



**HAL**  
open science

## Compte-rendu d'étude scientifique : conception et évaluation participative d'itinéraires techniques alternatifs à la lutte chimique pour contrôler les adventices dans les rizières de Camargue

Jean-Claude J.-C. Mouret, Roy Hammond, Gatien Falconnier, Annie Rossard

### ► To cite this version:

Jean-Claude J.-C. Mouret, Roy Hammond, Gatien Falconnier, Annie Rossard. Compte-rendu d'étude scientifique : conception et évaluation participative d'itinéraires techniques alternatifs à la lutte chimique pour contrôler les adventices dans les rizières de Camargue. [Rapport Technique] Institut National de la Recherche Agronomique (INRA); FranceAgriMer. 2012. hal-02808698

**HAL Id: hal-02808698**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02808698v1>**

Submitted on 6 Jun 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**FranceAgriMer**  
Plan d'adaptation de la filière riz  
(Année 7)

# Compte rendu d'étude scientifique

**CONCEPTION ET EVALUATION PARTICIPATIVE  
D'ITINERAIRES TECHNIQUES ALTERNATIFS A LA  
LUTTE CHIMIQUE POUR CONTROLER LES  
ADVENTICES DANS LES RIZIERES DE CAMARGUE**

**MOURET Jean-Claude  
HAMMOND Roy  
FALCONNIER Gatien  
ROSSARD Annie**

**Mai 2012**

## Avant propos

*Cette étude a été réalisée avec l'appui de FranceAgriMer dans le cadre du plan d'adaptation de la filière rizicole sur la base d'une convention signée avec l'UMR Innovation de l'Inra : Centre de Montpellier.*

*Les auteurs remercient très sincèrement les riziculteurs qui ont participé à cette étude basée sur un prototypage d'itinéraire technique alternatif à la lutte chimique pour contrôler les mauvaises herbes dans les rizières de Camargue. En effet, cette démarche fait appel à la contribution active des riziculteurs pour d'une part élaborer la question de recherche à considérer et d'autre part construire un protocole d'itinéraire technique et le mettre en œuvre pour l'évaluer.*

*Nous remercions tout particulièrement Mr Bernard Poujol agriculteur au Mas Neuf de la Motte et Mr Yacine el Habab chef de culture au Domaine de l'Armelière pour leur disponibilité et leur contribution sans réserve à cette étude.*

*Chez Mr Poujol le prototypage consistait à tester l'association d'un élevage de canards à une culture de riz conduite en condition biologique. Au-delà des connaissances techniques et agronomiques résultant de cette expérimentation on notera l'engouement porté par les médias : télévision nationale et régionale, presse nationale et régionale, sur cette expérimentation. Ceci révèle certainement un intérêt grandissant de la société pour l'agriculture en général et pour les techniques agroécologiques en particulier mise en œuvre par les agriculteurs avec l'appui des institutions de recherche et de développement.*

# Sommaire

1	Introduction.....	3
1.1	Les adventices, principale facteur limitant du rendement en riz bio en camargue.....	3
1.2	Les différentes adventices rencontrées dans les rizières biologiques de camargue.....	3
1.3	Un prototypage d'itinéraires techniques pour répondre aux attentes des riziculteurs bios de Camargue concernant la lutte contre les adventices.....	4
2	Méthodologie.....	5
2.1	Conception et expérimentation des prototypes d'itinéraires techniques.....	5
2.1.1	Réunion collective entre experts techniciens et riziculteurs.....	5
2.1.2	Une base de données sur le suivi agronomique de parcelles.....	5
2.1.3	Réunions individuelles avec deux riziculteurs-testeurs.....	5
2.1.4	Suivi météorologique.....	6
2.2	Évaluation des prototypes d'itinéraires techniques.....	6
2.2.1	Dispositif de recueil des informations.....	6
2.2.2	Analyses de sol.....	7
2.2.3	Quantification des banques de graines d'adventices.....	7
2.2.4	Caractérisation du peuplement et variables de formation du rendement en riz paddy.....	7
3	Résultats.....	9
3.1	Conception des prototypes d'itinéraires techniques pour limiter l'infestation en adventices.....	9
3.1.1	Définition d'objectifs et de sous-objectifs pour limiter l'infestation en adventices des deuxièmes années de riz.....	9
3.1.2	Définition des paramètres et des valeurs cibles permettant d'évaluer les sous-objectifs.....	10
3.1.3	Les différentes techniques pour limiter l'infestation par les adventices et répondre aux objectifs fixés.....	11
3.1.4	Repérage des situations disponibles pour l'étude.....	14
3.2	Les prototypes d'itinéraire technique mis en place sur les parcelles retenues.....	16
3.3	Évaluation des performances des prototypes.....	17
3.3.1	Prototype 1.....	17
3.3.2	Prototype 2a.....	23
3.3.3	Prototype 2b.....	31
3.3.4	T 184 : une parcelle de deuxième année resemée.....	35
3.3.5	Les situations complémentaires de riz en première année.....	38
4	Conclusion.....	44
5	Bibliographie.....	45

# 1 Introduction

## 1.1 LES ADVENTICES, PRINCIPAL FACTEUR LIMITANT DU RENDEMENT EN RIZ BIO EN CAMARGUE

Le riz est soumis à une forte pression des adventices. Plus de 60% des rizières bios camarguaises sont très enherbées tandis que 10% apparaissent propres (Carlin et al., 2004). Les adventices entrent en compétition avec le riz pour la lumière et les éléments minéraux. Au delà de 3t/ha d'adventices, le rendement du riz est fortement pénalisé et dépasse rarement les 3t/ha. La culture du riz et la mise en eau des parcelles qui l'accompagne permet le développement des adventices du riz et l'augmentation de leurs graines dans le sol. L'infestation par les adventices est très souvent plus importante pour une deuxième année de riz successive que sur une « terre neuve ».

Il existe une diversité d'adventices et d'effet de concurrence vis à vis du riz

## 1.2 LES DIFFÉRENTES ADVENTICES RENCONTRÉES DANS LES RIZIÈRES BIOLOGIQUES DE CAMARGUE

Le Tableau 1 présente quelques caractéristiques des principales adventices du riz biologique en Camargue, classées par ordre de fréquence d'apparition dans les rizières.

Nom Vernaculaire	Famille	Nom scientifique	Classe	Reproduction	Milieu	fréquence dans les parcelles de riz biologique
Panisses	POACEES	<i>Echinochloa crus-galli</i>	monocotylédone	annuelle	aquatique/exondée	90
		<i>Echinochloa phyllopogon</i>	monocotylédone	annuelle	aquatique/exondée	-
Triangles	CYPERACEES	<i>Scirpus mucronatus</i>	monocotylédone	annuelle et vivace	aquatique	69
		<i>Scirpus maritimus</i>	monocotylédone	vivace	aquatique	45
		<i>Cyperus difformis</i>	monocotylédone	annuelle	aquatique	31
x	SCROPHULARIACEES	<i>Lindernia dubia</i>	dicotylédone	annuelle	aquatique	38
x	LYTHRACEES	<i>Ammania coccinea</i>	dicotylédone	annuelle	aquatique	28
Chiendent	POACEE	<i>Paspalum distichum</i>	monocotylédone	vivace	aquatique	14
x	PONTEDERIACEES	<i>Heteranthera limosa</i>	dicotylédone	annuelle	aquatique	7

Tableau 1: Caractéristiques des principales adventices du riz biologique en Camargue, classées par ordre de fréquence d'apparition dans les rizières bios

La « panisse » (*Echinochloa crus-gali* et *Echinochloa phyllopogon*) est l'adventice principale du riz en Camargue. Elle est présente dans 90% des rizières suivies. Cette adventice peut produire jusqu'à 18000 graines par plant (Maun et Barrett, 1986). Les graines sont dormantes et peuvent rester viables jusqu'à 10 ans dans le sol (Yamasue, 2001). La plante, bien que souvent rencontrée en milieu exondé, est adaptée à la submersion. Le zéro de germination de 11,7°C ((Mattinkova et al., 2006) est inférieur à celui du riz. Le cycle de la plante est court (entre 38 et 126 jours pour *Echinochloa Crus Galli* et entre 58 et 153 jours pour *Echinochloa Phyllopogon*, (Maun et Barrett, 1986). Ces caractéristiques font de la panisse une concurrente redoutable du riz. La plante se développe facilement dans les rizières et la production importante de graines alimente un stock de graines qui peut persister de nombreuses années.

Les « triangles » représentent le deuxième type d'adventices le plus fréquent en Camargue. L'appellation vernaculaire « triangles » regroupe différentes cypéracées dont : *Scirpus mucronatus*, *Scirpus maritimus*, et *Cyperus difformis*. *Scirpus mucronatus* et *Cyperus difformis* sont annuelles et se reproduisent par graines. De la même manière que la panisse, ces deux espèces produisent des graines qui alimentent un stock de graines dans le sol qui peut persister. *Scirpus maritimus* est une plante vivace qui se multiplie pas des rhizomes souterrains. Elle est également très fréquente dans les rizières bios.

D'autres adventices, des dicotylédones, sont rencontrées également dans les rizières. Leur effet de concurrence sur le riz est moindre que la panisses et les triangles, en effet leur levée est souvent plus tardive.

**Panisses et triangles sont les adventices les plus répandues, et ce sont elles qui affectent le plus le rendement du riz. Les panisses affectent le tallage, le poids des grains et le nombre d'épillets par panicule. Les triangles agissent sur le nombre de grains par mètre carré et sur le poids des grains (Carlin et al., 2004)**

### **1.3 UN PROTOTYPAGE D'ITINÉRAIRES TECHNIQUES POUR RÉPONDRE AUX ATTENTES DES RIZICULTEURS BIOS DE CAMARGUE CONCERNANT LA LUTTE CONTRE LES ADVENTICES**

Le riz représente la plus grande part du revenu pour les riziculteurs bios Camarguais. L'augmentation de la part du riz dans leurs assolements constitue donc une priorité. Il est difficile de réaliser deux cultures successives de riz sur la même parcelle, le rendement de la deuxième année étant souvent très faible (1t/ha contre 5 à 8t/ha en première année) à cause de la pression en mauvaises herbes. **Cette action de recherche a pour objectif la conception d'itinéraires techniques innovants permettant de réaliser un meilleur rendement en riz lors d'une deuxième année de culture consécutive.**

La démarche retenue est celle d'un prototypage réalisé en 3 étapes (Vereijken, 1997) :

- construction par des experts d'itinéraires techniques répondant à un cadre de contraintes et d'objectifs
- expérimentation et évaluation de ces performances sur des critères correspondant aux objectifs fixés
- adaptation en fonction de l'évaluation multi-critère

## 2 Méthodologie

### 2.1 CONCEPTION ET EXPÉRIMENTATION DES PROTOTYPES D'ITINÉRAIRES TECHNIQUES

#### 2.1.1 RÉUNION COLLECTIVE ENTRE EXPERTS TECHNICIENS ET RIZICULTEURS

Cette réunion qui s'est tenue le 27 Janvier 2011 au Centre Français du Riz à Arles a réuni 5 riziculteurs bios, un technicien du CFR et 3 "experts" de l'INRA. Le but était de déterminer les **objectifs à atteindre** en terme de lutte contre l'infestation par les adventives et les **différents leviers à la portée des agriculteurs** pour lutter contre cette infestation. Cette réunion a donc permis de définir les différentes techniques à intégrer dans les prototypes d'itinéraire technique à expérimenter.

#### 2.1.2 UNE BASE DE DONNÉES SUR LE SUIVI AGRONOMIQUE DE PARCELLES

L'UMR Innovation a mené le suivi de parcelles d'agriculteurs sur 20 ans (1992, 2009). Ce suivi portait sur l'analyse des facteurs (pratiques des agriculteurs et conditions environnementales) contrôlant la variabilité des rendements du riz et les écarts de productivité.

Une base de données qui comporte 350 parcelles (119 en agriculture biologique) est disponible et concerne entre autre : les rendements du riz, la biomasse des adventives à la récolte, les densités de peuplement (riz et adventives) au stade 2-3 feuilles du riz. L'analyse statistique de cette base a donné lieu à divers travaux, notamment ceux de (Carlin et al., 2004) et (Delmotte et al., 2011)

#### 2.1.3 RÉUNIONS INDIVIDUELLES AVEC DEUX RIZICULTEURS-TESTEURS

Deux riziculteurs se sont portés volontaires pour expérimenter les prototypes d'itinéraire technique. Les caractéristiques des deux exploitations ayant choisi d'expérimenter les prototypes sont résumées dans le Tableau 2.

Nom de l'exploitation	Type d'exploitation	Surface cultivée	Cultures pratiquées			Élevage
			Riz	Blé	Luzerne	
Domaine de l'Armelière	Société civile avec régisseur	60				non
Mas Neuf de la Motte	exploitation agricole en faire valoir direct individuel	44	10	0	34	400 brebis

Tableau 2: Caractéristiques des deux exploitations expérimentant les prototypes.

Les réunions individuelles avec ces deux riziculteurs intéressés par l'expérimentation ont permis de repérer les parcelles où allaient être mis en œuvre les prototypes. Les précédents culturaux et l'appréciation par l'agriculteur de l'infestation en adventives de la dernière culture de riz ont également été relevés.

### 2.1.4 SUIVI MÉTÉOROLOGIQUE

Les variables climatiques (températures minimales et maximales, pluviométrie) ont été enregistrées par la station météorologique du Mas d'Adrien.

## 2.2 ÉVALUATION DES PROTOTYPES D'ITINÉRAIRES TECHNIQUES

### 2.2.1 DISPOSITIF DE RECUEIL DES INFORMATIONS

La Figure 1 présente le dispositif retenu pour le recueil des informations permettant d'évaluer les prototypes.

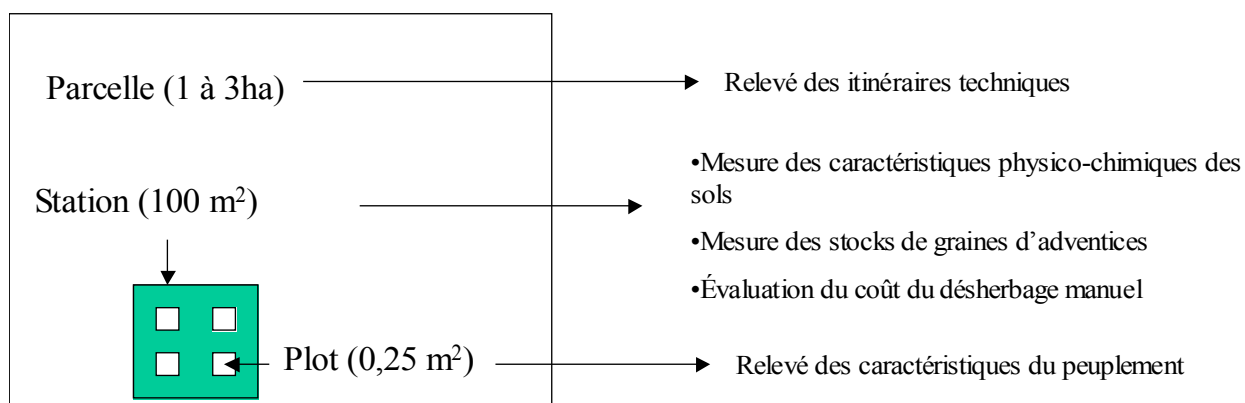


Figure 1: Dispositif de recueil des informations pour l'évaluation des prototypes

L'itinéraire technique mis en œuvre sur la parcelle (opération, date et outils employés) est recueilli auprès des riziculteur-testeurs.

Les analyses de sol et les mesures de stock de graines d'adventices dans le sol ont été réalisées au niveau de stations de 100 m<sup>2</sup> (Figure 1). L'évaluation économique du désherbage manuel a été réalisée au niveau de ces mêmes stations, mais étendues (de 300 à 2400 m<sup>2</sup>).

Enfin le relevé des caractéristiques du peuplement s'est fait au niveau de 4 plots de 0,25 m<sup>2</sup> dans chaque station.

### 2.2.2 ANALYSES DE SOL

Les échantillons ont été prélevés entre la fin des chantiers de préparation du sol et de fertilisation et la mise en eau. Les analyses ont été réalisées par le laboratoire du CIRAD : granulométrie standard, pH eau, matière organique (C et N), mise en solution N minéral, azote nitrique et ammoniacal, phosphore assimilable (Olsen), mise en solution du complexe d'échange, complexe absorbant (Co(NH<sub>3</sub>)<sub>6</sub>CL<sub>3</sub>), mise en solution aqueuse extrait, conductivité électrique.

### 2.2.3 QUANTIFICATION DES BANQUES DE GRAINES D'ADVENTICES

Les prélèvements de sol pour la mesure du stock de graines d'adventices ont été réalisés au début du mois d'avril. Cette période est favorable pour quantifier les graines viables. En effet, les



températures froides de l'hiver permettent la levée des dormances de la plupart des adventices. Une tarière pour « profils racinaires » équipée d'un cylindre de prélèvement (diamètre 8 cm) et d'un piston pour extraire le prélèvement a été utilisée. 8 prélèvements ont été réalisés dans chaque station (4 dans chaque diagonale). Chaque carotte a été divisée en 3 sous-échantillons correspondant à 3 profondeurs : **0-5cm, 5-15 cm et 15-20 cm**. Pour une profondeur donnée, les 8 prélèvements ont été mélangés pour constituer un échantillon « composite ». Il y avait donc finalement trois échantillons par parcelle correspondant aux trois profondeurs.

Chaque échantillon a été émiété finement à la main, placé dans une terrine de semis (20\*35\*5,5 cm) avec du terreau au fond. Les terrines ont été mises à germer dans une serre (25°C le jour, 18°C la nuit, entre 35 et 65% d'humidité) ; Le sol a été maintenu constamment humide. La détermination et le comptage des plantules a eu lieu pendant 3 mois.

La surface correspondant à un prélèvement est donnée par le calcul suivant :

$$S_{\text{cylindre}} = 4^2 * 3.14 = 16 * 3.14 = 50,24 \text{ cm}^2$$

La surface totale représentée par l'échantillon « composite » (8 prélèvements) pour une profondeur donnée est donc :

$$S_{\text{échantillon composite}} = S_{\text{cylindre}} * 8 = 401.92 \text{ cm}^2 = \mathbf{0.04 \text{ m}^2 = 1/25 \text{ m}^2}$$

Les comptages réalisés dans les bacs de semis ont donc été multipliés par 25 pour obtenir une densité de graines/m<sup>2</sup> pour chaque prélèvement.

## **2.2.4 CARACTÉRISATION DU PEUPEMENT ET VARIABLES DE FORMATION DU RENDEMENT EN RIZ PADDY**

### *1 Mesure des densités de peuplement au stade 2-3 feuilles du riz*

Le nombre de plants de riz viables et des différentes espèces d'adventices au mètre carré est obtenu par comptage dans les plots de chaque station. Ce comptage a lieu pendant la première moitié du mois de juin lorsque le riz a atteint le stade 2-3 feuilles.

### *2 Mesure de la matière sèche des d'adventices à la récolte et composantes du rendement*

Peu avant la récolte prévue par les riziculteurs (fin septembre, mi-octobre), les plots des stations sont récoltés (riz et adventices).

Les adventices sont séparées des tiges de riz. Les tiges de riz sont alors battues pour séparer le grain de la paille. Les grains de riz, la paille et les adventices sont séchés 72 heures à l'étuve à 90 °C. Le nombre de panicules par mètre carré est obtenu lors du tri entre tiges de riz et adventices. Les pailles de riz et les adventices sont pesées. Les grains de riz secs sont pesés pour obtenir une estimation du rendement riz paddy. Le rendement est donné aux normes, c'est à dire en rajoutant 13% d'humidité. Le poids de 1000 grains est également déterminé à partir de ces échantillons.

Le nombre de grains par panicule est obtenu grâce à un échantillon de 20 panicules prélevées aléatoirement dans la station. Le décompte des grains pleins et vides permet d'obtenir le pourcentage de stérilité.

### 3 Résultats

#### 3.1 CONCEPTION DES PROTOTYPES D'ITINÉRAIRES TECHNIQUES POUR LIMITER L'INFESTATION EN ADVENTICES

##### 3.1.1 DÉFINITION D'OBJECTIFS ET DE SOUS-OBJECTIFS POUR LIMITER L'INFESTATION EN ADVENTICES DES DEUXIÈMES ANNÉES DE RIZ

Lors de la réunion collective entre experts et riziculteurs, l'objectif d'obtenir 8T de riz sur deux années de culture a été défini. Cet objectif ne peut être atteint qu'en limitant l'infestation par les adventices de la deuxième année consécutive de riz. L'étape suivante du prototypage consiste à décomposer l'objectif principal en une série de sous-objectifs. La Figure 2 présente les 3 sous-objectifs associés à l'objectif principal de limitation de l'infestation de la deuxième année de riz tels qu'ils ont été définis lors de la réunion collective entre experts.

**Objectif principal**      Obtenir 8t/ha en deux années successives de riz = limiter l'infestation par les adventices de la deuxième année

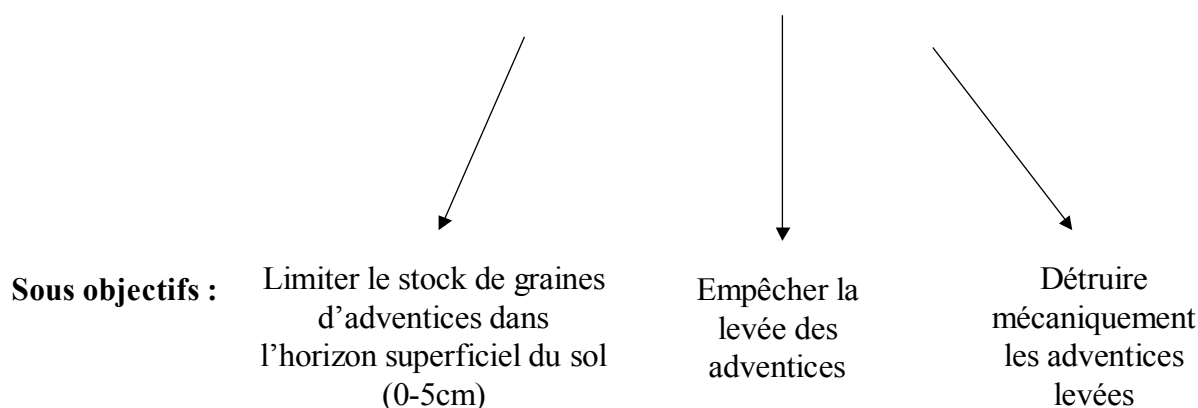


Figure 2: Les sous-objectifs définis collectivement pour limiter l'infestation en adventices des deuxièmes années de riz

Ces sous-objectifs sont chronologiques. Le premier moyen de lutte contre les adventices est préventif. A chaque cycle de culture, les adventices qui se développent et qui ne sont pas détruites fleurissent puis donnent des graines. Ces graines tombent au sol et alimentent le stock de graines du sol. Ce stock de graines présente une distribution verticale qui est fonction du travail du sol réalisé et des outils employés. Si les conditions sont réunies, les graines situées à moins de 5 cm de la surface du sol pourront germer lors du cycle cultural suivant (Rodriquez, 2004). **Limiter le stock de graines** d'adventices dans la couche superficielle du sol constitue donc le premier objectif pour limiter l'infestation de la deuxième année de riz.

En cas de présence de graines d'adventices dans les couches superficielles, il existe des techniques pour limiter ou **empêcher la levée des adventices**. C'est le second sous-objectif.

Enfin, le dernier moyen est curatif : il s'agit de **détruire mécaniquement les adventices** qui ont levé. C'est le troisième et dernier sous-objectif.

### 3.1.2 DÉFINITION DES PARAMÈTRES ET DES VALEURS CIBLES PERMETTANT D'ÉVALUER LES SOUS-OBJECTIFS

Les paramètres utilisés pour évaluer les sous-objectifs sont :

- Le stock de graines d'adventices dans les 5 premiers cm du sol.
- Les densités de peuplement (riz et adventices) au stade 2-3 feuilles du riz.
- La matière sèche des différentes adventices à la récolte.

Le suivi agronomique réalisé par l'UMR innovation pendant 20 ans sur plus de 350 parcelles a permis de déterminer pour chaque paramètre les valeurs cibles pour atteindre les objectifs fixés (Delmotte et al., 2011) et (Carlin et al., 2004).

Le Tableau 3 présente ces valeurs cibles par paramètre et par objectif.

Objectif		Sous-objectif	paramètre à mesurer	Seuil
8t/ha de riz en deux ans. Limiter l'infestation en adventices de la deuxième année	Matière sèche d'adventices <3t/ha pour la deuxième année	Stock de graines d'annuelles dans l'horizon superficiel faible	Nb graines viables/m <sup>2</sup> dans les 5 premiers centimètres du sol	<b>0</b>
		Limiter la levée des adventices	Nb de plants/m <sup>2</sup> au stade 2-3 feuilles du riz	<b>panisses &lt;3 plants/m<sup>2</sup>; triangles &lt; 100 m<sup>2</sup>; riz &gt; 187 plants/m<sup>2</sup></b>
		Détruire mécaniquement les adventices pendant le cycle du riz	Matière sèche des adventices à la récolte	<b>&lt;3t/ha</b>

Tableau 3: Valeurs cibles par paramètre et par objectif

- **L'objectif global est atteint si la matière sèche des adventices à la récolte est inférieure à 3t/ha :**

Au delà de 3t/ha d'adventices, le rendement du riz est pénalisé et ne dépasse pas les 3t/ha. En misant sur une première année qui donnerait 5t/ha de riz (rendement souvent obtenu en culture biologique en première année), il faut donc impérativement que la quantité d'adventices en deuxième année soit inférieure à 3t/ha pour avoir au moins 8t/ha sur les deux ans.

- **Différentes valeurs cibles pour les paramètres correspondants aux sous-objectifs :**

Concernant la valeur cible pour le stock de graines d'adventices dans l'horizon superficiel du sol, nous avons choisi 0 comme valeur cible, car il est effectivement possible d'envisager d'avoir un stock nul. Les 3t/ha d'adventices correspondent, en l'absence de destruction mécanique, à une densité de 3 panisses/m<sup>2</sup> ou 100 triangles/m<sup>2</sup>. De plus, les travaux de l'UMR Innovation ont montré

qu'il faut plus de 187 plants de riz/m<sup>2</sup> pour que le riz concurrence efficacement la levée des mauvaises herbes.

Enfin la destruction mécanique des adventices doit également permettre d'avoir moins de 3t/ha d'adventices à la récolte même si les densités d'adventices à la levée sont trop importantes.

La réunion collective des experts et techniciens a permis d'aborder toutes les techniques permettant d'atteindre ces valeurs cibles et ainsi limiter l'infestation par les adventices d'une parcelle en deuxième année successive de riz.

### **3.1.3 LES DIFFÉRENTES TECHNIQUES POUR LIMITER L'INFESTATION PAR LES ADVENTICES ET RÉPONDRE AUX OBJECTIFS FIXÉS.**

La partie suivante présente les différentes techniques de lutte contre les adventices telles qu'elles ont été définies collectivement par les riziculteurs et les techniciens. Autant que possible, ces techniques sont confrontées à une analyse bibliographique qui permet de conforter leur pertinence.

1 *techniques pour limiter le stock de graines d'adventices dans les 5 premiers cm du sol avant la culture du riz en deuxième année successive*

- **nature et gestion des précédents du riz**

La nature et le type de conduite des cultures influencent le type d'adventices susceptibles de germer et de produire des graines. Ainsi les cultures irriguées favorisent la pousse et la montée en graines des adventices du riz. La fauche et le pâturage permettent d'éviter la montée en graine des adventices. Cependant la fauche laisse un talon qui permet aux adventices d'émettre à nouveau des tiges et de grainer. La technique la plus efficace pour empêcher les adventices de grainer semble être le pâturage à ras. Les graines de panisses ayant une mortalité faible, il semblerait donc que la durée de la succession ne soit pas suffisante pour anéantir le stock. C'est donc plutôt les cultures pratiquées et leur gestion qui permettent de détruire le stock de panisses.

- **Gestion de la première année du riz**

La première année de riz peut faire l'objet d'un désherbage manuel. Ce désherbage peut avoir lieu soit au moment du tallage, les plantes sont arrachées, soit au moment de la floraison, les plantes annuelles sont écimées à l'aide d'une faucille. Ces techniques permettent d'éviter aux adventices qui ont levé dans la première année de riz de grainer et ainsi réalimenter le stock de graines du sol.

Ces techniques sont utilisées entre juin et septembre dans le sud de l'Espagne pour la production semencière mais également en production de riz conventionnelle. Le travail nécessite l'emploi d'un à 20 journaliers. Ceux-ci progressent dans la parcelle espacés de 8 à 10m. Deux passages sont ainsi réalisés : un premier lorsque les panisses sont jeunes, un deuxième lorsqu'elle sont plus âgées au mois d'août ou septembre. La charge de travail varie entre 0,25 et 0,5 homme-jour par ha (hj/ha) pour une parcelle propre (sans mention du taux d'infestation) et 5 à 8 hj/ha pour une parcelle « sâle » (Portero, 2010). Dans le contexte camarguais, le temps nécessaire et le coût de ces désherbages ne sont pas connus.

- **Gestion de l'inter-culture riz-riz**

L'inter-culture entre deux cultures de riz s'étale du mois d'octobre au mois de mai de l'année suivante. Durant cette période, plusieurs techniques permettent de diminuer le stock de graines d'adventices dans l'horizon superficiel du sol :

- le brûlis des pailles de riz après la récolte : la chaleur détruit les graines d'adventices tombées au sol. Les pailles doivent être broyées et bien réparties sur toute la parcelle. Le brûlis des pailles disposées en andains laisse des zones sans échauffement.
- Le nettoyage des portes-eaux.
- le maintien d'une lame d'eau haute pour attirer les oiseaux : van Groenigen et al. (2003) ont ainsi montré, dans la vallée de Sacramento en Californie, une réduction de moitié de la biomasse d'adventices à la récolte (de 204 kg/ha à 89 kg/ha) sur des parcelles mises en eau pendant l'hiver et soumises à l'activité d'oiseaux aquatiques sauvages (canards, échassiers, cygnes...).
- l'enfouissement des graines d'adventices en profondeur par un labour (Roger-Estrade et al., 2001). Les graines sont ainsi positionnées à une profondeur à laquelle elle ne peuvent pas germer ou germent sans lever.
- la réalisation de faux-semis mécaniques au printemps.

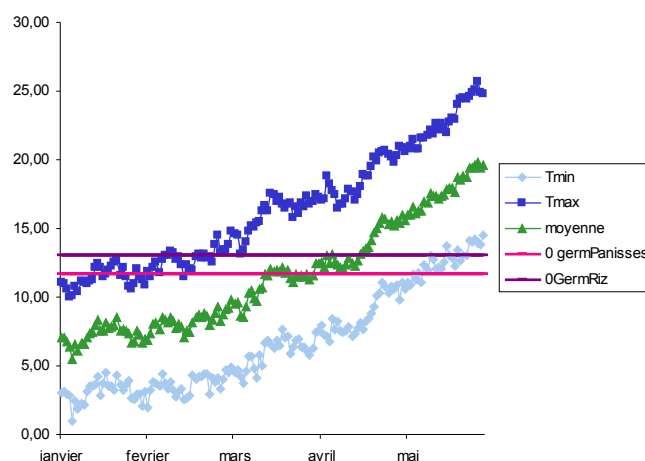


Figure 3: Températures et 0 de germination du riz et de la panisses (données de la station météorologique de la Tour du Valat, moyennes journalières sur la période 93-2010)

En Camargue, le zéro de germination de la panisse est atteint dès la mi-mars (voir Figure 3). Il est alors possible, par un travail du sol approprié et éventuellement une mise en eau de la parcelle, de provoquer la levée d'une partie du stock de graines d'adventices. Une destruction efficace des ces adventices permet ainsi une réduction du stock de graines.

**Remarque :** La réunion de définition des techniques ayant eu lieu à la fin du mois de janvier, seul les techniques pendant l'inter-culture ont réellement fait l'objet d'un prototypage. Les autres techniques (rotation+1ère année de riz) sont les pratiques antérieures de l'agriculteur, avant discussion. Cependant ces pratiques ont été déterminées et évaluées dans le cadre du prototypage.

## 2 *techniques pour limiter la levée des mauvaises herbes*

Une bonne densité de peuplement de riz à la levée est un gage de contrôle de l'infestation des adventices. Les préconisations sont les suivantes :

- une dose de semis moyenne de 240 kg/ha (variétés Arelate, Sélénio, ..) en fonction des variétés ,
- une pré-germination des semences,
- une date de semis qui se situe au cours de la 2<sup>ème</sup> semaine de mai (températures suffisamment chaudes pour assurer une bonne levée),
- une réduction du laps de temps entre le dernier travail du sol, la mise en eau et le semis pour ne pas donner d'avance aux mauvaises herbes.

Ces techniques sont valables en première comme en deuxième année de riz. La submersion (10cm d'eau) au moment du semis permet de limiter l'oxygène dans les couches profondes du sol et empêche ainsi la germination des graines situées dans ces couches. En effet les graines de panisses germent à 10 cm de profondeur en sol sec, 3cm en sol saturé et 2 cm en conditions submergées (Arai et Matsunaka, 1966). Avec une inondation de 6cm de hauteur directement après le semis en milieu contrôlé de 40 graines de panisses, 90% des graines lèvent, mais la biomasse des plantules après 14j d'inondation est réduite de 76% par rapport à un témoin sans inondation (Chauhan et Johnson, 2011). **La lame d'eau au moment du semis du riz aurait donc un effet double sur les panisses : elle empêche la levée des graines situées au delà de 2cm de profondeur, et elle limite le développement des plantules levées.**

Enfin, il est conseillé d'éviter les assecs qui favorisent le développement des panisses et la germination de nouvelles graines.

## 3 *techniques pour la destruction mécanique des adventices.*

Les adventices qui lèvent dans la deuxième année de riz peuvent être détruites par un désherbage manuel. Cette technique est employée en Espagne pour la production de semences mais également en production de riz conventionnel, lorsque l'infestation de la parcelle n'est pas trop importante. Lorsque le riz a été semé à sec en ligne, un sarclage mécanique peut être possible dans l'inter-rang.

Enfin, une technique asiatique utilise les canards comme agents de désherbage. De nombreuses études montrent l'effet de l'introduction des canards sur le contrôle des adventices. L'introduction de 350 canards/ha 10 jours après repiquage permet de diminuer significativement le nombre de plants d'adventices/m<sup>2</sup> (4 plants/m<sup>2</sup> d'adventices en moyenne contre 74 plants/m<sup>2</sup> en l'absence de canards, 45 jours après repiquage du riz)(Tanveer et al., 2005). Les canards ne consomment plus les panisses à partir du mois de juillet lorsque ceux-ci sont trop développés (Tojo et al., 2007).

La Figure 4 présente une synthèse des différentes techniques de lutte contre les adventices discutées lors de la réunion entre riziculteurs et techniciens.

Techniques pour limiter le stock de graines d'adventices dans la couche superficielle du sol (0-5cm)			Techniques pour optimiser la densité du riz et freiner la levée des adventices	Techniques pour détruire les adventices
précédents du riz	riz 1 <sup>ère</sup> année	interculture riz-riz	semis du riz 2 <sup>e</sup> année	développement du riz 2 <sup>e</sup> année
luzerne pâturée à ras, sans irrigation	épuration manuelle	fort niveau d'eau l'hiver pour attirer les oiseaux qui consomment les graines	semences pré-germées, semis dense ( $\geq 250$ kg/ha) et tardif	désherbage manuel
		labour pour enfouir les graines		
blé ou autre culture sèche (tournesol, lentille)	écimage des panisses	faux semis mécanique à sec	laps de temps minimum entre préparation du lit de semence et mise en eau et entre mise en eau et semis	désherbage par les canards
		faux semis avec mise en eau et pâturage par les brebis		
prairie naturelle, « terre neuve »		nettoyage des porte-eau	pas d'assecs	pas d'assecs
	brûlis des pailles de riz			

Figure 4: Synthèse des techniques de lutte contre les adventices

C'est l'assemblage de ces différentes techniques à l'échelle de la parcelle et du cycle cultural qui donne naissance aux prototypes d'ITK. L'historique et les caractéristiques des parcelles conditionnent le choix des techniques à mettre en place. La partie qui suit présente les parcelles retenues pour expérimenter les prototypes.

### 3.1.4 REPÉRAGE DES SITUATIONS DISPONIBLES POUR L'ÉTUDE

Pour cette démarche de prototypage, 4 parcelles ayant été cultivées en riz en 2010 ont été retenues. Ces parcelles correspondent au choix des riziculteurs-testeurs pour mettre en œuvre des nouvelles techniques de lutte contre les adventices. Certaines de ces parcelles ont fait l'objet d'une estimation du taux de recouvrement par les adventices au moment de la récolte du riz 2010.

Le Tableau 4 présente l'historique des différentes parcelles choisies.

Exploitation	parcelle	antéprécédent	précédent	infestation du dernier riz cultivé	avis du riziculteur sur l'infestation
Armelière	T15	tournesol (4 ans)	riz	au moins une panisse par m <sup>2</sup>	infestation importante
Mas neuf de la Motte	T184	luzerne (3 ans)	riz	au moins une panisse par m <sup>2</sup>	infestation raisonnable
	T185	luzerne (3 ans)	riz	pas d'observation	infestation en panisses et triangles plus forte que T184
	T186	luzerne (3 ans)	riz	pas d'observation	infestation en panisses et triangles plus forte que T 184
Mas neuf de la Motte	T183/T188	luzerne (3 ans)		pas d'observation	forte infestation
Armelière	T187	prairie (15 ans)		pas d'observation	?
	T13	luzerne (au moins 10 ans)		pas d'observation	?

Tableau 4: Historique des différentes parcelles choisies pour le prototypage

La parcelle en précédent riz qui a été choisie à l'Armelière, T15, est une parcelle qui était très infestée en panisses en 2010 avec au moins un plant/m<sup>2</sup>. Ces panisses, en grainant, ont alimenté le stock de graines de la parcelle. Le potentiel d'enherbement de cette parcelle est donc fort.

Une des parcelles en précédent riz du Mas neuf de la Motte, T184, a fait l'objet d'un comptage à la récolte 2010. Comme pour la parcelle de l'Armelière, il y avait au moins 1 plant de panisse/m<sup>2</sup> à la récolte. Le potentiel d'enherbement de cette parcelle est donc également fort. Les deux autres parcelles retenues au Mas Neuf de la Motte, T185 et T 186, étaient, selon les dires de l'agriculteur, encore plus enherbées que la première. Avant d'accueillir du riz, ces parcelles étaient cultivées en luzerne.

Enfin, 4 parcelles en précédent luzerne et prairie ont été ajoutées au dispositif, pour connaître les stocks de graines d'adventices avec de tels précédents, et pour quantifier le coût de l'épuration manuelle.

Le Tableau 5 donne les caractéristiques physico chimiques des sols de ces parcelles.



	Exploitation	Parcelle	Argiles	Sables fins	Matière organique	Azote total	C/N	N-NH4 (kg/ha)	N-NO3 (kg/ha)
deuxième année de riz	Armelière	T15	24,1	6,9	2,4	1,4	10,1	8,2	7,0
	Mas Neuf de la Motte	T184	23,4	10,0	2,2	1,3	9,6	5,6	8,1
		T185	22,9	8,2	2,5	1,5	9,5	3,1	13,5
		T186	21,0	12,8	2,0	1,2	9,6	2,6	7,9
première année de riz	Armelière	T187	29,1	7,2	4,6	3,0	9,0	19,1	87,9
	la Motte	T183	31,4	3,2	2,2	1,4	9,5	6,6	1,3

Tableau 5: Caractéristiques physico-chimiques des sols des parcelles choisies

Les parcelles choisies sont de texture argileuse dominante. Le taux de matière organique est très satisfaisant sur l'ensemble des parcelles retenues, avec un taux important de 4,6% pour la parcelle en prairie à l'Armelière.

Toutes les parcelles en deuxième année de riz ont des caractéristiques de sol similaires. Ce facteur interfèrera donc a priori peu avec l'évaluation des prototypes.

### 3.2 LES PROTOTYPES D'ITINÉRAIRE TECHNIQUE MIS EN PLACE SUR LES PARCELLES RETENUES

Le Tableau 6 présente les caractéristiques globales des prototypes mis en œuvre sur les parcelles retenues par les agriculteurs partenaires en concertation avec l'équipe en charge de l'étude.

Parcelle	Prototype	descriptif global du prototype	autre évaluation
T15	1	Techniques pour limiter le stock de graines d'adventices dans la couche superficielle du sol (0-5cm)+Techniques pour optimiser la densité du riz et freiner la levée des adventices	x
T184	x	parcelle destinée au départ au prototype 2, ressemée car très mauvaise levée au premier semis	x
T185	2a	Techniques pour limiter le stock de graines d'adventices dans la couche superficielle du sol (0-5cm)+Techniques pour détruire les adventices	x
T186	2b	Techniques pour limiter le stock de graines d'adventices dans la couche superficielle du sol (0-5cm)+Techniques pour détruire les adventices	x
T183	x	x	temps de travail et coût du désherbage manuel et de l'écimage effet de la luzerne sur le stock de graines d'adventices
T188	x	x	effet d'un « bioactivateur »
T187	x	x	effet de la prairie sur le stock de graines d'adventices
T13	x	x	temps de travail et coût du désherbage manuel et de l'écimage

Tableau 6: caractéristiques globales des prototypes mis en œuvre sur les parcelles du dispositif et situations en première années.

Au total, 3 prototypes d'itinéraire technique ont été testés : le prototype 1 sur T 15 à l'Armelière, les prototypes 2a et 2b au Mas Neuf de la Motte. Les 3 prototypes mettent en œuvre des techniques pour limiter le stock de graines dans la couche superficielle du sol. Dans le prototype 1, la lutte contre les adventices est réalisée à l'implantation du riz, alors que dans les prototypes 2a et 2b, la lutte contre les adventices intervient pendant le développement du riz (désherbage par les canards).

T 184 n'a pas fait l'objet d'un prototype car cette parcelle a connu une mauvaise levée et a donc du être ressemée.

Enfin, 4 parcelles de riz en première année ont été ajoutées au dispositif pour évaluer le coût du désherbage et connaître l'effet du type de précédent sur le stock de graines d'adventices.

### 3.3 ÉVALUATION DES PERFORMANCES DES PROTOTYPES

#### 3.3.1 PROTOTYPE 1

##### 1 Les techniques à évaluer dans le cadre du Prototype 1

Le prototype 1 a été expérimenté sur la parcelle T15 au domaine de l'Armelière.

La Figure 5 présente les différentes techniques de lutte contre les mauvaises herbes mises en œuvre dans le prototype 1.



Parcelle	Prototype	Techniques pour limiter le stock de graines d'adventices dans la couche superficielle du sol (0-5cm)			Techniques pour optimiser la densité du riz et freiner la levée des adventices	Techniques pour détruire les adventices
		précédents du riz	riz 1 <sup>ère</sup> année	interculture riz-riz	semis du riz 2 <sup>e</sup> année	développement du riz 2 <sup>e</sup> année
T15A 	1	tournesol	<i>pas de technique relevée</i>	labour pour enfouir les graines	semence pré-germées, semis dense ( $\geq 250$ kg/ha) et tardif	<i>pas de technique particulière</i>
				faux semis mécanique à sec	laps de temps minimum entre préparation du lit de semence et mise en eau et entre mise en eau et semis	
				pas d'assecs		
T15B 	1	<i>ITK similaire</i>			désherbage manuel	

Figure 5: Les différentes techniques de lutte contre les adventices mises en œuvre dans le prototype 1, stations T15A et T15B

Pour ce prototype, la gestion de l'infestation de la deuxième année de riz est basée sur la gestion de l'inter-culture riz-riz et sur la gestion du semis et de la levée. Aucune mesure technique particulière n'a été mise en œuvre lors des précédents (5 ans de tournesol, une année de riz).

Pendant l'inter-culture, deux techniques ont été employées dans le but de diminuer le stock de graines de mauvaises herbes dans les horizons superficiels du sol : un labour à la charrue au mois de décembre pour enfouir les graines de mauvaises herbes ; puis un faux-semis mécanique à sec.

Une optimisation de la densité du riz pour limiter la levée des mauvaises herbes a été mise en œuvre.

Enfin un désherbage manuel en cours de cycle a été mis en œuvre par l'INRA sur une surface de 300 m<sup>2</sup> au sein de la parcelle. La station T15B était située dans cette zone désherbée.

## 2 Itinéraire technique : modalités du labour, du faux-semis et du semis

La Figure 6 présente l'itinéraire technique mis en œuvre pour le prototype 1 pendant l'inter-culture.

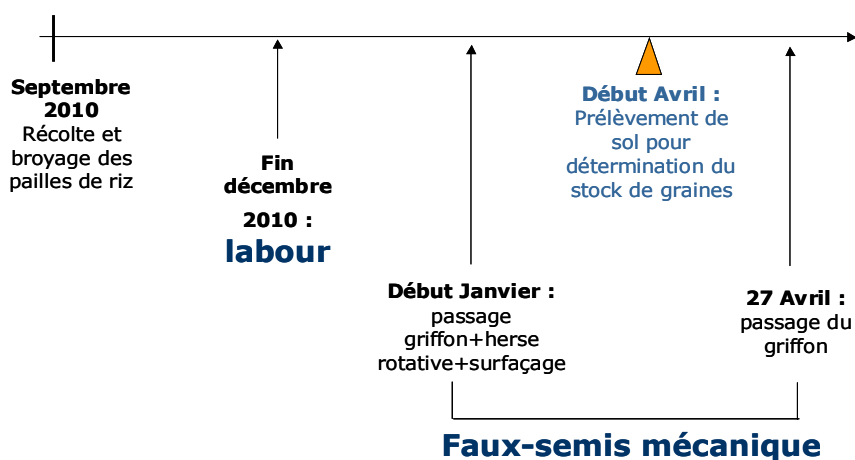


Figure 6: Itinéraire technique pendant l'inter-culture mis en œuvre pour le prototype 1. La date du prélèvement réalisé pour détermination du stock de graine a également été mentionnée.

Le labour a été réalisé à la fin du mois de décembre. Un passage de griffon et de herse rotative puis un surfaçage ont constitué la préparation du sol pour provoquer la levée des adventices. Ces opérations ont eu lieu au début du mois de janvier. Les adventices levées ont été détruites au griffon à la fin du mois d'avril. 4 mois séparent donc la préparation du sol de la destruction des adventices.

La Figure 7 présente l'itinéraire technique au moment du semis.



Laps de temps minimum entre préparation du lit de semence, mise en eau et semis

Figure 7: Itinéraire technique du semis

Deux jours séparent la mise en eau du semis du riz. C'est l'intervalle de temps le plus court possible car c'est celui nécessaire au remplissage des clos pour avoir la hauteur d'eau souhaitée pour le semis. Le semis du riz a été réalisé le 20 mai, à une forte densité (250 kg/ha) et avec des semences pré-germées.

La Figure 8 présente l'itinéraire technique du désherbage manuel.

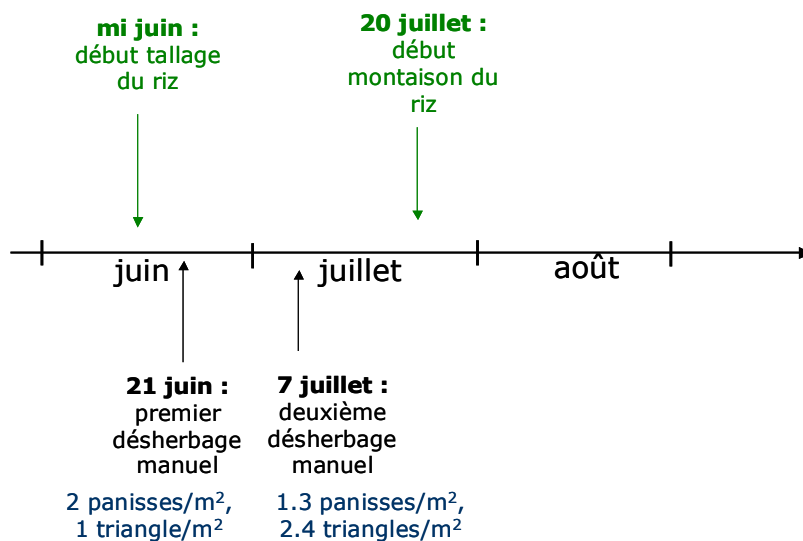


Figure 8: Itinéraire technique du désherbage manuel

Deux désherbages manuels ont été réalisés par l'équipe de l'INRA, le 21/06 et le 07/07 pendant la période de tallage du riz, sur une surface de 300m<sup>2</sup>. Le désherbage a concerné les panisses (lorsqu'elles pouvaient être différenciées du riz) et les triangles.

L'analyse des stocks de graines d'adventives, des densités de peuplement au stade 2-3 feuilles du riz, de la biomasse d'adventives à la récolte et des composantes du rendement permet d'évaluer l'efficacité des techniques mises en œuvre dans ce prototype.

La Figure 9 présente la répartition verticale dans les 20 premiers cm du sol des graines de panisses et de triangles.

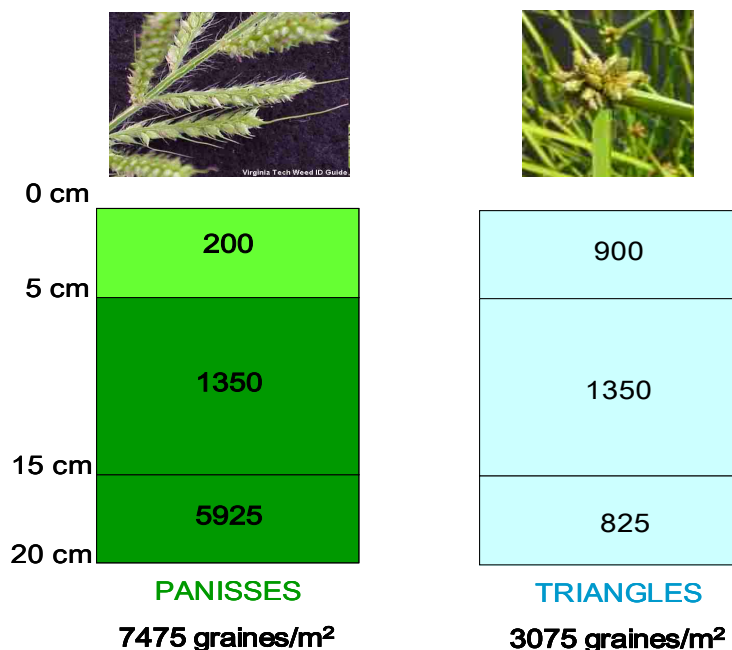


Figure 9: Répartition verticale du stock de graines d'adventices (panisses et triangles) pour le prototype 1 sur T15.

Le stock de triangles (*cyperus difformis* et *scirpus mucronatus*) est élevé : 3075 graines/m<sup>2</sup>. La distribution verticale des graines de triangle semble homogène.

Le stock de graines de panisses (*Echinochloa Crus-Gali*) est très important : 7800 graines/m<sup>2</sup>. La majorité étant située dans la couche 15-20 cm, il n'y a que 200 graines de panisses/m<sup>2</sup> dans la couche 0-5cm. **Le labour semble donc avoir été efficace pour l'enfouissement des graines de panisses.**

La mesure du stock ayant été réalisée au début du mois d'avril (3 semaines avant la destruction des adventices levées), il n'y a pas de comparaison possible entre le stock de graines avant et après faux-semis. Cependant, au regard de la relative faiblesse du stock (comparativement à d'autres parcelles du dispositif qui feront l'objet d'un commentaire), le faux-semis pourrait avoir permis une diminution du stock de graines d'adventices en surface.

Les mesures des densités de peuplement au stade 2-3 feuilles du riz permettent de connaître la part des graines du stock qui ont effectivement levé dans la deuxième année de riz.

La Figure 10 présente les densités de peuplement du riz et des adventices au stade 2-3 feuilles du riz pour les deux stations (T15A sans désherbage, T15B avec désherbage manuel).

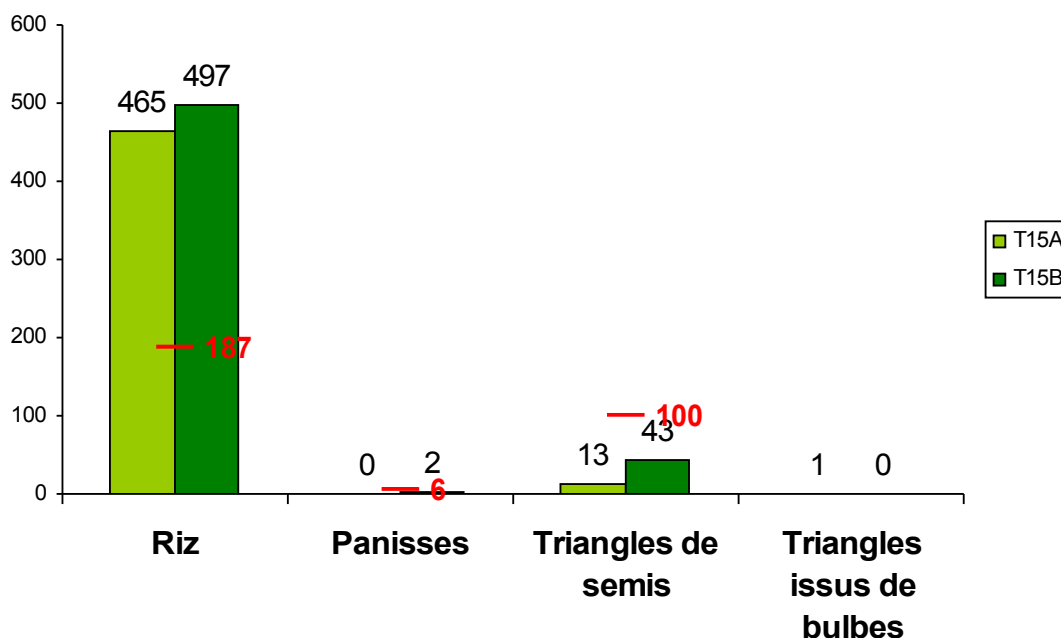


Figure 10: densités de peuplement (plants/m<sup>2</sup>) du riz et des adventices au stade 2-3 feuilles du riz. Les seuils correspondants aux objectifs fixés sont représentés par des barres horizontales rouges. T15A : station sans désherbage manuel, T15B station avec désherbage manuel.

La levée du riz a été très bonne et la densité du riz au stade trois feuilles est largement supérieure au seuil attendu : 465 plants/m<sup>2</sup> (497 pour la station T15B qui sera désherbée) alors qu'il a été défini que 187 plants/m<sup>2</sup> permettent déjà une bonne concurrence contre les adventices à la levée. Les densités d'adventices sont également satisfaisantes. Il n'y a aucune panisse comptée. Les panisses étant difficiles à différencier du riz au stade 2-3 feuilles, cette densité pourrait donc ne pas être nulle. Il y avait en effet 6 panisses/m<sup>2</sup> au stade montaison, indiquant que les panisses présentes au stade 2-3 feuilles du riz n'ont pas pu être observées. La densité de triangles de semis (*Cyperus difformis* et *Scirpus mucronatus*) est conforme à l'objectif fixé puisqu'inférieure à 100 plants/m<sup>2</sup>.

Il semble donc qu'une très faible proportion du stock de graines de panisses et de triangles ait levé. **Les techniques mises en œuvre (pré germination des semences de riz, densité élevée, réduction du laps de temps entre mise en eau et semis, pas d'assec) semblent donc avoir été efficaces pour favoriser la levée du riz et limiter celle des adventices.**

La Figure 11 présente les biomasses des adventices (triangles et panisses) à la récolte.

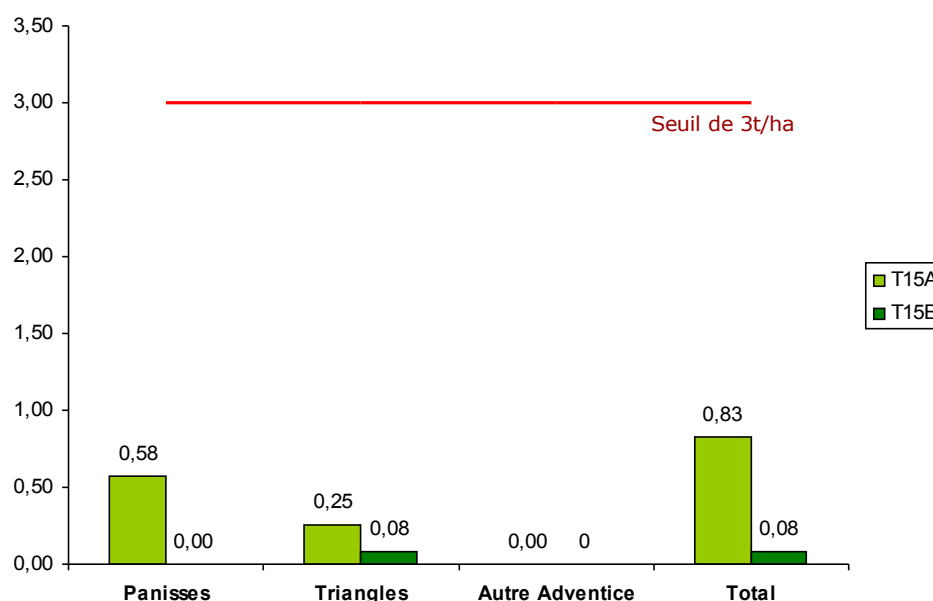


Figure 11: Matière sèche des adventices (t/ha) à la récolte. Le seuil de 3t/ha de MS de mauvaises herbes est mentionné en rouge. Il correspond au seuil d'enherbement au dessus duquel il est difficile d'obtenir plus de 3t/ha de riz.

La biomasse de panisses à la récolte n'est pas nulle, confirmant le fait que certaines panisses n'ont pas été repérées au stade 2-3 feuilles. Cette biomasse reste cependant faible. La biomasse de triangles est également faible. La biomasse totale reste largement inférieure au seuil de 3t/ha. L'objectif visé a donc été atteint même sans aucun désherbage manuel.

Le désherbage manuel mis en œuvre par l'INRA a été efficace puisqu'à la récolte il ne reste qu'une quantité très faible de triangles.

Le Tableau 7 présente le rendement et les composantes du rendement du riz, pour la station du suivi (T15A), et pour la station désherbée à la main (T15B)

Parcelle	Prototype	Rdmt Riz aux normes (t/ha)	Composantes du rendement				
			Nombre de plants/m <sup>2</sup>	Nombre de panicules/plant	Nombre de panicules/m <sup>2</sup>	Nombre de grains pleins/m <sup>2</sup>	Poids de 1000 grains (g)
T15A	1	5,84	465	1,24	575,55	30213	20,6
T15B	x	6,70	497	1,32	656,72	30785	21,2

Tableau 7: Rendement et composantes du rendement du riz pour le prototype 1

Il y a eu peu de concurrence des adventices sur le riz et le rendement est très satisfaisant, même sans désherbage manuel. En effet il est bien supérieur à l'objectif du prototype qui est de 3t/ha.

Le rendement de la partie désherbée manuellement est plus important avec un gain de 0,9t/ha. Sur la partie désherbée, le tallage du riz a été meilleur et les grains sont plus gros. Le désherbage manuel pourrait donc avoir eu un effet positif sur le tallage puis sur le remplissage des grains, effet qui expliquerait la différence de rendement observée avec la partie non désherbée.

Le Tableau 8 présente une évaluation du coût du désherbage manuel.

Station	Panisses (plants/m <sup>2</sup> )	triangles (plants/m <sup>2</sup> )	surface (m <sup>2</sup> )	hj/ha	Coût/ha (euros)	équivalent riz (t)	différence de rendement potentiellement imputable au désherbage
T15B	3,3	3,4	300,0	25,3	3041,7	5,1	0,9

*Tableau 8: évaluation du coût du désherbage manuel de la station T15b du prototype 1. La densité en panisses et en triangles a été évaluée par un comptage des plants arrachés dans la surface de 300m<sup>2</sup>. Le coût du désherbage a été calculé en considérant un ouvrier agricole travaillant 8h/jour pour un coût de 15 euros/h pour la personne l'employant.*

Le coût du désherbage dépasse largement le gain économique lié à l'augmentation de rendement. Il faudrait une augmentation de 5,1 t pour couvrir le coût du désherbage manuel, une telle augmentation paraît illusoire.

### **Synthèse pour ce prototype :**

Ce prototype a permis d'atteindre l'objectif fixé : le rendement du riz en deuxième année est supérieure à 3t/ha. Ceci a été permis notamment grâce à une gestion des adventices à différents stades. Pendant l'inter-culture, le labour a permis d'enfouir les graines d'adventices en profondeur, et le faux-semis semble avoir réduit encore plus le stock résiduel en superficie. Ensuite le mode et la gestion du semis ont permis de favoriser la levée du riz au détriment de celle des mauvaises herbes. La biomasse de mauvaises herbes à la récolte est inférieure à 3Tt/ha et le rendement du riz n'a pas été pénalisé. Enfin le désherbage manuel ne semble pas se justifier : son coût est plus important que l'augmentation de rendement qu'il permet. La conclusion pourrait être différente dans le cas où une troisième année successive de riz serait envisagée. Dans ce cas le désherbage manuel, en réduisant le stock de graines d'adventices pour l'année suivante pourrait permettre une augmentation du rendement en troisième année.



### 3.3.2 PROTOTYPE 2A

#### 1 Techniques à évaluer

La parcelle T186 au Mas Neuf de la Motte a permis d'expérimenter le prototype 2a. La Figure 12 donne les caractéristiques du prototype 2a.



Parcelle		Prototype	Techniques pour limiter le stock de graines d'adventices dans la couche superficielle du sol (0-5cm)			Techniques pour optimiser la densité du riz et freiner la levée des adventices	Techniques pour détruire les adventices
			précédents du riz	riz 1 <sup>ère</sup> année	interculture riz-riz	semis du riz 2 <sup>e</sup> année	développement du riz 2 <sup>e</sup> année
T186A		2a	luzerne pâturée à ras, sans irrigation	<i>pas de technique relevée</i>	faux semis avec mise en eau et pâturage par les brebis	<i>semis à sec enfoui en ligne</i>	<i>pas de technique particulière</i>
T186B		2a	luzerne pâturée à ras, sans irrigation	<i>pas de technique relevée</i>	faux semis avec mise en eau et pâturage par les brebis	<i>semis à sec enfoui en ligne</i>	désherbage par les canards

Figure 12: Techniques mise en œuvre pour le prototype 2a.

Ce prototype 2a intègre une gestion des précédents du riz et de l'interculture riz-riz, ainsi qu'une destruction mécanique des adventices lors de la deuxième année.

Pour ce prototype, la gestion des adventices et notamment du stock de graines en surface démarre dès le précédent du riz. En effet Mr Poujol a choisi de cultiver de la luzerne en précédent du riz. La luzerne est sur-pâturée par un troupeau de brebis. Le sur-pâturage « laisse de la place » pour que les adventices lèvent. Ces adventices levées sont alors consommées par les brebis. L'irrigation de la luzerne est proscrite dans le but de limiter le développement trop rapide de panisses qui pourrait grainer avant d'avoir été détruites par pâturage.

Aucune mesure particulière n'a été prise pendant la première année de riz sur T186.

Pendant l'inter-culture, Mr Poujol a choisi d'inonder la parcelle pour faire pourrir les graines d'adventices et réaliser un faux-semis.

Pendant la culture de la deuxième année de riz, Mr Poujol a choisi d'introduire des canards dans les parcelles pour désherber la rizière

Ce choix d'introduction de canards a conditionné le mode de semis : le semis enfoui à sec a été choisi pour que les canards puissent circuler entre les lignes de semis. Pour ce faire Mr Poujol a fait appeler

La Figure 13 présente l'itinéraire technique pour le prototype 2a sur la parcelle T 186

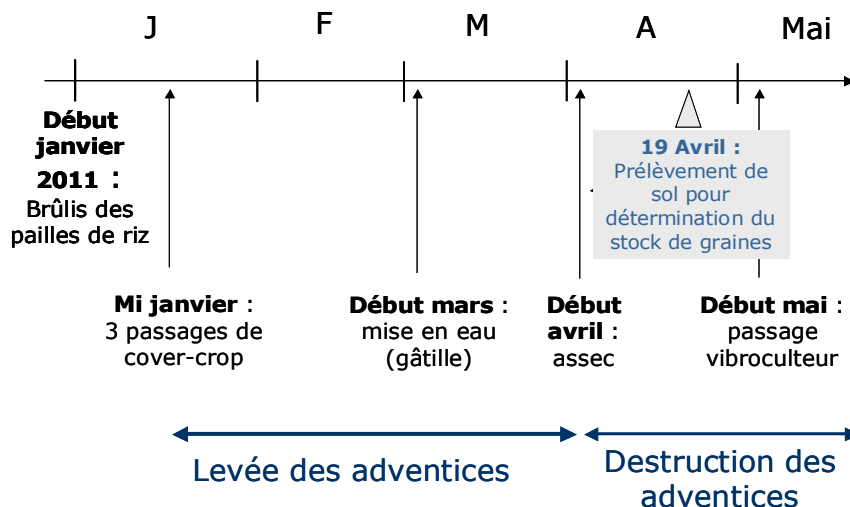


Figure 13: Itinéraire technique pendant l'inter-culture mis en œuvre pour le prototype 2a sur T186

Les pailles de la récolte de riz 2010 ont été brûlées. Le travail du sol qui suit a été superficiel (10cm) à l'aide du cover-crop. La mise en eau de la parcelle a eu lieu pendant 1 mois entre le début du mois de mars et le début du mois d'avril. Pendant ce mois, la parcelle a été maintenue « en gâtille », c'est à dire avec une lame d'eau quasiment nulle qui laisse le sol constamment gorgé d'eau. Les brebis ont ensuite pâturé la parcelle pendant le mois d'avril, et début mai les adventices qui n'avaient pas été mangées pas les brebis ont été détruites par un passage de vibroculteur. L'inondation s'apparente donc à un faux-semis.

Au début du mois de mai, 50 unités d'azote sous forme organique ont été ajoutées comme fertilisation de fond.

La Figure 14 présente l'itinéraire technique du semis.

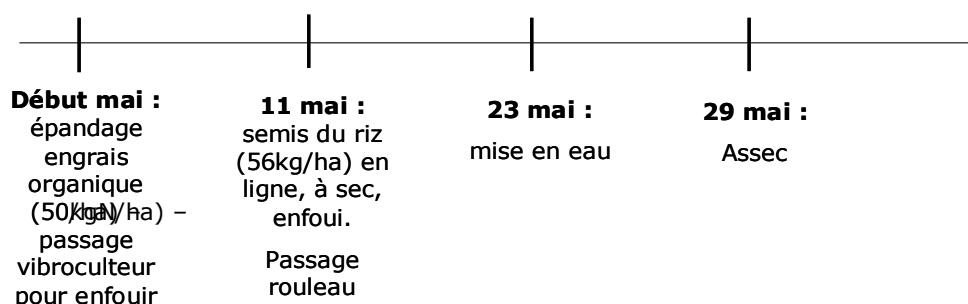


Figure 14: Itinéraire technique du semis

Le semis du riz a été réalisé avec un semoir à blé dont un rang sur deux était bouché, permettant un écartement des lignes de semis de 25 cm. La parcelle a été maintenue à sec pendant 12 jours avant une mise en gâtille. 6 jours plus tard Mr Poujol a réalisé un assec pour favoriser l'enracinement du riz.

La Figure 15 présente le calendrier d'introduction des canards dans la rizière.

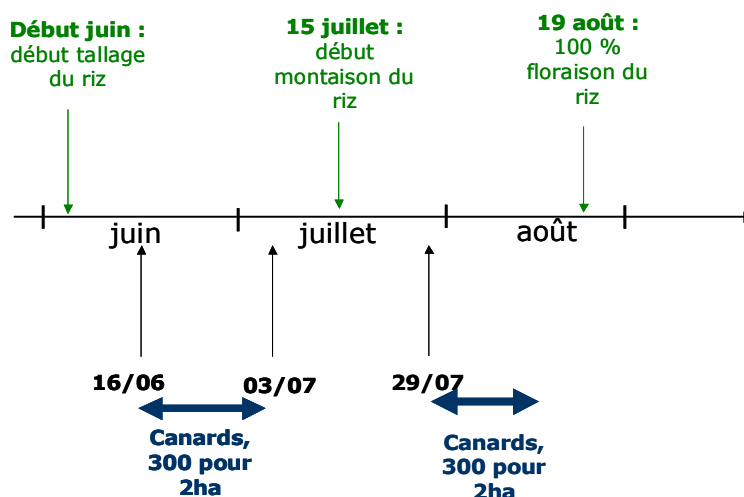


Figure 15: Calendrier d'introduction des canards dans la parcelle en fonction des stades de développement du riz

Les canards utilisés sont en fait des canettes mulardes stériles. Ces canettes ont en effet un coût d'achat plus faible (le foie gras produit uniquement par les mâles) et ne volent pas. Les canettes ont été achetées à 3j et élevées dans une serre avant introduction dans la parcelle le 16 juin, alors que le riz était au stade tallage. Elles ont séjourné 18 jours dans la parcelle. Mr Poujol a d'abord dû les « éduquer » pour qu'elles pénètrent dans la rizière. Le soir, elles étaient nourries avec du blé.



Illustration 1: Canards dans T186 au moment du tallage du riz

L'analyse des stocks de graines d'adventives, des densités de peuplement au stade 2-3 feuilles du riz, de la biomasse d'adventives à la récolte et des composantes du rendement permet d'évaluer l'efficacité des techniques mises en œuvre dans ce prototype.

3 Stock de graines d'adventives : stock faible majoritairement en surface

La Figure 16 présente la répartition verticale du stock de graines d'adventives pour le prototype 2a.

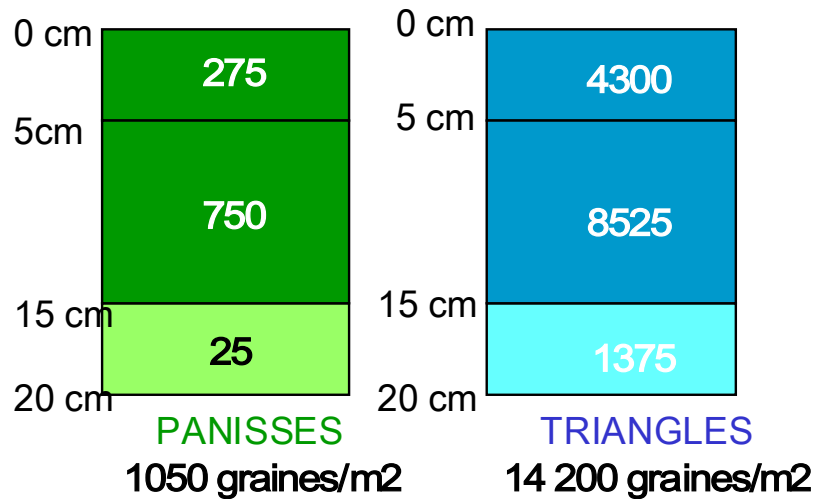


Figure 16: Répartition verticale du stock de graines d'adventices pour le prototype 2a

Pour ce prototype, le stock de graines d'adventices est plus important en surface (0-5cm) qu'en profondeur (15-20cm). L'absence de travail de sol profond peut expliquer cette répartition.

La quantité de graines de panisses dans l'horizon superficiel est plutôt faible. Il est de l'ordre de celui rencontré dans le prototype 1 sur la parcelle T 15 de l'Armelière. Etant donné le niveau d'infestation en panisses du précédent riz de cette parcelle, le stock de graines de panisses en surface paraît faible. En effet il y avait plus d' 1 panisse/m² à la récolte 2010, ce qui représente environ 20 000 graines/m². L'inondation semble donc avoir eu un effet néfaste sur la viabilité de ces graines puisque seulement 275 graines viables au m² ont pu être comptées.

La quantité de graines de triangles en surface est très importante (4300 graines/m²).

La Figure 17 présente les densités de peuplement (riz et adventices) au stade 2-3 feuilles du riz.

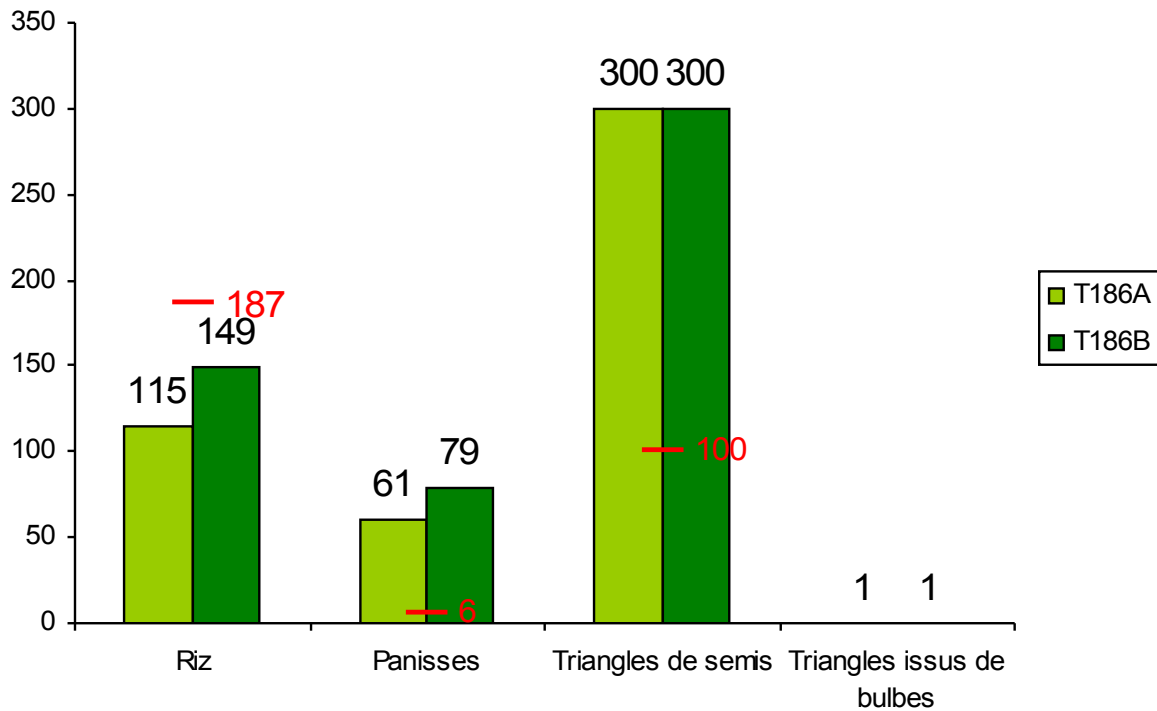


Figure 17: densités de peuplement (plants/m<sup>2</sup>) du riz et des adventices au stade 2-3 feuilles du riz. Les seuils correspondants aux objectifs fixés sont représentés par des barres horizontales rouges. T15A : mise en défend sans canards, T15B station sans mise en défend.

Le mode de semis a eu un effet fort sur les densités de peuplement. La densité du riz (115 et 149 plants/m<sup>2</sup>) est inférieure au seuil objectif de 187 plants/m<sup>2</sup> qui permet une bonne concurrence avec les adventices. Le semis enfoui, avec un écartement de 25 cm entre les lignes, n'a pas permis d'obtenir ici une densité suffisante pour freiner la levée des adventices.

La densité de panisses (61 et 79 plants/m<sup>2</sup>) est largement supérieure au seuil objectif de 6 plants/m<sup>2</sup> à ne pas dépasser pour ne pas risquer de pénaliser le rendement du riz.

De même, la densité de triangles est supérieure au seuil de 100 plants/m<sup>2</sup> à ne pas dépasser pour ne pas risquer de pénaliser le rendement du riz.

Cette densité élevée d'adventices au stade 2-3 feuilles peut être mise sur le compte d'une faible concurrence par le riz peu dense, mais également par le fait des 12 jours sans inondation qui ont suivi le semis du riz. En effet, le sol sec a été favorable à la levée des panisses, jusqu'à une profondeur pouvant dépasser les 5cm. Dans le prototype précédent, les 15 cm d'eau au moment du semis freine la levée des adventices. En effet, sous lame d'eau, à 2-3cm de profondeur, l'absence de lame d'eau empêche la levée des adventices.

**Le choix du mode de semis pour permettre l'introduction des canards n'a donc d'abord pas été favorable à la gestion de la levée des adventices.**

La Figure 18 présente les biomasses d'adventices à la récolte.

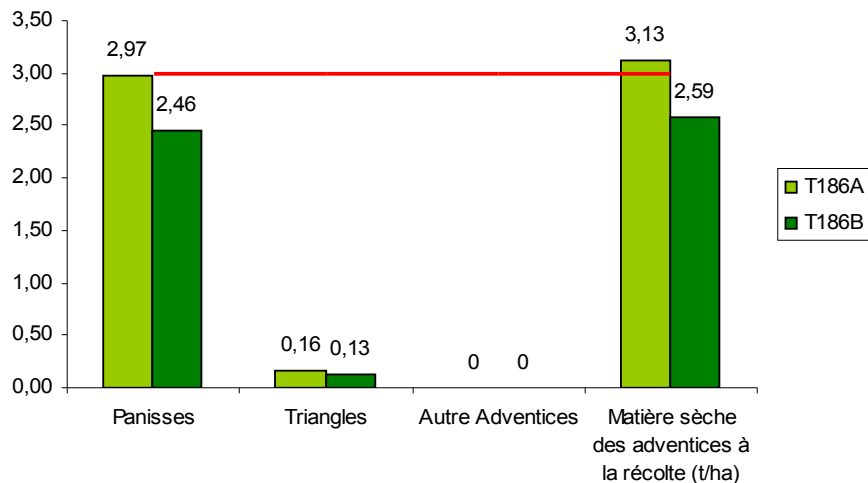


Figure 18: Matière sèche des adventices (t/ha) à la récolte. T186A : station mise en défend sans canards, T186B : station avec désherbage par les canards. Matière sèche des adventices (t/ha) à la récolte. Le seuil de 3t/ha de MS de mauvaises herbes est mentionné en rouge. Il correspond au seuil d'enherbement au dessus duquel il est difficile d'obtenir plus de 3t/ha de riz.

La matière sèche totale des adventices est supérieure à 3t/ha pour la partie mise en défend où les canards n'ont pas effectué de désherbage. Cette biomasse est constituée en majeure partie de panisses.

Par contre, pour la station où les canards ont effectué un désherbage, la biomasse d'adventices (majoritairement des panisses), est inférieure au seuil de 3t/ha, et de 0,54t/ha inférieure à la partie mise en défend. Les canards seraient donc responsables d'une diminution de 0,54t/ha de la biomasse d'adventices à la récolte. Il ne semble pas y avoir de différence dans la répartition des adventices, cette biomasse étant majoritairement composée de panisses.

Les observations réalisées par Mr Poujol viennent appuyer ces chiffres, puisque il a été noté que les canards font peu de dégâts sur le riz (sans doute à cause de la forte teneur en silice des feuilles de riz), circulent et nettoient l'inter-ligne : ils fouillent la terre et étêtent les panisses et les triangles.(voir Illustration 2)

En marchant entre les lignes, ils écrasent les adventices et rendent l'eau trouble empêchant leur développement (voir Illustration 3)



Illustration 2: Panisse au talles sectionnées par un canard



*Illustration 3: État de l'inter-ligne après passage des canards*

Enfin, les canards consomment les heterentheras. Cette adventice plus tardive n'a pas pu être comptée à la levée. Elle était présente en couverture du sol avant introduction des canards. Elle a été consommée par les canards puisqu'elle est absente à la récolte.

La biomasse totale d'adventices reste cependant importante même après le passage des canards. Au moment de leur introduction, les panisses étaient au même stade que le riz, c'est à dire en plein tallage (voir Illustration 4). Les canards ont donc eu du mal à consommer ces plants de panisses déjà bien développées. Au japon, les canards sont introduits dans des riz repiqués, où les adventices sont encore à un stade plantule et donc facilement consommables.



30/05



07/06



14/06

*Illustration 4: Développement simultané des panisses et du riz : du stade 2-3 feuilles au tallage*

Le Tableau 9 présente les composantes du rendement pour chacune des deux stations.

Parcelle	Prototype	Rdmt Riz aux normes (t/ha)	Composantes du rendement				
			Nombre de plants/m2	Nombre de panicules/plant	Nombre de panicules/m2	Nombre de grains pleins/m2	Poids de 1000 grains (g)
T186A	temoin	2,25	115	1,67	190,82	8824	24,40
T186B	2a	2,85	149	1,55	229,59	10812	23,8

Tableau 9: Composantes du rendement pour les deux stations de la parcelle T186 où a été testé le prototype 2a

Le rendement a été affecté par la forte présence des adventices. Bien qu'étant supérieur sur la station qui a reçu les canards, ce rendement reste faible car inférieur à 3t/ha.

Dans la station où ont agi les canards, le tallage a été légèrement moins bon. Le remplissage des grains a également été moins bon. Par contre le taux de stérilité est plus faible. Il se pourrait que la différence de rendement entre les deux stations soit uniquement dû à la densité de plants de riz au stade 2-3 feuilles.

Le Tableau 10 présente une évaluation du gain économique associé aux canards.

Rendement riz avec canards (t/ha)	Augmentation de rendement	gain économique (euros/ha)	vente canards (euros/ha)	Coût canards (euros/ha)	nourriture (euros/ha)	filets (euros/ha)	gain lié aux canards(euros /ha)
3,13	21%	324,90	1125	75	250	250	949,90

Tableau 10: Évaluation du gain économique associé aux canards

### Synthèse pour ce prototype.

La gestion de l'inter-culture dans ce prototype 2a a permis d'obtenir un stock de graines d'adventices en surface relativement faible, du même ordre de grandeur que celui du prototype 1. Cependant la densité d'adventices à la levée est beaucoup plus importante que pour le prototype 1, et largement supérieure aux seuils qui ont été définis précédemment. C'est le mode de semis à sec choisi pour ce prototype 2a qui semble être à l'origine de la forte différence avec le prototype 1. Les canards ont désherbé la rizière pendant 18 jours pendant le tallage du riz (puis quelques jours entre la montaison et la floraison). Ce désherbage a permis de diminuer la biomasse d'adventices à la récolte en dessous du seuil de 3t/ha. Cette biomasse reste cependant importante même en présence des canards (2,6t/ha) et le rendement s'en trouve pénalisé.



### 3.3.3 PROTOTYPE 2B

#### 1 techniques à évaluer

La Figure 19 présente les caractéristiques du prototype 2b.



Parcelle		Prototype	Techniques pour limiter le stock de graines d'adventices dans la couche superficielle du sol (0-5cm)			Techniques pour optimiser la densité du riz et freiner la levée des adventices	Techniques pour détruire les adventices
			précédents du riz	riz 1 <sup>ère</sup> année	interculture riz-riz	semis du riz 2 <sup>e</sup> année	développement du riz 2 <sup>e</sup> année
T185A		2b	luzerne pâturée à ras, sans irrigation	<i>pas de technique relevée</i>	fort niveau d'eau l'hiver pour attirer les oiseaux	<i>semis à sec enfoui en ligne</i>	<i>pas de technique particulière</i>
T185B		2b	luzerne pâturée à ras, sans irrigation	<i>pas de technique relevée</i>	fort niveau d'eau l'hiver pour attirer les oiseaux	<i>semis à sec enfoui en ligne</i>	désherbage par les canards et désherbage manuel

Figure 19: Les techniques de lutte contre les adventices mis en œuvre dans le prototype 2b

Ce prototype est très similaire au précédent, avec cependant deux modifications :

- Le niveau d'eau pendant l'inter-culture est plus important : 10cm. Ce fort niveau d'eau a attiré les flamands roses qui ont séjourné dans la parcelle et consommé des graines d'adventices
- Deux dés herbages manuels ont été réalisés par l'équipe de l'INRA, le 17/06 et le 07/07 pendant la période de tallage du riz, sur une surface de 300m<sup>2</sup>. Le dés herbage a concerné les panisses (lorsqu'elles pouvaient être différenciées du riz) et les triangles, sur la ligne et dans l'inter-ligne.

**Remarque :** La décision d'introduire les canards dans cette parcelle a été prise « en cours de culture » après que Mr Poujol est constaté l'effet positif des canards dans la parcelle voisine T186 où a été expérimenté le prototype 1. Pour des raisons de contraintes de temps, il n'a pas été possible de mettre en place une mise en défend dans cette parcelle pour quantifier l'effet des canards dans ce prototype.

#### 2 Itinéraire technique

L'itinéraire technique est similaire à celui du prototype 2a, avec deux différences :

- le niveau d'eau pendant l'inter-culture est plus élevé
- l'entrée des canards est plus tardive, à la fin tallage et au début de la montaison, pendant 26 jours (voir Figure 20)

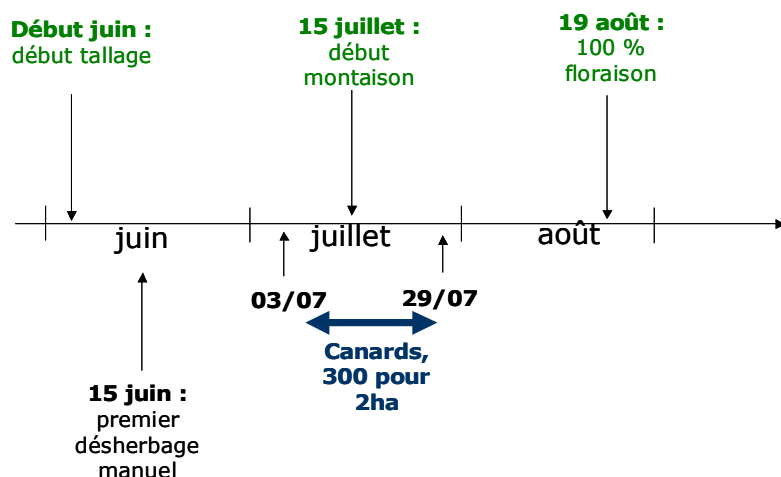


Figure 20: Calendrier de l'introduction des canards dans T 185.

### 3 Stock de graines d'adventices

La Figure 21 présente la répartition verticale dans le sol des stocks de graines d'adventices.

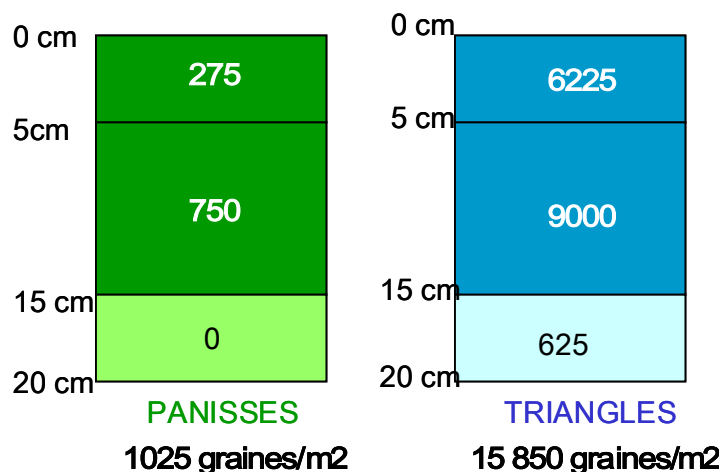
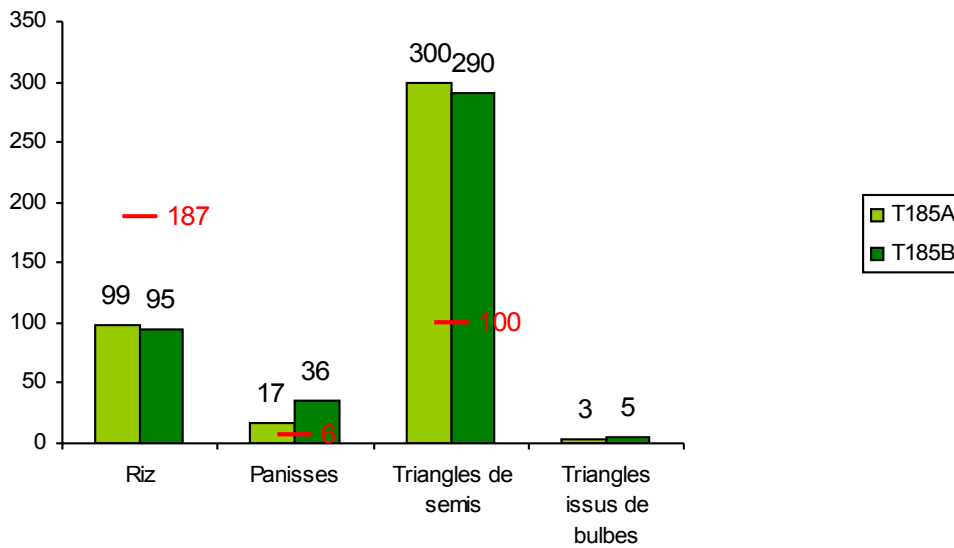


Figure 21: Répartition verticale dans le sol des stocks de graines d'adventices

Le stock de graines de triangles et de panisses, dans son importance et dans sa répartition, est similaire à celui du prototype 2a. **Il ne semble donc pas y avoir eu d'effet plus important dû au maintien d'un niveau d'eau élevé et à la venue des flamands roses sur la destruction des graines d'adventices comparativement à la « gâtille ».**

4 *Densité de peuplement*



*Figure 22: les densités de peuplement du riz et des adventices au stade 2-3 feuilles du riz pour le prototype 2b . T 185 A : station sans désherbage manuel, T185B: station avec désherbage manuel*

La Figure 22 présente les densités de peuplement du riz et des adventices au stade 2-3 feuilles du riz pour le prototype 2b.

Les densités de riz sont légèrement plus faibles que pour le prototype 2a.

Les densités d'adventices sont là aussi largement supérieures au seuil. Les densités en triangles sont comparables au prototype précédent. Les densités en panisses sont supérieures au seuil mais bien inférieures aux densités du prototype 2a, alors que les stocks et le mode de semis sont les mêmes.

5 *biomasse d'adventices à la récolte*

La Figure 23 présente la matière sèche des adventices à la récolte.

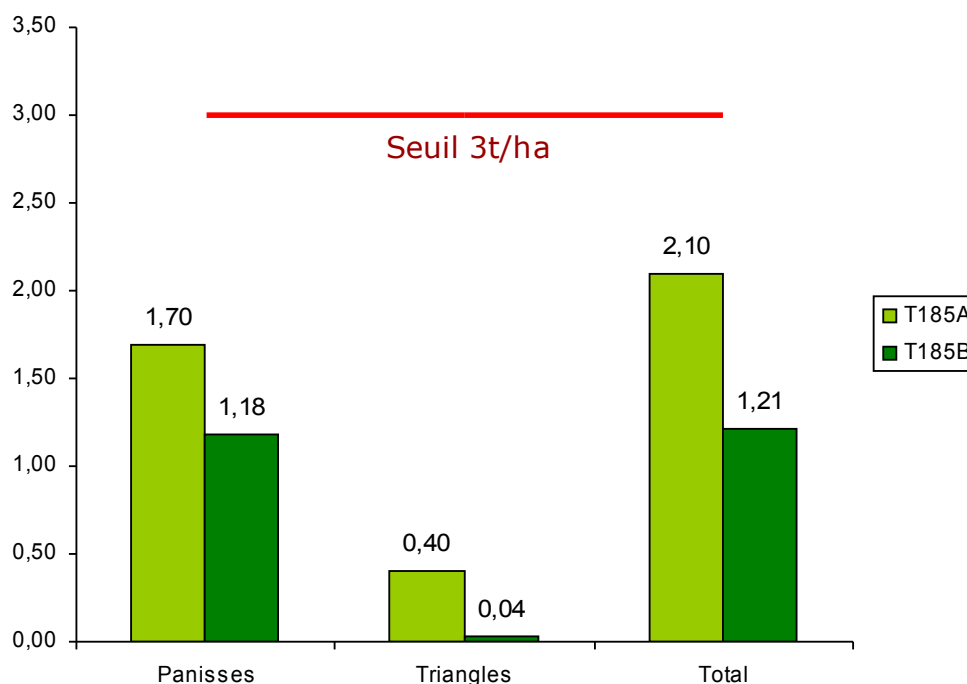


Figure 23: Matière sèche des adventices (t/ha) à la récolte. T185A : station sans désherbage manuel, T185B: station avec désherbage manuel.

Les biomasses à la récolte sont beaucoup plus faibles que pour le prototype précédent et bien inférieures au seuil à ne pas dépasser de 3t/ha, sans doute du fait des densités à la levée plus faibles. La consommation imputable aux canards n'a pas pu être évaluée.

Le désherbage manuel a été efficace pour les triangles, la biomasse à la récolte sur la partie désherbée à la main est quasiment nulle. Il a été moins efficace concernant les panisses, à la récolte il en reste 1,18 t/ha. En effet les panisses sont difficiles à distinguer du riz et malgré deux passages successifs, le désherbage manuel n'a pu en venir à bout.

Le Tableau 11 présente les composantes du rendement pour le prototype 2b, pour la partie désherbée par les canards uniquement, et pour la partie désherbée par les canards et manuellement.

Parcelle	Prototype	Rdmt Riz aux normes (t/ha)	Composantes du rendement				
			Nombre de plants/m <sup>2</sup>	Nombre de panicules/plant	Nombre de panicules/m <sup>2</sup>	Nombre de grains pleins/m <sup>2</sup>	Poids de 1000 grains (g)
T185A	2b	4,48	99	3,26	321,32	18775	24,6
T185B	x	4,39	95	3,26	310,30	17599	23,6

Tableau 11: Composantes du rendement pour les deux stations du prototype 2b

Il y a peu de différence entre les deux stations. Dans ce prototype, le nombre de panicules/plants indique que le riz a beaucoup plus tallé que pour le prototype 2a, sans doute à cause des densités d'adventices à la levée plus faibles.

En raison de ce meilleur tallage, le rendement est plus important : 4,5 t/ha.

Le Tableau 12 présente une évaluation du coût du désherbage manuel dans le prototype 2b.

Station	Panisses (plants/m2)	triangles (plants/m2)	surface (m2)	hj/ha	Cout/ha (euros)	equivalent riz (t)	différence de rendement potentiellement imputable au désherbage	Gain économique correspondant
T185B	36,0	4,0	318,8	47,7	5725,5	9,5	-0,1	0,0

Tableau 12: Évaluation du coût du désherbage manuel dans le prototype 2b

Le coût du désherbage dépasse largement le gain économique lié à l'augmentation de rendement. Il faudrait une augmentation de 9,1 t pour couvrir le coût du désherbage manuel, une telle augmentation paraît illusoire.

### 3.3.4 T 184 : UNE PARCELLE DE DEUXIÈME ANNÉE RESEMÉE

#### 1 Techniques à évaluer

T 184 est une parcelle qui était initialement destinée à recevoir les canards. Au regard des mesures de stock de graines d'adventices, l'agriculteur a préféré réserver les canards pour la parcelle T186. Cette parcelle a connu un itinéraire technique qui n'avait pas réellement été prévu puisqu'elle a été ressemée très tardivement suite à une mauvaise levée. L'itinéraire technique de cette parcelle ne fait donc pas partie du prototypage mais apporte tout de même des éléments de comparaison intéressants.

#### 2 Itinéraire technique

La Figure 24 présente l'itinéraire technique de la parcelle T 184.

Date	Outil	Intervention	Dose
debut octobre		récolte	
mi octobre	hélicoptère	semis avoine	
debut mai	covercrop	dechaumage	
debut mai	vibroculteur	affiner	
debut mai	lame laser	surfaçage	
11-mai	semoir à blé	semis riz	56 kg/ha
20-mai		mise en eau	
25-mai	roues squelettes	rigolage de la parcelle	
25-mai		assèchement de la parcelle	
03-juin	vibroculteur	destruction adventices	
13-juin	covercrop	destruction adventices	
14-juin	vibroculteur	préparation du lit de semence	
15-juin		semis du riz à la volée	210 kg/ha
16-juin	rouleau	roulage du semis	
17-juin		mise en eau	
19-août		entrée des canards	300 pour 2 ha

Figure 24: Itinéraire technique de la parcelle T 184

La parcelle n'a pas connu de mesure particulière de lutte contre les adventices pendant la période d'inter-culture : le sol n'a pas été travaillé de la récolte 2010 jusqu'au mois de mai 2011. Quelques mauvaises herbes ont cependant pu lever dans le couvert d'avoine semé.

Le sol a été travaillé de manière superficielle au cover-crop puis au vibroculteur au début du mois de mai, avant d'être surfacé. Le premier semis est identique à celui réalisé sur T186 et T185, les deux parcelles précédemment décrites. La levée de ce semis a été très mauvaise (sans doute à cause du manque d'humidité, les autres parcelles semées de cette manière avaient connu un mois d'inondation préalable) ce qui a poussé l'agriculteur à resemer la parcelle. Ce premier semis s'apparente donc à un faux-semis (200 panisses/m<sup>2</sup> ont été décomptées après le premier semis). Ce faux semis a été détruit le 03 juin. L'agriculteur aurait souhaité réaliser ce travail du sol plus tôt mais les fortes pluies de la fin du mois de mai l'en ont empêché. La parcelle a été semée le 15 juin, à la volée avec un épandeur à engrais, à sec, puis roulée. La mise en eau a eu lieu le jour d'après. L'absence de roue squelette sur l'exploitation a empêché l'agriculteur de mettre en eau avant le semis.

### 3 Stock de graines de mauvaises herbes.

La Figure 25 présente le stock de graines d'adventices dans la parcelle T 184. Les prélèvements pour cette mesure ont été réalisés au mois d'avril avant le premier travail du sol sur la parcelle.

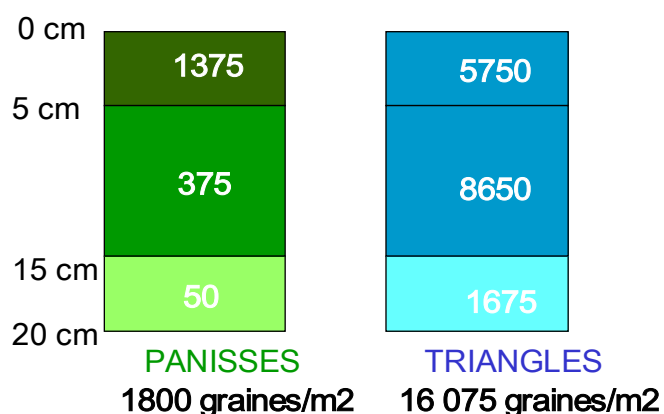


Figure 25: Stock de graines d'adventices dans la parcelle T 184

Le stock de graines de panisses est concentré en surface (0-5cm), à cause de l'absence de travail du sol profond avant le prélèvement. Le stock est beaucoup plus important que sur les parcelles T 185 et T 186 qui ont accueillies le prototype 2, alors que l'infestation de ces 3 parcelles à la récolte du riz 2010 était similaire. Les techniques mises en place pendant l'inter-culture sur le prototype 2 auraient donc permis de réduire le stock de graines d'une valeur de l'ordre de 1375 graines/m<sup>2</sup> à une valeur de l'ordre de 275 graines/m<sup>2</sup> dans l'horizon 0-5cm.

La Figure 26 présente les densités de peuplement du riz et des adventices au stade 2-3 feuilles du riz sur la parcelle T 184.

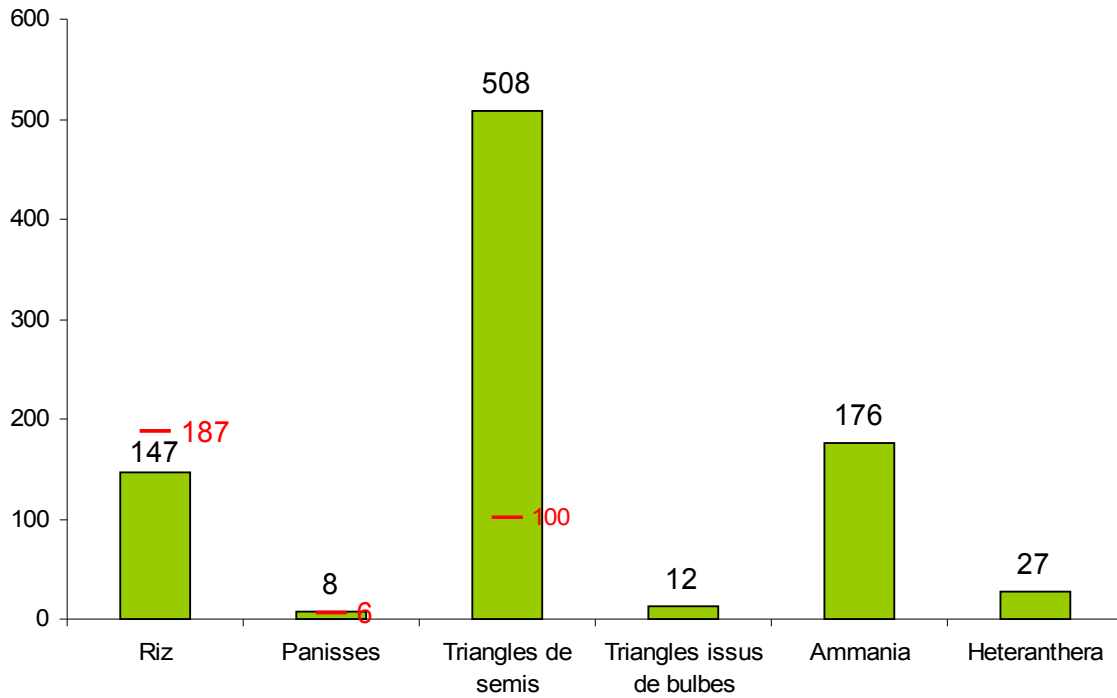


Figure 26: Densités de peuplement du riz et des adventices au stade 2-3 feuilles du riz sur la parcelle T 184. Les seuils objectifs sont mentionnés par un trait rouge.

La densité de riz à la levée est faible car inférieure au seuil objectif de 187 plants/m<sup>2</sup>. Malgré cette faible densité, la levée des panisses a été faible (8 panisses/m<sup>2</sup>) en comparaison des deux autres parcelles semées à sec, et au regard du stock de surface (1375 graines/m<sup>2</sup> en avril, sans doute moins avant le re-semis grâce au premier semis qui a fait effet de faux-semis). La mise en eau directement après le semis a donc dû permettre de limiter la levée des panisses : la lame d'eau empêche la levée des graines situées au delà de 2 cm de profondeur, et limite le développement des plantules levées (Chauhan et Johnson, 2011) et (Arai et Matsunaka, 1966).

La Figure 27 présente la matière sèche des adventices à la récolte (t/ha) pour la parcelle T 184.

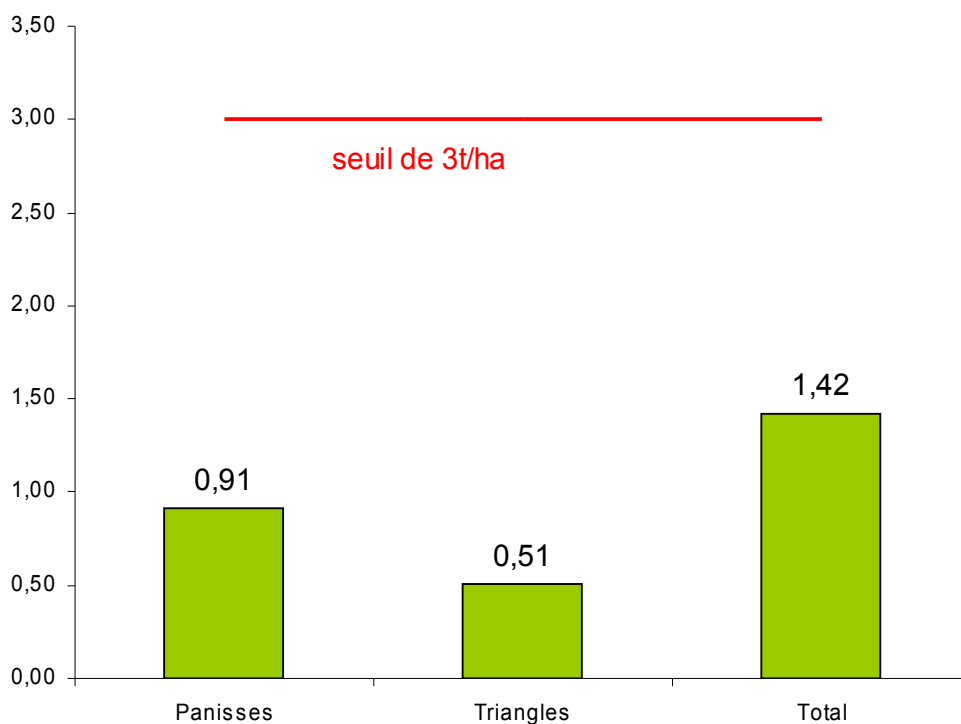


Figure 27: Matière sèche des adventices à la récolte (t/ha) pour la parcelle T 184.

Malgré une densité de mauvaises herbes au stade 2-3 feuille du riz supérieure au seuil, la matière sèche des adventices à la récolte est inférieure au seuil de 3t/ha qui pénalise grandement le riz. Ce constat est sans doute dû au semis qui a été très tardif à cause du resemis. Le cycle de développement des mauvaises herbes a donc été raccourci.

Le Tableau 13 présente les composantes du rendement pour la station T 184.

Parcelle	Rdmt Riz aux normes (t/ha)	Nombre de plants/m <sup>2</sup>	Nombre de panicules/plant	Nombre de panicules/m <sup>2</sup>	Nombre de grains pleins/m <sup>2</sup>	Poids de 1000 grains (g)
<b>T184</b>	2,34	147	1,74	256,18	7634	25,00

Tableau 13: Composantes du rendement pour la station T 184

Le rendement du riz est faible, inférieur à l'objectif de 3t/ha, à cause de la compétition des mauvaises herbes et de la brièveté du cycle qui ont affectés toutes les composantes du rendement.



### 3.3.5 LES SITUATIONS COMPLÉMENTAIRES DE RIZ EN PREMIÈRE ANNÉE

#### 1 Historique des parcelles suivies

Le Tableau 14 présente l'historique des 4 parcelles de riz en première année suivies en 2011.

Exploitation agricole	parcelle	précédent	conduite	remarque
Armelière	T 187	prairie 15 ans	pâturage par les taureaux, inondation l'été	x
	T 13	luzerne 10 ans	pâturage par les brebis et fauche	x
Mas neuf de la Motte	T183/ T188	luzerne 3 ans	patûrage "à ras" par les brebis, jamais d'inondation	parcelle de monoculture de riz conventionnel avant l'introduction de la luzerne

Tableau 14: Historique des parcelles de riz en première année suivies

Ces parcelles présentent deux types de précédents : la prairie et la luzerne. Au Mas Neuf de la Motte, la luzerne de 3 ans a été implantée sur deux parcelles qui avaient été cultivées en monoculture de riz conventionnel par un autre agriculteur. La parcelle était très infestée en panisses et triangles au moment du passage à la luzerne pour la conversion en bio. Le stock de graines d'adventices dans le sol était donc a priori très élevé au moment de l'implantation de la luzerne.

A l'Armelière, la prairie sur laquelle a été implanté le riz en première année est une vieille prairie qui n'a pas été cultivée en riz depuis plus de 15 ans, elle s'apparente donc à une « terre neuve » où le stock de graines d'adventices est a priori très faible.

Les prélèvements de sol réalisés sur deux de ces parcelles permettent de connaître les stocks de graines d'adventices du sol avant la culture du riz.

#### 2 Les stocks de graines d'adventices des parcelles de riz en première année

La Figure 28 et la Figure 29 présentent les stocks de graines d'adventices sur deux parcelles de riz en première année, précédent luzerne et précédent prairie.

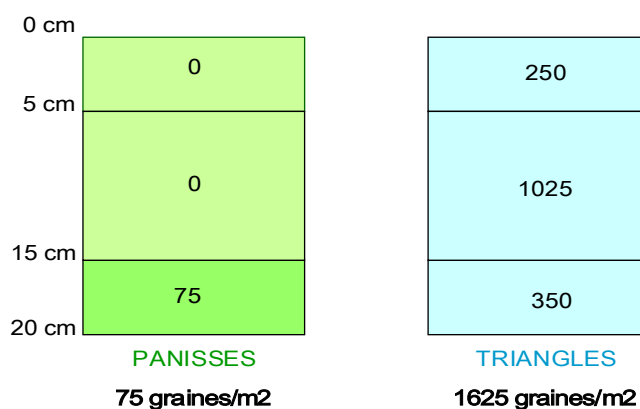


Figure 28: Stock de graines de la parcelle T183, précédent luzerne au Mas neuf de la Motte

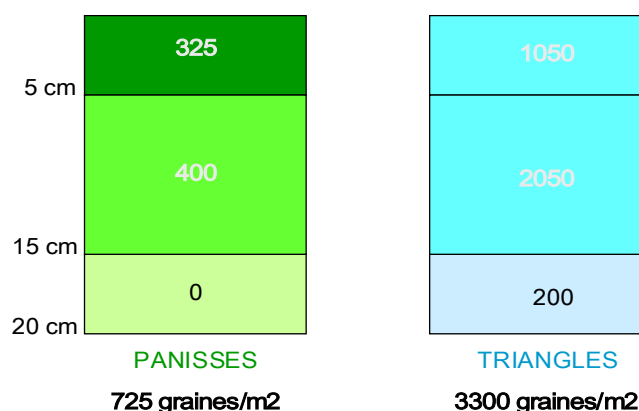


Figure 29: Stock de graines de la parcelle T187, précédent prairie ancienne à l'Armelière

Le stock de graines de panisses sur la luzerne de 3 ans au Mas Neuf de la Motte est nul en surface, et très faible en profondeur. Ce résultat montre l'efficacité du mode de gestion de la luzerne au Mas Neuf de la Motte. En effet, les luzernes sont « surpâturées » par les brebis, ce qui laisse la place aux adventices de lever, ces adventices sont alors consommées par les brebis avant qu'elles ne produisent de nouvelles graines. Le stock de graines de triangles est également faible en comparaison des parcelles de riz en deuxième année déjà présentées.

Pour la précédente prairie, le stock de graines de panisses en surface est important. Les 15 années sans culture de riz ont dû normalement permettre la mort des graines de panisses et la décroissance du stock. Les graines qui ont été ici décomptées ont sans doute été apportées par l'eau d'irrigation de la prairie.

Sur ces parcelles, la culture du riz en première année a fait l'objet d'un ITK particulier.

### 3 *Itinéraire technique des parcelles de riz en première année*

La Figure 30 présente l'itinéraire technique des parcelles de riz en première année à l'Armelière

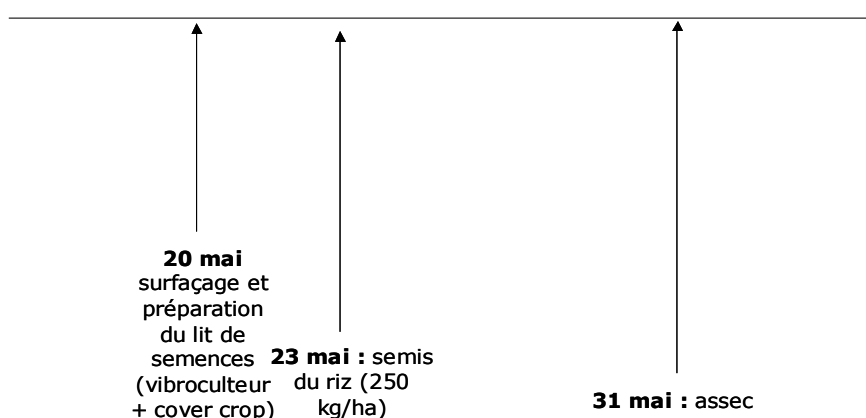


Figure 30: *Itinéraire technique de T 187 et T13*

Sur les parcelles de riz en première année à l'Armelière, le mode d'implantation du riz a été similaire à celui des riz en deuxième année successive. Il met en œuvre les techniques permettant de maximiser la densité du riz pour freiner la levée des adventices. Le laps de temps entre préparation du sol, mise en eau et semis, a été réduit à son minimum. Le semis a été tardif (20 mai), à une forte densité avec des semences pré-germées.

La Figure 31 présente l'itinéraire technique des parcelles de riz en première année au Mas Neuf de la Motte.

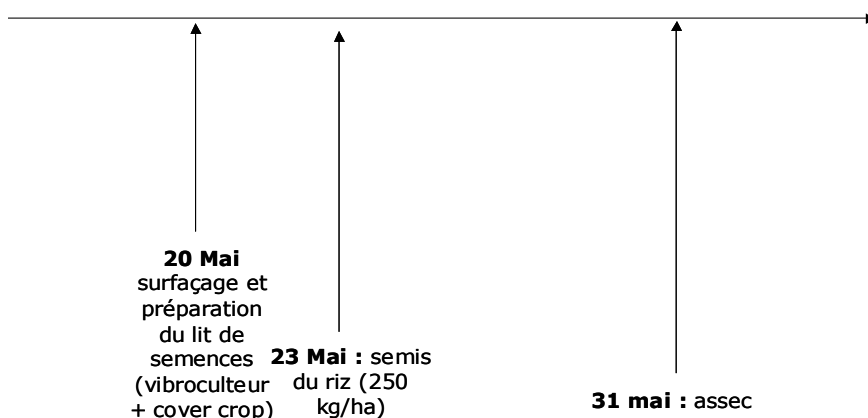


Figure 31: *Itinéraire technique de T183 et T 188*

Sur les parcelles de riz en première année au Mas Neuf de la Motte, le mode d'implantation est similaire : la luzerne a été détruite au dernier moment, 3 jours avant le semis toujours dans le but de limiter la levée des adventices avant l'installation du riz. Le 31 mai, un assec a été réalisé pour éviter les dégâts causés par les mouettes et les chironomes.

Les mesures de densités de peuplement réalisées au mois de juin sur ces parcelles permettent de déterminer l'efficacité de ces itinéraires techniques sur la densité du riz au stade 2-3 feuilles.

#### 4 Densités de peuplement au stade 2-3 feuilles du riz sur les parcelles en première année de riz

La Figure 32 présente les densités de peuplement au stade 2-3 feuilles du riz.

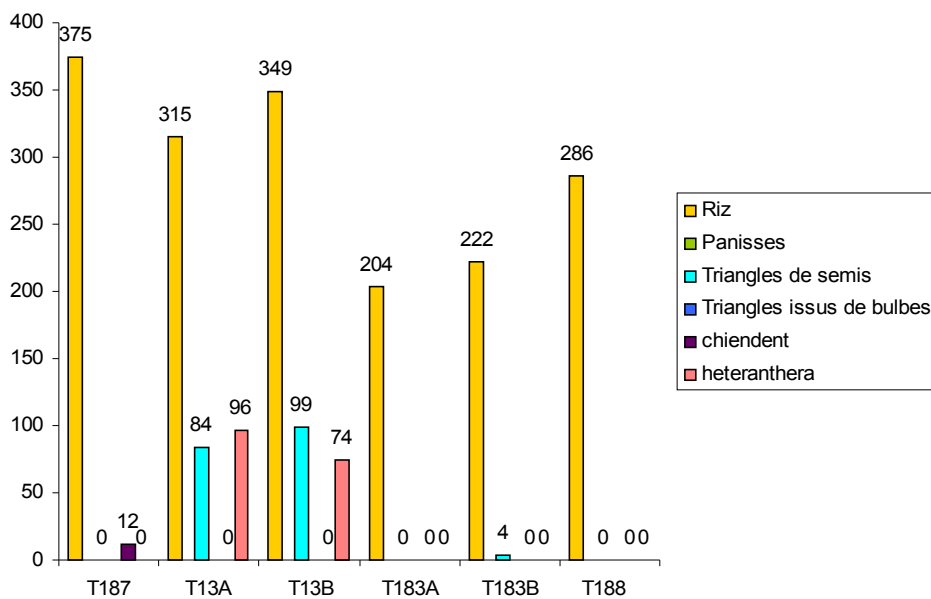


Figure 32: Densité de riz et adventices au stade 2-3 feuilles sur les parcelles de riz en première année

Sur toutes les parcelles du suivi, la densité de riz au stade 2-3 feuilles est bonne puisqu'elle est supérieure au seuil de 187 plants/m<sup>2</sup> permettant de concurrencer la levée des adventices. La densité des adventices à la levée est nulle au Mas Neuf de la motte sur T183 et T 188. Le chiendent est présent sur T187, précédent prairie. Il y a quelques triangles de semis et heteranthera (de quelques cm de hauteur) dans T13. Aucune panisse n'a été relevée sur les parcelles.

#### 5 Matière sèche des adventices à la récolte et rendements

La Figure 33 présente les rendements du riz et la matière sèche des adventices à la récolte sur les parcelles de riz en première année.

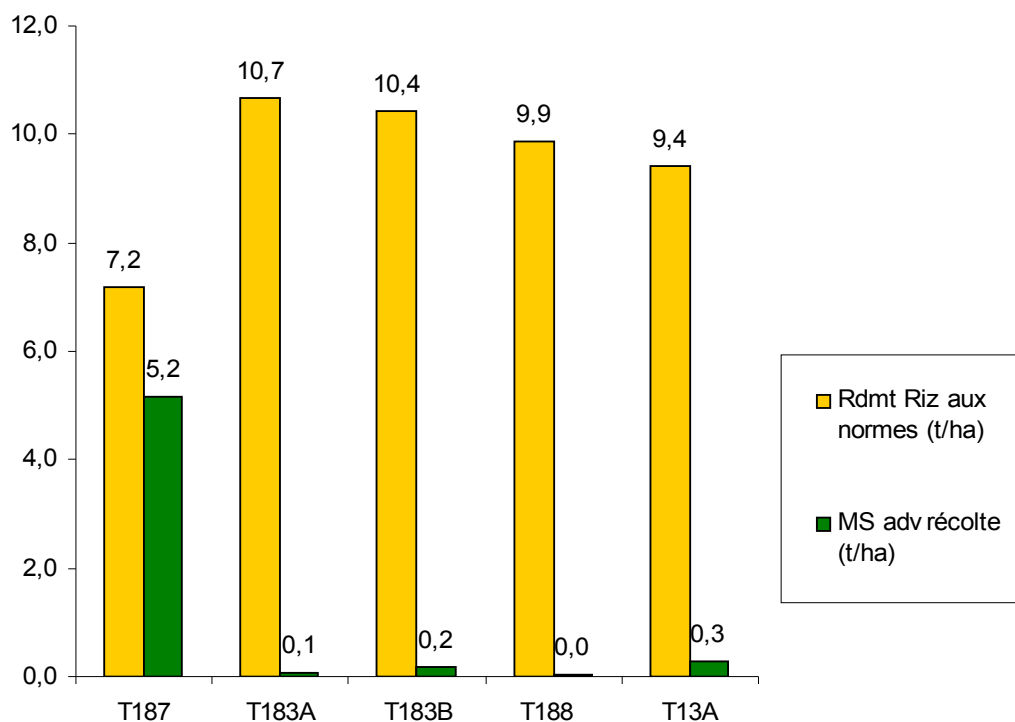


Figure 33: Rendement du riz et matière sèche des adventices à la récolte.

Sur T 187, le chiendent s'est développé et donne une forte biomasse à la récolte (plus de 5t/ha) ; Le rendement du riz n'a cependant pas été excessivement pénalisé et reste très satisfaisant. Sur toutes les autres parcelles, la biomasse des mauvaises herbes à la récolte est négligeable et les rendements du riz sont supérieurs à 9 T.

Sur T188, un bio-activateur à été utilisé en mélange des semences. La levée était meilleure que sur T183 qui a pourtant subi le même itinéraire technique. Cependant le rendement sur T188 ayant reçu le bioactivateur est plus faible.

La matière sèche des adventices à la récolte sur ces parcelles de riz première année est faible (de 100 à 300 kg/ha, à l'exception de la parcelle infestée de chiendent), la concurrence avec le riz a donc été faible ce qui explique les très bons rendements obtenus. Les bonnes conditions climatiques de cette année (températures suffisantes à la levée et à la floraison, bonnes conditions de récolte) peuvent aussi expliquer ces bons rendements).

Bien que la matière sèche des adventices à la récolte fut faible, quelques plants de panisses se sont développés pendant la culture du riz. Certes leur densité de peuplement était très faible (de l'ordre de 0,1 plant/m<sup>2</sup>) mais suffisante pour produire un grand nombre de graines alimentant le stock du sol et pouvant germer et lever lors d'une éventuelle deuxième année successive de riz. Un désherbage manuel et un écimage des panisses ont été réalisés dans les parcelles T 183 et T 13. Ce désherbage manuel n'apporte pas d'amélioration du rendement pour l'année en cours (voir Figure 33) mais peut s'avérer être déterminant pour la réussite d'une deuxième année de riz.

La partie suivante présente une évaluation économique du désherbage manuel et de l'écimage des panisses sur T 183 et T 187.

Le Tableau 15 présente une évaluation économique du désherbage manuel et de l'écimage des panisses sur T 183 et T 187.

Station	espèce concernées	Nb de passages	Stade du riz	date	Panisses (plants/m <sup>2</sup> )	triangles (plants/m <sup>2</sup> )	surface (m <sup>2</sup> )	hj/ha	Coût/ha (euros)	équivalent riz (t)
<b>Épuration manuelle</b>										
T183 B	panisses, maritimus et mucronatus, qq crodos	1	fin tallage	07-juil.	0,03	0,05	900	2,3	277,8	0,7
T13B	maritimus, panisses	1	fin tallage	12-juil.	0,05	1,36	625	6,0	720,0	1,9
<b>Écimage</b>										
T183	panisses et crodos	1	floraison	8-sept.	x	x	750	3,33	400,00	1,1
T13	panisses	1	floraison	8-sept.	x	x	2400	0,52	62,50	0,2

Tableau 15: *Évaluation économique du désherbage manuel et de l'écimage des panisses sur T 183 et T 187*

Le désherbage manuel des crodos et triangles, réalisé avant la montaison, correspond à 2,3 et 6 hj/ha, en fonction de la densité des triangles (sur les deux parcelles où à eu lieu le désherbage, la densité en panisses était sensiblement la même). Cette charge de travail représente un coût allant de 280 à 720 euros. **Ce coût ne permet pas une amélioration du rendement du riz en première année, mais pourrait être tout à fait supportable s'il permet une amélioration du rendement en deuxième année supérieur à 1t/ha.**

Un seul désherbage à la fin du tallage n'a cependant pas permis d'éliminer toutes les panisses. Pour une épuration parfaite, il faudrait envisager un second passage (avant la floraison des panisses), ce qui augmenterait le coût.

L'écimage des adventices au moment de la floraison du riz est une charge de travail plus faible pour un coup moindre (surtout en l'absence de crodos, comme sur T13). L'écimage a été réalisé à l'aide d'un faucille. Cependant, les panisses présentent la capacité de réémettre une panicule après l'écimage. Si les grains de cette « nouvelle » panicule arrivent à maturité avant la récolte, le travail d'écimage est vain. Il conviendrait donc de préciser l'intervalle de temps à ne pas dépasser entre écimage et récolte pour ne pas que les grains arrivent à maturité.

## 4 Conclusion

La démarche de prototypage mise en œuvre a permis d'aboutir à la création, l'expérimentation et l'évaluation de 3 prototypes d'itinéraires techniques pour limiter l'infestation par les adventices des deuxièmes années successives de riz.

Le premier prototype expérimenté à l'Armelière combine des techniques de limitation du stock de graines d'adventices dans l'horizon superficiel pendant l'inter-culture (labour, faux-semis), avec des techniques d'implantation du riz permettant de maximiser sa densité et freiner la levée des mauvaises herbes. Ce prototype est apparu adapté car il a permis de dépasser l'objectif de rendement fixé. Les deux autres prototypes testés au Mas Neuf de la Motte combinaient eux des techniques de limitation du stock de graines d'adventices dans l'horizon superficiel pendant l'inter-culture (faux-semis mécanique avec différents niveaux d'eau) avec des techniques de destruction des adventices pendant la culture du riz (désherbage pas les canards). L'évaluation de ce prototype donne un résultat mitigé : la consommation effective des mauvaises herbes par les canards, sans affecter la culture du riz est un élément très positif de ce prototype. Cependant, le mode de semis choisi (semis à sec enfoui, en ligne) ne permet pas d'obtenir une densité de riz suffisante pour freiner la levée des mauvaises herbes. A l'entrée des canards, les adventices sont à un stade de développement trop avancé pour qu'elles soient entièrement consommées par les canards. Ce prototype reste donc à améliorer, en affinant les techniques à mettre en œuvre au moment de l'implantation du riz.

Le suivi complémentaire de parcelles en première année a permis d'apprécier l'effet de la nature et de la gestion du précédent du riz sur le stock de graines d'adventices dans le sol. Ainsi le surpâturage de la luzerne pendant trois années successives au Mas Neuf de la Motte permet d'aborder une première année de riz avec un stock de graines de panisse nul. La prairie suivie était très infestée en panisses du fait de son inondation l'été pour favoriser la pousse de l'herbe. Les techniques d'implantation du riz mise en œuvre dans le premier prototype ont également été utilisées pour les premières années suivies : limitation de l'intervalle de temps entre préparation du lit de semence et mise en eau, semis dense et retardé avec des semences pré-germées. Ces techniques, alliées au climat favorable de cette année d'expérimentation, ont permis d'atteindre des rendements supérieurs à 7t/ha sur les 4 parcelles de riz en première année suivies. Enfin, l'évaluation économique du coût de l'épuration manuelle sur ces parcelles montre que ce coût est supportable en cas d'amélioration d'au moins 1t/ha du rendement en deuxième année de riz.

## 5 Bibliographie

- Arai, M., et S. Matsunaka. 1966. Control barnyard grass in paddy field in Japan. *Japan Agricultural Research Quarterly* 1(2).
- Carlin, A., J.C. Mouret, F. Dreyfus, P. Marnotte, et R. Hammond. 2004. Riziculture biologique- Maîtrise des mauvaises herbes en Camargue. Questionnements et débats techniques, diversité des pratiques et premiers résultats de recherche. Inra UMR Innovation.
- Chauhan, B.S., et D.E. Johnson. 2011. Ecological studies on *Echinochloa crus-galli* and the implications for weed management in direct-seeded rice. *Crop Protection* 30(11): 1385-1391.
- Delmotte, S., P. Titonell, J.-C. Mouret, R. Hammond, et S. Lopez-Ridaura. 2011. On farm assessment of rice yield variability and productivity gaps between organic and conventional cropping systems under Mediterranean climate. *European Journal of Agronomy* 35(4): 223-236.
- van Groenigen, J.W., E.G. Burns, J.M. Eadie, W.R. Horwath, et C. van Kessel. 2003. Effects of foraging waterfowl in winter flooded rice fields on weed stress and residue decomposition. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 95(1): 289-296.
- Mattinkova, Z., A. Honek, et J. Lukas. 2006. Seed age and storage conditions influence germination of barnyard grass (*Echinochloa crus-galli*). *Weed Science* 54(2): 298-304.
- Maun, M.A., et S.C.H. Barrett. 1986. the biology of canadian weeds. *Can.J.Plant Sci.* (66): 739-759.
- Portero, M.A. 2010. Produccion integrada del arroz en el sur de Espana.
- Rodriquez, A. 2004. Le contrôle de la flore adventice en grandes cultures biologiques. 1ère partie : connaître la biologie des adventices pour mieux les maîtriser. *Alter Agri* (68): 4.
- Roger-Estrade, J., N. Colbach, P. Leterme, G. Richard, et J. Caneill. 2001. Modelling vertical and lateral weed seed movements during mouldboard ploughing with a skim-coulter. *Soil and Tillage Research* 63(1-2): 35-49.
- Tanveer, H.S., H. Sugimoto, et U.A. Jashim. 2005. Effect of Integrated Rice-Duck Farming on Rice Yield, Farm Productivity, and Rice-Provisioning Ability of Farmers. *Asian Journal of Agriculture and Development* 2(1&2): 79-86.
- Tojo, S., M. Yoshizawa, T. Motobayashi, et K. Watanabe. 2007. Effects of loosing Aigamo ducks on the growth of rice plants, weeds, and the number of arthropods in paddy fields. *Weed Biology and Management* 7(1): 38-43.
- Vereijken, P. 1997. A methodical way of prototyping integrated and ecological arable farming system in interaction with pilot farms.
- Yamasue, Y. 2001. Strategy of *Echinochloa oryzicola* Vasing. for survival in flooded rice.

## Index des illustrations

Illustration 1: Canards dans T186 au moment du tallage du riz.....	25
Illustration 2: Panisse au talles sectionnées par un canard.....	28
Illustration 3: État de l'inter-ligne après passage des canards.....	29
Illustration 4: Développement simultané des panisses et du riz : du stade 2-3 feuilles au tallage.....	29

## Index des tableaux

Tableau 1: Caractéristiques des principales adventices du riz biologique en Camargue, classées par ordre de fréquence d'apparition dans les rizières bios.....	3
Tableau 2: Caractéristiques des deux exploitations expérimentant les prototypes.....	5
Tableau 3: Valeurs cibles par paramètre et par objectif.....	9
Tableau 4: Historique des différentes parcelles choisies pour le prototypage.....	14
Tableau 5: Caractéristiques des sols des parcelles choisies.....	15
Tableau 6: caractéristiques globales des prototypes mis en œuvre sur les parcelles du dispositif et situations en première années.....	15
Tableau 7: Rendement et composantes du rendement du riz pour le prototype 1.....	21
Tableau 8: évaluation du coût du désherbage manuel de la station T15b du prototype 1. La densité en panisses et en triangles a été évaluée par un comptage des plants arrachés dans la surface de 300m <sup>2</sup> . Le coût du désherbage a été calculé en considérant un ouvrier agricole travaillant 8h/jour pour un coût de 15 euros/h pour la personne l'employant.....	22
Tableau 9: Composantes du rendement pour les deux stations de la parcelle T186 où a été testé le prototype 2a.....	30
Tableau 10: Évaluation du gain économique associé aux canards.....	30
Tableau 11: Composantes du rendement pour les deux stations du prototype 2b.....	34
Tableau 12: Évaluation du coût du désherbage manuel dans le prototype 2b.....	35
Tableau 13: Composantes du rendement pour la station T 184.....	38
Tableau 14: Historique des parcelles de riz en première année suivies.....	39
Tableau 15: Évaluation économique du désherbage manuel et de l'écimage des panisses sur T 183 et T 187.....	43



## Index des figures

Figure 1: Dispositif de recueil des informations pour l'évaluation des prototypes.....	6
Figure 2: Les sous-objectifs définis collectivement pour limiter l'infestation en adventices des deuxièmes années de riz.....	8
Figure 3: Températures et $\theta$ de germination du riz et de la panisses (données de la station météorologique de la Tour du Valat, moyennes journalières sur la période 93-2010).....	11
Figure 4: Synthèse des techniques de lutte contre les adventices.....	13
Figure 5: Les différentes techniques de lutte contre les adventices mises en œuvre dans le prototype 1, stations T15A et T15B.....	16
Figure 6: Itinéraire technique pendant l'inter-culture mis en œuvre pour le prototype 1. La date du prélèvement réalisé pour détermination du stock de graine a également été mentionnée. ....	17
Figure 7: Itinéraire technique du semis .....	18
Figure 8: Itinéraire technique du désherbage manuel.....	18
Figure 9: Répartition verticale du stock de graines d'adventices (panisses et triangles) pour le prototype 1 sur T15.....	19
Figure 10: densités de peuplement (plants/m <sup>2</sup> ) du riz et des adventices au stade 2-3 feuilles du riz. Les seuils correspondants aux objectifs fixés sont représentés par des barres horizontales rouges. T15A : station sans désherbage manuel, T15B station avec désherbage manuel.....	20
Figure 11: Matière sèche des adventices (t/ha) à la récolte. Le seuil de 3t/ha de MS de mauvaises herbes est mentionné en rouge. Il correspond au seuil d'enherbement au dessus duquel il est difficile d'obtenir plus de 3t/ha de riz. ....	21
Figure 12: Techniques mise en œuvre pour le prototype 2a.....	23
Figure 13: Itinéraire technique pendant l'inter-culture mis en œuvre pour le prototype 2a sur T186	24
Figure 14: Itinéraire technique du semis.....	24
Figure 15: Calendrier d'introduction des canards dans la parcelle en fonction des stades de développement du riz.....	25
Figure 16: Répartition verticale du stock de graines d'adventices pour le prototype 2a.....	26
Figure 17: densités de peuplement (plants/m <sup>2</sup> ) du riz et des adventices au stade 2-3 feuilles du riz. Les seuils correspondants aux objectifs fixés sont représentés par des barres horizontales rouges. T15A : mise en défend sans canards, T15B station sans mise en défend.....	27
Figure 18: Matière sèche des adventices (t/ha) à la récolte. T186A : station mise en défend sans canards, T186B : station avec désherbage par les canards. Matière sèche des adventices (t/ha) à la récolte. Le seuil de 3t/ha de MS de mauvaises herbes est mentionné en rouge. Il correspond au seuil d'enherbement au dessus duquel il est difficile d'obtenir plus de 3t/ha de riz. ....	28
Figure 19: Les techniques de lutte contre les adventices mis en œuvre dans le prototype 2b.....	31
Figure 20: Calendrier de l'introduction des canards dans T 185.....	32
Figure 21: Répartition verticale dans le sol des stocks de graines d'adventices.....	32
Figure 22: les densités de peuplement du riz et des adventices au stade 2-3 feuilles du riz pour le prototype 2b . T 185 A : station sans désherbage manuel, T185B: station avec désherbage manuel.	33
Figure 23: Matière sèche des adventices (t/ha) à la récolte. T 185 A : station sans désherbage manuel, T185B: station avec désherbage manuel.....	34
Figure 24: Itinéraire technique de la parcelle T 184.....	35
Figure 25: Stock de graines d'adventices dans la parcelle T 184.....	36
Figure 26: Densités de peuplement du riz et des adventices au stade 2-3 feuilles du riz sur la parcelle T 184. Les seuils objectifs sont mentionnés par un trait rouge. ....	37
Figure 27: Matière sèche des adventices à la récolte (t/ha) pour la parcelle T 184. ....	38
Figure 28: Stock de graines de la parcelle T183, précédent luzerne au Mas neuf de la Motte.....	39
Figure 29: Stock de graines de la parcelle T187, précédent prairie ancienne à l'Armelière.....	39
Figure 30: Itinéraire technique de T 187 et T13.....	40

Figure 31: Itinéraire technique de T183 et T 188.....	40
Figure 32: Densité de riz et adventices au stade 2-3 feuilles sur les parcelles de riz en première année.....	41
Figure 33: Rendement du riz et matière sèche des adventices à la récolte.....	42