



Comparaison de trois variétés de blé tendre de types génétiques différents dans des environnements contrastés d'agriculture paysanne dans l'Ouest de la France

Vincent Corfdir

► To cite this version:

Vincent Corfdir. Comparaison de trois variétés de blé tendre de types génétiques différents dans des environnements contrastés d'agriculture paysanne dans l'Ouest de la France. 2011, 52 p. hal-01458623

HAL Id: hal-01458623

<https://hal.science/hal-01458623>

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.

Ministère de l'Alimentation de l'Agriculture et de la Pêche

ECOLE NATIONALE d'INGENIEURS des TRAVAUX AGRICOLES de BORDEAUX
1, cours du Général de Gaulle - CS 40201 - 33175 GRADIGNAN cedex

M E M O I R E de fin d'études

pour l'obtention du titre

d'Ingénieur de l'ENITA de Bordeaux

**Comparaison de trois variétés de blé tendre de types
génétiques différents dans des environnements contrastés
d'agriculture paysanne dans l'Ouest de la France**

Corfdir Vincent
Tuteur de stage : Estelle Serpolay

Option GIAP - Production Intégrée

Etude réalisée à l'INRA de Rennes, SAD Paysage

- 2 0 1 1 -

Remerciements

Je tiens à remercier les agriculteurs du réseau d'essai pour leur accueil lors de mes visites sur le terrain : Florent Mercier, Nicolas Supiot, Damien Houdebine, Jean-Pierre Cloteau, Pierre Tranchant et Gille Simonneaux,

Je tiens aussi à exprimer ma gratitude aux personnes de l'INRA que j'ai eu la chance de côtoyer pour leur disponibilité, leurs conseils avisés, le partage de leur passion et leur gentillesse, Nicolas Schermann, Véronique Chabble sans oublier ma maîtresse de stage Estelle Serpolay.

RESUME

Comparaison de trois variétés de blé tendre de types génétiques différents dans des environnements contrastés d'agriculture paysanne dans l'Ouest de la France

Vincent Corfdir, GIAP-PI, 2011

Ce mémoire est la synthèse de la première année des essais agronomiques d'un projet local de recherche participative : PaysBlé, qui s'inscrit lui-même dans le cadre d'un projet de recherche européen : SOLIBAM.

Associant chercheurs de l'INRA et agriculteurs du réseau Semences Paysannes, ce projet est une étude à la ferme de 3 variétés de blé tendre de structures génétiques différentes, dans des conditions contrastées d'agriculture paysanne/biologique. Les essais ont été installés chez 6 agriculteurs de l'ouest de la France. Chaque variété a été cultivée sur deux parcelles d'au moins 100 m². Il s'agit (1) d'une variété lignée, « Renan », la plus répandue en Agriculture Biologique, et de deux variétés issues de la sélection paysanne : (2) « Sixt-sur-Aff », une variété population stabilisée, et (3) une variété mélange de type population dynamique élaborée par Florent Mercier, un des agriculteurs du réseau.

Après une année climatique marquée par un printemps très sec, un hiver et un été frais :

- « Renan » a obtenu en moyenne les meilleures performances pour la plupart des critères : état sanitaire, résistance à la verse et rendement : 32 q/ha contre respectivement 24 et 28 pour « Sixt » et la variété mélange.
- Les variétés paysannes, presque deux fois plus hautes que « Renan » ont été très sensibles à la verse, ce qui a nuit à leur état sanitaire.
- En revanche, elles se sont illustrées par un meilleur contrôle vis-à-vis des adventices (moitié moins de biomasse adventive en moyenne).
- Dans des essais à faible potentiel de rendement, la variété mélange dépasse en rendement « Renan », et ce d'autant plus que les conditions pédologiques sont difficiles.

Cette première année d'une expérimentation prévue pour s'étaler sur 3 ans a été riche en termes de méthodologie en recherche participative, et en termes de résultats, qui gagneront à être confortés dans les années à venir. Ces données seront à relativiser avec les résultats qualitatifs des essais de panification, très importants pour les paysans-boulangers, tant sur les aspects nutritionnels que pour les qualités boulangères.

Mots clés : blé, variétés paysannes, type génétique, bas intrant, agriculture biologique, paysan-boulangier, environnements contrastés, ouest, étude à la ferme

ABSTRACT

Comparison of three wheat varieties of different genetic types in contrasted organic environments in West of France

Vincent Corfdir, GIAP-PI, 2011

This report is the synthesis of the first year of agronomic experiments of a local participatory research project called PaysBlé. This project is included in a European program, SOLIBAM.

INRA and farmers of the association "Réseau Semences Paysannes" (RSP) have built together this on-farm research project of three varieties of common wheat (*Triticum aestivum*) with different genetic structures, in contrasted organic/small-scale farming environments. Trials have been cultivated on six farms in the West part of France. Each variety was cultivated on two plots of at least 100 m². The three varieties are corresponding to (1) the most used commercial variety in organic farming "Renan", which is a pure line wheat, and two populations varieties coming from participatory breeding programs: (2) "Sixt-sur-Aff", a landrace from West of France , and (3) a "dynamic population", mixture of 11 landraces developed by a farmer of RSP: Florent Mercier.

After a cultural season affected by a very dry spring and fresh winter and summer:

- on average, "Renan" obtained the best performances for most of the criteria: health, lodging and yield: 32 q/ha versus 24 and 28 respectively for "Sixt-sur-Aff" and the mixture.
- Landraces, nearly twice higher than "Renan", were very sensible to lodging, which implied consequences on their health status.
- However, landraces had a better competition to weeds (half of weed biomass on average).
- In the trials with low yield potential, the yield of the mixture was higher than the yield of "Renan", especially in difficult soil conditions.

This first year of experiments of the three-year project, has been eventful from a methodological point of view, as far as participatory research is concerned, and also in terms of results that will be consolidated in the following years. These data will be linked to qualitative results of baking tests, very important for the farmers-bakers with regards to nutritional aspects as well as bread baking quality.

Key words : wheat, landraces, genetic structure, low input, organic, contrasted environments, west, on-farm study

Table des matières

Remerciements.....	1
Liste des tableaux	6
1 Introduction	7
2 Contexte du projet PaysBlé.....	7
2.1 Des acteurs sensibles aux questions de la semence et de la variété cultivée	7
2.1.1 Le Réseau Semences Paysannes	7
2.1.2 <i>Triptolème</i> et les paysans boulangers	8
2.1.3 Des critères de sélections propres aux paysans-boulangers	9
2.2 Des variétés et des semences : quelles variétés pour l'agriculture paysanne ?	10
2.2.1 La circulation des semences en Europe est très encadrée par la loi	10
2.2.2 Un contexte législatif délicat.....	11
2.2.3 « Renan », la variété moderne la plus utilisée en Agriculture Biologique	12
2.2.4 Les blés de Redon, variétés paysannes réimplantés chez les agriculteurs du réseau	12
2.3 PaysBlé : un programme de recherche participative imbriqué à différentes échelles, où le maître mot est diversité	13
2.3.1 Le projet PaysBlé est né d'une initiative locale	13
2.3.2 PaysBlé s'inscrit dans le cadre plus large d'un projet de recherche européen : « SOLIBAM » ...	14
2.3.3 Une approche originale : l'expérimentation chez les agriculteurs	14
3 Problématique et question de recherche.....	15
3.1 Les hypothèses de l'étude	15
3.2 Les questions de recherche	15
4 Matériel et méthodes.....	16
4.1 Le réseau expérimental	16
4.1.1 Localisation des parcelles expérimentales	16
4.1.2 Matériel végétal	16
4.1.3 Organisation des essais.....	17
4.2 Mesures et observations	18
4.2.1 Caractérisation de l'environnement pédoclimatique des parcelles	19
4.2.2 Suivi de la culture du blé.....	20
5 Résultats et discussion.....	23
5.1 Description des différents environnements expérimentaux	23
5.1.1 La composition physique et chimique des sols.....	23
5.1.2 La vie des sols	24
5.1.3 L'année climatique	27
5.1.4 Itinéraires techniques et systèmes de culture.....	30
5.1.5 La flore et la pression adventice	33
5.2 Comparaison des différentes variétés dans leurs environnements.....	37
5.2.1 La compétition par rapport aux adventices.....	37
5.2.2 Aspects morphologiques et croissance du blé.....	39
5.2.3 Le rendement et son élaboration.....	42
6 Discussion générale sur l'expérimentation du projet PaysBlé	45
6.1 La méthodologie	45
6.2 Le protocole	46
7 Conclusion.....	46
8 Bibliographie	48
Annexes	50

*Table des illustrations

Figure 1 Localisation des 7 parcelles expérimentales (carte IGN)	16
Figure 2 Organisation d'un essai	17
Figure 3 Historique des relevés effectués pour décrire les essais	18
Figure 4 Historique des mesures et observations faites sur la culture de blé	18
Figure 6 Zones de comptage de la densité des blés en sortie d'hiver	20
Figure 8 modèles pour estimer la couverture végétale par la méthode de Braun-Blanquet.....	21
Figure 7 Modèle d'évaluation du port du blé	21
Figure 9 Détail du protocole de prélèvement de biomasses des blés	22
Figure 10 Données collectées au stade maturité du blé.....	22
Figure 11 Quelques résultats clés des analyses de sol	23
Figure 12 Nombre de vers de terre recensés par m ² par essai	24
Figure 13 Proportion de vers adultes et juvéniles selon les essais	24
Figure 14 Proportion des 3 catégories écologiques de vers par essai	25
Figure 15 Comparaison de l'indicateur de la vie des sols du LAMS et des comptages de lombrics.....	26
Figure 16 Températures mensuelles moyennes pour la campagne culturale 2010-2011	27
Figure 17 Evapotranspiration maximale et réelle du blé tendre pour la saison culturale 2010-2011 ..	28
Figure 18 Variation du déficit hydrique selon les hypothèses de la réserve utile des sols	28
Figure 19 Variations du déficit hydrique estimé selon les stations météorologiques choisies.....	29
Figure 20 Déficit en eau mensuel du peuplement végétal	29
Figure 21 Sévérité des manques d'eau selon les essais.....	30
Figure 22 Succession culturale des 5 dernières années.....	30
Figure 23 Itinéraire technique du blé pour chacun des essais.....	32
Figure 24 Densité d'adventices au stade plein tallage du blé selon les types variétaux testés	33
Figure 25 Densité d'adventices au stade plein tallage du blé selon les essais.....	34
Figure 26 Nombre d'espèces et abondance d'adventices recensés au stade plein tallage du blé.....	35
Figure 27 Résultat de l'AFC à partir des données d'effectifs d'adventices par parcelle et par essai.....	36
Figure 28 Densité d'adventices au stade plein tallage du blé dans l'ensemble des essais, NS exclu	37
Figure 29 Biomasse / m ² d'adventices à la maturité du blé dans l'ensemble des essais, NS exclu	37
Figure 30 Biomasses d'adventices à la maturité du blé par type variétal et par essai.....	38
Figure 31 Hauteur du blé aux stades 2 nœuds et maturité, risque $\alpha = 5\%$	39
Figure 32 Port du blé en sortie d'hiver au stade plein tallage, risque $\alpha = 5\%$	39
Figure 33 Couverture du sol par la culture à 3 stades physiologiques (sans NS, $\alpha = 0,05$)	40
Figure 34 Notes de verse au stade maturité du blé.....	40
Figure 35 Notes données sur l'état sanitaire global au stade maturité du blé	41
Figure 36 Rendements moyens selon les variétés.....	42
Figure 37 Ecart des rendements des variétés paysannes par rapport au rendement du Renan.....	43
Figure 38 Lien entre estimation du rendement à partir de ses composantes et rendement moyen ...	43
Figure 39 Décomposition du rendement selon les variétés et selon les essais	44

Liste des tableaux

Tableau 1 Etapes du projet PaysBlé d'après le poster "Développement d'un réseau régional pour expérimenter, maintenir et promouvoir la diversité cultivée des blés de terroir breton en agriculture (AB)" 2010	13
Tableau 2 Types génétiques et morphologiques des variétés	17
Tableau 3 Effectifs de vers de terre selon les essais et groupes statistiques.....	24
Tableau 4 Classification possibles selon certaines pratiques communes aux différents essais	31
Tableau 5 Description des groupes statistiques	34
Tableau 6 Groupes de parcelles selon la pression des adventices au stade plein tallage du blé retenu	35

Liste des abéviations

AB	Agriculture Biologique
CEC	Capacité d'Echange Cationique
ETM	Evapotranspiration Maximale
ETP	Evapotranspiration Potentielle
INRA	Institut National de Recherche Agronomique
LAMS	Laboratoire d'Analyse Microbiologique des Sols
mélange	variété population dynamique de Florent Mercier
MO	Matière Organique
MS	Matière Sèche
PMG	Poids de Mille Grains
RU	Réserve Utile
Sixt	variété population "Sixt-sur-Aff 15 746"
SOLIBAM	Strategies for Organic and Low Input Breeding and Management

1 Introduction

La biodiversité agricole est le résultat d'un processus de sélection naturelle et d'une sélection minutieuse opérée par les hommes au cours du temps. Les dernières décennies ont été marquées par un progrès spectaculaire des performances des variétés cultivées dans une agriculture de plus en plus intensive, mais aussi par un transfert de rôle des agriculteurs, autrefois moteur de l'innovation variétale vers des entités spécialisées (instituts de recherche, semenciers privés), dans un contexte d'érosion génétique. La question du droit à la semence, de l'innovation variétale et de leur intérêt dans une agriculture à bas niveau d'intrants soulève des questions, notamment chez les agriculteurs membres du Réseau Semences Paysannes.

Dans le cadre d'un projet de recherche régional breton, (PaysBlé) une étude à la ferme est menée par l'INRA en partenariat avec, entre autres, l'association Triptolème du Réseau Semences Paysannes. Ce projet de recherche est lui-même inséré dans un programme européen plus large, SOLIBAM¹, pour le développement de variétés et de pratiques culturales innovantes pour les agricultures biologiques et à faibles intrants.

L'étude à la ferme menée dans le cadre de PaysBlé a pour ambition d'étudier et de comparer 3 types variétaux dans 6 environnements contrastés d'agriculture paysanne. Les essais portent sur une variété moderne de référence dans l'Agriculture Biologique (Renan), et sur deux variétés paysannes : une de type population (une variété de blé traditionnel de la région de Sixt-sur-Aff) et une seconde de type mélange de populations (population dynamique de Florent Mercier). Ces variétés montrent un gradient de diversité intra-variétale : Renan est génétiquement homogène, la population Sixt sur Aff est un ensemble de plantes modérément hétérogène, alors que la population dynamique est génétiquement très hétérogène (elle comprend 11 populations).

Pour sa première année, l'objectif de cette étude prévue pour une durée de 3 ans est double : il est à la fois de décrire les environnements culturels de chaque essai et d'analyser les résultats agronomiques obtenus en vue du prolongement de l'expérimentation.

2 Contexte du projet PaysBlé

Les essais agronomiques du projet PaysBlé résultent d'une démarche de recherche participative qui associe chercheurs et agriculteurs.

2.1 Des acteurs sensibles aux questions de la semence et de la variété cultivée

2.1.1 Le Réseau Semences Paysannes

La création en 2003 du *Réseau Semence Paysannes* est la conséquence d'une démarche syndicale et militante qui s'inscrit dans un mouvement plus général de recherche de modèles alternatifs en rupture avec l'agriculture productiviste des « trente glorieuses », pendant lesquelles s'est opérée une professionnalisation quasi-absolue des activités de génétique végétale (Bonneuil et Demeulenaere, 2007). Fondée par la *Confédération Paysanne*, la *Coordination Nationale de Défense des Semences de*

¹ SOLIBAM (2010-2014): Strategies for Organic and Low Input Breeding and Management, FP7 KBBE- 245058

Fermes ainsi que d'autres organisations affiliées à l'Agriculture Biologique, ce réseau rassemble organisations et associations d'agriculteurs qui revendiquent le titre de « paysan » comme symbole fort de leur opposition à l'image d' « exploitant agricole » vu comme un « simple maillon dans une filière longue et exploitant une nature objet » (Bonneuil et Demeulenaere, 2007).

La volonté de « réappropriation » par les paysans des semences et des savoir-faire qui y sont liés repose sur tout un cortège d'arguments et constitue le fer de lance de ce réseau. Il s'agit par exemple de lutter contre l'érosion de la diversité variétale des espèces cultivées :

- 90% des variétés végétales auraient disparu des fermes au cours du siècle dernier (CIP-UPWARD, 2003 in Hamon, 2007),
- l'abandon des variétés locales au profit des variétés modernes serait la principale cause de l'érosion génétique (FAO, 2005).

Dès lors, la démarche des agriculteurs du *Réseau Semences Paysannes* prend un sens également dans une proposition de gestion dynamique du patrimoine génétique en contraste, ou du moins en complément, de la conservation *ex situ*² actuelle.

Les paysans du réseau portent aussi un regard très critique sur le modèle de sélection variétale et d'innovation actuel avec l'idée sous-jacente que « la mobilisation des connaissances n'est pas toujours effectuée dans l'intérêt collectif » et citent les OGM comme exemple (Bonneuil et Demeulenaere, 2007). En outre, ils remettent en cause le « progrès génétique » lié selon eux à l'utilisation massive d'intrants qui nivelle la variabilité de l'environnement des plantes, et qu'ils jugent inadaptés à leurs conditions d'agriculture à bas niveau d'intrants où les contrastes sont forts (Demeulenaere et Bonneuil, 2010).

Les tests pour l'inscription au catalogue officiel de distinction, où l'accent est mis sur « la performance et la prédictibilité », ne satisfont pas leurs attentes au regard des variétés qu'ils souhaitent cultiver (Boltanski et Thévenot in Bonneuil et Demeulenaere, 2007) :

- d'une part les critères de performance sont jugés restrictifs et propres à une agriculture très artificialisée,
- et d'autre part la prédictibilité est un frein à toute innovation variétale fermière, et encourage, voire impose un pilotage centralisé du progrès génétique.

2.1.2 Triptolème et les paysans boulangers

Au sein du *Réseau Semences Paysannes*, l'association bretonne *Triptolème* rassemble des paysans, des chercheurs et des citoyens autour de cette thématique de semences paysannes. La faible visibilité par le public de la diversité dans les grandes cultures et le constat que depuis les années 70-80, la production à la ferme de semences de blés sur plusieurs cycles a quasiment disparu, sont des moteurs de ce rassemblement (Demeulenaere et al., 2008).

Tenter de décrire les paysans de cette association, où les maîtres mots sont « diversité » et « contraste » est un exercice délicat. Ils s'expriment par exemple à travers la diversité de leurs environnements, de leurs moyens de production, de leurs pratiques et même de leurs idéaux. Toutefois, on peut distinguer quelques traits communs à ces agriculteurs. Les paysans de ce réseau

² conservation hors du système de production, dans des sites prévus spécialement pour leur conservation

sont pour la plupart des paysans-boulangers, en agriculture biologique ou biodynamique (certifiée ou pas), avec de petites surfaces cultivées.

Agriculteurs « nostalgiques et rejoints par quelques réfractaires au système [productiviste], parmi eux la communauté des néo-ruraux » (Demeulenaere *et al.*, 2008), ils jugent d'une part, d'un point de vue agronomique, les variétés de blés modernes inadaptées à leur agriculture à bas niveau d'intrants, et d'autre part, les critères de sélection, issus du pétrissage industriel, inappropriés à leurs modes de productions artisanaux. Ils considèrent aussi que les qualités organoleptiques et sanitaires (allergies liées aux glutens) ont été négligées lors de la sélection.

Enfin, d'un point de vue éthique, ils s'opposent aux techniques de sélection modernes utilisées, comme la mutagenèse induite chimiquement ou les croisements interspécifiques pour obtenir de la variabilité génétique, ou encore l'haploïdisation avec sauvetage d'embryons *in vitro* pour accélérer la création variétale (Bonneuil *et Demeulenaere*, 2007). Ces manipulations sur le vivant choquent les paysans du réseau, et vont selon eux, à l'encontre d'équilibres et d'authenticité et résumant une vision utilitariste, réductionniste et manipulatrice du vivant. Ces agriculteurs veulent que les variétés qu'ils utilisent soient issues de méthodes de sélection à la portée des utilisateurs. Ainsi, s'il a fallu passer par un laboratoire pour sauver un embryon ou doubler le pollen à la colchicine, certains agriculteurs auront des réticences à utiliser de telles variétés alors qu'une variété obtenue par croisements classiques ne leur inspirera pas autant de scrupules.

2.1.3 Des critères de sélections propres aux paysans-boulangers

L'écart entre les variétés proposées dans le commerce et les souhaits des paysans de *Triptolème* est avéré si on admet que « les variétés cultivées dans l'après-guerre seraient maintenant considérées comme impropres à la panification par les techniques modernes. » (Bonneuil *et Demeulenaere*, 2007). Les variétés plus anciennes apparaissent ainsi aux yeux des paysans-boulangers mieux adaptées que les variétés modernes à leurs techniques de panification artisanales et manuelles (usage du levain et pétrissage doux).

En effet, depuis l'après-guerre, la sélection des blés a porté sur deux critères bien définis : le rendement et la force boulangère. Le rendement a triplé ces cinquante dernières années (Bonneuil *et Demeulenaere*, 2007) et la force boulangère³ ainsi que d'autres caractères technologiques ont été très travaillés, rendant possible une industrialisation des méthodes de pétrissage. Or, pour les agriculteurs du réseau, l'augmentation du potentiel de rendement d'une variété n'a pas de sens dans des conditions agricoles où le niveau d'intrants et les sols pauvres limitent eux-mêmes le rendement, et le travail de la pâte à la main rend possible le travail de pâtes impropres à la panification industrielle.

Par ailleurs, ils considèrent que les qualités nutritionnelles des blés, comme le taux de vitamines ou les qualités organoleptiques des farines de blé, ont été reléguées au second plan. L'aspect santé et goût a une place essentielle dans leurs critères de sélection variétale compte tenu du marché de niche qu'ils exploitent. Par exemple, l'effort de sélection de ces dernières années sur les glutens⁴ les a rendus plus tenaces, et certains agriculteurs du réseau font le rapprochement avec la maladie coeliaque ou d'intolérance aux glutens.

³ Propriété d'un mélange eau-farine à former une pâte extensible et tenace grâce aux glutens

⁴ Le Mélange de protéine des tissus végétaux responsable de la ténacité et de l'élasticité des pâtes

L'aspect esthétique des blés trouve aussi son importance pour ces paysans. Ainsi, des blés hauts et barbus véhiculant une image rustique et authentique trouveront plus facilement leur place dans leurs champs.

De même, les semences constituent un intrant clef dans l'agriculture, et tout particulièrement lorsqu'il s'agit d'agriculture paysanne, où ce choix incarne aussi une dimension sociale et éthique, la semence étant parfois le seul et unique intrant de la culture : « La variété est le pivot d'une conduite de culture basée sur une approche globale de la gestion de l'itinéraire technique [dans l'agriculture à bas niveau d'intrants] » (Rolland *et al.*, 2003). En Agriculture Biologique, notamment chez les agriculteurs de l'association *Triptolème*, le choix de la variété cultivée constitue un élément essentiel de la protection des cultures contre les maladies et les ravageurs, mais aussi de la lutte contre les adventices. Mais derrière ces choix variétaux, il y a aussi la question délicate des réglementations sur les semences.

2.2 Des variétés et des semences : quelles variétés pour l'agriculture paysanne ?

2.2.1 La circulation des semences en Europe est très encadrée par la loi

Dans l'Union Européenne, la commercialisation (contre rémunération ou non) de semence est autorisée uniquement sur des variétés inscrites dans un catalogue depuis le 16 novembre 1932, date de son institution (J.O. du 19 novembre 1932, p. 12006-12067). Au début, seules des espèces de grandes cultures étaient concernées tandis qu'aujourd'hui, un catalogue existe pour la grande majorité des espèces cultivées.

En France, l'inscription de variétés dans ce catalogue est confiée au GEVES (Groupe d'Etude et de contrôle des Variétés et des Semences), qui regroupe le Ministère l'agriculture, l'INRA et le GNIS (Groupement National Interprofessionnel des Semences et plants). Elle est conditionnée par le succès à l'épreuve de Distinction-Homogénéité-Stabilité (DHS) et à celle de Valeur Agronomique et Technologique (VAT) pour les grandes cultures. Cette valeur implique que toute nouvelle variété doit avoir au moins un caractère technologique supérieur aux variétés déjà inscrites.

En-dehors de l'insatisfaction évoquée précédemment des agriculteurs de Triptolème vis-à-vis de ces deux épreuves (critères restrictifs de la VAT et aspect « homogénéité » et « stabilité » du test de DHS, incompatible avec la sélection à la ferme), ces critères posent directement la question du choix du type variétal cultivable.

En effet, les variétés de blé tendre de type « lignée », composées d'individus génétiquement identiques, se prêtent bien au test de DHS. En revanche, ce test revient quasiment à proscrire les variétés paysannes de type « population », qui sont obtenues par sélection massale et dont l'hétérogénéité intrinsèque est indispensable au maintien de leur évolution et de leur adaptation à des situations contrastées et muables. Enfin, les variétés paysannes n'ayant jamais été sélectionnées pour les critères de qualité actuels (industrialisation des processus de panification par exemple), elles ne répondent en rien à la VAT.

2.2.2 Un contexte législatif délicat

a) Le mécontentement concernant les semences fermières

Lorsque des variétés végétales, même issues de la sélection de l'industrie semencière, sont multipliées à la ferme, les semences obtenues sont dites « **fermières** ». Ces dernières font alors l'objet d'une réglementation.

Un accord signé en 2001 entre représentants d'agriculteurs et obtenteurs de variétés, renouvelé tous les trois ans depuis, a instauré une « Contribution Volontaire Obligatoire » (COV) pour la culture de blé. Il s'agit d'une taxe de 0,50 € par tonne de céréales produites issues de semences fermières lorsque ces céréales sont livrées à des organismes stockeurs.

- 1 Les bénéfices de cette taxe sont destinés aux agriculteurs acheteurs de semences certifiées, à l'industrie semencière ainsi qu'à l'alimentation d'un fond de recherche (Réussir Grandes Cultures, 2004). Selon le GNIS (Groupement National Interprofessionnel des Semences et plants), il s'agit d'une réponse appropriée à la baisse du nombre de semences certifiées vendues annuellement ainsi qu'à la question : « comment mettre un terme à une situation injuste, qui voit le financement de la recherche et de l'amélioration variétale reposer sur les seuls utilisateurs de semences certifiées, alors que l'ensemble des agriculteurs bénéficie de ces progrès ? » (GNIS, 2001).

Cette vision ne fait pas l'unanimité auprès des agriculteurs, notamment auprès de ceux du *Réseau Semences Paysannes*, qui comparent cette situation à celle de « l'industrie automobile [si elle] prélevait auprès des utilisateurs de voitures une taxe pour tout nouveau kilomètre parcouru après une année d'utilisation », et regrette que seul le syndicat agricole majoritaire, la FNSEA, représenta les agriculteurs lors de la signature de cet accord (Confédération Paysanne, 2011).

b) Le « vide réglementaire » sur les semences paysannes

Ce type de mesure, vécu comme un diktat de l'industrie semencière « toute puissante » par les paysans-boulangers de l'association Triptolème, les encourage à s'investir dans un autre type de semences : les semences dites « **paysannes** ». Ces dernières se distinguent des semences fermières par le fait que les variétés ne sont pas inscrites au catalogue officiel, et proviennent d'une sélection à la ferme.

La législation sur les semences ne laisse pas de place à ce type de semence ni variété, puisque la directive européenne concernant la commercialisation des semences de céréales (66/402/CEE), transcrite en droit français par le décret n° 81-605 du 18 mai 1981, interdit tout échange de semences qui ne sont pas inscrites au catalogue officiel. Il s'agit là d'un non-sens pour les agriculteurs, estimant que l'échange de semences est un des fondements essentiels à la survie et à l'évolution des variétés paysannes.

Depuis 1966, d'autres directives tentent de répondre au manque d'offre pour l'Agriculture Biologique. La dernière, 2008/62/CE, vise à la mise en place de mesures dérogatoires pour l'admission aux catalogues nationaux des variétés locales et anciennes de céréales et de pommes de terre. Cette dernière directive ne satisfait pas la Confédération paysanne pour différentes raisons, comme son manque de clarté, sa restriction aux variétés « menacées d'érosion génétique » ou encore la nécessité de payer une inscription pour son maintien au catalogue officiel.

Pour les agriculteurs insatisfaits par la loi, le regroupement en réseau est un moyen de contourner l'interdiction juridique d'échanger des semences ne figurant pas dans le catalogue, en considérant ces dernières non plus comme la propriété personnelle d'un agriculteur, mais comme un bien communautaire. L'échange n'a donc plus de sens légal. Ainsi la législation ne pose finalement pas de réel problème pour les paysans-boulangers grâce à leur organisation, mais inquiète les agriculteurs qui réclament une reconnaissance explicite des semences paysannes, au moins pour les protéger.

2.2.3 « Renan », la variété moderne la plus utilisée en Agriculture Biologique

Dans les années 1960, l'INRA lançait un programme de sélection de variétés de blé tendre résistantes aux maladies cryptogamiques, et capables de s'affranchir de l'usage de fongicides. Pour augmenter la diversité génétique du blé, les chercheurs ont opté pour un croisement avec une graminée sauvage, l'*Aegilops ventricosa*, qui a induit chez le blé une résistance aux rouilles et au piétin-verse. (Doussinault *et al.* in Rolland *et al.*, 2003).

Ces travaux se sont traduits entre autres par la mise sur le marché de la variété Renan en 1989. Cette dernière, résistante au piétin-verse, aux rouilles, septorioses et fusarioses et dotée d'une très bonne valeur boulangère, en fait une variété particulièrement adaptée aux conditions d'agriculture à bas niveau d'intrants. En France, c'est la variété la plus utilisée en agriculture biologique (Rolland *et al.*, 2003), et elle connaît aussi un grand succès dans d'autres pays européens, comme l'Allemagne ou l'Autriche, où la pression contre les fongicides est plus forte qu'en France (INRA, 2000).

2.2.4 Les blés de Redon, variétés paysannes réimplantés chez les agriculteurs du réseau

L'INRA est l'un des acteurs majeurs dans la gestion des ressources génétiques végétales en France. A travers le pays, plusieurs Centres de Ressources Génétiques se partagent la mission de conservation *ex situ* de variétés végétales sauvages et cultivées. C'est notamment le cas du centre de Clermont-Ferrand, responsable de la préservation des variétés de céréales à paille, qui possède une des plus importantes collections de blé d'Europe⁵.

Dans cette collection, plusieurs centaines d'épis ont été collectés dans des champs du pays de Redon durant les années 1968-71 par un chercheur passionné de l'INRA, Gérard Doussinault, alors qu'il cherchait des gènes de résistance au piétin-verse. Conservés par l'INRA depuis une quarantaine d'années et distribués de manière informelle et sporadique à certains agriculteurs, on ne connaît quasiment rien sur ces blés, exception faite de leur provenance géographique.

Le manque d'information est tel qu'il est aussi difficile de situer l'ancienneté des blés. On les désigne toutefois par l'expression « blés anciens » du fait de leur caractère de population et de la hauteur de leurs pailles, preuve de leur antériorité aux années 70 où se sont généralisés le gène de nanisme et la centralisation de la sélection des blés. Issus de la sélection paysanne, on utilisera pour les désigner le terme de « variétés paysannes » dans ce rapport.

Sur les centaines d'échantillons initialement prélevés (un échantillon = un épi), il reste désormais environ 330 accessions dites « de Redon ». Ce patrimoine est exceptionnel et unique en France, et constitue une réserve génétique pour l'amélioration des espèces et une base précieuse pour l'agriculture paysanne, soucieuse de faire revivre ces blés de pays. C'est autour de ces blés, ressortis

⁵ Avec notamment 11 800 blés tendres, 2 800 blés durs et apparentés et 6 500 lignées particulières d'intérêt scientifique. (INRA 2011)

officiellement des frigos de l'INRA en 2009 dans le cadres de PaysBlé, que des acteurs de Triptolème se sont retrouvés pour faire vivre le projet.

2.3 PaysBlé : un programme de recherche participative imbriqué à différentes échelles, où le maître mot est diversité

2.3.1 Le projet PaysBlé est né d'une initiative locale

L'association Triptolème et le département SAD Paysage de l'INRA de Rennes sont à l'origine d'un projet de recherche participative, appelé « PaysBlé ». L'objectif de ce projet est de développer un réseau régional pour expérimenter, maintenir et promouvoir la diversité cultivée des blés de terroir breton en agriculture biologique. Il engage trois autres partenaires en plus de l'INRA et Triptolème : l'Université de Rennes 1, l'association interprofessionnelle de l'Agriculture Biologique (AB) en Bretagne, IBB (Inter Bio Bretagne), et l'association Kaol Kozh (association d'agriculteurs et de jardiniers qui travaillent sur les variétés « anciennes » des espèces potagères), et s'inscrit dans une longue collaboration entre chercheurs et professionnels en matière d'AB en Bretagne depuis la fin des années 80.

D'une durée de trois ans et demi, de 2009 à 2012, son financement est assuré (à 75%)⁶ par la région Bretagne dans le cadre de ses projets ASOSC (Actions pour l'appropriation Sociale des Sciences), visant à répondre à une attente sociale et culturelle, et à chercher un modèle d'agriculture durable.

Les objectifs de ce projet sont l'évaluation puis la sélection de blés bretons dans les conditions de l'Agriculture Biologique et la mise en lumière de pratiques culturelles spécifiques, pour répondre aux besoins de la boulangerie artisanale (au levain). Concrètement, le projet vise à étudier, remettre en culture et redonner un avenir aux blés de pays adaptés à la Bretagne, en consolidant et en diffusant les actions paysannes. Le projet s'articule en 3 étapes majeures :

Tableau 1 Etapes du projet PaysBlé d'après le poster "Développement d'un réseau régional pour expérimenter, maintenir et promouvoir la diversité cultivée des blés de terroir breton en Agriculture Biologique (AB), 2010

Etapes	Recherche Expérimentation	Echanges Appropriation des sciences	Résultats attendus Diffusion sociale
1 04/09 - 09/10	- Recherche et collecte des ressources génétiques de blé de pays - Enquête régionale - Multiplication en AB	Séminaires d'échange de savoirs scientifiques, de savoir-faire paysan traditionnel et de l'AB (partenaires du projet et experts nationaux)	- Inventaire du patrimoine en blé de pays en Bretagne - Définition d'un protocole commun d'expérimentation
→2 10/10 - 09/11	- Essais agronomiques et début d'analyse - Construction de l'expérimentation boulangère	Echanges entre pratiques de terrain, de fournil et de laboratoire	- Conception d'une maison de la semence paysanne en Bretagne - Communication et diffusion de l'avancement du projet aux partenaires et au grand public
3 10/11 - 09/12	Expérimentations au champ et au fournil et analyses complémentaires	Rencontre des partenaires et experts pour exploiter les résultats	Communication et diffusion des résultats aux scientifiques, professionnels et grand public

Derrière ce calendrier, 3 actions sont menées (Serpoly, Schermann, et Chable, 2010) :

⁶ Les 25% sont assurés par les partenaires eux-mêmes

- La culture de la collection de blés de Redon, pour **multiplier et redonner le caractère de population** aux variétés paysannes et les décrire (étape 1)
- Un essai de **co-sélection participative**, qui vise à cultiver et à sélectionner à la ferme les variétés de blés de Redon en association avec une d'autres cultures,
- **Des essais agronomiques**, dont le protocole et une partie du « matériel végétal » (variétés paysannes) résultent du travail effectué conjointement par les agriculteurs de Triptolème et les chercheurs de l'INRA lors de l'étape 1.

Ces essais agronomiques, qui font l'objet de ce rapport, visent à comparer 3 variétés de types génériques différents dans des environnements contrastés à faible niveau d'intrants, d'un point de vue agronomique, en marge des questions d'autonomie semencière et des critères de qualités technologiques. Ces essais comprennent une variété « moderne » de type lignée (Renan) et deux variétés « paysannes » (une de type population, issue de la collection des blés de Redon : le Sixt-sur-Aff, et un mélange de populations confectionné par un des agriculteurs de Triptolème).

2.3.2 PaysBlé s'inscrit dans le cadre plus large d'un projet de recherche européen : « SOLIBAM »

L'intérêt européen en matière de recherche de variétés et de semences pour les agricultures biologiques et à faible intrants est à l'origine du programme européen SOLIBAM (Strategies for Organic and Low Input Breeding And Management) prévu de 2010 à 2014 et dont l'objectif est de « développer des approches intégrées de la sélection et des pratiques agricoles pour améliorer la qualité des produits, les performances des cultures et leur stabilité en agriculture biologique et à faibles intrants, en tenant compte de leur diversité en Europe et dans les petites fermes africaines » (Chable, 2010).

Ce vaste programme, piloté par Véronique Chable de l'INRA de Rennes, est en de nombreux points similaires au projet local PaysBlé et partage ses objectifs. C'est donc naturellement que ce dernier, pourtant antérieur, s'est intégré au programme de recherche européen, qui repose lui aussi sur un vaste réseau d'expérimentation. Le réseau d'expérimentation PaysBlé est ainsi devenu, en plus d'être un projet local, une branche du réseau d'expérimentation de SOLIBAM, après harmonisation des protocoles expérimentaux. Il conserve toutefois des observations propres aux attentes des agriculteurs de l'association Triptolème, comme pour rappeler la dimension participative du projet, chère à ses acteurs. SOLIBAM complète les moyens pour les approches qualitatives et prendra aussi en charge la poursuite des expérimentations PaysBlé (après 2012) pour consolider les résultats.

2.3.3 Une approche originale : l'expérimentation chez les agriculteurs

L'ambition participative et la volonté de limiter l'approche purement analytique, considérée comme partielle, a conduit les parties prenantes de ces projets à développer une approche la plus globale possible. C'est entre autres pour cette raison que le projet repose sur un réseau de parcelles expérimentales installées chez les agriculteurs et travaillées selon leurs propres habitudes.

Cette volonté de se rapprocher des conditions réelles de terrain constitue un attachement fondamental pour cette étude. Le fait d'opter pour une expérimentation chez différents agriculteurs permet d'étudier les variétés de blé dans des conditions très contrastées, par exemple dans les pratiques culturales ou les environnements pédo-climatiques. Cette volonté est sous-tendue par le

présupposé que l'agriculture à bas niveau d'intrants révèle les contrastes des conditions de cultures, faisant de leurs considérations un élément clé de l'étude.

Cette idée selon laquelle la recherche agronomique doit prendre en compte la multi-dimensionnalité et la polymorphie de l'agriculture remonte aux années 90, mais a été, de certains avis, très peu mise en pratique et trop axée à l'échelle de l'exploitation agricole (Le Pichon, Penvern, et Bellon, 2011).

La notion d'agroécologie fait définitivement appel à des connaissances trop complexes pour être la seule somme de mesures toutes choses égales par ailleurs. Et même s'il n'existe pas réellement de consensus sur l'approche « globale », ou appelée aussi « holistique » au sein de la communauté scientifique, une partie des chercheurs pensent que l'expérimentation chez l'agriculteur est un bon point de départ. (Niggli, 1999)

Ce mémoire de fin d'étude se veut la synthèse des essais agronomiques de l'étape 2 de PaysBlé, qui portent sur la comparaison de trois variétés de types génétiques différents dans des conditions d'agriculture qui sont propres aux agricultures biologiques et paysannes.

3 Problématique et question de recherche

3.1 Les hypothèses de l'étude

La question à l'origine et au cœur de cette étude, est celle de la structure génétique des variétés de blé tendre (lignée pure, population stabilisée ou dynamique) la mieux adaptée aux besoins des paysans-boulangers, en agriculture biologique (le plus souvent) et pratiquant une panification traditionnelle au levain naturel. Les variétés lignées modernes ont été sélectionnées dans des conditions à fort niveau d'intrants et sont donc a priori plus adaptées à ces conditions alors que les variétés paysannes de type populations n'ont pas été sélectionnées dans ces mêmes conditions et seraient mieux adaptées à des environnements à plus faibles niveaux d'intrants (Doré et Varoquaux, 2006). En effet, l'hétérogénéité des milieux de culture à faible intrants est exacerbée (Bonneuil et Demeulenaere, 2007). Dans cette étude, une attention particulière est portée sur le comportement agronomique des variétés dans l'hétérogénéité des milieux de l'agriculture biologique et/ou paysanne, avec quelques hypothèses de travail :

- (1) L'augmentation de la diversité génétique dans une variété de blé permet de mieux tamponner les hétérogénéités du milieu dans l'espace (cette année) et le temps (années suivantes),
- (2) Les variétés sélectionnées pour l'agriculture conventionnelle ne sont peut-être pas les mieux adaptées pour l'agriculture paysanne

3.2 Les questions de recherche

Un des aspects innovants de cette étude réside dans sa méthode participative : l'expérimentation a lieu chez les agriculteurs pour bénéficier de conditions de culture variées et représentant une diversité de conditions existant dans la région. Cette étude a pour objectif une observation la plus globale possible, pour déterminer des tendances et préciser nos hypothèses, dans l'optique de pouvoir affiner le protocole ou d'en proposer de nouveaux dans l'avenir. Les résultats attendus se déclinent selon deux grands axes :

- Une variété « moderne » de type lignée pure (issue du travail de sélectionneurs) : Renan, variété la plus cultivée en Agriculture Biologique (Rolland *et al.*, 2003).

Le Tableau 2 résume les types génétiques et types morphologiques des variétés ainsi que leur nom utilisé pour être désignées dans ce rapport.

Tableau 2 Types génétiques et morphologiques des variétés

	Lignée	Population stabilisée	Population dynamique
Variété moderne	Renan		
Variété paysanne		Sixt	mélange

4.1.3 Organisation des essais

Chacun des six agriculteurs du réseau expérimental héberge un essai du projet de recherche PaysBlé. Cet essai est composé de deux répétitions de trois parcelles, chacune relative à une variété, et est installé au sein d'une des parcelles de production de blé tendre de l'agriculteur. L'essai est ainsi cultivé dans les mêmes conditions que les parcelles de production de l'agriculteur. Chaque parcelle expérimentale a une surface (S) d'au moins 100 m² (cela a été décidé de manière participative de manière à répondre à 2 objectifs : observer les variétés sur des surfaces conséquentes et obtenir assez de grain pour tester les variétés en boulange)

Le schéma ci-après décrit l'organisation d'un essai.

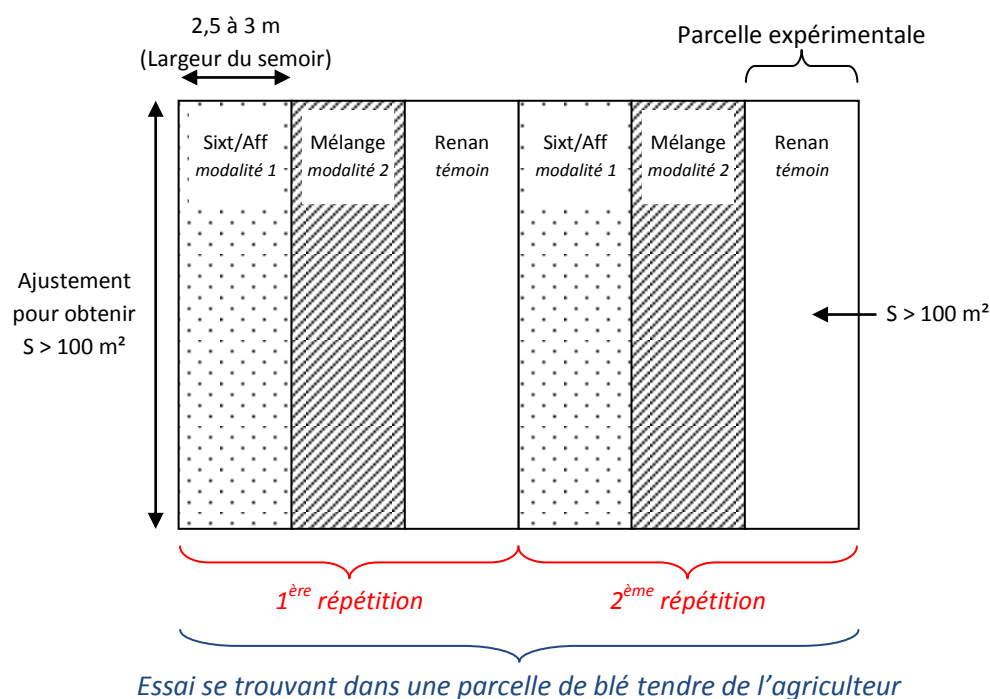


Figure 2 Organisation d'un essai

4.2 Mesures et observations

Des mesures et observations ont été effectuées tout au long de l'année culturale à travers deux objectifs : celui de caractériser le milieu de culture de chaque essai, et celui de comparer les différentes variétés de blé entre-elles, selon ces milieux.

Ces mesures et observations sont détaillées plus loin dans le rapport, et sont séparées en deux parties, selon leur objectif principal (qui est soit de décrire le milieu, soit les types variétaux de blé). Les figures ci-après permettent de porter un regard global sur ces mesures.

Date	Opération
Février - avril	Prélèvement de vers de terre, utilisés comme espèce bio-indicatrice de la qualité biologique des sols cultivés Inventaire des adventices et densité en sortie d'hiver (mesures communes à l'étude des variétés de blé)
mai	Enquête auprès des agriculteurs Analyse biologique, physique et chimique du sol

Figure 3 Historique des relevés effectués pour décrire les essais

Stade physiologique du blé	Après émergence	Plein tallage	Stade 2 nœuds	Maturité
Mesures faites et observations	Densité de plantes à la sortie d'hiver	- couverture du sol - port du blé - adventices	- couverture du sol - biomasse du blé - hauteur plantes	- adventices - biomasse - couverture - blé - biomasse - composantes du rendement - hauteur - rendement - verse - état sanitaire global

Figure 4 Historique des mesures et observations faites sur la culture de blé

4.2.1 Caractérisation de l'environnement pédoclimatique des parcelles

a) Prélèvement de vers de terre

L'importance des vers de terre sur le sol et les organismes qui y vivent est décrite depuis le XIX^{ème} siècle (Darwin, 1881). Leur influence est telle qu'on parle depuis les années 90 d'organisme ingénieur des écosystèmes ((Jones *et al.*, 1994, *in* Wright *et* Jones, 2006). C'est ainsi que nous avons choisi de recenser les vers de terre de nos essais en tant qu'indicateur de la composante biologique des sols, et d'indicateur de l'équilibre, de la stabilité et de la fertilité des sols agricoles (Blakemore, 2000).

Le protocole que nous avons appliqué est celui de l'OPVT, l'Observatoire Participative des Vers de Terre⁷, inspiré directement de la méthode au formol de Bouché (Bouché, 1972), mais où le formol est remplacé par une dilution de moutarde dans le but de rendre ce protocole le plus accessible possible et acceptable par les agriculteurs biologiques.

On effectue sur chaque essai 3 prélèvements de vers de terre sur des carrés de 1 x 1 m choisis aléatoirement. Ces prélèvements ont été réalisés le matin sur une période allant du 28 mars au 08 avril, selon les recommandations de l'OPVT.

Sur chaque carré de prélèvement, la végétation est retirée, puis deux arrosages espacés de 15 minutes et composés chacun de 300 g de moutarde forte dilués dans 10 L d'eau sont effectués. Après chaque arrosage, on collecte pendant 15 minutes les vers remontant à la surface.

A la fin des prélèvements, on recense les vers de terre (nombre d'individus par m²) et on les classe selon leur catégorie écologique (épigé, endogé, anécique) (Bouché, 1972) et leur stade physiologique (juvénile, adulte). Le couplage de ces deux catégories définit 6 unités écologiques fonctionnelles. (Pérès *et al.*, 1998 ; Pérès, 2003 *in* Lamandé *et al.* 2004). Les catégories écologiques des vers de terre sont :

- **Les vers épigés**, sont de petites tailles (1 - 5 cm) et peuplent les horizons superficiels du sol. Leur tégument pigmenté les protège des rayons de lumière, et leur donne une couleur rouge bordeaux.
- **Les vers endogés**, légèrement plus grands (3 - 16 cm) occupent les horizons profonds du sol, et ne remontent théoriquement jamais à la surface. Leur tégument est dépigmenté et on peut observer leur appareil digestif, rempli de terre, par transparence.
- **Les vers anéciques**, de grande taille (10 - 100 cm) évoluent à travers tous les horizons du sol et remontent à la surface. Leur couleur est caractérisé par un dégradé selon l'axe antéropostérieur allant du noir ou du rouge à l'absence de pigment.

b) Analyse de terre

Nous avons prélevé des échantillons de terre que nous avons fait analyser dans le laboratoire LAMS (Laboratoire d'Analyse Microbiologique des Sols), créé en 1990 par Lydia et Claude Bourguignon, et spécialisé dans l'étude écologique du sol. Les prélèvements et les analyses ont porté sur l'aspect physique, chimique et biologique de la couche superficielle du sol (0-20 cm), et proviennent du mélange de 3 carottes de terre prélevées au mois d'avril pour chaque essai.

⁷ Créée par l'Université de Rennes 1 et le Muséum national d'histoire naturelle, dans le cadre d'un projet national d'observatoire de la biodiversité ordinaire en milieu agricole

L'indicateur de l'activité biologique des sols proposé par le LAMS est la mesure de l'activité de la phosphatase alcaline exprimée en μg de PNP (produit de l'enzyme) / g de sol sec / heure avec comme référence de 200 $\mu\text{g/g/h}$, qui correspond à l'activité biologique des sols sous forêts tempérées.

c) Enquête auprès des agriculteurs

Afin de connaître les pratiques des agriculteurs et les caractéristiques des parcelles d'essais, nous avons enquêté auprès des agriculteurs du réseau expérimental afin de connaître au mieux les conditions de culture des essais. Cette enquête rédigée après discussions avec des agronomes de l'INRA, a porté sur :

- L'historique des rotations et des travaux profonds effectués au cours des 5 dernières années
- L'itinéraire technique précis de la culture actuelle de blé tendre
- L'avis et les objectifs des agriculteurs sur cette année de culture (climat, ...)
- Leur connaissance et leur avis sur leur parcelle et son sol

d) Données météorologiques

On a récupéré les données journalières d'ETP, de pluviométrie et des températures moyennes enregistrées dans la station météorologique du Rheu, pour la période d'octobre 2010 à août 2011.

4.2.2 Suivi de la culture du blé

Ces données ont été prises selon le protocole européen du projet SOLIBAM défini par les partenaires avec quelques ajouts de la part de l'INRA. L'accent est mis sur (1) la description morphologique des variétés, (2) l'évaluation de leurs comportements vis-à-vis des adventices, (3) la comparaison de leurs rendements et (4) celle de leur état sanitaire et de verse à la maturité du blé, le tout dans une logique d'observer des effets d'interactions avec des environnements à forts contrastes.

a) Densité de plants après émergence du blé (février-mars)

En fin d'hiver (février-mars), la densité de plants est estimée en faisant la moyenne de trois comptages effectués le long de la parcelle dans des carrés de 50 x 50 cm, et localisées comme montré sur le schéma ci-contre.

Ce sont dans ces zones que les observations sur le diagnostic du rendement (détaillées plus loin) sont effectuées.

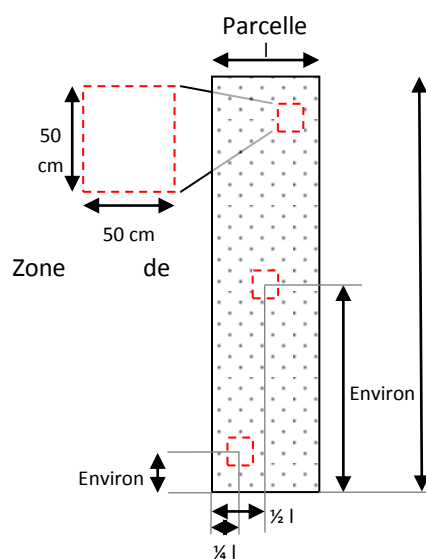


Figure 5 Zones de comptage de la densité des blés en sorte d'hiver

b) Au stade plein tallage : morphologie du blé et recensement des adventices

- Aspect morphologique du blé : 2 notes

- Une note de port allant de 1 à 5 a été donnée au blé selon une appréciation visuelle, et à travers des règles de décisions illustrée ci-après (Figure 7).
- Une note de couverture du blé, allant de 0 à 100 % et résultant d'une observation visuelle a été également donnée d'après la grille d'évaluation de Braun-Blanquet ci-après (Figure 8).

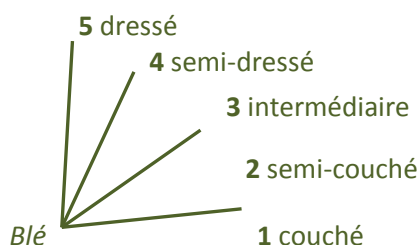


Figure 6 Modèle d'évaluation du port du blé

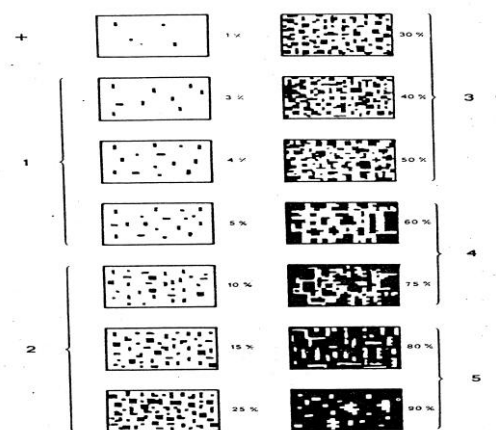


Figure 7 modèles pour estimer la couverture végétale par la méthode de Braun-Blanquet

- Inventaire et pression des adventices

Pour chaque parcelle, on a lancé 6 fois au hasard un cadre métallique de 30 x 25 cm. Après chaque lancer, on a déterminé (au moins au genre) et compté les adventices présentes dans le cadre. Une donnée élémentaire par parcelle est obtenue en sommant les résultats acquis après les 6 lancers.

Nous avons ainsi obtenu un tableau recensant les effectifs d'aventices par variété (ou groupe de variétés) contenus dans 6 cadres par parcelle. Par souci de simplicité, nous n'avons pas pris en compte les plantes au stade cotylédons, et avons rassemblé les poacées (graminées) dans une seule catégorie.

c) Au stade 2 nœuds : suivi de la morphologie et de la croissance du blé

- Couverture du sol

D'après les mêmes règles détaillées pour le stade plein tallage, on a donné à nouveau une note de 0 à 100% de couverture du sol par le blé.

- Biomasse du blé

Pour chaque parcelle, on a prélevé le blé sur 2 carrés de 50 x 50 cm. Le séchage et la pesée se sont déroulés comme présenté à la Figure 9 page suivante.

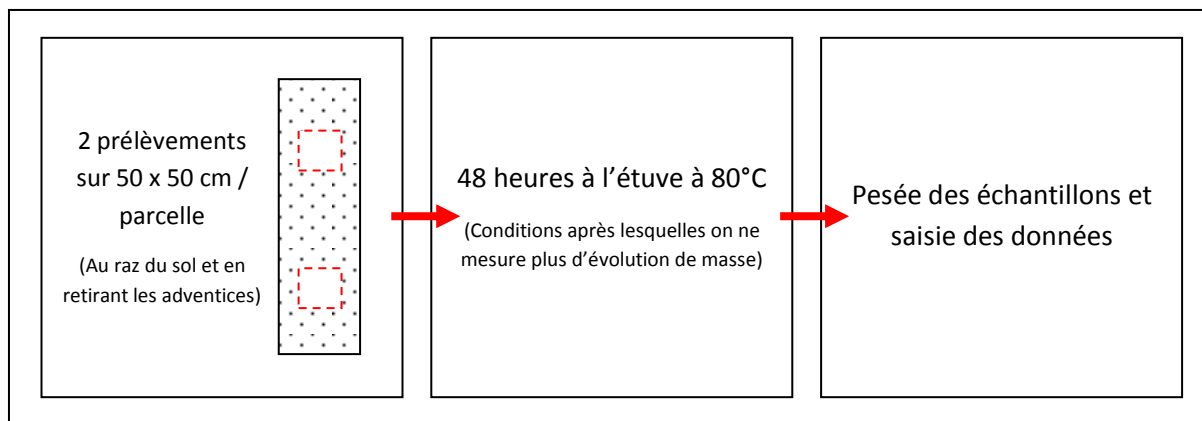


Figure 8 Détail du protocole de prélèvement de biomasses des blés

- Hauteur des blés

On a évalué la hauteur des blés pour chaque parcelle, en mesurant 20 talles de blé au hasard.

d) Au stade maturité : adventices, croissance et diagnostic du rendement du blé

- Biomasse des adventices

Pour chaque parcelle, on a prélevé les adventices dans 3 cadres de 50 x 50 cm, déployés au hasard le long de cette dernière, 2 semaines à 1 mois avant la date de récolte prévue. Les adventices collectées ont ensuite été séchées en étuve et pesées comme fait précédemment pour le blé Figure 8.

- Mesures sur le blé (Hauteur, biomasse, verse et état sanitaire, rendement)

On a mesuré pour le blé et par parcelle :

- sa hauteur (sur 20 talles choisies au hasard),
- sa biomasse (sur 3 carrés de 50 x 50 cm),
- son niveau de verse et état sanitaire (après observation globale par parcelle)
- ses composantes du rendement et données morphologiques des épis (30 épis / parcelle)
- le rendement en grain et paille après récolte (par parcelle)

Ces données sont obtenues d'après le protocole détaillé ci-après (Figure 10) :

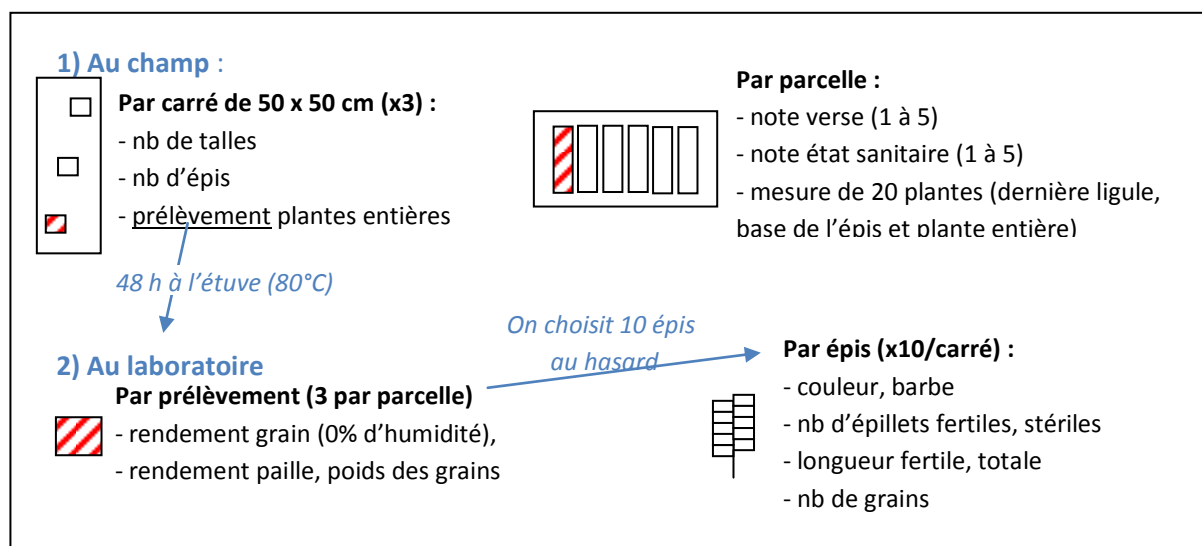


Figure 9 Données collectées au stade maturité du blé

Le rendement réel (grain et paille) est obtenu après la récolte, qui est effectuée par l'agriculteur selon ses règles de décision, à l'aide d'une moissonneuse expérimentale de l'INRA réglée avec une hauteur de coupe à 20 cm du sol environ.

5 Résultats et discussion

Les résultats de cette étude sont présentés en deux parties : une tout d'abord relative à la description et à la caractérisation des environnements expérimentaux, puis une sur l'étude et la comparaison des variétés. Par souci de clarté et étant donné la grande diversité des objets d'étude, la discussion est proposée en même temps que les résultats.

5.1 Description des différents environnements expérimentaux

5.1.1 La composition physique et chimique des sols

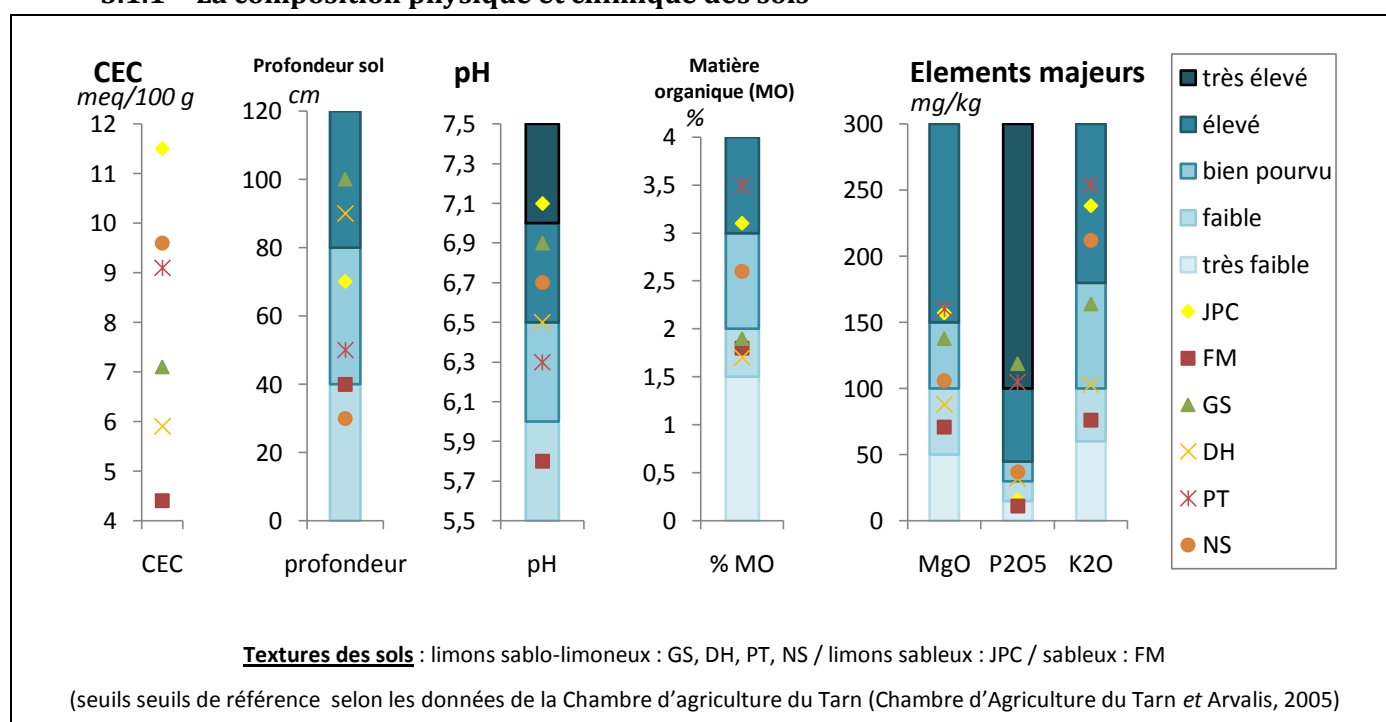


Figure 10 Quelques résultats clés des analyses de sol

Les résultats des analyses (Figure 10) révèlent une diversité des sols des essais, donc de potentiel pour la culture de blé, qui est à mettre en parallèle avec les résultats de rendements obtenus. Un point commun est que les sols sont à tendance limoneuse (le taux d'argile ne dépasse pas 12 %), sauf l'essai FM qui est sableux. Ce sont ainsi des sols relativement bien aérés et bien drainants, mais avec une faible capacité d'échange cationique (CEC) (au plus : 11,5 meq/100g chez GS).

De manière synthétique, on propose 3 catégories de sol selon leur potentiel pour la culture de blé :

- **Sols à haut potentiels :** JPC (malgré une carence en P) et GS : globalement riche en éléments minéraux, sols assez profonds, malgré un pH légèrement élevé.
- **Sol à potentiel moyen :** DH, PT : sol profond, bons pH, mais un peu faible en éléments minéraux, contrairement à PT dont le sol est riche avec bon taux de MO mais superficiel.
- **Sol à faible potentiel :** NS et FM : sols pauvres, peu profonds, FM est légèrement acide (pH = 5,8) et sableux, donc avec une faible RU.

5.1.2 La vie des sols

a) Un indicateur pour la vie des sols : la population de vers de terre

- Abondance des vers sur les parcelles

En moyenne, on dénombre 19 vers de terre/m² par essai avec de très fortes disparités : de 0,3 (JPC) à 43,4 vers/m² (FM). On observe aussi de fortes disparités au sein de l'essai FM, peut être en lien avec le double précédent cultural évoqué précédemment.

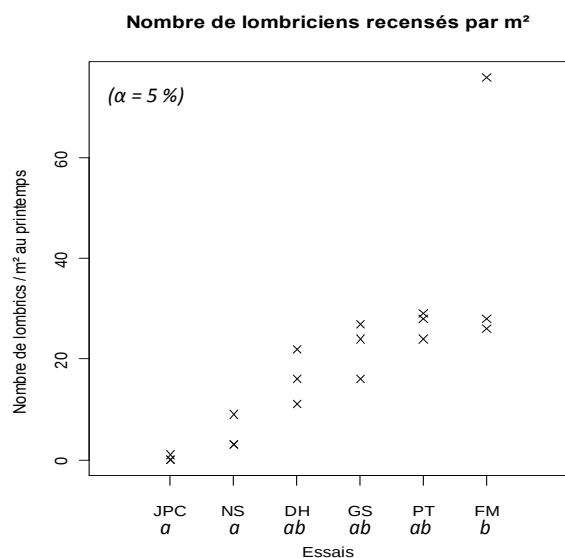


Tableau 3 Effectifs de vers de terre selon les essais et groupes statistiques

Essai	Nb vers / m ²	Ecart type	Groupe
FM	43,4	23,1	b
PT	27	2,2	ab
GS	22,3	4,6	ab
DH	16,3	4,5	ab
NS	5,0	2,8	a
JPC	0,3	0,5	a

Figure 11 Nombre de vers de terre recensés par m² par essai

Deux groupes statistiquement homogènes se dégagent et se chevauchent. Un premier rassemble JPC, NS, DH, GS et PT avec une moyenne de 14,2 vers / m², et un second DH, GS, PT, FM avec 27,3 vers de terre / m².

- Aspect qualitatif

De nombreuses publications évoquent le fait que les communautés lombriciennes sont directement influencées par les systèmes de culture (Binet *et al.*, 1997; Paoletti *et al.*, 1998; Chan, 2001; Pérès, 2003 in Lamandé *et al.*, 2004) d'où l'intérêt qu'on y porte dans cette étude.

5.1.2.a.1 Proportion adultes et juvéniles dans chaque essai

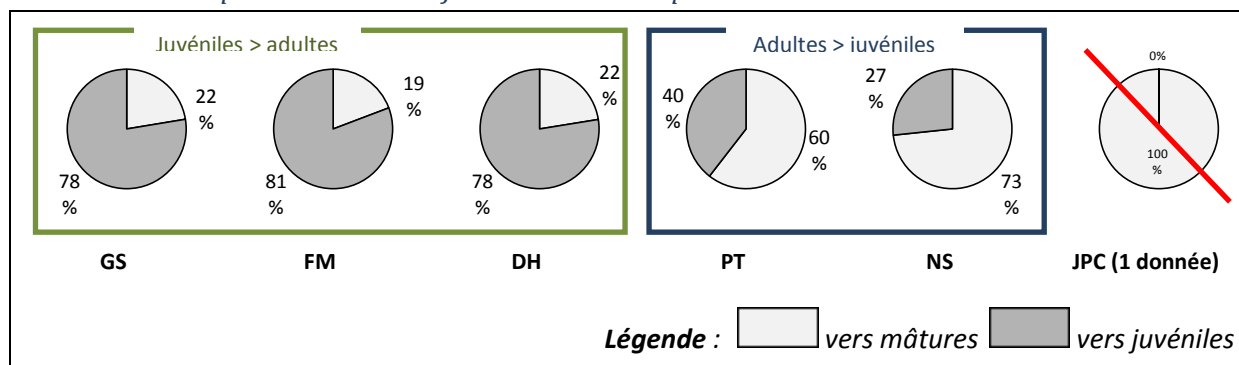


Figure 12 Proportion de vers adultes et juvéniles selon les essais

On observe que deux groupes se forment : l'un réunissant GS, FM et DH (G_1), où les vers juvéniles sont très majoritaires (80% de la population), et un groupe avec PT et NS (G_2) où le rapport est inversé, et les vers adultes représentent autour de 65% de la population.

On note que G_1 rassemble les essais ayant une prairie comme précédent cultural, détruite par labour avant la culture de blé actuelle, et G_2 ceux n'ayant pas été labourés cette année (ni ces 5 dernières années).

De cette observation, on propose l'hypothèse d'un effet négatif du labour sur les vers adultes. On peut imaginer que ceci est la conséquence d'une plus grande sensibilité des vers adultes aux perturbations du milieu ou d'une diminution de leur espérance de vie.

On propose ainsi de considérer le rapport « vers adultes / juvéniles » comme indicateur de la perturbation mécanique du sol. On a G_1 : essais où le sol est perturbé, G_2 : essais où le sol est peu perturbé.

5.1.2.a..2 Composition de la population de vers de terre

Les références dans la littérature quant à l'influence du système de culture sur les communautés lombriciennes, c'est-à-dire sur les types de vers de terre qui la composent, sont nombreuses (Binet *et al.*, 1997; Paoletti *et al.*, 1998; Chan, 2001; Pérès, 2003 *in* Lamandé *et al.* 2004). La Figure 14 suivante présente la proportion des 3 catégories écologiques de vers dans chacun des essais :

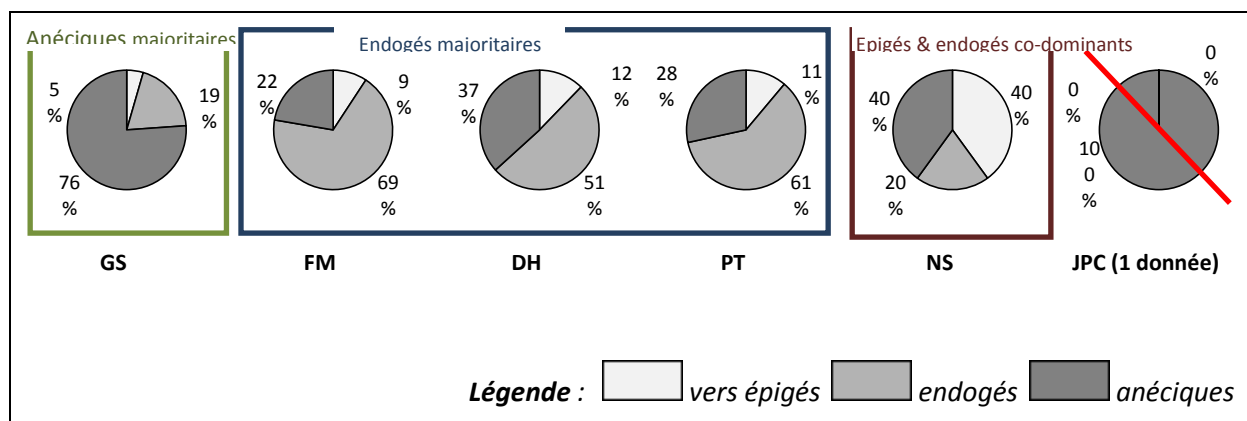


Figure 13 Proportion des 3 catégories écologiques de vers par essai

On distingue plusieurs tendances, qui permettent de répartir les essais en 3 groupes, selon la catégorie écologique dominante.

GS est le seul essai où les vers majoritaires sont de type anécique (76%). Ce sont ceux qui vivent le plus profondément, jusqu'à 3 mètres de profondeur (Römbke *et al.*, 2005). Cette observation est à mettre en parallèle avec le fait que l'essai GS présente justement les sols les plus profonds (>1,5 m).

L'essai NS est lui aussi particulier, puisque c'est le seul où les vers épigés (de surface) sont dominants aux côtés des anéciques. C'est un résultat étonnant, car ce sont les deux catégories de vers les plus sensibles aux travaux agricoles du sol (Fragoso *et al.*, 1997), et donc les moins présents dans les milieux cultivés. L'essai NS est l'un des essais les moins artificialisés du fait de la volonté de l'agriculteur qui l'entretient (il ne laboure plus son sol depuis plusieurs années).

Enfin, FM, PT et DH sont caractérisés par une dominance des vers endogés, qui correspond à la situation majoritaire observée dans les espaces agricoles (Fragoso *et al.*, 1997).

b) Analyse du Laboratoire d'Analyse Microbiologique des Sols (LAMS)

Les activités microbiologiques des sols par ordre décroissants sont : NS (202 $\mu\text{g PNP/g-1/h-1}$) > PT (115 $\mu\text{g PNP/g-1/h-1}$) > JPC (109 $\mu\text{g PNP/g-1/h-1}$) > DH (54 $\mu\text{g PNP/g-1/h-1}$) > GS (36 $\mu\text{g PNP/g-1/h-1}$) > FM (15 $\mu\text{g PNP/g-1/h-1}$), et sont présentés Figure 15.

Le laboratoire explique la faible activité de FM probablement par un pH inférieur à 6, un faible taux de matière organique et une texture dominée par le sable. On constate par ailleurs que NS et PT, les deux seuls essais jamais labourés sont en premières places.

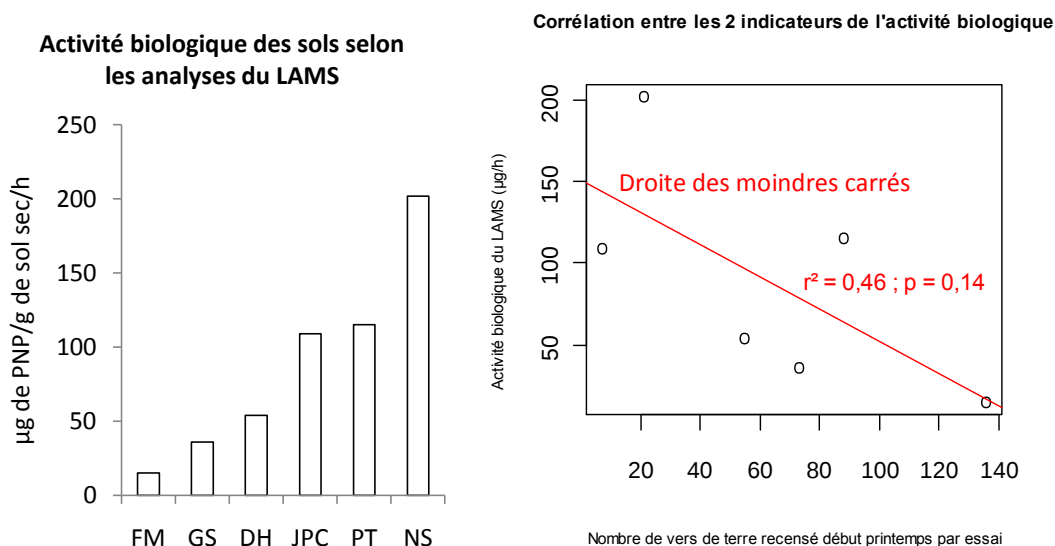


Figure 14 Comparaison de l'indicateur de la vie des sols du LAMS et des comptages de lombrics

Dans le deuxième graphique de la Figure 14, on constate que l'ordre des activités biologiques n'est pas le même que l'ordre donné en utilisant les comptages de vers de terre. On constate même une possible corrélation négative entre ces deux indicateurs, avec un coefficient de corrélation $r^2 = 0,45$, et $p = 0,14$.

Les deux indicateurs que l'on souhaite utiliser semblent paradoxalement donner des informations opposées, il est donc délicat de conclure sur la vitalité des sols. On peut émettre les hypothèses :

- Que la notion de vie d'un sol est complexe et qu'il existe plusieurs indicateurs selon l'échelle d'observation et qu'ils ne sont pas forcément liés, voire corrélés négativement,
- Que le protocole de prélèvement de vers de terre a été perturbé par les conditions de prélèvement, notamment météorologiques (on soupçonne une influence forte de l'état de ressuyage des sols lors du prélèvement), et des comptages effectués tard dans la saison.

5.1.3 L'année climatique

Nous avons pris la moyenne des données enregistrées les dix dernières années par la station météorologique du Rheu (INRA) comme référence du climat pour notre étude, et d'y comparer celles enregistrées pour la campagne culturale 2010-2011. Cette analyse n'a pour prétention que de donner de grandes tendances de l'année climatique passée, puisque le réseau d'expérimentations s'étend sur un rayon d'une centaine de kilomètres. Elle porte sur deux données clefs de l'agriculture : la température dans un premier temps, la pluviométrie et l'évaporation dans un second.

a) La température

La température est un paramètre clef du climat dans l'agriculture, puisqu'elle est directement liée à la croissance (augmentation de taille et de biomasse) et au développement (changement de stades physiologiques) des végétaux. La figure ci-après met en parallèle les températures de la campagne culturale et les températures moyennes enregistrées entre 2000 et 2010 par la station météorologique du Rheu.

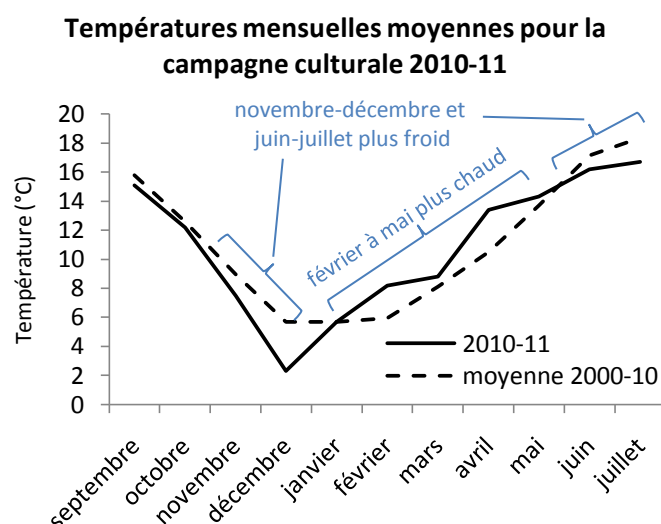


Figure 15 Températures mensuelles moyennes pour la campagne culturale 2010-2011

La température moyenne de la campagne culturale 2010-11 est égale (à 0,2°C près) à celle des dix dernières années. Cependant, la chaleur a été répartie sur l'année de la même manière différente :

- Les mois de novembre et décembre sont marqués par le froid, notamment le mois de décembre, avec 2,3°C contre 5,7°C en moyenne. Ce froid a eu comme conséquence de repousser la phase de tallage des blés d'hiver d'une vingtaine de jours environ⁸.
- Les mois de février à mai à l'inverse, ont été plus doux : 3°C de plus aux mois de février et d'avril, ce qui a conduit à un « rattrapage » de la culture par rapport à la moyenne, avec un stade tallage plus court.
- Enfin, les mois de juin et juillet ont été légèrement plus doux (entre 1 et 2 °C), ralentissant très légèrement la formation et la maturation du grain.

⁸ D'après le modèle de somme des températures, avec les hypothèses d'un semis le 01/11 et une somme des températures de 550°C nécessaire entre le semis et le début de tallage

b) Pluviométrie et besoins en eau des cultures

Pour caractériser l'année pluviométrique, nous avons choisi de nous baser sur la satisfaction des besoins du peuplement végétal cultivé, estimée à partir du modèle de la FAO-56 (Allen, Pereira, et Smith, 1998).

- Les résultats du modèle FAO-56

Nous avons pris comme hypothèses un blé tendre semé le 15/11, avec un sol ayant une RU de 90 mm (hypothèse pessimiste qui correspond à un sol de 60 cm de profondeur avec une texture sablo-limono-argileuse sans éléments grossiers).

La figure ci-après représente l'évaporation maximale quotidienne de la culture (ETM), qui dépend de l'état de croissance de la culture et de la météo, et l'évaporation réelle (ETR) qui prend en plus en compte la disponibilité de l'eau dans le sol. L'écart entre ces deux données représente le déficit hydrique subi par la culture.

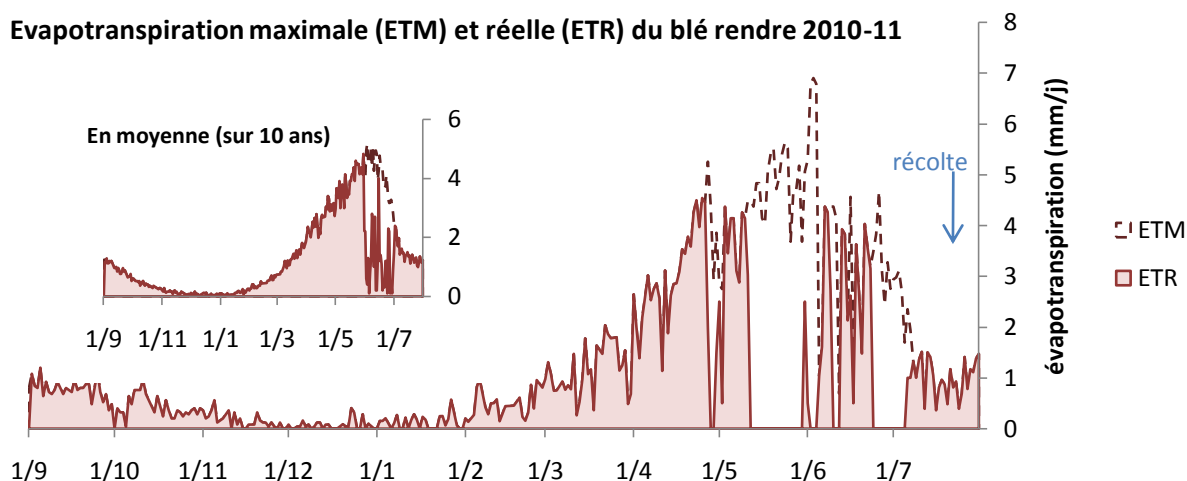


Figure 16 Evapotranspiration maximale et réelle du blé tendre pour la saison culturale 2010-2011

Les figures 18 et 19 ci-après illustrent les conséquences de la variation de quelques hypothèses utilisées pour le modèle. Ces variations correspondent à la diversité des situations que l'on rencontre sur les 6 essais suivi : (1) une variabilité des réserves utiles maximales des sols (selon leur texture et leur profondeur), et (2) une dispersion géographique.

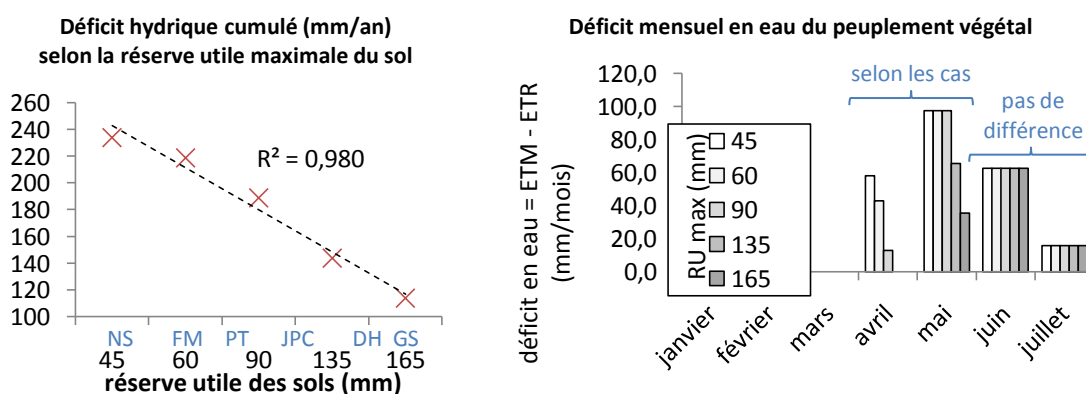


Figure 17 Variation du déficit hydrique selon les hypothèses de la réserve utile des sols

Carte des stations météorologiques

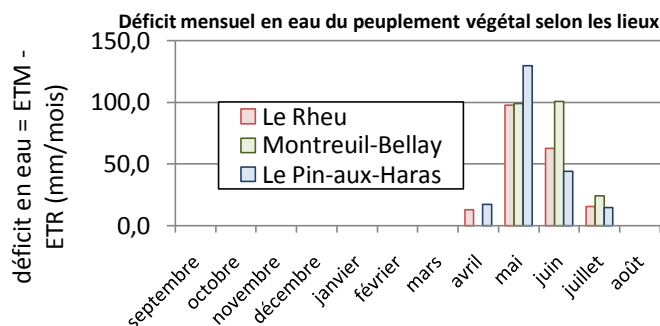


Figure 18 Variations du déficit hydrique estimé selon les stations météorologiques choisies

- Discussion

Comme on peut voir Figure 16, la campagne culturale 2010-11 a été particulièrement sèche. Le déficit en eau du blé tendre aura été le double du déficit moyen des dix dernières années, à savoir autour de 200 mm d'eau, comme le synthétise la figure 20 ci-contre.

En outre, ce manque s'est fait ressentir un mois plus tôt que d'habitude, avec près de 100 mm de déficit hydrique au mois de mai, durant la montaison du blé, d'où peut être des pailles plus courtes et plus fragiles qu'en moyenne.

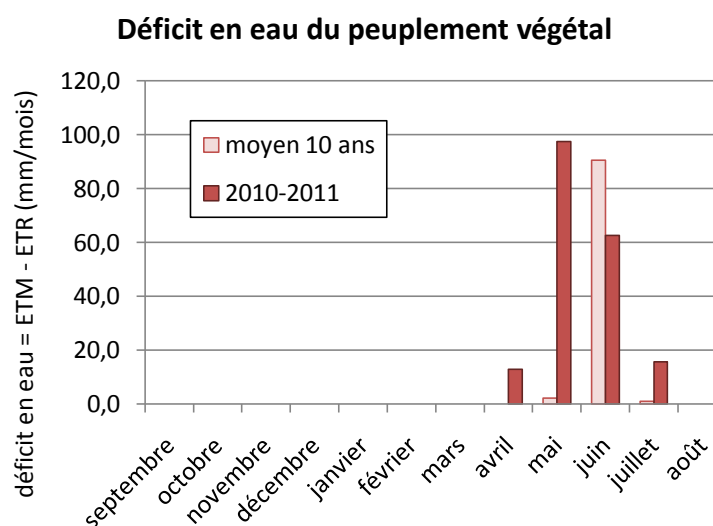


Figure 19 Déficit en eau mensuel du peuplement végétal

Toujours d'après le modèle (Figure 17), l'hypothèse de la réserve utile maximale du sol a une importance sur le déficit hydrique. Tout d'abord, sur l'année, ce dernier peut s'étendre de 110 mm (essai GS) à 240 mm (essai NS) selon les sols. Ensuite, on constate que peu importe la réserve utile maximale du sol, les déficits aux mois de juin et juillet sont les mêmes. La réserve utile maximale du sol n'a une influence que pour les déficits des mois d'avril, durant le tallage du blé (seulement les essais NS, FM et PT concernés) et mai durant la montaison du blé (essais DH et GS moins concernés que les autres essais).

En ce qui concerne le choix de la station météo (Figure 18) on constate que par rapport à la station du Rheu :

- Le déficit hydrique est plus important à Montreuil-Bellay (Maine-et-Loire, essai FM) au mois de juin (+ 40 mm), sinon quasi-identique (15 mm de moins au mois d'avril).

- Le déficit hydrique à Pin-aux-Haras (station disponible la plus proche de la Sarthe, essai DH) est similaire dans l'ensemble, mais réparti de manière différente : plus important au mois de mai (+ 25 mm), et moins au mois de juin (- 20 mm).

Au regard de ces observations et d'après les résultats du modèle avec différentes hypothèses, on propose le tableau ci-contre qui résume une estimation de la sévérité des manques d'eau selon les essais.

GS, DH et JPC ont souffert modérément du manque d'eau : estimé entre 30 et 60 mm aux mois de mai et de juin, et 30 mm en juillet. Dans l'essai FM, le manque d'eau a été plus important, mais sur la même période, qui correspond surtout à la maturation des grains.

Chez PT et NS, le manque d'eau a été plus précoce : 30 et 60 mm dès le mois d'avril, 100 mm en mai, notamment pendant la montaison du blé.

	Avril	Mai	Juin	Juillet
GS		+	++	+
DH		++	+	+
JPC		++	++	+
FM		+++	+++	+
PT	+	+++	++	+
NS	++	+++	++	+

Légende : (en déficit hydrique / mois)

+	++	+++
30 mm	60 mm	100 mm

Figure 20 Sévérité des manques d'eau selon les essais

5.1.4 Itinéraires techniques et systèmes de culture

a) La succession culturale dans les essais

On s'intéresse à l'historique des essais, notamment à la succession culturale dont ils ont fait l'objet ces 5 dernières années, ainsi que la pratique ou non de travaux profonds comme le labour entre chaque culture de la rotation. Cette succession culturale est résumée dans la figure ci-après.

	n-5	n-4	n-3	n-2	n-1
PT	prairie (mél. légumineuses)	prairie (mél. légumineuses)	prairie (mél. légumineuses)	prairie (mél. légumineuses)	grand épagre
FM	orge d'hiver composte de fumier : 2T/ha	prairie mélange lég. composte de fumier : 2T/ha	prairie (mél. légumineuses)	prairie (mél. légumineuses)	FM-B : blé de printemps FM-A : prairie pâturée
GS	betterave 20 T de composte	prairie avec luzerne 40 m3 de lisier bovin	prairie avec luzerne 40 m3 de lisier bovin	prairie avec luzerne 20 T de composte	prairie avec luzerne 40 m3 de lisier bovin
JPC	prairie	prairie	prairie	blé de printemps fiente de volaille : 2T/ha	colza chaux + fiente de v. : 2T/ha
DH	prairie non semée *	prairie non semée	prairie non semée	prairie non semée	prairie non semée
NS	seigle	prairie non semée	prairie non semée	blé	Sarrasin fumier : environ 3 T/ha

■ culture ■ amendement ■ labour ■ sans labour ■ rien

Figure 21 Succession culturale des 5 dernières années

On remarque l'importance de la prairie dans la succession culturale. Elle constitue un point commun à chacun des essais, avec en moyenne plus de 70% de prairie sur les 5 dernières années, une culture de céréales succédant à chaque fois à ces prairies.

En revanche, le précédent cultural (année « n-1 ») du blé tendre actuel est variable selon les essais, avec un cas particulier pour l'essai FM, où l'essai a été divisé en deux parties égales avec d'un côté une culture de blé, de l'autre une prairie.

De même, la stratégie de fertilisation et la pratique ou non de labours diffèrent selon les essais, avec dans moitié des cas un apport de matière organique (autre que pâturage) et la pratique du labour, et dans l'autre moitié ni labour ni apport organique (seulement des engrais verts).

Ces ressemblances sont résumées dans le tableau ci-après.

Tableau 4 Classification possibles selon certaines pratiques communes aux différents essais

	apports organiques ⁹		pratique du labour		précédent	
	oui	non	oui	non	prairie	autre
JPC	X		X			X
FM	X		X		50% X	50% X
GS	X		X		X	
PT		X		X		X
NS		X		X		X
DH		X		X	X	

b) L'itinéraire technique

Comme le but de PaysBlé est de travailler chez les agriculteurs pour prendre en compte au maximum la diversité des situations agronomiques, il est important de décrire leur itinéraire technique pour la communication des résultats auprès des autres agriculteurs de la région. L'itinéraire technique pratiqué dans chacun des essais est résumé dans la Figure 23 page suivante.

⁹ On a considéré qu'il y avait apport de MO (ou pratique de labour) lorsqu'il y avait au moins deux apports (ou labours) sur les cinq dernières années, dans le but de refléter les habitudes des agriculteurs plus que les faits exceptionnels.

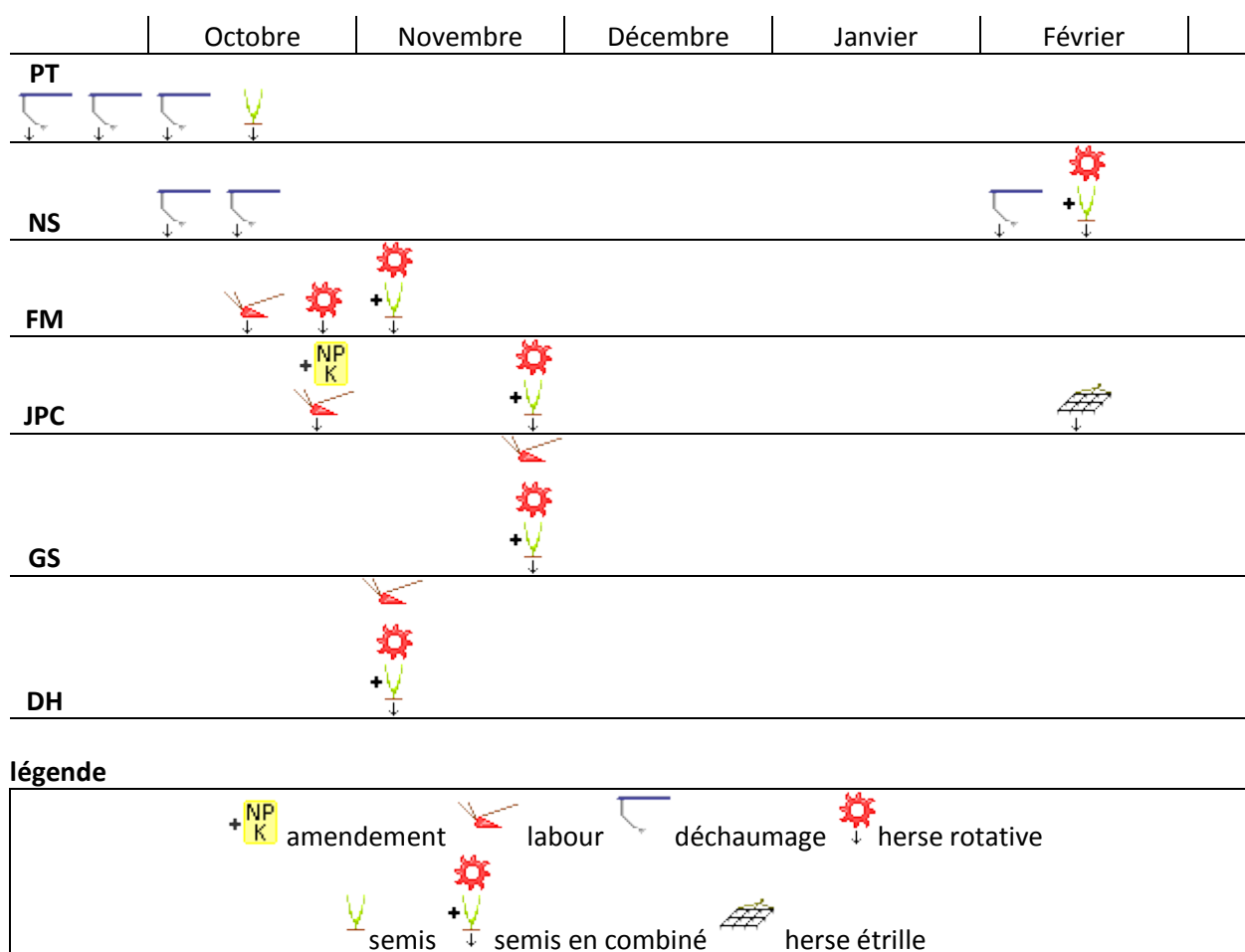


Figure 22 Itinéraire technique du blé pour chacun des essais

Tout d’abord, on remarque que tous les essais à l’exception de l’essai NS ont été semés entre mi-octobre et fin novembre. Par manque de temps et à cause de conditions climatiques défavorables, l’essai NS n’a pas pu être semé en début d’hiver, mais en février, comme pour des blés de printemps. Il constitue par conséquent un cas particulier.

Ensuite, on distingue globalement deux groupes de parcelles selon leur type itinéraire technique de la préparation du sol jusqu’au semis. Le premier, constitué des essais PT et NS est caractérisé par un travail du sol superficiel avant le semis. Le second (FM, JPC, GS, DH) par un enchainement plus classique constitué d’un labour, suivi d’un semis en combiné avec une herse rotative, avec dans l’essai FM un passage de herse rotative entre les deux étapes.

Enfin, on remarque qu’un seul essai a subi un désherbage mécanique : JPC, avec un passage de herse étrille mi-février.

5.1.5 La flore et la pression adventice

a) Comparaison des types variétaux

L'inventaire des adventices effectué au stade plein tallage avait initialement pour objectif de comparer les types variétaux entre eux, mais ne révèle finalement pas de différence (ni qualitativement ni quantitativement), comme le montre la Figure 24 ci-après.

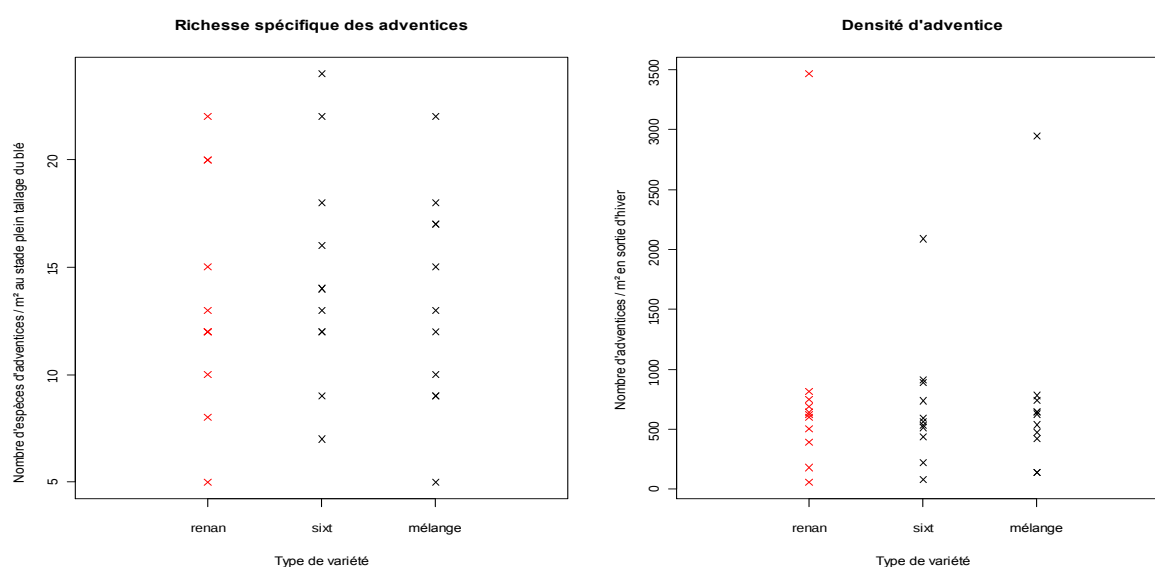


Figure 23 Densité d'adventices au stade plein tallage du blé selon les types variétaux testés

On pense que cette absence de discrimination est liée au fait (1) qu'il était trop tôt au stade 2 nœuds pour que le potentiel de compétition des différentes variétés s'exprime et que (2) la nature du protocole expérimental fait que les résultats obtenus reflètent uniquement l'aspect d'abondance des mauvaises herbes, sans prendre en compte ni la taille ni l'encombrement spatial des adventices qui sont des données cruciales.

En revanche, ces données se sont avérées utiles dans la caractérisation des milieux de culture.

b) Caractérisation de la propreté des essais (densité d'adventices)

La Figure 25 page suivante, où chaque point représente une parcelle, présente les nombres d'adventices par mètre carré observé dans chaque parcelle, regroupés par essai.

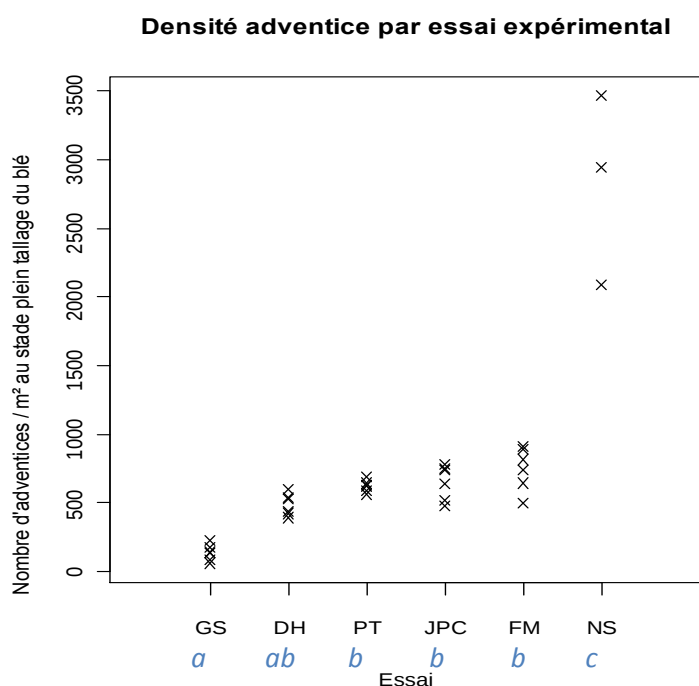


Figure 24 Densité d’adventices au stade plein tallage du blé selon les essais

Tableau 5 Description des groupes statistiques

Essai	Densité (adv / m²)	Ecart type	Groupe
NS	2833,7	567,2	c
FM	751,8	143,1	b
JPC	651,3	118,1	b
PT	623,7	39,8	b
DH	488,3	74,2	ab
GS	138,5	54,9	a

(groupes en bleu, d’après analyse de variance, suivi d’un test de comparaison multiple de moyennes (Tukey « Honest Significant Difference ») avec $\alpha = 0,05$)

Au premier regard, on remarque que l’essai NS se distingue très nettement des autres. La densité d’adventices est en moyenne cinq fois plus élevée que dans les autres essais, avec plus de 2800 adventices/m². Il est à noter que cet essai est le seul à avoir été semé au printemps. Les adventices ont rapidement pris le dessus sur le blé. On choisit donc considérer cet essai comme un cas à part dans notre analyse.

Dans l’ensemble des essais restant, on observe une densité moyenne de mauvaises herbes de 522,2 adventice/m², avec de grands écarts entre les parcelles (écart type de 234,3).

L’application d’un test d’analyse de variance avec un risque $\alpha = 0,05$ permet de mettre en exergue des groupes statistiquement homogènes :

- Le groupe « a » qui rassemble les essais GS et DH, avec une moyenne de 313 adventices / m².
- Le groupe « b » qui rassemble les essais FM, JPC, PT et DH avec une moyenne égale à 629 adventices / m².
- Le groupe « c » uniquement relatif à l’essai NS, avec une moyenne de 2834 adventices / m².

Cependant, ces résultats sont à considérer avec une certaine précaution pour la raison évoquée en début de cette partie : ils ne rendent pas compte de l’encombrement spatial des adventices. Ainsi, une graminée d’un centimètre de haut comptait autant qu’un pissenlit de vingt centimètres de diamètre.

Fort de ce constat, on choisit de prendre aussi en compte le ressenti visuel du manipulateur lors des comptages pour décrire l’état de propreté des parcelles. On propose ainsi une nouvelle classification des essais (Tableau 6 page suivante), synthèse des analyses et des observations sur le terrain.

Tableau 6 Groupes de parcelles selon la pression des adventices au stade plein tallage du blé retenu

	Essai	Groupe	Opération du sol
Gradient de pression des adventices	NS	Parcelle très sale	Non labour
	PT	Parcelle sale	
	FM	Parcelle assez propre	Labour
	JPC	Parcelle très propre	
	DH		
	GS		

On constate en observant le tableau ci-dessus que les 2 parcelles les plus « sales » n'ont pas été labourées avant l'implantation de l'essai. Il pourrait donc y avoir une corrélation entre la pratique du labour et la propreté des parcelles.

Cette hypothèse trouve écho dans la littérature qui souligne les effets directs du labour sur la maîtrise du nombre de mauvaises herbes (Clements *et al.*, 1996 ; Hartzler *et Owen*, 1997 ; Swanton *et al.*, 2000 in Shrestha *et al.*, 2006), et l'augmentation de la densité d'adventices comme conséquence de l'arrêt ou la diminution de la fréquence de cette pratique (Blackshaw *et al.*, 2001 in Shrestha *et al.* 2006).

c) Comparaison de la richesse de la flore d'adventices des essais

Du point de vue qualitatif, on observe tout d'abord que le nombre d'espèces d'adventices recensées sur chaque essai varie de 16 (GS) à 40 (PT), avec une moyenne de 28 espèces d'adventices par essai. La répartition de cette richesse spécifique entre les essais est présentée sur la figure ci-après.

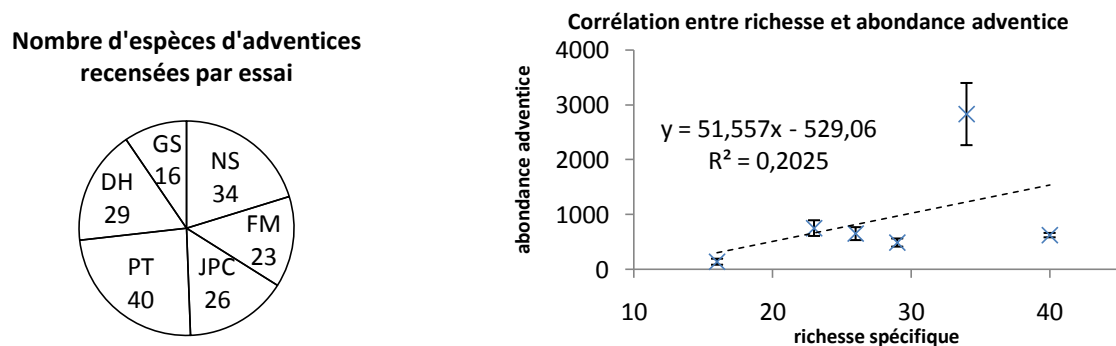


Figure 25 Nombre d'espèces et abondance d'adventices recensés au stade plein tallage du blé

On constate qu'il n'y a pas de forte corrélation entre abondance et richesse des adventices ($R^2=0,2$). A noter aussi que l'état de l'essai NS était tel que nous n'avons réalisé que 3 relevés au lieu de 36, et donc très probablement sous-estimé la richesse de la flore adventice.

d) Comparaison du cortège d'adventices entre essais

Pour aller plus loin dans cette analyse qualitative, on choisit de visualiser le cortège d'adventices présent dans chaque essai. Pour ce faire, on effectue une analyse multivariée (Analyse Factorielle des Correspondances, AFC) à partir du tableau des effectifs des espèces d'adventices les plus présentes dans chacun des essais.

La figure ci-après présente les résultats de cette analyse, où les points représentent les parcelles et leur couleur les essais. Des informations supplémentaires sont notées en gris. Il s'agit du précédent cultural (cercles) et de la pratique ou non d'un labour avant le semis de la culture actuelle.

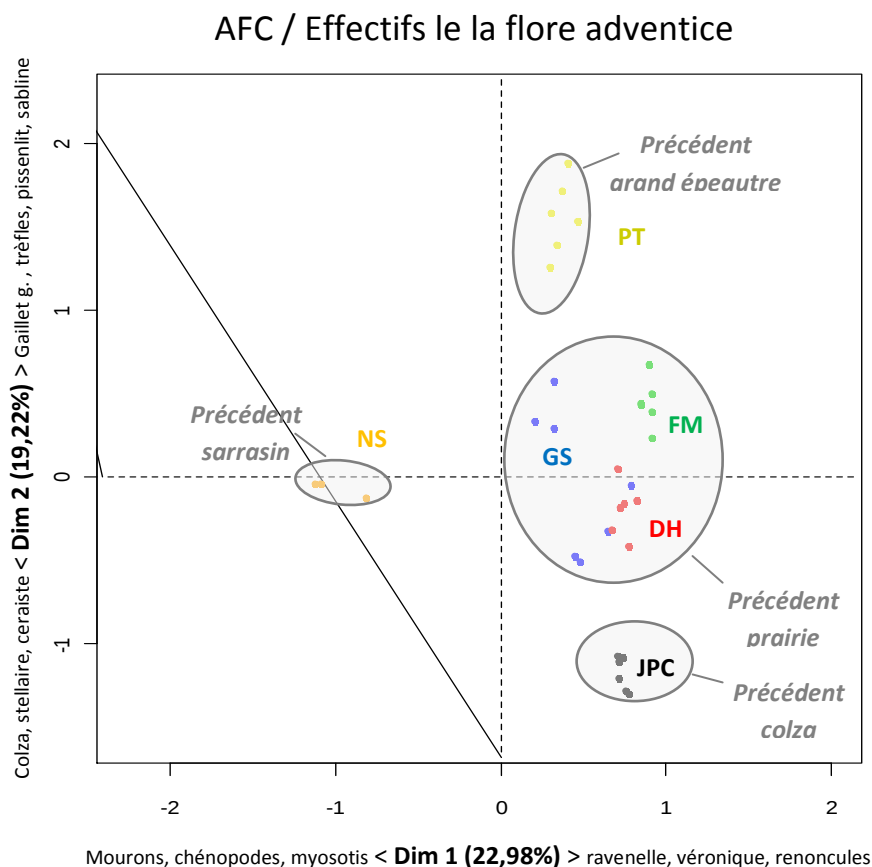


Figure 26 Résultat de l'AFC à partir des données d'effectifs d'adventices par parcelle et par essai¹⁰

Tout d'abord, on remarque que les parcelles d'un même essai sont graphiquement proches (celles de GS sont plus éloignées). Cela nous indique que la flore adventice est bien représentative des essais mais pas de l'effet variété de blé cultivée.

On constate sur la Figure 27 que les 3 parcelles ayant une prairie comme précédent sont très proches les unes des autres. Il semble ainsi exister une relation entre le précédent cultural et la flore adventice. Cette hypothèse peut avoir un sens si on en croit l'importance des pratiques culturales passées et du système de culture appliqué sur la gestion des adventices (Debaeke et Sebillotte, 1988).

¹⁰ On attribue une prairie comme précédent culturale à l'essai « FM » bien que ce ne soit pas exactement le cas, par souci de simplicité. En effet, pour une partie de l'essai, la prairie (en place depuis plus de 3 ans) a été détruite l'année antérieure à l'expérimentation pour laisser place à une culture de blé.

Le choix de la culture est essentiel, notamment dans son aptitude à la compétition pour la lumière, au point qu'on parle d'espèces cultivées plus ou moins couvrantes (Valantin-Morison, Guichard, et Jeuffroy, 2008).

Un tableau des principales espèces d'adventices recensées par essai avec leurs caractères bio-indicateurs (Ducet, 2007) est présenté en Annexe 1.

5.2 Comparaison des différentes variétés dans leurs environnements

5.2.1 La compétition par rapport aux adventices

a) En sortie d'hiver au stade plein tallage

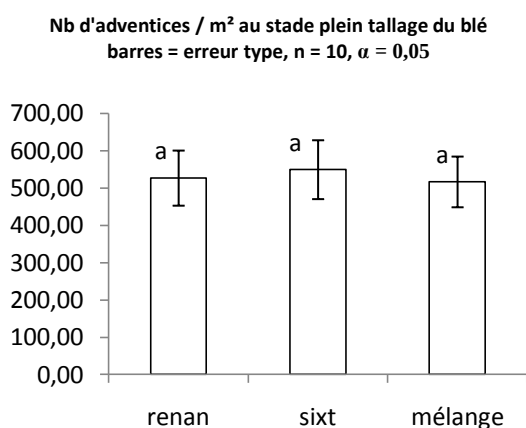


Figure 27 Densité d'adventices au stade plein tallage du blé dans l'ensemble des essais, NS exclu

On n'observe pas de différence selon les variétés de blés cultivées sur la compétition par rapport aux adventices au stade plein tallage. Il en est de même si on compare les variétés essai par essai.

Il est possible que les différences morphologiques des blés évoquées précédemment n'aient pas encore de conséquences mesurables à ce stade de la culture. En outre il convient de rappeler que les données collectées ne rendent pas compte de la taille des adventices, mais seulement de leur nombre. Il est ainsi aussi possible qu'un effet variété soit déjà observable, non pas sur l'abondance des adventices mais sur leur taille.

b) Au stade maturité du blé

- Regard global

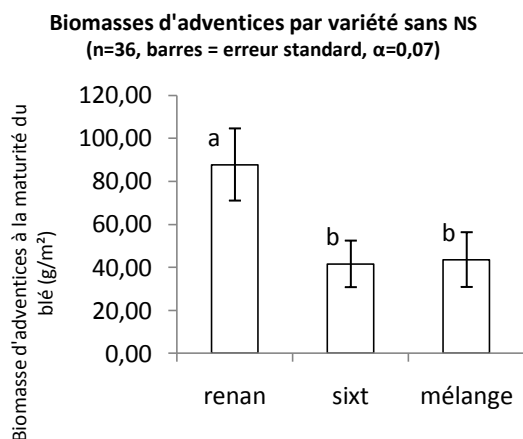


Figure 28 Biomasse / m² d'adventices à la maturité du blé dans l'ensemble des essais, NS exclu

Dans l'ensemble des essais (NS exclu), on observe une différence significative de moyenne des biomasses d'adventices entre le Renan (88 g/m²) et les variétés paysannes (Sixt et mélange, 43 g/m²), de l'ordre de moitié.

Contrairement au Renan, les variétés paysannes ont des pailles hautes, qui permettent une meilleure compétition pour la lumière vis-à-vis des adventices, et une meilleure couverture du sol. On peut ainsi penser que la différence de biomasses observée résulte de la morphologie des blés.

- Regard essai par essai

Le graphique suivant présente les résultats obtenus pour les différents types variétaux par essai.

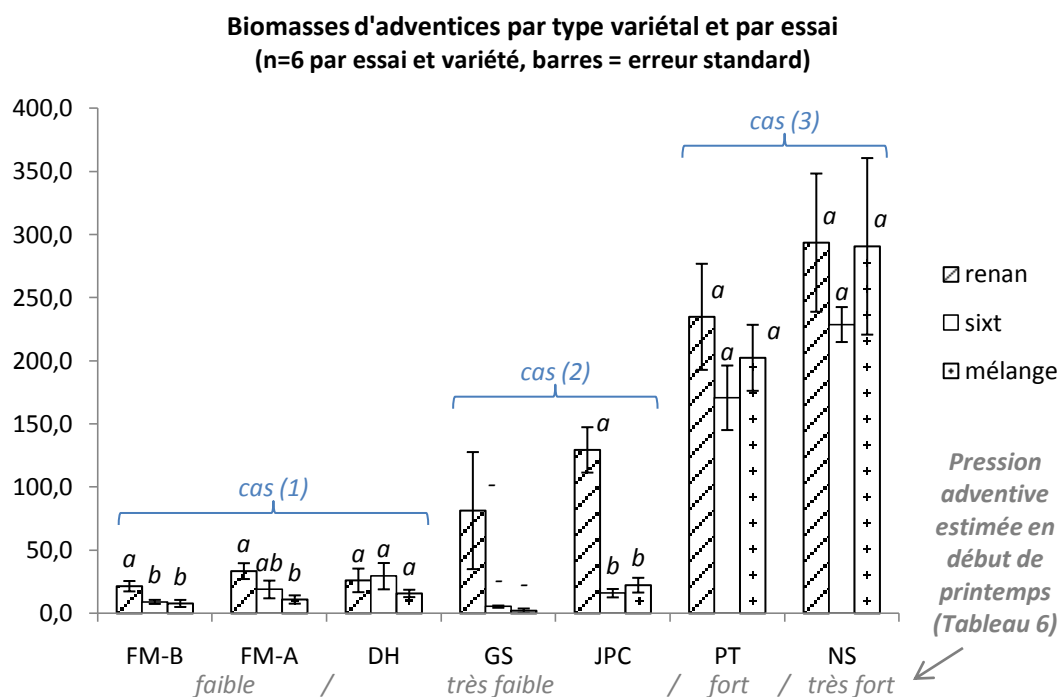


Figure 29 Biomasses d'adventices à la maturité du blé par type variétal et par essai¹¹

Les états de propreté des essais estimés en début de printemps à partir de la densité d'adventices (Tableau 6) apparaissent en italique Figure 30. On constate qu'à l'exception de FM, l'ordre entre les essais est conservé, ce qui indique que l'estimation de l'état de propreté par la densité d'adventices au début du printemps est satisfaisante.

Concernant la biomasse des adventices, on constate un effet essai (analyse de variance à deux facteurs : $p = 2,2 \times 10^{-16}$) ainsi qu'un effet variété ($p = 1,5 \times 10^{-4}$).

Renan est en moyenne la variété avec la plus forte pression d'adventices. L'importance des effets des types variétaux est variable, et on distingue 3 cas (représentés en bleu sur le graphique) :

- (1) Les parcelles sont très propres en termes d'adventices (en moyenne 19,3 g/m² d'adventices), et l'effet variété n'est pas clairement visible, ou sans grande conséquence sur la culture.
- (2) Les parcelles sont moyennement propres (en moyenne 42,8 g/m²), et l'effet variété est important et très visible. On observe en moyenne des biomasses d'adventices sur les parcelles de variétés paysannes 10 fois inférieures à celles des parcelles de Renan.
- (3) Les parcelles sont sales (en moyenne 236,8 g/m²), et l'effet variété n'est une fois encore pas évident. A noter que ce cas correspond aux deux essais n'ayant pas été labourés.

Ainsi, il semble que les variétés paysannes ont un effet important sur le contrôle des adventices dans un environnement de pression d'adventices « moyenne ». En cas de forte ou de très faible pression d'adventices, elles ont un effet similaire ou proche de celui de la variété Renan.

¹¹ Lettres obtenues après un test de Tukey, pas applicable pour l'essai GS (distributions trop différentes)

5.2.2 Aspects morphologiques et croissance du blé

a) Croissance des blés et port au stade tallage

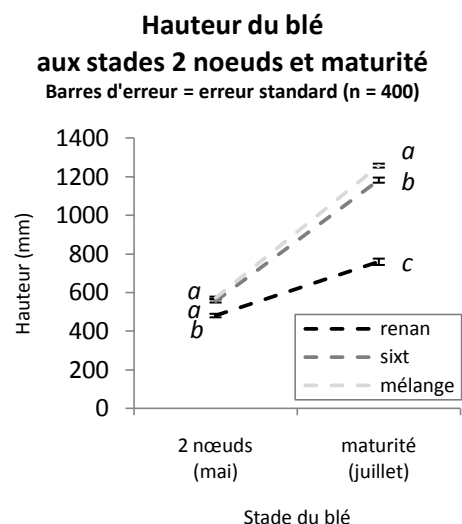


Figure 30 Hauteur du blé aux stades 2 nœuds et maturité, risque $\alpha = 5\%$

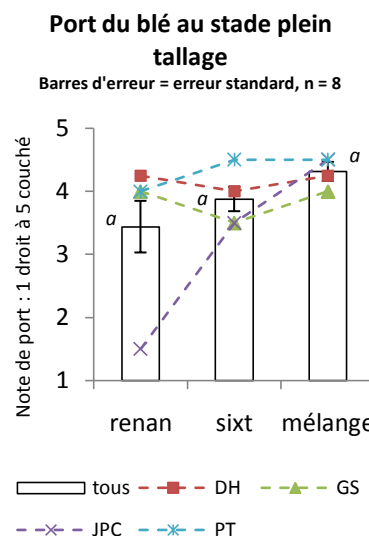


Figure 31 Port du blé en sortie d'hiver au stade plein tallage, risque $\alpha = 5\%$

On observe Figure 31 que les blés paysans (Sixt et mélange), par rapport à la variété Renan :

- (1) sont plus hauts : respectivement de 8 et 9 cm au stade 2 nœuds (+ 16 et 19 %) et de 42 et 50 cm au stade maturité (+ 56 et 66 %), et
- (2) ont une croissance plus rapide (pentes 2,2 et 2,5 fois plus élevées sur le graphique).

Les efforts des sélectionneurs depuis les années 70 ont porté entre autres sur le raccourcissement des blés pour éviter la verse, c'est donc naturellement qu'on retrouve la variété Renan plus courte.

Au stade maturité, on observe également une légère différence de hauteur entre la variété Sixt (118 cm) et mélange (126 cm, soit 7 % de plus). La compétition pour la lumière dans le mélange conduit peut être à des blés plus hauts que cultivés séparément. On ne dispose toutefois pas de référence sur la hauteur des variétés qui composent ce mélange.

Figure 31, on observe que les variétés mélange et Sixt ont un port légèrement plus horizontal en sortie d'hiver que la variété Renan (sans différence significative toutefois). On constate cependant que ce résultat est dû à un seul essai, l'essai JPC (symbole « X » sur le graphique), où les différences sont flagrantes entre variétés. Il s'agit de l'essai noté le plus tôt (24 février), 5 jours avant PT, et près d'un mois avant les essais DH (24 mars) et GS (29 mars).

Ainsi, il ne semble pas exister de différence de port entre les variétés au mois de mars, mais on peut émettre l'hypothèse que les variétés paysannes commencent à taller (et donc à se développer plus horizontalement) plus tôt que le Renan, ce qui serait un atout pour le contrôle des adventives.

b) Couverture du sol par le peuplement cultivé

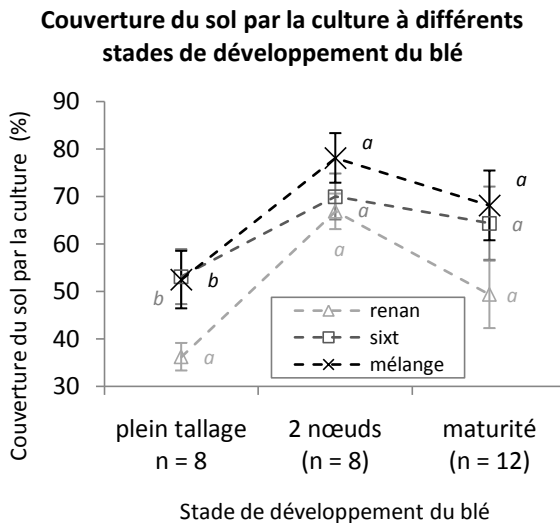


Figure 32 Couverture du sol par la culture à 3 stades physiologiques (sans NS, $\alpha = 0,05$)

A chaque stade du blé (Figure 32), la hiérarchie entre les variétés pour la couverture du sol est la même que celle pour la hauteur, à savoir par ordre croissant : Renan, Sixt et mélange.

Au stade plein tallage, les blés paysans (Sixt et mélange) couvrent statistiquement mieux le sol que le Renan (autour de 50 % en moyenne contre 35), sans qu'une différence entre le Sixt et le mélange ne soit visible.

Aux stades suivants, on observe une plus grande différence statistique entre les variétés, mais tout de même des écarts de moyennes. Une différence apparaît entre le Sixt et le mélange (entre 5 et 10 % de couverture en plus pour le mélange) notamment au stade 2 nœuds.

La différence de couverture du sol est surtout visible et importante en sortie d'hiver, au stade plein tallage du blé. Ce caractère pourrait être un avantage pour le contrôle des adventices, puisqu'il est en lien avec une compétition pour la lumière à un moment clé où les adventices se développent rapidement.

La différence de couverture des blés n'est pas seulement due à leur hauteur, puisque les écarts de hauteur entre variétés sont proportionnellement moindres en début de campagne qu'en fin de campagne, alors que c'est l'inverse pour la couverture (Figure 32). D'autres différences morphologiques doivent exister, comme la largeur des feuilles ou le tallage.

S'il existe une différence de contrôle des adventices entre les variétés Sixt et mélange, elle peut être due à une meilleure couverture du sol au stade 2 nœuds du mélange, alors que le Sixt se rapproche du Renan.

c) La verse

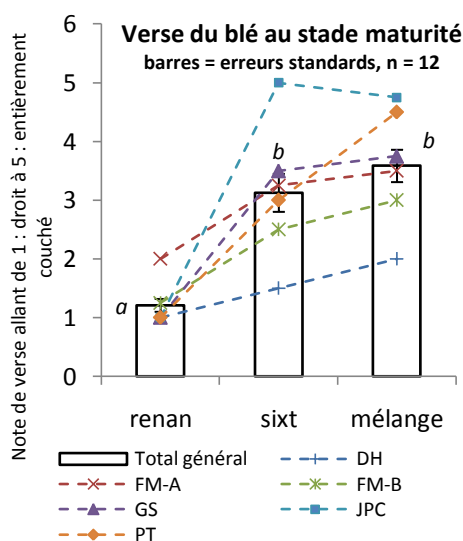


Figure 33 Notes de verse au stade maturité du blé

La Figure 34 met en évidence la grande différence de tenue des blés paysans par rapport au Renan :

Le Renan n'a pas versé jusqu'au stade maturité (note 1) alors que les variétés paysannes ont été notées entre 3 et 4, ce qui correspond à des niveaux de verse importants, où une majorité de blés sont couchés (Annexe 2). On constate aussi une plus grande stabilité pour le Renan (barre d'erreur plus petite) que pour les blés paysans (la dispersion des points sur le graphique est plus importante et les barres d'erreur plus grandes).

Le Renan est issu d'un programme de sélection dont l'objectif principal était d'obtenir des variétés résistantes à la verse, ce qui explique en partie la différence de tenue par rapport aux blés paysans. En outre, la sécheresse du début de printemps a eu pour conséquence pour le blé des pailles courtes, mais aussi fragiles, défavorisant peut-être les variétés paysannes à pailles hautes.

Dans une autre proportion, la variété mélange est en moyenne plus versée que la variété Sixt (sans différence significative).

Cette observation est à mettre en parallèle avec le fait que le mélange est sensiblement plus haut que le Sixt, donc *a priori* plus sensible à la verse.

d) Etat sanitaire

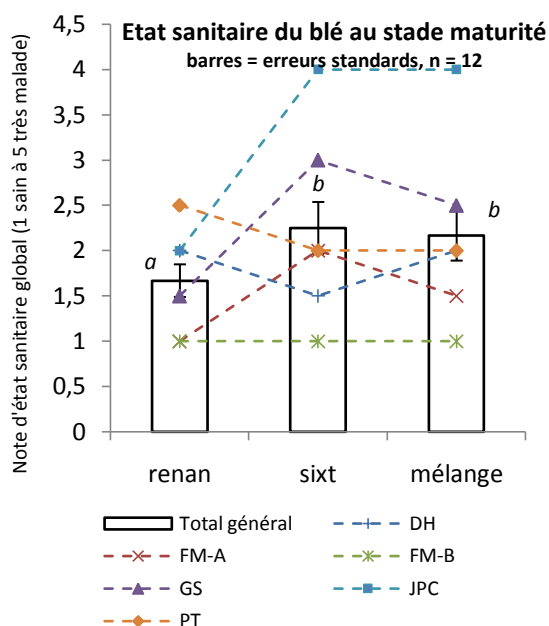


Figure 34 Notes données sur l'état sanitaire global au stade maturité du blé

(les pointillées montrent la hiérarchie entre variétés pour chaque essai)

La Figure 34 montre que l'état sanitaire du Renan a été jugé meilleur que celui des blés paysans d'1/2 point sur une échelle allant de 1 à 5 (Annexe 3). Les variétés paysannes sont quasiment notées identiquement.

Par ailleurs, la régularité entre essais est meilleure pour le Renan, noté de 1 à 2,5, que pour les variétés paysannes, notées de 1 jusqu'à 4.

Essai par essai, observe différents cas, très liés à la verse :

- (1) chez FM-A, FM-B et DH, on n'observe pas de grande différence entre variétés, or ce sont les essais où les blés paysans ont le moins versé,
- (2) chez GS, JPC, les variétés paysannes sont clairement moins saines que le Renan, or ces essais font parti des plus versés,
- (3) PT est le seul essai où les variétés paysannes ont été jugées plus saines malgré une verse très importante de ces dernières. A noter que cet essai est caractérisé par une faible densité de semi, seul essai semé à la volée.

Ainsi, les variétés paysannes, très versées cette année (Figure 33), ont particulièrement souffert des pluies des mois de juillet et d'août, propices au développement de moisissure près du sol. Le Renan qui n'a versé dans aucun des essais s'illustre cette année par un meilleur état sanitaire.

Toutefois, les différences observées essai par essai (en pointillés), indiquent qu'il n'existe pas de modèle simple valide pour tous les essais. L'effet du milieu (comme la pression de maladie, densité de semis, etc.) est important et les variétés ne réagissent pas de la même façon à leur environnement.

Enfin, même si l'état sanitaire du mélange n'est pas clairement meilleur que celui de la variété Sixt, le fait que le mélange ait plus souffert de la verse (Figure 33) sans être plus malade, indique peut être qu'il existe un léger effet due à la diversité génétique.

5.2.3 Le rendement et son élaboration

a) Rendement

A l'heure de la rédaction du mémoire, les rendements des essais ne sont pas encore disponibles (le grain n'a pas été trié par tous les agriculteurs). On commentera donc les rendements estimés à partir des prélèvements et des battages de blé effectués sur 3 carrés de 50x50 cm dans chaque parcelle au stade maturité du blé (Figure 35).

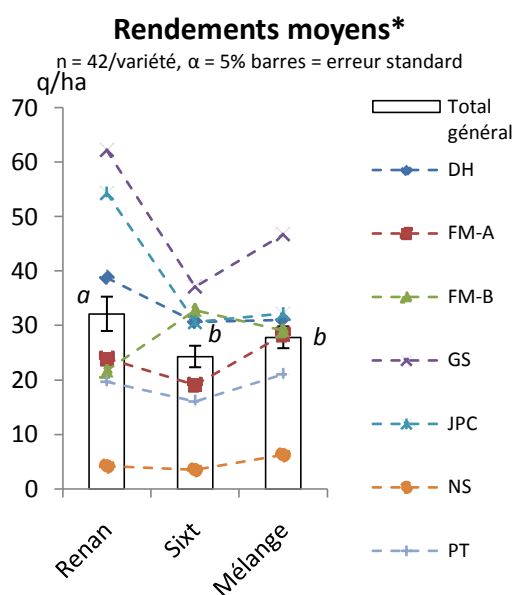


Figure 35 Rendements moyens selon les variétés
(sur 3 carrés de 50x50 cm/parcelle, soit 6 carrés/variété et essai)

La Figure 35 révèle un grand contraste entre les essais, avec des rendements moyens allant de 3 (NS, Sixt) à 62 quintaux/ha (GS, Renan).

Une analyse de variance sur l'ensemble des essais révèle un effet variété statistiquement très significatif ($p=5,4.10^{-4}$) : Renan, avec un rendement moyen de 32 q/ha fait respectivement 7,8 q/ha et 4,3 de plus que Sixt et la variété mélange. Cette dernière fait 3,5 q/ha de plus que Sixt, sans différence statistiquement significative ($p=0,16$).

L'écart entre les variétés paysannes et le Renan est dû en grande partie aux essais ayant les plus hauts potentiels (renvoi sol) et faisant les plus hauts rendements, notamment JPC et GS avec des rendements de 54 et 62 q/ha pour le Renan, 40% plus faible pour les variétés paysannes et dans une moindre mesure DH. Dans tous les autres essais, à plus faibles potentiels (et rendements autour de 20-30 q/ha), la tendance est moins forte, parfois inversée et en faveur des variétés paysannes.

En effet, la Figure 36 ci-contre révèle que les écarts de rendement entre variétés paysannes et Renan sont significativement négativement corrélés au rendement du Renan, utilisé ici comme témoin reflétant le potentiel de la parcelle.

Les rendements de la variété Sixt sont toujours inférieurs à ceux de Renan, et ce d'autant plus que le rendement du Renan est élevé.¹²

La variété mélange a des rendements moindres que le Renan au-dessus d'un seuil situé entre 30 et 40 q/ha. En revanche, en-dessous de ce seuil, les rendements du mélange sont supérieurs, et ce d'autant plus que les rendements du Renan sont faibles, c'est-à-dire que le potentiel de rendement (représenté par Renan) de l'essai est faible. Dans le cas extrême, (NS, mélange : 6,3 q/ha), le rendement du mélange est 50 % supérieur à celui de Renan.

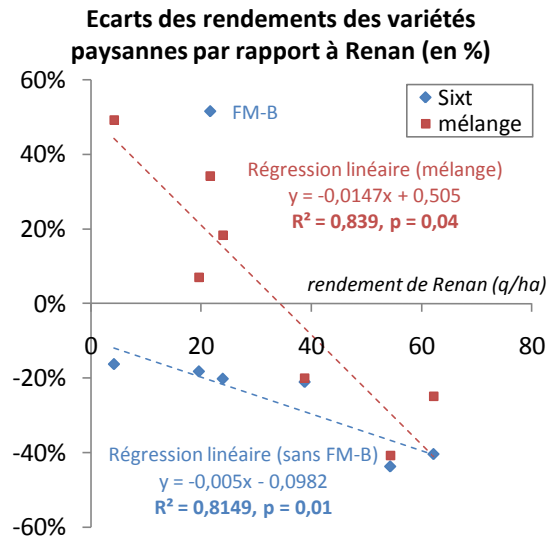


Figure 36 Ecarts des rendements des variétés paysannes par rapport au rendement du Renan

La diversité et la richesse génétique de la variété de type mélange pourrait expliquer ses meilleures performances dans les conditions très difficiles, hypothèse avancée par plusieurs acteurs de l'agriculture paysanne, avec la même idée que pour les associations de cultures.

b) Décomposition du rendement

Une fois les différences quantitatives de rendement établies, on s'intéresse à l'élaboration du rendement de chacune des variétés, à partir de ses composantes : rendement = nb. plant/m² X nb. talle/plant X nb. épis/talle X nb. grains/épi X masse du grain.

La Figure 37 ci-contre permet de valider les données de composantes de rendement qu'on utilise. Le rendement calculé à partir de ces données est très corrélé au rendement réel ($R^2 = 0,94$), avec toutefois une surévaluation de 20 %.

Ceci est dû en partie au fait que le rendement calculé à partir de ses composantes prend en compte tous les grains (même échaudés), sans perte, alors qu'il y en a lors du battage. Cette surévaluation reste acceptable pour l'étude qui suit, qui se veut comparative.

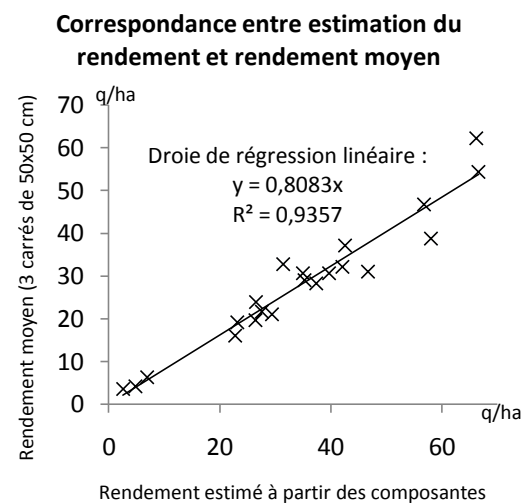


Figure 37 Lien entre estimation du rendement à partir de ses composantes et rendement moyen

Les composantes du rendement sont présentées dans la Figure 38 page suivante.

¹² On exclu le point FM-B de la régression linéaire très éloigné des autres. Il est étonnant de le retrouver si éloigné, d'autant plus qu'il ne diffère de FM-A que par son précédent cultural sa localisation légèrement différente sur la parcelle de production de l'agriculteur FM. Peut être y a-t-il eu une erreur sur les données.

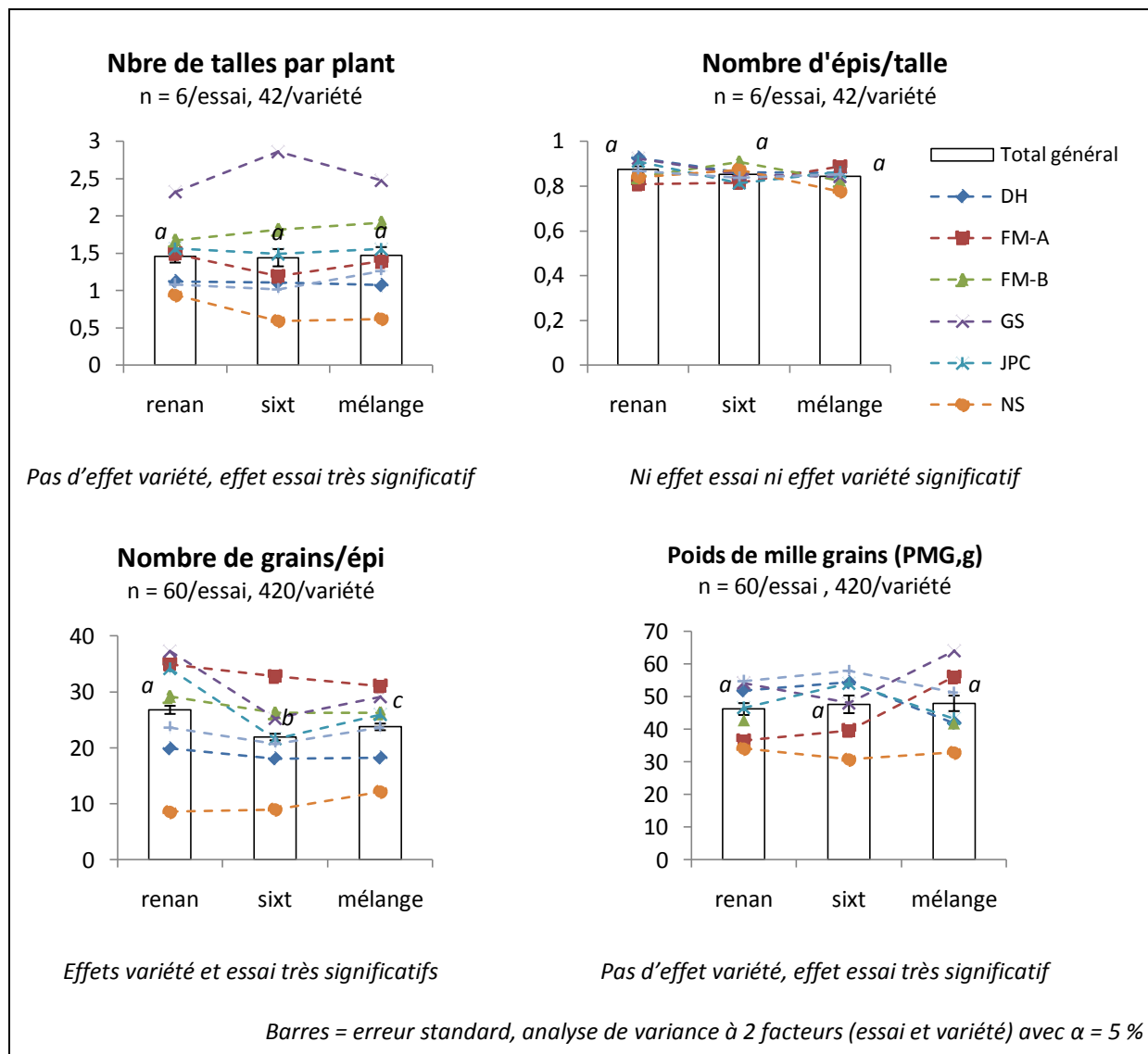


Figure 38 Décomposition du rendement selon les variétés et selon les essais

La Figure 38 révèle que les différences de rendement entre les 3 types variétaux testés sont dues, en moyenne sur les 6 essais, au nombre de grains par épi de chacune des variétés (différence très significative) : 27 grains/épi pour la variété Renan, 24 pour le mélange et seulement 22 pour Sixt, avec des tendances globalement similaires entre les essais (GS et JPC : différences plus marquées). Essai par essai, des différences peuvent s'expliquer par les différences de PMG et d'épis par talle, qui varient aussi entre variétés, mais de manière différente selon les essais, ce qui fait qu'on n'observe pas de différence en moyenne. Le nombre d'épis par talle varie peu, et n'a donc pas de grande importance pour expliquer les différences de rendement.

Les différences de PMG et du nombre de talles par plante sont surtout marquées par un effet environnement. Pour chaque essai, les variations entre variétés sont globalement similaires pour le nombre de talles par plante. L'essai NS, où le manque d'eau a été le plus important au printemps, est marqué par le plus faible tallage (entre 0,5 et 1 talle/plant), particulièrement des variétés paysannes, et l'essai GS où le manque d'eau a été le moins important au printemps par le plus fort taux autour de 2,5 talles par plante.

Pour le PMG, les variations entre variétés sont très différentes selon les essais, ce qui révèle une forte interaction environnement X variété pour ce paramètre. La variété Renan est légèrement plus constante (avec une erreur standard de 1,8 g) que les variétés paysannes (2,7 pour Sixt et 2,4 pour le mélange). Le PMG, lié à la taille du grain donc à son remplissage, est élaboré entre la floraison et la maturité du blé, à savoir principalement aux mois de juin et juillet, où le manque d'eau a été estimé similaire sur chacune des parcelles. Il est difficile de trouver d'autres facteurs explicatifs pour expliquer les différences entre variétés selon les essais (pas de lien visible avec la richesse du sol, ni la RU, etc.).

6 Discussion générale sur l'expérimentation du projet PaysBlé

La première année de suivi des essais agronomiques de PaysBlé visait à asseoir la méthodologie proposée lors d'un séminaire de travail avec tous les acteurs du programme, et apporter des premiers éléments chiffrés aux agriculteurs impliqués. Elle entre dans une démarche globale de recherche participative qui ajuste ses méthodes d'investigation par le jeu d'une interaction permanente entre les acteurs.

6.1 La méthodologie

Le fait d'expérimenter dans une diversité d'environnement rend les résultats statistiquement moins robustes : nous sommes contraints de ne réaliser qu'un petit nombre de répétitions du fait d'expérimenter chez les agriculteurs, et devons faire face à de nombreux facteurs variant d'un essai à un autre. La plupart des résultats obtenus ont dégagé des tendances étayant nos hypothèses de travail initiales. Les prochaines années affineront nos connaissances sur la stabilité ou non des performances des variétés, cette expérimentation étant prévue pour une durée de 3 ans.

Il existe une volonté de la part des chercheurs d'augmenter le nombre de répétition de 2 à 3 pour chaque essai, mais il est important de considérer aussi la faisabilité d'un dispositif plus lourd en termes de temps de travail. La taille du réseau, qui s'établit sur 4 départements (pour 6 essais) est peut être un frein à l'extension du dispositif. Le temps passé dans les déplacements est considérable, et une solution pourrait être de centrer les lieux d'expérimentation autour de la métropole rennaise, la difficulté étant que les paysans boulangers ne sont pas nombreux.

Le caractère participatif souhaité pour PaysBlé pourrait orienter le projet vers une plus forte implication des agriculteurs, dont les observations au champ seraient un complément précieux dans le cadre de cette étude. Ils pourraient par exemple consigner des observations à un pas de temps défini, comme le stade de leur culture, l'état sanitaire, ou l'importance de la verse.

Enfin, d'un point de vue pratique, une meilleure balisation des essais serait souhaitable, notamment avec des piquets plus hauts et d'une couleur autre que le jaune pour mieux se repérer dans les parcelles, et étiqueter les parcelles expérimentales pour éviter les confusions entre variétés en début de campagne. Là encore, nous sommes toujours dans le compromis entre l'optimisation d'un dispositif expérimental, le temps disponible et la « praticabilité » du dispositif pour l'agriculteur (si un agriculteur veut intervenir sur son champ, il vaut mieux ne pas laisser de piquets).

6.2 Le protocole

Au niveau protocole, quelques résultats obtenus soulèvent des remarques.

En effet, la pertinence des résultats des études effectuées sur des adventices obtenus au stade plein tallage du blé est discutable. Malgré une durée très longue de prélèvement des données, due principalement à l'identification fastidieuse des plantes, les résultats n'ont guère été prolixes en informations sur l'effet potentiel des variétés, les données recueillies ne concernant que l'abondance des adventices et pas leur biomasse. Or si un tel effet existe, il est plus probable qu'il agisse plus sur la croissance des adventices (compétition pour la lumière variable par exemple) que sur leur taux de germination, qui est plutôt une conséquence du système de culture. Il serait intéressant de prélever des biomasses d'adventices comme au stade maturité du blé, ou au moins d'estimer la taille de chacune des adventices selon une règle, pour qu'un chardon de 15 cm ne compte pas comme une graminée de 5 mm.

Par rapport aux conditions optimales, les observations sur les vers de terre ont été réalisées tard dans l'année, avec parfois des sols secs. La mise au point du protocole a été trop tardive dans la saison et dépendait du lancement de l'OPVT. Ainsi, les résultats d'un essai à un autre, d'un point à un autre au sein d'un même essai, sont parfois difficiles à interpréter et soulèvent quelques doutes sur leur robustesse. Les deux prochaines saisons ne subiront pas ce retard de mise en route. L'Observatoire Participatif des Vers de Terre, qui collecte des données à l'échelle de la France devrait publier des résultats d'ici l'année prochaine, qui permettront de mieux connaître entre autre les conséquences du climat et de la date de prélèvement.

Enfin, des observations sur les maladies au printemps pourraient être valorisées dans l'étude, ce qui n'est pas possible faute de temps dans l'état actuel du dispositif. C'est peut être une occasion de proposer aux agriculteurs de s'investir un peu plus dans le programme de recherche.

7 Conclusion

Dans un contexte climatique atypique (printemps chaud et très sec, hiver et été froids), l'expérimentation nous a permis de mettre en relief l'importance des conditions agronomiques sur le comportement des 3 variétés testées, et l'intérêt que peuvent avoir les variétés paysannes dans certains contextes.

Morphologiquement, la différence de hauteur entre les variétés paysannes testées et la variété Renan varie presque du simple au double (76 cm pour Renan, environ 1,2 m pour les variétés paysannes), et explique les différences de couverture du peuplement cultivé, avec une implication probable sur les différences de contrôle des adventices, mais aussi sur la résistance à la verse. Verse qui est sans conteste un point faible des variétés paysannes avec une implication probable sur l'état sanitaire du blé en fin de culture. Le nombre de grains par épi distingue aussi les 3 variétés (27 grains/épi pour Renan, 22 pour Sixt et 24 pour le mélange) et explique en partie les différences de rendement.

D'un point de vue agronomique, la variété moderne de type lignée pure Renan, majoritaire en Agriculture Biologique, est en moyenne plus rustique que les variétés paysannes dans ces conditions à bas niveau d'intrants. Elle assure une meilleure résistance à la verse, aux maladies, et un meilleur rendement (32 contre 24 et 28 q/ha). Ces différences sont d'autant plus visibles que le potentiel du milieu de culture est élevé.

D'ailleurs, dans des conditions particulièrement difficiles (sols pauvres et peu profonds), où le rendement de Renan ne dépasse pas une trentaine de quintaux/ha, on constate une tendance inverse à celle observée en conditions favorables : la variété paysanne de type mélange assure dans ce cas un meilleur rendement, et ce d'autant plus que le milieu est pauvre : jusqu'à +49% lorsque Renan plafonne à 4 q/ha, +18% et +35% à 24 et 22 q/ha.

Par ailleurs, il existe des différences frappantes sur le contrôle des adventices selon la variété. Les variétés paysannes sont entourées en moyenne de moitié moins de biomasse d'adventice au stade maturité du blé. Cette différence est très visible dans des conditions de salissure moyenne des parcelles.

Concernant uniquement les variétés paysannes, la différence de rendement entre la variété population Sixt et la variété mélange est établie dans des conditions très difficiles. En revanche, dans l'ensemble, avec le jeu de données dont on dispose, on n'observe pas de grandes différences statistiquement valides, mais toutefois des tendances : le mélange a de plus forts rendements, un meilleur contrôle des adventices, mais aussi une plus grande sensibilité à la verse, avec des blés sensiblement plus hauts.

Ces résultats qui suscitent l'intérêt du point de vue agronomique, sont le fruit d'une seule année d'expérimentation et gagneront à être renforcés dans les années à venir, avec d'autres contextes climatiques, et probablement d'autres conditions pédologiques et culturales : la diversité des variétés étudiées dans le contraste des conditions de culture.

La question de la performance agronomique est sans conteste un point clé pour la pérennisation des variétés paysannes de blé. Car si les savoirs-faires de leur panification se transmettent facilement et font la réputation de ces blés, l'aspect agronomique est plus compliqué et pose parfois problème, notamment du fait d'un manque de connaissances. D'où l'importance de leur étude.

Mais cette question de la diversité cultivée ne se résume pas aux préoccupations techniques, bien qu'essentielles, traitées dans ce mémoire. Elle s'inscrit pour les agriculteurs du réseau dans une logique multiple, alliant l'esthétique des plantes, la recherche de qualité gustative et nutritionnelle, la volonté de conserver un patrimoine variétal et une identité culturelle, et une quête d'autonomie en matière de semences.

8 Bibliographie

- Allen, R. G., L. S. Pereira, et M. Smith. 1998. « Crop evaporation : Guidelines for computing crop requirements ». *Irrigation and Drainage* FAO (56).
- Bonneuil, Christophe, et Elise Demeulenaere. 2007. « Vers une génétique de pair à pair ? L'émergence de la sélection participative ». *Des sciences citoyennes. Vigilance collective et rapport entre progane et scientifique dans les sciences naturalistes*.
- Bouché, M.B. 1972. *Lombriciens de France*. INRA. Ecologie et systématique.
- Chable, Véronique. 2010. Synthèse du Séminaire de travail du projet PaysBlé. PaysBlé, avril 22.
- Confédération Paysanne. 2011. Communiqué de presse du 17 janvier 2011 « Taxer les semences non reproductibles et non les semences de ferme ! ».
- Debaeke, Philippe, et Michel Sebillotte. 1988. « Modélisation de l'évolution à long terme de la flore adventice. I. Construction d'un modèle descriptif de l'évolution quantitative du stock de semences de l'horizon travaillé ». *Agronomie*.
- Demeulenaere, E., C. Bonneuil, F. Balfourier, A. Basson, J-F. Berthelot, V. Chesneau, H. Ferté, et al. 2008. « Etude des complémentarités entre gestion dynamique à la ferme et gestion statique en collection : cas de la variété de blé Rouge de Bordeaux ». *Les Actes du BRG* (7): 117-138.
- Demeulenaere, Elise, et Christophe Bonneuil. 2010. Cultiver la biodiversité. Semences et identité paysanne. Visité le 12 juillet. <http://halshs.archives-ouvertes.fr/hal-00528010/>.
- Ducerf, Gérard. 2007. *L'encyclopédie des plantes bio-indicatrices alimentaires et médicinales, guide de diagnostic des sols*. 2^e éd. Promonature.
- FAO. 2005. *Intégration du genre, de la biodiversité agricole et des savoirs locaux au service de la sécurité alimentaire*.
- Fragoso, C., G.G. Brown, J.C. Patron, E. Blanchart, P. Lavelle, B. Pashanasi, B. Senapati, et T. Kumar. 1997. « Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics : the role of earthworms ». *Applied Soil Ecology*.
- GNIS. 2001. Semences de ferme : l'accord, enfin ! octobre. <http://www.gnis.fr/index/action/page/id/106/title/Semences-de-ferme-l-accord-enfin->.
- Hamon, Claire. 2007. Mise en place d'un indicateur de diversité cultivée à l'échelle territoriale, Cas de l'évolution de la diversité de blé tendre au cours du XX^e siècle. Mémoire de fin d'étude, Rennes: Agrocampus Rebbes.
- INRA. 2000. Les variétés de blé tendre. *Fiches d'information INRA*. <http://www.inra.fr/internet/Directions/DIC/presinra/SAQfiches/bletendre.htm>.
- INRA. 2011. CRG des céréales à pailles : présentation. Visité le 7 juin 2011. <http://www4.clermont.inra.fr/umr1095/Equipes/Plates-formes-techniques-et-experimentales/Centre-de-Ressources-Genetiques>.
- Lamandé, M., G. Pérès, V. Hallaire, P. Curmi, et D. Cluzeau. 2004. « Action combinée des pratiques culturales et des lombriciens sur le sol. Morphologie porale, conductivité hydraulique et communautés lombriciennes suivant trois systèmes de culture ». *Etude et Gestion des Sols*.

Mercier, Florent, et Coralie Pireyre. 2011. *Des blés bio... diversité ! 5 années d'expérimentation sur les semences paysannes en Pays de la Loire*. CAB des Pays de la Loire.

Niggli, U. 1999. Holistic approaches in organic farming research and development : a general overview. Dans *Research methodologies in organic farming*. REU Technical Series 58. FAO.

Le Pichon, Vianney, Servane Penvern, et Stéphane Bellon. « Diversité des approches de la complexité en recherche pour l'Agriculture Biologique ». *Assises REVAB, ITAB* 30 & 31 mars 2011.

Réussir Grandes Cultures. 2004. « Pousser les semences de ferme à financer la recherche », novembre 5. <http://www.reussir-grandes-cultures.com/actualites/obtentions-varietales-pousser-les-semences-de-ferme-a-financer-la-recherche&fIdSearch=:20483.html>.

Rolland, Bernard, Christine Bouchard, Chantal Loyce, Jean-Marc Meynard, Hervé Guyomard, Philippe Lonnet, et Gérard Doussinault. 2003. « Des itinéraires techniques à bas niveaux d'intrants pour des variétés rustiques de blé tendre : Une alternative pour concilier économie et environnement ». *Courrier de l'environnement de l'INRA* (49): 47-62.

Römbke, J., S. Jänsch, et W. Didden. 2005. « The use of earthworms in ecological classification and assessment concepts ». *Ecotoxicology and Environmental Safety*.

Serpolay, Estelle, Nicolas Schermann, et Véronique Chable. 2010. A regional network for experimentating, maintaining and developing the agrobiodiversity of local landraces of bread wheat for Organic Agriculture with a participative methodology. Poster de présentation PaysBlé.

Shrestha, Anil, Tom Lanini, Steve Wright, Ron Vargas, et Jeff Mitchell. 2006. « Conservation Tillage and Weed Management ». *University of California. Division of Agriculture and Natural Resources. ANR Publication 8200*.

Valantin-Morison, M., L. Guichard, et M. H. Jeuffroy. 2008. « Comment maîtriser la flore adventice des grandes cultures à travers les éléments de l'itinéraire technique ? » *Innovations Agronomiques*.

Annexes

Table des annexes

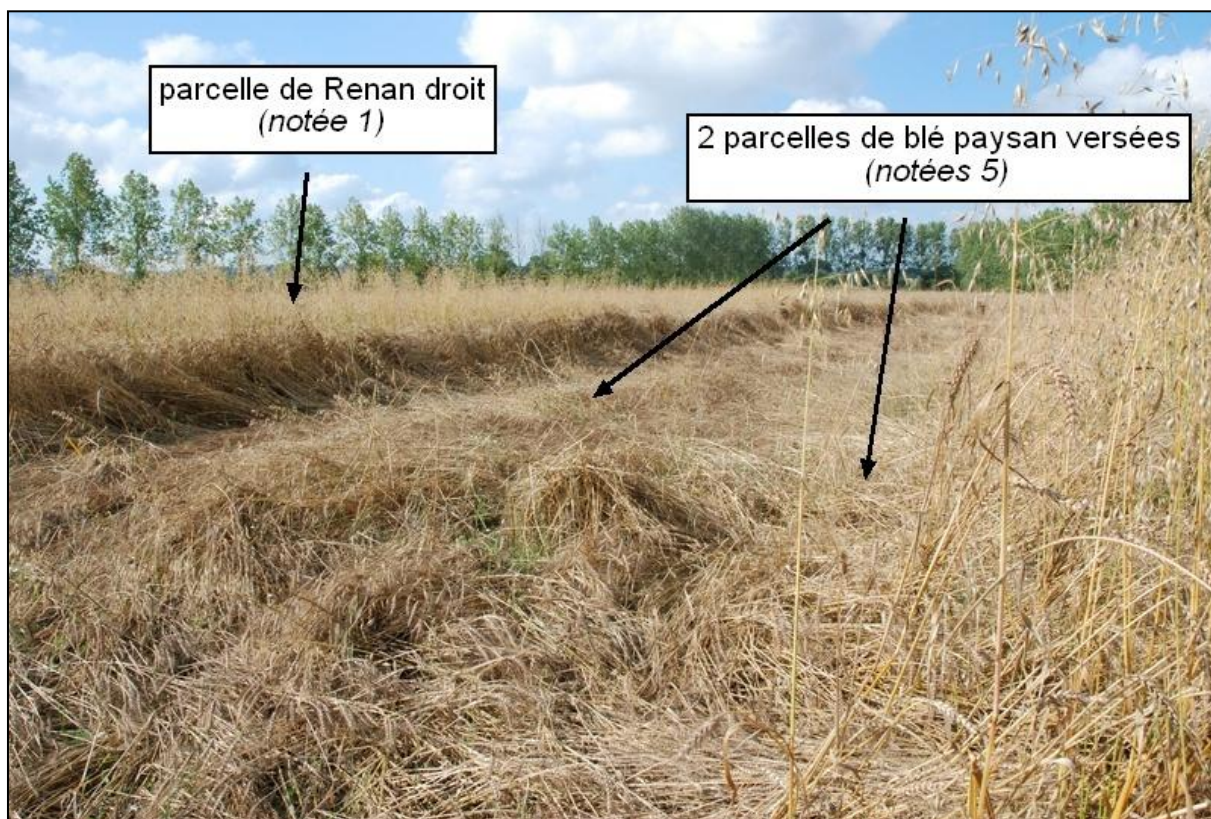
Annexe 1 Cortège d'adventices qui les caractérisent (souligné et en italique : les espèces communes entre essais ayant une prairie pâturée comme précédent cultural)	50
Annexe 2 Parcelles versées de blé paysan : le cas extrême (JPC, 13/07/2011)	51
Annexe 3 Noté d'état sanitaire au stade maturité du blé, par rapport aux épis	51

Pr.	Essai	Composition florale dominante d'adventices par abondance décroissante	% du cortège	Espèce dominante	% du cortège
Prairie pâturée	FM	Renoncules, Alchémille, Plantain, <u>Renouée</u> , <u>Arabette de T.</u> , Ravenelle, Sabline, <u>Céraiste</u> , <u>Matricaire</u> , <u>Véronique</u>	99,9	Renoncules	44,5
	GS	Luzerne (repousses), <u>Stellaire</u> , <u>Véronique</u> , <u>Céraiste</u> , <u>Matricaire</u>	81,5	Luzerne (repousses) <u>Stellaire</u>	(29,6) 22,2
	DH	<u>Renouée</u> , <u>Stellaire</u> , <u>Arabette de T.</u> , Capselle	77,6	<u>Renouée</u> , <u>Stellaire</u> , <u>Arabette de T.</u>	Autour de 29 % chacune
Gd. Épeautre	PT	Pissenlit, Trèfle, Carotte, Renoncules, Sabline, Rumex, Chardon, Lamier, Vesce, Gaillet gratteron	86,5	Pissenlit	25,1
Colza	JPC	Stellaire, Céraiste, Alchémille, Matricaire, Colza, Vesce	99,7	Stellaire	40,7
Sarrasin	NS	Chénopodes, Rumex, Matricaire, Myosotis, Lég. Semées	77,5	Chénopodiacées	46,2

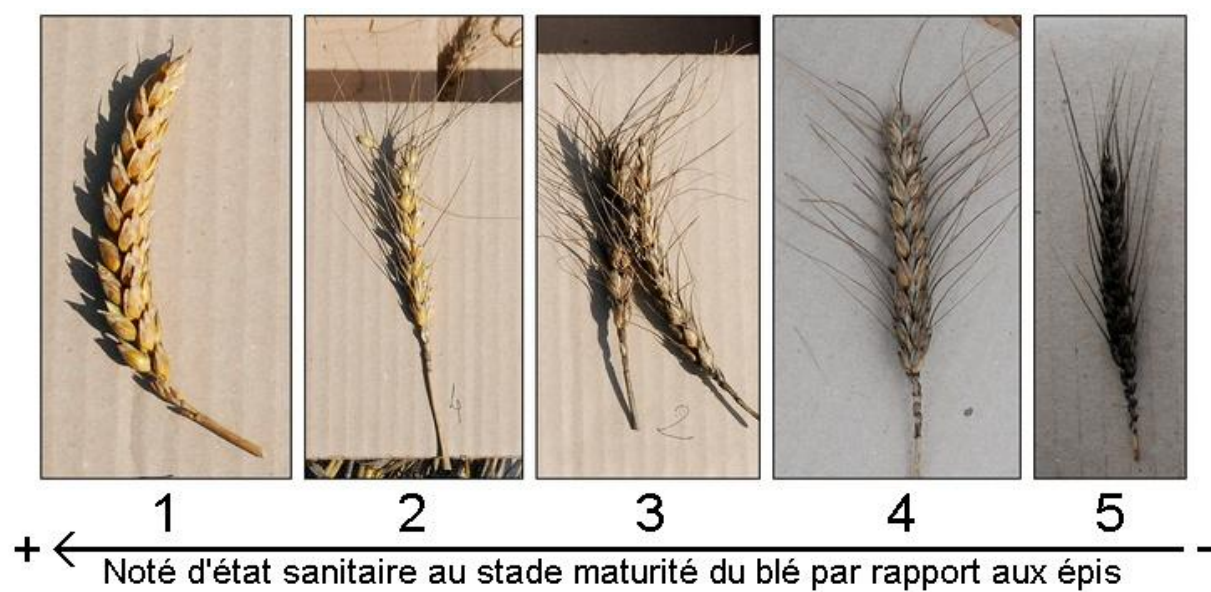
Ce tableau confirme la ressemblance évoquée précédemment de composition florale des essais ayant eu comme précédent cultural une prairie, avec les similitudes mises en valeur par un soulignage.

Enfin, on remarque que la Stellaire intermédiaire (*Stellaria media*) est l'espèce d'adventice dominante dans 3 essais : GS, DH (dont les précédents culturaux sont des prairies), et JPC. La présence de Stellaire intermédiaire dans un champ est indicateur d'équilibre des sols, avec une bonne minéralisation de la matière organique (Ducerf 2007).

Annexe 1 Cortège d'adventices qui les caractérisent (souligné et en italique : les espèces communes entre essais ayant une prairie pâturée comme précédent cultural)



Annexe 2 Parcelles versées de blé paysan : le cas extrême (JPC, 13/07/2011)



Annexe 3 Noté d'état sanitaire au stade maturité du blé, par rapport aux épis