Centre Français du Riz et Syndicat des riziculteurs**

François Callet

Gérard Féougier

Cyrille Thomas

Olivier Rollin

Laurence Pons

**Tour du Valat**

Arnaud Béchet

**Citation suggérée :** Béchet A., R. Vianet, P. Isenmann, P. Gaubert, J.-B. Audibert & A. Laget 2010. Développement et optimisation d'un modèle de gestion durable pour la maîtrise des incursions de Flamants roses dans les rizières de Camargue. Rapport d'activité 2009. Tour du Valat. 27 pp.

Contact : Arnaud Béchet, [bechet@tourduvalat.org](mailto:bechet@tourduvalat.org)

Publié le 20 avril 2010 par la Tour du Valat. Le Sambuc, 13200 Arles.

## SOMMAIRE

Résumé exécutif .....	4
Introduction .....	6
Problématique .....	6
Bref historique de la riziculture en Camargue .....	6
Attractivité des rizières pour les flamants .....	7
Bilan synthétique des travaux précédents .....	7
1. Démarche et méthodologie .....	8
2. Matériel et méthode .....	9
2.1 Aire d'étude .....	9
2.2 Hypothèses et modèle de gestion .....	9
3. Résultats .....	14
3.1. Suivi des incursions dans les rizières .....	14
3.2. Evaluation de la possibilité d'estimer les dommages par télédétection satellite .....	15
3.3. Estimation des pertes de rendement causées par les incursions de flamants. ....	18
3.4. Test de moyens d'effarouchement passifs .....	21
3.5. Finalisation du système d'aide à la décision. ....	22
4. Evaluations des actions .....	22
4.1. Suivi des incursions .....	22
4.2. Evaluation de la possibilité d'estimer les dommages par télédétection satellite .....	23
4.3. Estimation des pertes de rendement causées par les incursions de flamants .....	23
4.3. Tests de moyens d'effarouchement passifs .....	26
4.5. Système d'aide à la décision .....	26
Perspectives 2010 .....	26
Conclusions .....	26
Bibliographie .....	27

Dans le cadre de la troisième année du partenariat pour « la maîtrise de l'incursion des Flamants roses dans les rizières de Camargue » agréé entre le Parc naturel régional de Camargue, le Centre Français du Riz, et la Tour du Valat, un comité de pilotage a défini plusieurs actions à mettre en place en 2009. Ces actions, leurs résultats et les propositions d'amélioration sont résumés ci-dessous.

### **Suivi des incursions**

Objectifs : Assurer le suivi spatial et temporel des superficies rizicoles touchées par les incursions, à l'échelle du territoire rizicole, par une démarche de déclarations volontaires des riziculteurs. Evaluer l'efficacité des mesures mises en place pour diminuer les incursions.

Actions : Suivi des dommages par déclarations volontaires et enquêtes téléphoniques. Estimation du nombre et de la surface des parcelles fréquentées.

Bilan : Les surfaces endommagées sont faibles en 2009 par rapport à 2008 (0.98% de la sole rizicole en contre 4.62% en 2008). Deux survols effectués le 22 juillet et le 10 septembre confirment le faible niveau d'endommagement en 2009.

Objectifs à poursuivre : Poursuivre le suivi des dommages en testant et validant des méthodes alternatives tout en assurant la continuité avec le suivi actuel par un tuilage à élaborer.

### **Evaluation de la possibilité d'estimer les dommages par télédétection satellite**

Objectifs : Etablir la signature numérique des dommages sur les images satellites en s'appuyant sur l'indice NDVI ((Normalized Difference Vegetation Index).

Actions : Développement d'un modèle permettant d'extraire les parcelles montrant d'importants défauts de levée sur la base d'images SPOT de juillet 2008 et du SIG des incursions répertoriées par les constats de 2008.

Bilan : Médiocre concordance entre les parcelles sélectionnées par le modèle et les parcelles signalées comme ayant eu des incursions. Cependant assez bonne corrélation entre les surfaces endommagées estimées par le modèle et celles des constats pour un échantillon de parcelles présentant une signature de défaut de levée claire. L'analyse des images satellites questionne la qualité des données du SIG des constats.

Objectifs à poursuivre : Refaire la même analyse pour 2009 en travaillant sur l'échantillon de parcelles ayant servi à évaluer les pertes de rendement.

### **Estimation des pertes de rendement causées par les incursions de flamants**

Objectif : Estimer les pertes de rendement sur les zones endommagées en utilisant une approche agronomique.

Actions : Estimation de l'implantation, du tallage, et de la production de riz dans les zones endommagées et non endommagées.

Bilan : Les constats effectués en mai évaluent mal les superficies endommagées. L'implantation est de 2.4 à 3.3 plus faible dans zones endommagées selon les variétés. Le tallage est par contre de 1.4 à 2.6 fois plus important dans les zones endommagées. La masse sèche des grains ne varie pas selon que la parcelle ait été endommagée ou pas. Les pertes de rendements varient en fonction de la variété. Elles sont de 3.06 t/ha (%) pour l'*Augusto*, 2.56 t/ha (%) pour *Brio* et 1.35 t/ha (%) pour *Selenio*.

Objectif à poursuivre : Evaluer si ces pertes de rendement peuvent être estimées grâce à la télédétection.

### **Test de moyens d'effarouchement passif**

Objectifs : Apporter un soutien technique aux riziculteurs pour l'effarouchement. Evaluer l'efficacité de dispositifs innovants.

Actions : Enregistrement et tests de cris de détresse de flamants.

Bilan : Le cri de détresse du flamant peut s'avérer efficace pour effaroucher des flamants posés.

Objectifs à poursuivre : Développer des systèmes autonomes de diffusion des cris de détresse de flamants et les tester en conditions réelles.

### **Finalisation d'un système d'aide à la décision pour la plantation de haies**

Objectifs : Finalisation du système d'aide à la décision CAMGIS dont le développement a été initié en 2007 par la société Geomatys dans le but d'accompagner la plantation de haies par des riziculteurs volontaires.

Actions : Finalisation du développement.

Objectifs à poursuivre : Test de l'outil en 2010 sur un échantillon de riziculteurs intéressés à replanter des haies.

**En conclusion**, les incursions de flamants dans les rizières en mai occasionnent des pertes de rendement variables selon la variété et la superficie endommagée. Les constats effectués en mai juste après les incursions s'avèrent peu précis pour estimer l'étendue des dommages. Il devrait être possible de mettre au point un suivi des dommages à l'échelle de la Camargue par analyse d'images satellites du mois de juillet et calibrage des pertes de rendement sur un échantillon de parcelles. La maîtrise du risque d'incursion doit être envisagée à court terme par l'expérimentation de systèmes d'effarouchement innovants, et à long terme par le reboisement du parcellaire rizicole. Cette option pourrait être facilitée par la mise au point d'une MAE spécifique pour la plantation de haies. Ces approches doivent être accompagnées d'un suivi précis des dommages occasionnés aux rizières sur le long terme afin d'évaluer l'efficacité des mesures testées.

### Problématique

Depuis 1981, le Parc naturel régional de Camargue, en collaboration étroite avec le Centre Français du Riz, le Syndicat des riziculteurs et la Tour du Valat, tente de limiter la venue des Flamants roses dans les rizières. Ces oiseaux naturellement inféodés aux zones humides littorales ont pris l'habitude d'investir les rizières au moment de leur mise en eau printanière. Cette période de l'année culturale coïncide avec celle de la nidification des flamants dans le sud du delta du Rhône.

Les flamants viennent au crépuscule dans les parcelles fraîchement semées en riz pour se nourrir sur ces plans d'eaux artificiels. Se déplaçant en vols de 10 à 100 individus, une parcelle peut rassembler plus de 500 individus en fin de nuit. Les dommages alors causés résultent à la fois de l'ingestion des semis de riz par les flamants et du retournement du lit de semences par les pattes du flamant lors de ses déplacements. Après une incursion, les dommages sont généralement importants : il n'est pas rare qu'une parcelle de 3 ha soit perdue en une seule nuit. Si les incursions de flamants ne concernent semble-t-il chaque année que 3 à 5% des superficies en riz, le coût causé par les dommages occasionnés étaient tout de même estimés en 1997 à près de 215 000 €. Une estimation récente prenant en compte le coût d'effarouchement et la perte de récolte suggère un manque à gagner de l'ordre de 676 000 € pour 2008 (Centre Français du Riz 2009).

La population de Flamants est en expansion dans l'ouest du bassin Méditerranéen. Cependant on dénombre moins de 15 sites de reproduction réguliers pour cette espèce dans le paléarctique, sites souvent menacés par des projets de développement urbains, portuaires, industriels ou agricoles et les changements climatiques et leurs conséquences (montée du niveau de la mer). En France, la reproduction du Flamant rose est localisée sur un seul site situé sur les terrains de la compagnie des Salins propriétaire des Salins de Giraud. L'espèce, protégée au niveau national et international (Annexe II), est emblématique de la Camargue et des zones humides côtières du sud de la France. La gestion du problème des incursions de cet oiseau dans les rizières doit donc viser à concilier la préservation de la dynamique de cette population avec les besoins de l'activité rizicole.

### Bref historique de la riziculture en Camargue

Le riz (*Oryza sativa*) est une plante annuelle, herbacée, monocotylédone, de la famille des Poacées. C'est une plante semi-aquatique qui a deux origines mères, *Japonica* (riz à grains ronds et courts, et à tallage moyen) et *Indica* (riz à grains longs et minces, et à fort tallage).

En 1880, la crise du Phylloxera sur la vigne amorça l'extension de la production de riz. A partir de 1942, l'interruption du trafic maritime en provenance de l'Indochine, et la pénurie des denrées alimentaires pendant l'après guerre, incitèrent les pouvoirs publics à promouvoir le riz en France. Ce contexte économique fut favorable à l'essor rapide d'une culture rizicole intensive en Camargue. Les travaux d'aménagement des terres furent facilités techniquement par les aides du plan Marshall et financièrement par la prime d'arrachage des vignes.

En Camargue, la riziculture s'implante sur 250 ha en 1942, pour atteindre un maximum de 33 000 ha en 1961. Mais, face à la concurrence étrangère, à la surproduction et à la fixation du prix du riz unique dans l'Union Européenne, les surfaces cultivées en riz régressent jusqu'à moins de 5 000 ha en 1981.

A partir de 1982, une relance s'amorce avec les premières aides au nivellement des rizières décidées par le gouvernement. Les superficies en riz remontent, 11 200 ha en 1985, 19 200 ha en 1990. Entre 1968 et 1992, le remembrement a pour effet de quadrupler la superficie moyenne des parcelles et d'en faire disparaître une grande proportion des haies qui les entouraient.

Depuis, 2001, la sole rizicole se stabilise autour de 18 000 ha en rotation avec un tiers de blé dur.

## Attractivité des rizières pour les flamants

Pour les oiseaux d'eau, les rizières constituent des habitats inondés en pleine saison estivale quand les marais naturels subissent alors un assec plus ou moins marqué. Parce qu'elles offrent des surfaces en eau peu profondes et d'une grande productivité, les rizières peuvent attirer des populations d'oiseaux d'eau à des densités plus élevées que n'importe quel autre milieu cultivé (Mañosa 1997). Au total plus de 60 espèces d'oiseaux sont connues pour utiliser les rizières en Europe. La valeur alimentaire des rizières dépend du synchronisme entre la riziculture et le cycle écologique de chaque espèce.

L'attractivité des rizières est très hétérogène et semble dépendre aussi bien de la proximité des lieux de repos, de nidification, et des milieux naturels, que de différences de structure du sol, de pratiques culturales, de niveaux d'eau, de végétation environnante et de la proximité d'activités humaines. Cette hétérogénéité est renforcée par la distribution spatiale et l'asynchronisme de mise en culture des parcelles.

En 1978, de fortes pluies avaient fait monter le niveau du Vaccarès et des étangs inférieurs, sites d'alimentation traditionnels des flamants. Pour la première fois, lors de la mise en eau des rizières, quelques flamants y furent signalés. Ces incursions se reproduisent pratiquement chaque année depuis lors.

Plusieurs hypothèses ont été proposées pour expliquer le développement et la persistance de l'utilisation des rizières par les flamants. La conjonction d'un assec printanier des marais de chasse et d'une pluviométrie faible au printemps, insuffisante pour la mise en eau des mares temporaires douces ou des sansouïres, pourrait être un facteur favorisant. Les surfaces en eau des rizières se substituent alors à celles des zones naturelles, avec les mêmes atouts en matière d'accessibilité et d'abondance de richesses trophiques. Par ailleurs, le remembrement a eu pour effet d'augmenter la surface des parcelles, et d'en éliminer les haies, les rendant plus attractives pour les flamants qui aiment les milieux ouverts.

## Bilan synthétique des travaux précédents

En 1981, le Parc naturel régional de Camargue lança une vaste opération d'effarouchement des Flamants dans les rizières, en collaboration avec le syndicat des riziculteurs, avec la participation technique de la Tour du Valat et le soutien financier du ministère de l'environnement. Cette campagne permit de diminuer les superficies de riz dégradées de 450 ha en 1980 à quelques hectares seulement en 1982. Depuis, l'effarouchement est la principale méthode utilisée pour repousser les flamants. Cependant au cours du temps les flamants se sont habitués à l'effarouchement par les canons (dérangeant aussi le voisinage). Aujourd'hui, la plupart des riziculteurs sont ainsi amenés à passer leurs nuits à surveiller leurs rizières et à assurer un effarouchement actif en plus des travaux agricoles quotidiens.

Grâce à des financements du ministère de l'environnement, jusque en 1988 les dommages ont été suivis par des enquêtes mais sans que de nouvelles solutions viables soient apportées. Et si, en 1990 et 1991, aucun dégât ne fût observé, en 1992, par contre, 200 ha firent l'objet de dégradations. Le ministère de l'environnement finança en 1993 une nouvelle étude réalisée par les scientifiques de la Tour du Valat et du PNRC (Sourribes 1993). De nouvelles pistes furent suivies et des éléments pertinents furent dégagés. En prolongation de ces travaux, des études scientifiques plus poussées ont repris entre 1997 et 2000 (Tourenq 2001) démontrant que l'incursion des flamants augmente avec :

- la taille des parcelles car les grandes superficies permettent aux flamants de se poser sans difficultés.
- la proximité aux marais naturels
- la distance à la haie la plus proche car les haies sont des barrières physiques.

A l'époque, ces résultats ont permis de préconiser des recommandations intégrées dans les Contrats d'Agriculture Durable (CAD) pour l'aménagement des parcelles. Cependant, ces préconisations semblent avoir été peu suivies étant donné le peu de contractualisations effectives.

En parallèle, afin de minimiser les nuisances sonores des canons, le Parc naturel régional de Camargue a décidé de tester dès 2003 de nouveaux dispositifs pour dissuader les flamants.

Il est enfin important de rappeler qu'il n'y a pas de relations entre les dommages des incursions et les effectifs de la population nicheuse ou hivernante de flamants. Ce ne sont pas les années où il y a eu plus de flamants que les dommages enregistrés furent les plus importants.

## 1. Démarche et méthodologie

---

Etant donné le statut de conservation du Flamant rose et l'importance de l'activité rizicole sur le territoire, le projet s'est inscrit dès 2007 dans **une démarche de gestion intégrée** s'attachant aux éléments suivants :

- Prendre en compte l'échelle du territoire concerné et les séparations entre les institutions administratives, car l'activité rizicole ainsi que l'habitat du flamant s'étendent au-delà des frontières d'un simple département ou région administrative. La zone d'action du Parc n'est ainsi qu'un morceau de l'échelle territoriale à intégrer.
- Initier et accompagner un processus de gestion multi acteurs, qui, au bénéfice de tous utilise la concertation entre scientifiques (Tour du Valat), acteurs locaux (riziculteurs et salins) et décideurs institutionnels (PNRC).
- Utiliser les capacités locales à s'organiser que fournit un organisme de gestion reconnu par l'Etat tel que le PNRC dont les vocations sont sociales, économiques et écologiques.
- Surmonter les clivages pour accorder les acteurs en réconciliant développement rizicole et bon état écologique du bien naturel collectif.
- Projeter le projet sur une longue période avec de fréquents moments de concertation.
- Equilibrer la participation et la responsabilité des actions entre l'ensemble des partenaires.
- Créer un mode de partage des informations devant l'incertitude des connaissances du fonctionnement du conflit.
- Mettre en place un système d'évaluation et des indicateurs reconnus et utiles par l'ensemble des acteurs.

En outre, reconnaissant l'incertitude comme une caractéristique essentielle du système social et biologique en jeu, la mise en place de mesures de gestion s'est faite dans le cadre d'une approche de gestion adaptative. La gestion adaptative est un processus d'amélioration systématique des pratiques de gestion par les leçons tirées des résultats des pratiques antérieures (Keough et al, 2006). C'est la stratégie utilisée en France par l'ONCFS pour gérer les conflits occasionnés par le retour du loup (Marboutin et al, 2005). Le concept peut se résumer en trois mots : « apprendre en faisant ». En pratique, on part d'hypothèses faites sur le fonctionnement du système afin d'élaborer un « modèle » du fonctionnement de ce système. Puis on expérimente des mesures de gestion. Le suivi d'indicateurs de la réponse du système aux mesures de gestion mises en oeuvre permet d'optimiser le modèle et d'adapter les mesures de gestions les années suivantes. Le suivi de la répartition spatiale et temporelle des incursions de flamants et des dommages occasionnés constitue alors un indicateur clef de la pertinence de la gestion mise en oeuvre.

## 2. Matériel et méthode

---

### 2.1 Aire d'étude

La zone rizicole couvre près de 18 000 ha répartis sur deux départements de deux régions administratives. Le territoire des salins est aussi découpé de la même façon. Ainsi en région Provence Alpes Côte d'Azur, dans les Bouches-du-Rhône, les rizières s'étendent en Camargue entre les deux bras du Rhône mais aussi sur la rive gauche du grand Rhône de Fos-sur-Mer en limite sud jusqu'au Massif des Alpilles en limite Nord. L'activité salinière est elle regroupée dans la zone littorale de la Camargue à Salin-de-Giraud. En région Languedoc, dans le Gard, l'activité salinière se situe sur le littoral de la rive droite du Petit Rhône sur la commune d'Aigues-Mortes. En remontant la riziculture s'étend sur la Petite Camargue et la Camargue Gardoise jusqu'à la plaine de Beaucaire-Tarascon.

### 2.2 Hypothèses et modèle de gestion

Nous avons dégagé 5 volets d'actions qui doivent être considérées comme expérimentales, le suivi d'indicateurs permettant de confirmer ou infirmer les hypothèses qui les justifient et l'efficacité des mesures testées.

#### 2.2.1. Suivi des incursions dans les rizières

**Hypothèse :** *Les actions mises en oeuvre diminuent les dommages. Les dommages peuvent être quantifiés chaque année à l'échelle du territoire rizicole par la combinaison de déclarations volontaires et d'enquêtes téléphoniques.*

#### *Suivi des incursions par déclarations volontaires*

Une lettre a été envoyée par le syndicat des riziculteurs aux 300 riziculteurs du territoire les invitant à contacter le CFR par téléphone pour déclarer chaque incursion de flamants dans leurs rizières. Le CFR était ensuite chargé de renvoyer des informations au personnel du PNRC et de la Tour du Valat (Annexe III). Un stagiaire du PNRC et de la Tour du Valat contactaient ensuite les riziculteurs pour

fixer un rendez-vous dans les 48h afin d'examiner les surfaces endommagées. Après chaque incursion, les flamants laissent des traces de leur passage. Des plumes et des germes de riz flottants à la surface sont rabattus en bordure de parcelle par le vent. L'intensité du dommage est estimable par la taille du cercle de turbidité persistant dans l'eau pendant 36h. A l'occasion de ces déplacements sur le terrain, un complément d'informations est relevé sur des variables agronomiques, socio-économiques et paysagères.

#### *Suivi complémentaire par enquête téléphonique*

Le taux de déclarations volontaires ayant été jugé insuffisant en 2007, le comité de pilotage a proposé d'effectuer une enquête hebdomadaire par téléphone auprès des 25 riziculteurs répartis sur les secteurs témoins et le secteur expérimental. Les appels téléphoniques, s'appuyant sur les contacts du CFR, ont permis de recueillir des informations additionnelles sur des questions d'ordre agronomique et social. Des visites sur les nouvelles parcelles déclarées ont ensuite été effectuées. Les informations récoltées ont été répertoriées dans le SIG, celui-ci permettant d'évaluer la pertinence des mesures dissuasives mises en place dans l'immédiat et sur le long terme.

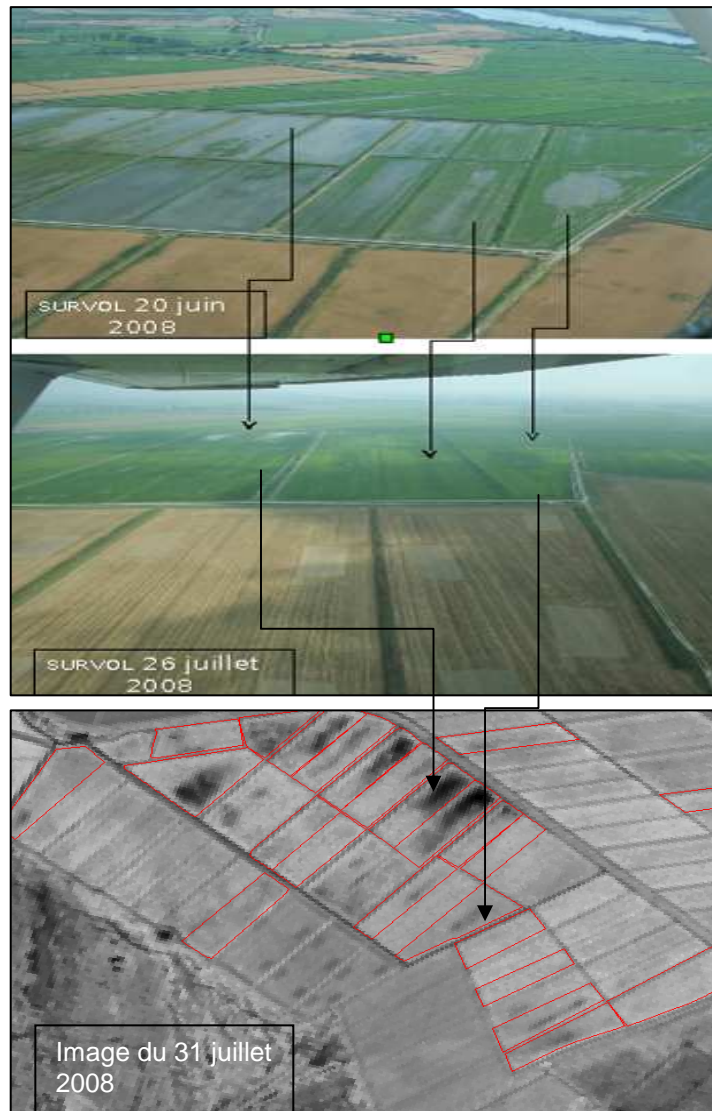
#### *Evaluation aérienne de la robustesse des constats au sol*

Afin d'évaluer si les constats faits au sol étaient bien représentatifs des dommages *in fine* causés aux rizières, deux survols ont été effectués le 22 juillet (montaison) et le 10 septembre (avant récolte) au dessus des zones où furent constatés la majorité des dommages. Des photos aériennes des zones endommagées ont permis de comparer la signature des incursions à ces deux périodes de l'itinéraire cultural du riz.

### 2.2.2. Evaluation de la possibilité d'estimer les dommages par télédétection satellite

**Hypothèse :** *Il est possible d'estimer les surfaces endommagées et les pertes de rendement en utilisant des images satellites prises en septembre.*

L'objectif est de calibrer une méthode permettant d'estimer les dommages causés par les flamants sur les rizières en s'appuyant sur des images satellites SPOT. Cette méthode devra donc permettre (i) d'estimer le nombre et la surface des parcelles endommagées pour 2008 et pour les années suivantes, (ii) de comparer les dégâts des parcelles resemées et non resemées, et (iii) de simplifier le suivi des incursions en limitant le recours aux enquêtes téléphoniques



**Figure 1.** Comparaison des signatures des incursions entre photographies aériennes et images satellites

Nous utiliserons le parcellaire de 2007 et le SIG des incursions ayant fait l'objet de constats en 2008. Pour chaque parcelle est documenté la superficie endommagée, si la parcelle a été ressemée ou pas, etc. Ce SIG réunit 147 parcelles ayant fait l'objet de constats. Après quelques essais sur des images de 2007, nous nous sommes mis d'accord pour développer le modèle sur une image satellite (SPOT5) de la fin du mois de juillet 2008. A cette date, il n'y a plus aucune fréquentation des rizières par les flamants, le riz a suffisamment tallé et poussé pour recouvrir la totalité des parcelles n'ayant subi aucun dommage, les zones endommagées devraient apparaître clairement.

Nous utiliserons l'indice NDVI (indice de végétation normalisé) qui permet une bonne estimation de la biomasse aérienne chlorophyllienne. Le NDVI est calculé comme le rapport normalisé de la différence entre la réflectance proche-infrarouge et la réflectance acquise dans la bande spectrale rouge du capteur. L'utilisation de l'indice de végétation NDVI est approprié car il permet de séparer les zones de végétation avec les zones de terre nue ou les zones inondées. Pour calculer cet indice, on utilise le logiciel GéoImage pour importer l'image satellite, et charger les 2 canaux proche infrarouge et rouge. On calcule ensuite le NDVI. On obtient une image avec des pixels dont les valeurs sont comprises entre

0 et 255 et qui correspondent à un dégradé de couleur allant du noir (valeur 0) au blanc (valeur 255). Plus la valeur du pixel de l'indice NDVI est importante, plus la végétation est dense.

### 2.2.3. Estimation des pertes de rendement causées par les incursions de flamants

*Hypothèse : les incursions de flamants occasionnent des pertes de rendement conséquentes.*

En 2009, 26 champs (totalisant 81.7 ha) ont été choisis aléatoirement chez 6 riziculteurs qui ont déclaré des dommages et ont accepté de se prêter à l'étude d'une évaluation des pertes de rendement et des manques à gagner causés par les flamants. Cet échantillon comportait un minimum de 4 parcelles pour trois des principales variétés de riz cultivées en Camargue (4 parcelles de *Brio*, 9 parcelles de *Selenio* et 13 parcelles cultivées en *Augusto*). Chaque parcelle a été classée comme sans incursion (n=9), avec incursion (n=9) ou ressemée (n=8).

Comme le rendement varie probablement entre les parcelles du fait de raisons agronomiques, la perte de rendement causée par les flamants dans les parcelles avec incursions doit être estimée en comparant le rendement dans le secteur endommagé et un secteur non endommagé de la même parcelle. Dans les champs avec incursion, la zone endommagée a été cartographiée avec un GPS. Pour une zone donnée, le rendement peut être calculé comme :

$$y_z = p_z s_z g_z w_z$$

Avec  $y_z$ , le rendement,

$p_z$  : le nombre de plants par m<sup>2</sup>

$s_z$  : le nombre de talle fertiles par plant

$g_z$  : le nombre de grains par talle

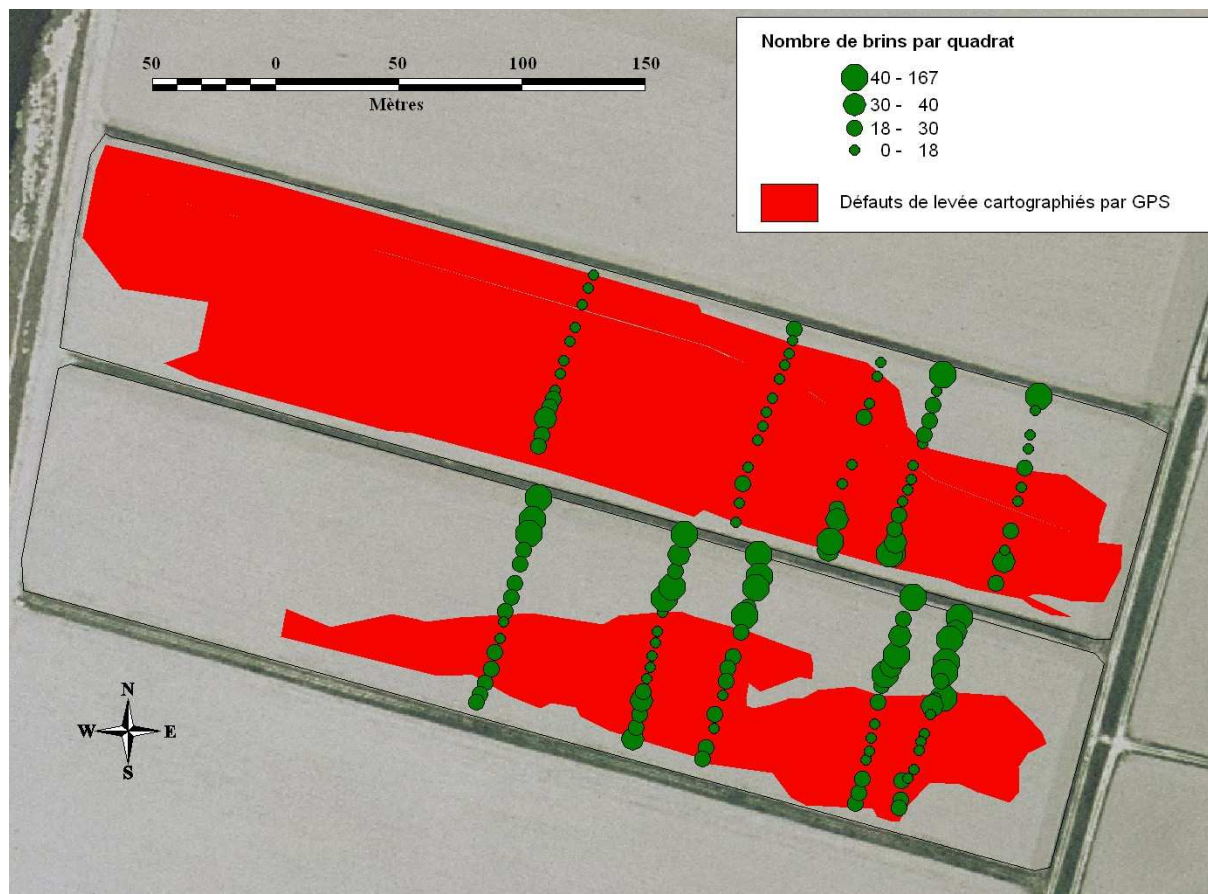
$w_z$  : le poids sec d'un grain

Le rendement d'une parcelle donnée peut alors être estimé par :

$$Y = A_d y_d + A_n y_n$$

où  $A_d$  est la superficie de la zone endommagée et  $A_n$  la superficie de la non endommagée de la parcelle.

Les parcelles ont été visitées par des techniciens 3 fois (en juin, août et septembre). La levée (nombre de plants par m<sup>2</sup>),  $p_z$  a été mesurée en Juin (2-20 juin) en comptant le nombre de plants dans des quadrats de 50 cm x 50 cm répartis tous les 5 mètres le long de transects répartis de façon à couvrir au mieux l'hétérogénéité de levée observée dans une parcelle donnée. Le nombre de transects par parcelle varie de 1 (parcelles uniformes non endommagées) à 6 (parcelles endommagées très hétérogènes ; Fig. 2). Toutes les parcelles avec incursion avaient des quadrats dans les parties non endommagées.



**Figure 2.** Exemple de transects de quadrats de 50 cm x 50 cm pour estimer la levée du riz dans les champs avec incursion de flamants.

Le nombre de talles fertiles par ha a été estimé en août en retournant dans les mêmes parcelles et en mesurant le nombre de talles fertiles dans des quadrats de 50 cm x 50 cm le long de transects. Le nombre de talles fertile par plant  $s_z$  a ensuite été estimé comme le ratio du nombre de talle/  $m^2$  mesuré en août sur le nombre de plants/  $m^2$  mesuré en juin pour chaque type de zone et de variété.

On a estimé le poids sec de riz par talle (produit  $g_z \times w_z$ ) en septembre juste avant la récolte en récoltant 10 échantillons de 30 panicules dans les différentes zones (endommagé/non endommagé) de parcelles de chaque variété (Augusto, Brio & Selenio). Le poids frais a été mesuré immédiatement et le poids sec après séchage des échantillons à 80 °C pendant 3 jours.

#### *Analyses statistiques et estimations du rendement*

Nous avons utilisé des modèles linéaires généralisés (GLM) pour estimer l'effet du type de zone (endommagée/non endommagée) de la variété de riz et leur interaction sur la levée, le tallage, le poids sec des grains et leur maturation (degré d'hygrométrie). La sélection de modèle repose sur le critère d'Akaike avec l'ajustement pour petits échantillons, AICc. Le modèle avec le plus faible AICc est considéré comme le meilleur modèle pour les données. Les poids normalisés du critère d'Akaike, AICc  $\omega$  sont utilisés comme un indice de plausibilité pour comparer les modèles. Deux modèles ne se distinguant pas par plus de 2 points d'AIC sont considérés équivalents. Dans ce cas, on utilise une moyenne des modèles pour obtenir les estimateurs et leur erreur standard. On vérifie ensuite que les intervalles de confiance des estimateurs moyens obtenus diffèrent significativement de zéro (i.e. leur intervalle de confiance à 95% n'inclue pas zéro).

On a estimé le rendement pour une variété et un type de zone (endommagé/non endommagé) comme le produit du nombre de talles/m<sup>2</sup> et du poids de grain par panicule. Le rendement étant estimé par le produit de deux variables aléatoires, on a estimé l'erreur standard par l'écart-type de 50 000 rendements moyens générés aléatoirement par bootstrap (c'est à dire par rééchantillonnage avec remplacement) du nombre de talles observés et du poids des grains et calcul de leur produit.

#### 2.2.4. Test de moyens d'effarouchement passif

**Hypothèse :** *Il est possible de diminuer l'attractivité des parcelles en utilisant un certain nombre de moyens d'effarouchement passifs*

Depuis 1981, les incursions sont limitées par divers dispositifs d'effarouchement. Le renouvellement de ces systèmes permettrait de maintenir un bon niveau de dissuasion et diminuerait l'accoutumance à l'effarouchement. Le cri de détresse des oiseaux est utilisé avec succès pour effaroucher les corbeaux dans les vergers, détourner des hérons des piscicultures ou effaroucher des goélands. On testera l'efficacité d'un tel cri sur les flamants.

#### 2.2.5. Finalisation du système d'aide à la décision pour la plantation de haies

**Hypothèse :** *Un outil d'aide à la décision facilite la sensibilisation des riziculteurs à l'efficacité des haies pour limiter les risques.*

L'incursion des flamants augmente avec la proximité des marais naturels, la taille des parcelles car les grandes superficies permettent aux flamants de se poser sans difficultés et la distance à la haie la plus proche car les haies sont des barrières physiques. Entretenir ou replanter les haies permettrait donc, tout en conservant des clos assez grands, de revenir à un morcellement plus marqué et à un paysage moins attractif pour les flamants. Le système d'aide à la décision développé en 2007 par la société Geomatys sera agrémenté d'une interface conviviale.

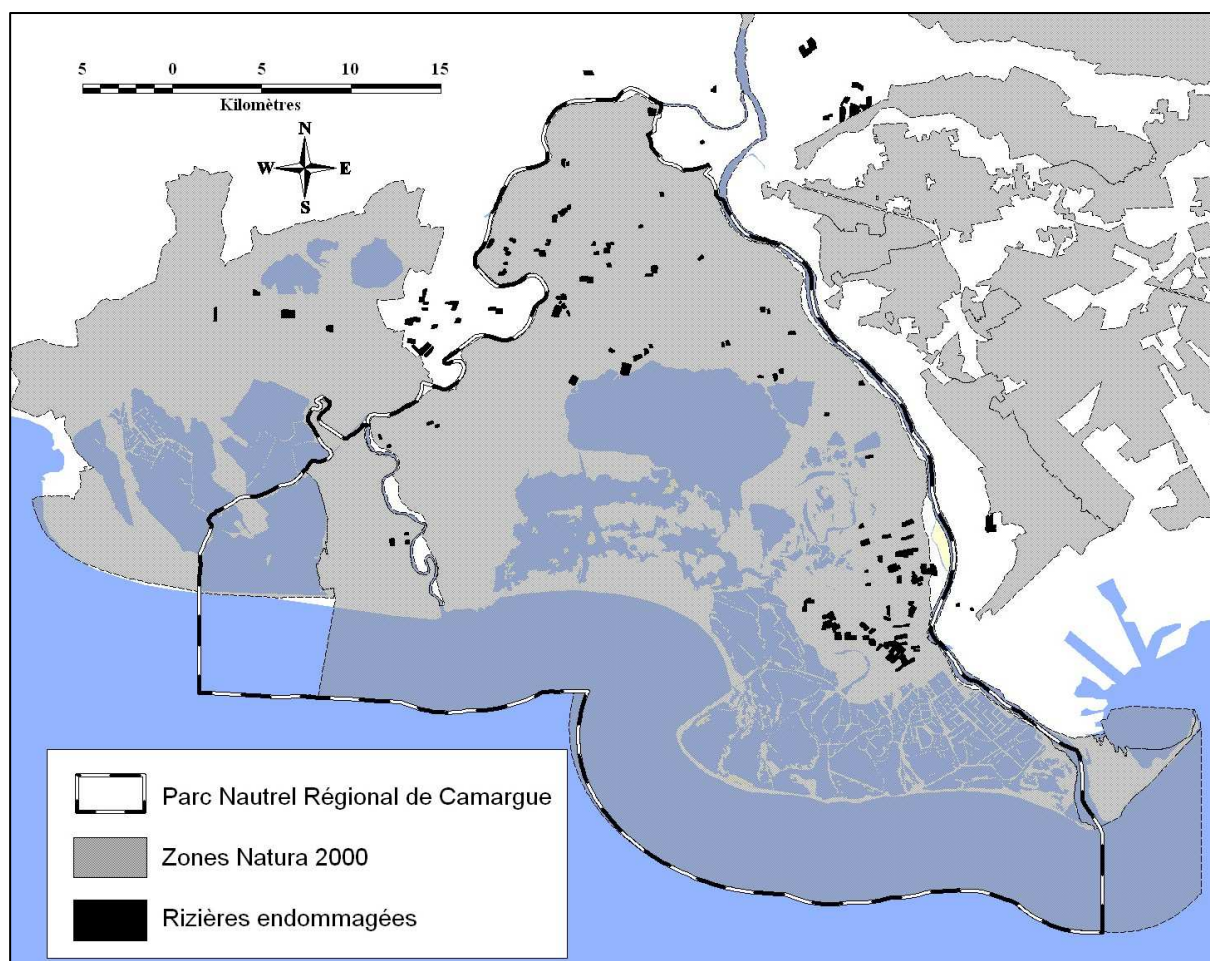
---

## 3. Résultats

### 3.1. Suivi des incursions dans les rizières

Seuls trois riziculteurs ont fait des déclarations volontaires de dommages. Grâce à l'enquête téléphonique, on a pu atteindre un échantillon de riziculteurs enquêté proche de celui des années précédentes (n = 37). Les dommages constatés en 2009 se rapprochent de ceux constatés en 2007 et sont bien moindres que ceux de 2008 (Tableau 1 ; Fig. 3).

De 27 à 44 % des riziculteurs concernés par des incursions sont en dehors du PNRC et du périmètre Natura 2000. En moyenne, 25 % de la surface endommagée est en dehors du périmètre Natura 2000 et 33% en dehors du PNRC (Fig. 3).



**Figure 3.** Cartographie des parcelles endommagées de 2007 à 2009.

**Tableau 1.** Estimation de la sole rizicole impactée par les incursions de flamants de 2007 à 2009 en Camargue.

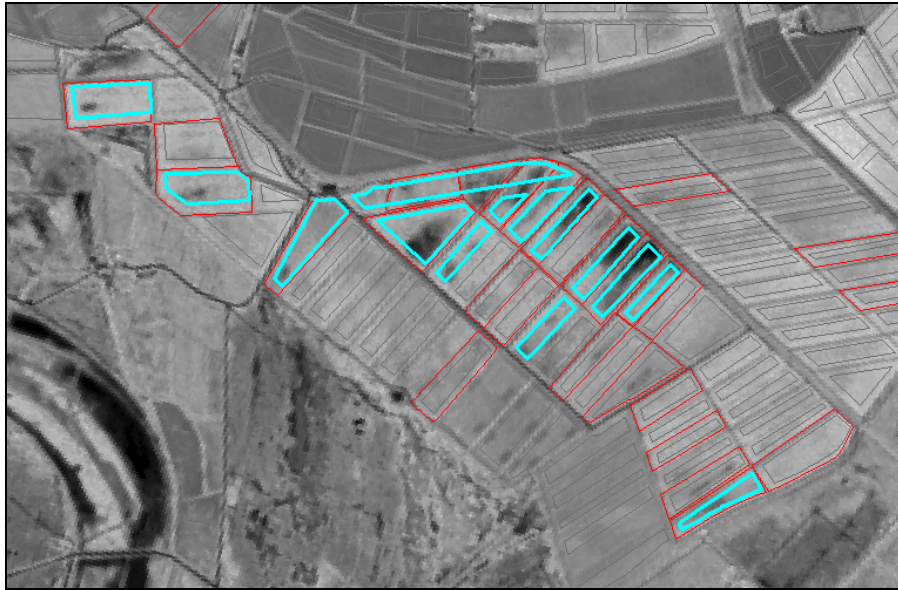
Année	Sole rizicole (ha)	Nombre de riziculteurs		Superficie échantillonnée (ha)	Dans l'échantillon considéré			Extrapolation à l'ensemble de la sole rizicole (ha)
		Déclarations volontaires	Enquête téléphonique		Champs avec incursion	Superficie endommagée (ha)	Proportion endommagée	
2007	17 274	11	34	7 567	79	51.5	0.68%	117.5
2008	16 640	16	33	5 681	205	262.7	4.62%	768.8
2009	21 100	3	34	7 283	60	71.7	0.98%	207.7

### 3.2. Evaluation de la possibilité d'estimer les dommages par télédétection satellite

#### *Elaboration du modèle*

Devant la très grande hétérogénéité d'apparence entre les différentes parcelles répertoriées dans le SIG Incursions 2008, nous avons choisi d'élaborer un modèle de sélection de parcelle par une approche *ad*

*hoc* visant à sélectionner le maximum de parcelles présentant des défauts de levée visibles sur l'image satellite (tâches noires). Pour chaque parcelle, on a calculé des attributs reflétant des statistiques zonales, à savoir la moyenne, la valeur minimale de l'indice NDVI du pixel et la différence entre la valeur minimale et maximale dans chaque parcelle. Ces statistiques nous permettent de définir les critères de sélection : la valeur minimale du pixel doit être égale ou inférieure à 144, la moyenne de l'ensemble des pixels doit être comprise entre 144 et 178 et la différence entre la valeur minimale et maximale des pixels doit être égale ou supérieur à 42. Ce modèle identifie 729 parcelles avec défauts de levée sur toute la Camargue.



**Figure 4** : Echantillon du résultat de sélection des parcelles par attributs. En rouge, parcelles fréquentées d'après les déclarations, en bleu les parcelles sélectionnées par l'analyse.

On peut voir sur cet échantillon (Fig. 4), que le modèle sélectionne assez bien les parcelles ayant des taches noires marquées, alors que celles un peu plus claires (grises) ne sont pas toutes retenues.

#### *Estimation de la superficie endommagée*

Le modèle estime à 402 ha la superficie totale endommagée en 2008. Cette année là, la superficie des parcelles endommagées répertoriée d'après constats est de 262 ha sur une superficie échantillonnée de 5681 ha. L'extrapolation à l'ensemble de la sole rizicole permet d'estimer une surface endommagée totale de 768 ha. La différence entre cette extrapolation (768 ha) et l'estimation avec l'image satellite (402 ha) est donc assez importante, mais est proche des surfaces estimées par une enquête menée par les riziculteurs (500 ha ayant subi des pertes de rendement).

#### *Comparaison des parcelles sélectionnées par la méthode avec les déclarations des riziculteurs.*

A l'aide d'ArcGis, on peut superposer l'extraction de notre modèle et le fichier SIG des incursions 2008. Sur les 147 parcelles du fichier SIG, le modèle n'en a sélectionné que 48. Ce résultat peut s'expliquer par plusieurs raisons. Certaines parcelles issues des déclarations des riziculteurs n'ont aucune tache significative. Soit les dégâts n'étaient pas assez grands pour apparaître sur l'image satellite, soit la parcelle a été bien ressemée. Sans tache, ces parcelles ne peuvent donc pas être prises en compte. En conséquence, pour avoir le meilleur résultat possible, nous avons enlevé manuellement

les parcelles du fichier SIG qui ne présentent aucune tache. Il en reste 78 montrant une tache. Si l'on compare avec les 48 sélectionnées par le modèle, cela représente plus de 60%.

*Comparaison des surfaces endommagées déclarées par les riziculteurs avec celles visibles par image satellite*

Nous avons sélectionné les parcelles ayant encore des traces de ces incursions afin de pouvoir les délimiter et mesurer leur surface. Sur les 147 parcelles du SIG des incursions 2008, on en a relevé 78 (soit 53 %) qui avaient une tache suffisamment visible pour en calculer la superficie. Ces 78 parcelles ont une surface totale de 270,4 ha. Il y a seulement 8 % de différence entre ce que l'on voit sur l'image satellite et ce que le riziculteur a déclaré, la corrélation de Pearson étant de 0.81 entre les deux mesures. De plus d'après l'exemple ci dessous (Tableau 2), nous avons recensé trois parcelles (en gris) qui ont un renseignement clairement erroné car on voit très bien sur l'image satellite une tache significative.

**Tableau 2.** Ecart possible entre ce que l'on voit sur l'image satellite et les constats.

N° de parcelles	Superficie endommagée d'après modèle (ha)	Superficie endommagée d'après SIG des constats (ha)
1	0.16	0.1
2	0.28	0.2
3	1	1.2
4	0.6	1
5	0.16	0.5
6	1.9	2.5
7	1.7	2.5
8	0.7	2
9	1	1
10	1.15	0.5
11	1.33	0
12	1.5	0.1
13	1.18	0.5
14	0.5	1
15	0.8	1
16	1	2.5
17	0.44	0.3
18	1.58	0.1

Ces erreurs nous confortent dans l'interprétation des précédentes statistiques car sans elles, les corrélations entre les déclarations des riziculteurs et l'observation sur l'image satellite deviennent encore plus fortes. Cela indique aussi que l'utilisation des images satellites et de la télédétection peut s'avérer judicieuse dans ce type de projet.

### 3.3. Estimation des pertes de rendement causées par les incursions de flamants.

#### *Etendue des dommages causes par les flamants*

Les visites menées en juin (cartographie des défauts de levée) montrent que les constats effectués en mai (l'estimation visuelle de la superficie de la zone de turbidité) estiment à la fois très mal la superficie affectée et le niveau des dommages causés par les flamants. Les superficies endommagées varient de 8 à 85% de la superficie des parcelles visitées avec en moyenne  $30.5 \pm 9.8$  % de la surface de la parcelle endommagée.

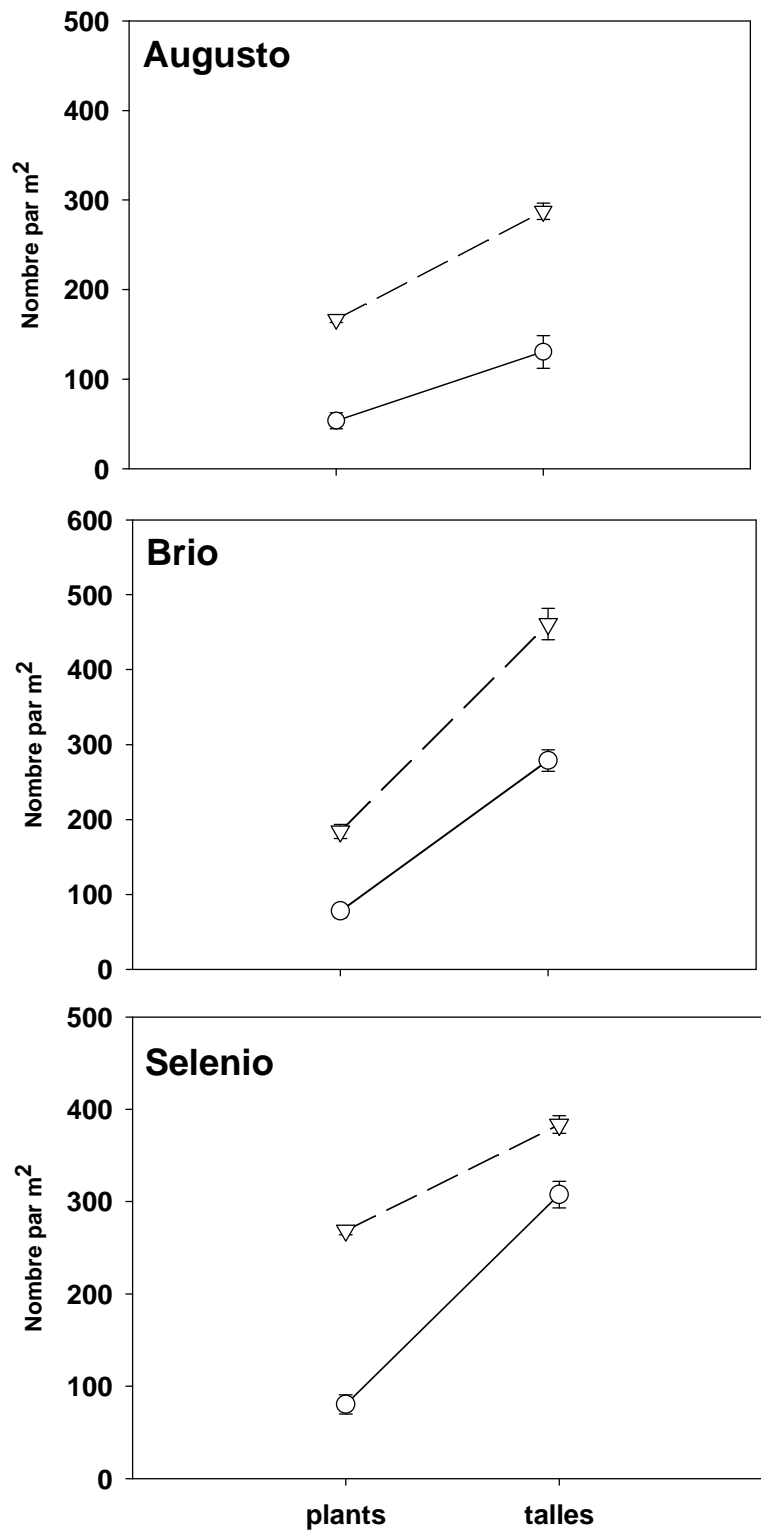
#### *Niveau de levée*

Le nombre de plants par  $m^2$  a été mesuré sur 1 498 quadrats le long de 89 transects répartis sur les 26 parcelles sélectionnées pour estimer les pertes de rendement. La levée était similaire entre les zones non endommagées des parcelles non visitées par les flamants et celles des parcelles visitées (Wilcoxon rank test,  $w = 31806.5$ ,  $p = 0.12$ ). C'est pourquoi nous nous sommes focalisés pour la suite de nos analyses sur les différences de rendement entre zones endommagées et non endommagées indépendamment du type de champ (avec incursion ou non).

La levée dépend de la variété de riz et du type de quadrat (endommagé ou non) et de l'interaction;  $AIC_{\omega} = 1$ ). Dans les zones non endommagées,  $p_z$  était supérieur à  $166.8 \pm 3.3$  plants/ $m^2$  alors qu'il pouvait tomber à  $53.6 \pm 8.9$  plants/ $m^2$  dans les zones endommagées (Fig. 5). Il y avait 2.4, 3.1 et 3.3 fois moins de plant/ $m^2$  dans les zones endommagées pour *Brio*, *Augusto* et *Selenio*, respectivement. La levée était très variable, même dans les parcelles n'ayant pas subi d'incursions (zones sans incursions : de 0 à 668 plants/ $m^2$ , écart-type 109.2 plants/ $m^2$ ; zones avec incursions : de 0 à 300 plants/ $m^2$ , écart-type 46.8 plants/ $m^2$ ).

#### *Tallage*

Le nombre de talles/ $m^2$  a été mesuré sur 312 quadrats le long de 19 transects répartis sur 2 parcelles sans incursion, 8 parcelles avec incursion et 2 parcelles ressemées. Le nombre de talles/ $m^2$  dépend de la variété, du type de zone (endommagée ou non) et de leur interaction ( $AIC_{\omega} = 1$ ). Malgré le tallage, le nombre de talles par  $m^2$  reste plus faible dans les zones endommagées (Fig. 5). Cependant la différence entre les zones endommagées et non endommagées diminue pour la variété *Selenio*. Le tallage était plus important dans les zones endommagées ( $s_z = 2.48, 3.58$  and  $3.83$  for *Augusto*, *Brio* and *Selenio* respectivement) than in undamaged ones ( $s_z = 1.73, 2.50$  and  $1.42$  for *Augusto*, *Brio* and *Selenio* respectivement).



**Figure 5.** Nombre de talles par m<sup>2</sup> comptés en août en fonction du nombre de levées comptées en juin pour les trois variétés de riz cultivées en Camargue selon que la zone ait été endommagée (cercle) ou non endommagée (triangle) par des incursions de flamants.

### *Maturation et poids des grains*

Le poids frais des grains varie seulement en fonction de la variété de riz ( $AIC\omega = 0.60$ ), la variété *Augusto* produisant en moyenne  $2.76 \pm 0.12$  g/panicule contre  $2.66 \pm 0.09$  g/panicule pour *Selenio* et  $2.34 \pm 0.10$  g/panicule pour *Brio*. Deux modèles sont équivalents ( $\Delta AIC = 0.56$ ) pour expliquer les variations du poids sec des grains : un modèle incluant le seul effet de la variété ( $AIC\omega = 0.51$ ) et un ajoutant l'effet du type de zone (endommagé ou non ;  $AIC\omega = 0.39$ ). Cependant après avoir calculé la moyenne des modèles, seul l'effet de la variété reste significatif avec *Augusto* produisant en moyenne  $1.95 \pm 0.08$  g /panicule contre  $1.78 \pm 0.18$  g pour *Selenio* et  $1.40 \pm 0.19$  g pour *Brio*.

Finale, la maturité des grains varie fortement avec le type de zone et la variété (le modèle retenant les deux effets et leur interaction étant le plus probable ;  $AIC\omega = 0.69$ ). Dans les zones endommagées, les grains étaient toujours moins mûrs (avaient une hygrométrie plus forte) que dans les zones non endommagées, les différences variant de 5.0% hygrométrie supplémentaire pour la variété *Augusto* à 17.5% pour *Selenio* et 54.6% pour *Brio*.

### *Rendement et perte économique*

La différence de rendement entre les zones endommagées et non endommagées varie de 1.35 à 2.56 et 3.06 t/ha pour les variétés *Selenio*, *Brio* and *Augusto*, respectivement (Tableau 3). Si on applique ce rendement aux 9 champs ayant subi des incursions, la perte de rendement varie de 0 à 1.94 t/ha (i.e. 45.8% du rendement attendu pour la variété considérée) selon la superficie endommagées avec en moyenne 0.69 t/ha ( $11 \pm 3.9$  % du rendement attendu). Les resemis ont été bénéfiques car dans les 8 champs ressemés la perte de rendement varie de 0.06% à 7.9% pour une moyenne de  $1.4 \pm 0.9$  % du rendement attendu. Au final, en prenant en compte les superficies endommagées, le rendement moyen des 9 champs ayant subi des incursions est de  $5.72 \pm 0.32$  t/ha, celui des 8 champs ressemés est de  $6.00 \pm 0.20$  t/ha et celui des 9 champs n'ayant pas subi d'incursion de  $6.03 \pm 0.23$  t/ha.

En 2009 le prix moyen du riz rond (varieties *Brio* et *Selenio*) était 320 €/t et 350 €/t pour le riz long (*Augusto*). Les calculs indiquent que le manque à gagner pour notre échantillon de champs avec incursion varie de 0 à 622 €/ha, pour une moyenne de 228 €/ha. Le chiffre d'affaire sur ces champs est de 1861€/ha à comparer au chiffre d'affaire de 2041€/ha dans les champs non endommagés et 2023 €/ha dans les champs ressemés (i.e. 11% de manque à gagner en moyenne). A cela s'ajoutent les coûts liés à l'effarouchement.

Les superficies endommagées extrapolées à l'ensemble de la Camargue varient de 117 ha à 768 ha, l'année 2008 présentant les plus grandes superficies endommagées. Le manque à gagner dans les zones endommagées atteint 399 913 € en 2008 pour 24€/ha de riz cultivé (Tableau 4).

**Tableau 3.** Rendement  $\pm$  SE (t/ha) des rizières cultivées avec les variétés *Augusto*, *Brio* et *Selenio* dans les zones endommagées ou non par les flamants

Variété	Zones endommagées (t/ha)	Zones non endommagées (t/ha)	Perte de rendement (t/ha)
Augusto	$2.55 \pm 0.43$	$5.61 \pm 0.21$	3.06
Brio	$3.92 \pm 0.23$	$6.48 \pm 0.28$	2.56
Selenio	$5.50 \pm 0.36$	$6.85 \pm 0.36$	1.35
Toutes variétés	$4.33 \pm 0.22$	$5.88 \pm 0.19$	1.55

**Tableau 4.** Manque à gagner (€) causé par les incursions de flamants dans les rizières de Camargue, de 2007 à 2009.

Année	Sole rizicole (ha)	Superficie endommagée (ha)	Chiffre d'affaire attendu sur les zones endommagées(€)	Chiffre d'affaire estimé sur les zones endommagées (€)	Manque à gagner (€)	Manque à gagner par ha de riz cultivé (€)
2007	17 274	117.5	231 767	170 646	61 121	3.5
2008	16 640	768.8	1 516 450	1 116 536	399 913	24.0
2009	21 100	207.7	409 686	301 645	108 041	5.1

### 3.4. Test de moyens d'effarouchement passifs

Nous avons effectué plusieurs tentatives de capture de flamant afin de tenter d'enregistrer un cri de détresse. Le seul flamant capturé n'a émis aucun son. Un cri de flamant captif a été obtenu de nos collègues du delta de l'Ebre. Nous avons testé son efficacité pour faire décoller des flamants en le comparant à des aboiements de chien, des cris d'alarme, des bruits de klaxon, des tirs, des bruits d'hélicoptère. De manière générale, les flamants semblent plus sensibles aux cris de détresse qu'aux autres sons (Tableau 5).

**Tableau 5 :** Résultats des tests de sons diffusés à un volume de 100 dB (mesure à 1 mètre) auprès de groupes de flamants roses. Les comportements des flamants suite à l'émission du son sont catégorisés ainsi : observent : les flamants dressent leur cou et observent avant de continuer à s'alimenter normalement ; marche : les flamants partent en marchant ; faux envol : les flamants écartent leurs ailes comme pour s'envoler mais restent sur place ; court envol : les flamants s'envolent et se reposent quelques mètres plus loin ; envol au loin : les flamants s'envolent et se reposent à plus de 100 mètres de leur lieu initial. S : salins au sud de l'étang du Fangassier ; F : étang du Fangassier.

Son	Lieu	Distance (m)	Pas de réaction	Observent	Marche	Faux envol	Court envol	Envol au loin
Cri de détresse 01	S	50				1		
Cri de détresse 02	S	100					1	
Cri de détresse 03	S	100						1
Cri de détresse 03	F	70			1			
Cri d'alarme 01	F	50		1				
Cri d'alarme 02	F	50		1				
Cri d'alarme 03	F	50		1				
Cri d'alarme 04	F	40			1			
Aboiement chien 01	F	100			1			
Aboiement chien 02	F	100					1	
Aboiement chien 02	F	100			1			
Klaxon 01	F	40	1					
Klaxon 02	F	40	1					
Tir 01	F	100	1					
Tir 02	F	100	1					
Hélicoptère	F	100		1				

### 3.5. Finalisation du système d'aide à la décision.

Le système d'aide à la décision a été finalisé par la société Geomatys (Fig. 6). Il sera testé auprès d'un échantillon de riziculteurs au cours de l'année 2010.

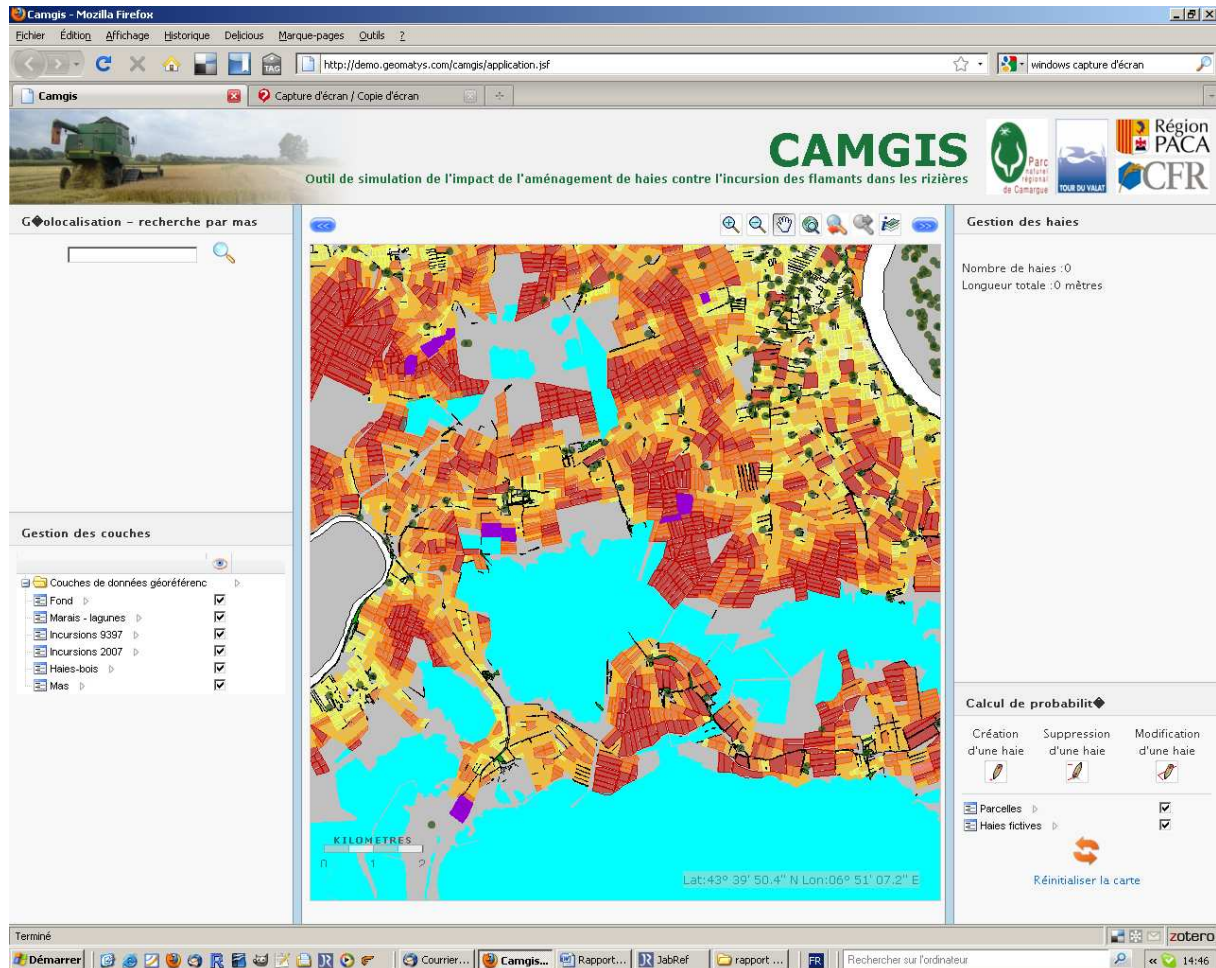


Figure 6. Capture d'écran du logiciel d'aide à la décision Geomatys ouvert dans le navigateur Firefox.

## 4. Evaluations des actions

### 4.1. Suivi des incursions dans les rizières

Que ce soit d'après les visites effectuées en juin pour estimer les levées ou d'après les images satellites, il apparaît que les constats effectués en mai estiment très mal les surfaces réellement endommagées. Il serait donc judicieux de combiner l'utilisation d'images satellites et de visites sur un certain nombre de parcelles pour calibrage afin d'estimer sur le long terme les dommages occasionnés par les flamants.

## 4.2. Evaluation de la possibilité d'estimer les dommages par télédétection satellite

Le modèle se basant sur la différence des valeurs des pixels des parcelles, certaines présentent (dans leur polygone) des routes ou des chemins qui apparaissent « noirs » (du fait qu'il n'y ait pas de végétation) et donc on la même signature que les taches dues aux incursions. Nous avons résolu en partie ce problème en réduisant la périphérie de chaque parcelle de 10 m, pour enlever ces routes. Cependant certaines parcelles restent sélectionnées alors qu'elles ne présentent pas de tache. Cela peut s'expliquer par la résolution de l'image. En effet, un pixel représente 100 m<sup>2</sup> environ et sur une parcelle il peut très bien y avoir des pixels plus sombres que d'autres faisant une variation de valeurs telle que la parcelle sera sélectionnée par le modèle.

Lorsque l'on sélectionne les parcelles selon leurs attributs certaines ne seront pas prises en compte car elles n'ont pas toutes les mêmes valeurs de pixels. En effet, certaines ont des taches plus noires que d'autres par exemple. De ce fait, elles ne seront pas sélectionnées car leur moyenne NDVI sera trop basse par rapport à la valeur choisie dans le modèle.

Les taches correspondent à une mauvaise levée du riz qui peut avoir d'autres causes qu'une incursion de flamants : sanglier, autres oiseaux, maladies du riz, invertébrés nuisibles, mauvaise germination due à l'échec de culture (etc). Certains de ces facteurs peuvent être pris en compte comme par exemple l'incursion des sangliers qui, dans la plupart des cas, feront une tache au bord de la parcelle. On peut enlever ces parcelles manuellement et se concentrer sur celles qui présentent des taches en leur milieu car ce sont elles qui illustrent le mieux les dégâts des flamants (sans pour autant écarter de façon définitive l'hypothèse d'un défaut de levée dû à des raisons agronomiques).

Cette méthode bien qu'applicable reste encore perfectible. Une des améliorations consisterait à automatiser la méthode avec le module « calculatrice raster » du logiciel ArcGis par exemple. Le calibrage pourrait être amélioré en s'appuyant sur les travaux effectués en 2009 sur les 26 parcelles considérées pour évaluer les pertes de rendement.

## 4.3. Estimation des pertes de rendement causées par les incursions de flamants

En 2009, le montant moyen par exploitation des subventions reçues pour compenser les baisses des cours du riz au titre de la PAC (Feaga) s'élève en moyenne à 47 906 €. Comparé à ces montants, le coût des dommages causés par les flamants semblent assez faibles. Pourtant, dans l'exploitation la plus touchée (10,5 ha endommagés), les flamants seraient responsables d'une perte de récolte d'environ 2 536 €. Ce riziculteur touche environ 7 000 € d'aides Européenne au titre du soutien aux baisses des cours du riz de la PAC. Dans le cas où une indemnisation devrait être mise en place, peut-être faudrait-il la raisonner en fonction du montant d'aide déjà perçu par les riziculteurs. Par ailleurs, une aide technique destinée à soulager l'importante charge de travail que les problèmes d'incursions procurent au mois de mai se révélerait une initiative intéressante.

*Aucune mesure agro-environnementale pour la plantation de haies*

En 2005, le fond Européen Agricole pour le développement rural (Feader) a mis en œuvre les Mesures Agroenvironnementales (MAE). Leur objectif est de favoriser les pratiques agricoles favorables à l'environnement. Elles sont mises en application à partir de 2007 et reposent sur le volontariat des agriculteurs en échange d'une rémunération annuelle. Ils s'engagent pour un contrat de 5 ans.

Sur le territoire de Camargue, ils peuvent choisir parmi 15 MAE. Sept d'entre elles concernent de près ou de loin la riziculture (Tableau 6).

**Tableau 6.** Liste des MAE concernant la riziculture dans les bouches du Rhône et nombre de riziculteurs y adhérant en 2008 et 2009.

Type de couvert et/ ou habitat visé	Code de la mesure	Objectifs de la mesure	Financement	Nombre de riziculteurs adhérents en 2008 et 2009
Rizières	PA_CA13_GC1	Gestion de l'eau dans les rizières	37 €/ha	39
Rizières	PA_CA13_GC2	Gestion de l'eau dans les rizières et lutte biologique contre la pyrale du riz	74,42 €/ha	1
Fossés et roubines	PA_CA13_F01 PA_CA13_F02	Gestion des roubines, fossés d'irrigation et de drainage en secteur rizicole et prairial comme habitat d'espèces	1,70 €/mètre Linéaire 1,70 €/mètre linéaire	26 19
Fossés et roubines	PA_CA13_F03	Gestion des roubines, fossés d'irrigation et de drainage en bordure de milieux naturels	0,56 €/mètre linéaire	1
Haie, boisement rivulaire	PA_CA13_HA1 (1 côté) PA_CA13_HA2 (2 côtés)	Entretien de haies liées au réseau hydraulique en secteurs rizicoles (corridors biologiques)	0,094 €/mètre linéaire 0,172 €/mètre linéaire	6 4

Les MAE sont relatives à l'entretien des fossés et roubines permettant d'apporter l'eau aux rizières, aux itinéraires techniques conduits sur la parcelle pour minimiser les apports d'eau ou de produits phytosanitaires et à l'entretien des haies. Il n'existe aucune MAE relative à la plantation de haies. Dans la MAE relative à l'entretien des haies, il est pourtant mentionné qu'en «contexte rizicole, les haies peuvent limiter l'attractivité des parcelles pour les flamants roses ». Pourtant, si l'objectif était de limiter le phénomène d'incursion dans les rizières, il serait beaucoup plus pertinent de créer une mesure environnementale visant à encourager la plantation de haies plutôt qu'à juste les entretenir.

*Peut-on créer une MAE encourageant la plantation de haies ?*

Chaque MAE est créée en adaptant un « engagement unitaire » de la liste nationale aux objectifs locaux. Il existe un engagement unitaire concernant « l'entretien de haies localisées de manière

pertinentes ». Il a servi de base pour la rédaction des MAE pour « l'entretien des haies liées aux réseaux hydraulique en secteur rizicole ». En revanche, au niveau national, il n'existe aucun engagement unitaire concernant la plantation de haies. Alors, pour encourager la plantation de haies, il faut créer un nouvel engagement unitaire. Il s'agit d'une procédure longue (plus de 1 an). La demande doit être adressée à la Direction Régionale de l'Agriculture et de la Forêt.

### *L'incohérence de certaines MAE Camarguaises pénalise celles liées aux haies*

D'un point de vue économique, on peut supposer que les mesures destinées à l'entretien des haies (10 riziculteurs adhérents en 2008 et 2009) sont « concurrencées » par celles visant à entretenir les fossés et roubines (45 adhérents). Si l'on s'imagine une parcelle carrée de 3 ha, comprenant un fossé et une haie sur l'un des côtés, l'agriculteur toucherait 163 € pour entretenir un côté de la haie contre 294 € pour entretenir un côté du fossé, alors que la charge de travail est approximativement similaire.

Aujourd'hui, l'intégralité des riziculteurs procède au nivellement de leur parcelle avant la mise en eau. En créant une lame d'eau d'épaisseur régulière sur toute la parcelle, les levées sont uniformisées dans le temps et l'espace. A la fin de la saison, le rendement est amélioré.

La MAE relative à la gestion de l'eau dans les rizières (40 adhérents) offre aux riziculteurs une indemnisation par hectare de parcelle nivelée. Selon le cahier des charges, elle permet de « réaliser des économies en eau et en herbicide et d'améliorer la qualité de l'eau évacuée du système rizicole ». Pour qu'elle soit valide, au moins 50 % des surfaces déclarées en riz de l'exploitation doit être concernée par cette MAE. Autrement dit, les riziculteurs touchent 37 €/ha pour une tâche que la plupart font déjà. En Camargue, comme dans toute la région PACA, le plafond d'aide percevable par un agriculteur est de 10 000 € (Montant maximum pour les mesures ne portant pas sur les couverts en herbe). Presque tous les riziculteurs adhérents atteignent ce plafond (Anne Vadon, PNR, communication personnelle). Une exploitation cultivant 270 ha de riz peut souscrire l'intégralité de sa surface à la MAE relative au nivellement. Ainsi, il touche l'intégralité de ses aides en réalisant un itinéraire cultural auquel il a de toute manière recouru. Les paysages de ces grosses exploitations sont souvent des « openfield ». D'un côté, elles sont les plus attractives pour les flamants, de l'autre, les MAE ne les encouragent pas à adopter des mesures qui les protégeraient des incursions.

### *Tous les riziculteurs ne peuvent pas percevoir d'aides*

Certaines grosses exploitations rizicoles ayant le statut de société anonyme ne peuvent pas avoir recouru aux MAE. Les MAE ne sont percevables que par les agriculteurs. Si aucun membre de la société ne détient plus de 50 % du capital, les exploitants n'ont pas le statut d'agriculteur. Aucune souscription aux MAE n'est possible. Pour des raisons budgétaires, les MAE ne sont données qu'aux Agriculteurs appartenant aux zones Natura 2000. En Camargue, sont exclus la pointe Nord du delta, la plaine de Beaucaire et la majeure partie des rizières de Camargue Gardoise. Finalement, les agriculteurs âgés de plus de 60 ans ne peuvent pas signer de contrats. Ces incohérences peuvent être corrigées en les soulevant lors du comité de pilotage de Natura 2000.

### *Perspectives*

Il serait intéressant de prouver l'utilité agronomique des haies en riziculture et de calculer les avantages économiques qu'elles procurent. Le retard que prennent les plantules à proximité des haies dû au manque de soleil peut-il être compensé par l'effet coupe vent qu'elles procurent? Sur du long terme, le coût humain et matériel pour leur entretien peut-il être couvert par des avantages financiers ?

### 4.3. Tests de moyens d'effarouchement passifs

Faute de temps, le test du cri de détresse du flamant n'a pu faire l'objet d'une évaluation rigoureuse. Il serait intéressant de tester sur des parcelles rizicoles l'efficacité d'effarouchement du cri de détresse des flamants.

### 4.5. Système d'aide à la décision

Le système d'aide à la décision devra être testé en 2010 auprès d'un échantillon de riziculteurs afin d'en évaluer la convivialité et de planifier la distribution d'arbres par le PNRC.

---

## Perspectives 2010

Les constats effectués en mai juste après les incursions s'avèrent peu précis pour estimer l'étendue des dommages. Il devrait être possible de mettre au point un suivi des dommages à l'échelle de la Camargue par analyse d'images satellites du mois de juillet et calibrage des pertes de rendement sur un échantillon de parcelles. La maîtrise du risque d'incursion doit être envisagée à court terme par l'expérimentation de systèmes d'effarouchement innovants, et à long terme par le reboisement du parcellaire rizicole. Pour cela il faudrait créer un nouvel engagement unitaire permettant d'établir un MAE encourageant la replantation de haies.

Ces approches doivent être accompagnées d'un suivi précis des dommages occasionnés aux rizières sur le long terme afin d'évaluer l'efficacité des mesures testées.

---

## Conclusions

Les incursions dans les rizières se répètent d'année en année depuis trente ans. Il est illusoire de penser venir complètement à bout de ce comportement. Cependant la mise en œuvre d'un faisceau d'actions susceptibles d'atténuer le phénomène pourrait contribuer à soulager la profession rizicole.

Avec l'achat du Fangassier par le conservatoire du littoral, il est envisagé de modifier la gestion du site de reproduction pour rendre les mises en eau (et la reproduction des flamants) plus dépendante des variations des précipitations hivernales. Ainsi, certaines années sèches, la reproduction des flamants n'aurait pas lieu ce qui dans le court terme pourrait réduire les incursions ces années là et dans le long terme contribuerait à stabiliser la taille de la population.

Dans le long terme, la protection des parcelles ne pourra être complètement assurée que par un réaménagement du territoire rizicole visant à restaurer le linéaire de haies. Trouillet (2007) confirme que la taille des parcelles et de la densité de haies environnantes influence la probabilité qu'une parcelle subisse des incursions. Le reboisement des petites parcelles rizicoles demeure donc une des mesures prioritaires à mettre en œuvre pour réduire la venue des flamants. Dans ce projet de maîtrise des incursions de Flamants roses dans les rizières, les acteurs concernés ont de fortes capacités à intervenir sur l'espèce et le milieu. Il serait donc souhaitable de part l'intérêt que la société porte à ces deux composantes de la Camargue que des investissements supplémentaires soient apportés par les représentants institutionnels du secteur agricole et du secteur de l'environnement.

Au niveau local il est primordial que le PNRC s'implique dans la diffusion de l'outil d'aide à la décision CAMGIS pour l'aménagement paysager suite à la mise en place de MAE pour le reboisement du pourtour des rizières. Il devra également poursuivre de façon plus contrôlée son appui technique pour les actions de reboisement. Ce soutien est primordial dans l'intérêt de gestion du conflit sur le long terme.

## Bibliographie

---

**KEOUGH H. et al., 2005** – Achieving integrative, collaborative Ecosystem management. *Conservation Biology* 20, 1373-1382.

**MANOSA S., MESLEARD F., 1997** - Les rizières et la conservation des oiseaux d'eau dans trois régions du bassin méditerranéen occidental : la Camargue, le delta de l'Ebre, la plaine du Pô, rapport interne Tour du Valat.

**MARBOUTIN E., LEBRETON JD. al., 2005** - Gestion adaptative de la population de loup en France : du monitoring à l'évaluation des possibilités de prélèvements, ONCFS, Rapport scientifique 2005.

**SOURRIBES V.C, 1993.** - *Etude du phénomène d'incursion des flamants roses dans les rizières de Camargue.* Mission réalisée pour le Parc Naturel régional de Camargue.

**TOURENQ C, AULAGNIER S, DURIEUX L, LEK S, MESLEARD F, JOHNSON A, and MARTIN J-L, 2001.** - *Identifying rice fields at risk from damage by the greater flamingo.* *Journal of Applied Ecology* 38, 170-179.

**TROUILLET, A. 2007.** Elaboration d'un modèle spatialisé et prédictif, appliqué à l'incursion des flamants roses dans les rizières camarguaises. Mémoire de maîtrise professionnelle. Université de Provence.