



HAL
open science

Étude de la diversité génétique de blés paysans sur la hauteur et la biomasse

Marie Pichon

► **To cite this version:**

Marie Pichon. Étude de la diversité génétique de blés paysans sur la hauteur et la biomasse. 2013, 58 p. hal-01210074

HAL Id: hal-01210074

<https://hal.science/hal-01210074>

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.

2012-2013

DUT – Option agronomie



Etude de la diversité génétique de blés paysans sur la hauteur et la biomasse

Pichon Marie |

INRA |

Maître de stage : Mme Blanchet Elise

Tuteur pédagogique : Mme Leforestier Diane



ENGAGEMENT DE NON PLAGIAT

Je, soussignée Marie Pichon
déclare être pleinement consciente que le plagiat de documents ou d'une
partie d'un document publiée sur toutes formes de support, y compris l'internet,
constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée.
En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées
pour écrire ce rapport ou mémoire.

signé par l'étudiant(e) le 09 / 07 / 2013

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier Véronique Chable de m'avoir accueilli dans son unité de travail « Biodiversité cultivée et Recherche Participative » au SAD-Paysage du Rheu. Je remercie aussi Elise Blanchet pour son encadrement, son suivi ainsi que pour son soutien. Je pense aussi à toute l'équipe de la quarantaine, Estelle pour ses recommandations mais aussi tous les stagiaires présents, pour la bonne ambiance de travail et pour les conseils qu'ils ont pu me donner.

Merci également aux paysans du réseau Triptolème pour leur accueil dans leur ferme et pour tout ce qu'ils ont pu partager avec nous.

Glossaire

Allogame : Se dit des plantes se reproduisant par fécondation croisée (cas du maïs).

Allohexaploïdie : état d'un génome formé par la juxtaposition de plusieurs génomes diploïdes différents. Le blé tendre est allohexaploïde.

Autofécondation : fécondation entre deux gamètes (mâle et femelle) provenant du même individu.

Autogame : Se dit des plantes se reproduisant par autofécondation (cas du blé).

Cléistogame : fécondation avant l'ouverture de la fleur. La fleur du blé est cléistogame.

Hybridation : croisement entre deux variétés d'une même espèce ou entre deux espèces différentes.

Indice de récolte : rapport entre le poids des grains et le poids total de la plante.

Mycorhize : association symbiotique du mycélium d'un champignon et des racines d'un arbre ou d'une plante à fleurs.

Résilience : capacité d'un écosystème à résister ou à surmonter une perturbation en récupérant rapidement. Elle est liée aux capacités d'adaptation d'un système face à un changement.

Robustesse : habilité d'une plante à maintenir des performances face à des perturbations et des incertitudes. Les plantes robustes seront donc hautement résistantes et tolérantes aux maladies et aux ravageurs, très compétitives face aux mauvaises herbes, bien implantées face à des conditions climatiques de plus en plus changeantes, et plus efficaces et efficientes dans l'utilisation des nutriments et de l'eau. Les plantes robustes sont une des composantes nécessaires des systèmes résilients.

Sélection massale : sélection faite par les agriculteurs depuis des millénaires. Elle existe sous deux formes : la sélection massale positive (on choisit les plantes qui semblent les plus intéressantes dans une population pour en faire des semences) et la sélection massale négative (on élimine les plantes les moins intéressantes).

Abréviations

CCP : Composite Cross Population

DHS : Distinction, Homogénéité, Stabilité

EPST : Etablissement Public à caractère Scientifique et Technologique

I.D.D : Variables Indépendantes et Identiquement Distribués

INRA : Institut National de Recherche Agronomique

PMG : Poids de Mille Grains

VATE : Valeur Agronomique, Technologique et Environnementale

Sommaire

TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	6
TABLE DES TABLEUX.....	7
INTRODUCTION.....	1
1. Contexte institutionnel.....	2
1.1. L'INRA.....	2
1.2. L'équipe Biodiversité Cultivée et Recherche Participative.....	3
1.3. Le programme de recherche Pays Blé –SOLIBAM.....	3
1.3.1. Description.....	3
1.3.2. Objectifs.....	4
1.3.3. Partenaires.....	5
2. Synthèse bibliographique.....	6
2.1. Le blé tendre.....	6
2.1.1. Contexte économique.....	6
2.1.2. Utilisation.....	7
2.1.3. Taxonomie.....	7
2.1.4. Origine, structure génétique et phylogénie.....	8
2.1.5. Caractéristiques de la plante.....	9
2.1.6. Les variétés.....	9
2.2. Les variétés paysannes.....	10
2.2.1. Un peu d'histoire.....	10
2.2.2. Critère de sélection.....	11
2.2.3. Définitions.....	12
2.2.4. Intérêts.....	12
2.3. La recherche participative.....	13
2.3.1. Définition.....	13
2.3.2. Dans le monde.....	15
2.3.3. Intérêts-limites.....	15
3. Présentation du stage.....	15
4. Matériel et méthodes.....	16
4.1. Le réseau expérimental :.....	16
4.2. Matériel végétal.....	16
4.3. Mise en place.....	17
4.4. Protocole expérimental.....	17
4.4.1. Biomasse au stade deux nœuds.....	18
4.4.2. Biomasse à maturité.....	18
4.4.3. Hauteur du blé au stade 2 nœuds et à maturité.....	18
4.5. Méthode d'analyse.....	18
5. Résultats.....	20
5.1. Hauteur au stade deux nœuds.....	20
5.1.1. Présentation des résultats généraux.....	20
5.1.2. Etude du paramètre variété.....	20
5.1.3. Autres facteurs.....	21
a) Effet année.....	21
b) Effet agriculteur.....	21
c) Effet répétition.....	22
5.2. Biomasse au stade deux nœuds.....	22
5.2.1. Présentation des résultats généraux.....	22
5.2.2. Etude du paramètre variété.....	22
5.2.3. Autres facteurs.....	23
a) Effet année.....	23
b) Effet agriculteur.....	23
c) Effet cadre.....	24

	d) Effet répétition.....	24
5.3.	Hauteur au stade maturité.....	24
	5.3.1. Présentation des résultats généraux	25
	5.3.2. Etude du paramètre variété	25
	5.3.3. Autres facteurs	26
	a) Effet année.....	26
	b) Effet agriculteur	26
	c) Effet répétition.....	26
5.4.	Biomasse au stade maturité	27
	5.4.1. Présentation des résultats généraux	27
	5.4.2. Etude du paramètre variété	27
	5.4.3. Autres facteurs	28
	a) Effet année.....	28
	b) Effet agriculteur	28
	c) Effet répétition.....	28
	d) Effet cadre	28
6.	Discussions	29
6.1.	Hauteur au stade deux nœuds	29
6.2.	Biomasse du blé au stade deux nœuds.....	30
6.3.	Hauteur à maturité	31
6.4.	Biomasse à maturité	32
7.	Conclusion et perspectives de l'étude	32
7.1.	Conclusion sur les variétés	32
7.2.	Conclusion sur le protocole.....	33
7.3.	Perspectives	33
8.	Autres travaux réalisés pendant le stage	34
	BILAN PERSONNEL.....	35
	BIBLIOGRAPHIE.....	36
	TABLE DES ANNEXES.....	38

Table des illustrations

Figure 1 : Organigramme de L'unité de recherche SAD-Paysage (d'après rennes.inra.fr)	3
Figure 2 : Situation de la production de blé dans le monde.....	6
Figure 3 : Situation de la production de blé en France.....	7
Figure 4 : Consommation de la farine sur le marché français (source : fiche statistique 2011 de la meunerie française)	7
Figure 5 : Phylogénie du blé tendre.....	8
Figure 6 : Structure d'un grain de blé, http://www.museum.agropolis.fr	9
Figure 7 : Structure d'un épillet de blé	9
Figure 8 : Dispositif expérimental de l'essai	17
Figure 9 : Graphiques obtenus sous R pour l'analyse des résidus	19
Figure 10 : Distribution des données de hauteur (cm) du blé au stade deux nœuds	20
Figure 11 : Boîte à moustaches de la hauteur (en cm) des plantes au stade deux nœuds en fonction de la variété de blé tendre.	20
Figure 12 : Résultats de l'analyse des résidus de l'ANOVA pour la hauteur de plantes au stade deux nœuds	21
Figure 13: Boîte à moustache représentant la répartition des données de hauteur (en cm) des plantes au stade deux nœuds en fonction de l'année d'expérimentation.	21
Figure 14 : Boîte à moustache représentant la répartition de la hauteur (en cm) des plantes au stade deux nœuds en fonction de l'agriculteur.	21
Figure 15 : Boîte à moustache représentant la répartition de la hauteur (en cm) des plantes au stade deux nœuds en fonction de la répétition.	22
Figure 16 : Distribution des données de biomasse (en g) du blé au stade deux nœuds.....	22
Figure 17 : Boîte à moustaches de la biomasse blé (en g) au stade deux nœuds en fonction de la variété	23
Figure 19 : Répartition des biomasses blé (en g) au stade deux nœuds en fonction de l'année d'expérimentation	23
Figure 20 : Répartition de la biomasse blé (en g) au stade deux nœuds en fonction des agriculteurs	23
Figure 18 : Résultats de l'analyse des résidus de l'ANOVA pour la hauteur de plantes au stade maturité	23
Figure 21 : Répartition des biomasses de blé au stade deux nœuds en fonction du cadre de mesure	24
Figure 22 : Répartition des biomasses blé au stade deux nœuds en fonction de la répétition	24
Figure 23 : Distribution des données de hauteur (en cm) au stade maturité.....	25
Figure 25 : Boîte à moustaches de la hauteur (en cm) des plantes au stade maturité en fonction de la variété de blé tendre.	25
Figure 26 : Résultats de l'analyse des résidus de l'ANOVA pour la hauteur à maturité	25
Figure 27 : Boîte à moustache représentant la répartition des données de hauteur (en cm) des plantes au stade maturité en fonction de l'année d'expérimentation.....	Erreur ! Signet non défini.

Figure 28 : Boîte à moustache représentant la répartition des données de hauteur (en cm) des plantes au stade maturité en fonction de l'agriculteur.....	26
Figure 29 : Boîte à moustache représentant la répartition des données de hauteur (en cm) des plantes au stade maturité en fonction de la répétition.....	26
Figure 30 : Distribution des données de biomasses (en g) au stade maturité	27
Figure 31 : Boîte à moustaches de la biomasse (en gramme) blé au stade maturité en fonction de la variété de blé tendre.	27
Figure 32 : Résultat de l'analyse des résidus pour l'ANOVA testant l'effet variété sur la biomasse à maturité.....	28
Figure 33 : Boîte à moustache représentant la répartition des données de biomasse (en g) des plantes au stade maturité en fonction de l'année d'expérimentation.....	28
Figure 34 : Boîte à moustache représentant la répartition des données de biomasse (en g) des plantes au stade maturité en fonction des agriculteurs.	28
Figure 35 : Boîte à moustache représentant la répartition des données de biomasse (en g) des plantes au stade maturité en fonction de la répétition.....	28
Figure 36 : Boîte à moustache représentant la répartition des données de biomasse (en g) des plantes au stade maturité en fonction du cadre de prélèvement.....	29

Table des tableaux

Table 1 : Taxonomie du blé tendre.....	7
Table 2 : Les différents degrés de participation, (Anon, 2009)	14
Table 3 : Agriculteurs participants à l'essai	16
Table 4 : Statistiques de bases des échantillons de hauteur au stade deux nœuds.....	20
Table 5 : Description du paramètre hauteur des plantes au stade deux nœuds en fonction de la variété	20
Table 6 : Résultat de l'ANOVA pour les hauteurs au stade deux nœuds.....	21
Table 7 : Statistiques de base des échantillons de biomasse blé au stade deux nœuds.....	22
Table 8 : Description de la biomasse blé au stade	22
Table 9 : Résultat de l'ANOVA pour les biomasses au stade deux nœuds	23
Table 10 : Statistiques de bases des échantillons de hauteur au stade maturité :	25
Table 12 : Description du paramètre hauteur des	25
Table 13 : Résultat de l'ANOVA qui test l'effet variété sur la hauteur des plantes à maturité	25
Table 14 : Statistiques de base des échantillons de biomasse blé au stade maturité	27
Table 15 : Description de la biomasse blé au stade.....	27
Table 16 : Résultat de l'ANOVA pour l'analyse de l'effet variété sur la biomasse à maturité	27

Introduction

Actuellement la biodiversité est au centre de beaucoup de questionnements, mais qu'est-ce que la biodiversité ? Selon le Larousse, la biodiversité c'est la « diversité des espèces vivantes et de leurs caractères génétiques », autrement dit il s'agit de l'hétérogénéité inter-espèces et intra-espèces. Cette diversité comprend les espèces végétales et animales, sauvages ou domestiquées. On réduit souvent cette biodiversité à la faune sauvage, on oublie généralement nos champs cultivés, qui sont pourtant la base de notre alimentation, ces champs sont également sources de (bio)-diversité. Or l'agriculture repose sur un nombre restreint d'espèces et de variétés. Seules quelques dizaines d'espèces végétales sont cultivées. Pourtant il s'agit de notre base alimentaire, serait-elle trop restreinte ? Prenons l'exemple de la France, une dizaine de variété de blé représente 50% des terres cultivées en blé, alors qu'il existe un très large panel de variété. De plus ces variétés dites modernes sont des lignées pures, d'une certaine homogénéité génétique. On sait que la diversité permet la résilience des systèmes face aux éventuelles crises (climat, ravageurs, maladies...), on peut donc supposer que d'augmenter la biodiversité cultivée pourrait permettre de mieux faire face aux effets des changements climatiques.

Un des moyens d'agir sur la biodiversité cultivée est de passer par les semences et la sélection végétale, en effet toutes les cultures commencent par une semence, qui sont issues de la sélection végétale. La sélection végétale (ou amélioration végétale) est une pratique qui modifie les plantes pour les adapter à un but particulier (résistances, rendement, goût...). La sélection végétale moderne est majoritairement basée sur la création de variétés à base génétique étroite et la réglementation impose une haute performance et une homogénéité des variétés, or il existe peut être des solutions complémentaires ; ces solutions ne supplanteraient pas la sélection actuelle mais proposeraient une palette d'outil plus diversifiée pour les acteurs de la filière. Ces nouveaux modes de sélection seraient compatibles avec des modes de production plus durables ; il devient urgent d'inclure de nouveaux critères dans les schémas de sélection végétale et d'établir de nouveaux objectifs de sélection, ces changements pourraient permettre d'augmenter la diversité des cultures. Dans ces schémas il faut prendre en compte les multiples modes de cultures (agriculture biologique, biodynamique...) et de la diversité des pratiques culturelles.

Dans ce rapport nous aborderons des essais menés sur la culture de blé par l'INRA, au sein du programme SOLIBAM. Ce projet de recherche est issu de la demande de paysans en agriculture biologique qui souhaitent trouver des variétés de blé adaptées à leurs pratiques. Une des solutions qui peut leur être proposée est d'utiliser des variétés de blé de pays. Il a été prouvé que des cultures avec une grande diversité génétique (comme les blés de pays par exemple) peuvent s'adapter à de nombreux environnements (Wolfe, 2000). Ces variétés ne sont pas issues de la sélection professionnelle, dite conventionnelle, mais d'une sélection paysanne. En effet les agriculteurs biologiques ont des pratiques diversifiées pour s'adapter à leur environnement alors que les agriculteurs conventionnels qui peuvent eux utiliser des intrants, homogénéisent les conditions de culture, c'est pourquoi des variétés sélectionnées sur leurs lieux de production peuvent être une solution pour les systèmes agricoles à bas intrants (ou biologiques).

L'étude est basée sur la comparaison de trois variétés de types génétiques différents par leur niveau de diversité intrinsèque, elle est menée en recherche participative c'est-à-dire qu'il existe un partenariat entre les

chercheurs et les paysans qui mènent ensemble l'expérimentation. Le programme de recherche défini avec les agriculteurs essaie de donner les bases méthodologiques pour évaluer le comportement de variétés au niveau de diversité variable dans des environnements diversifiés. Au sein de ce programme je vais participer à la collecte des données sur le terrain, à l'informatisation et à l'analyse des données. Je vais me concentrer sur les paramètres de hauteur et de biomasse du blé dans le but de définir les critères pertinents pour comparer les trois variétés entre elles et évaluer leur interaction avec l'environnement.

Dans ce rapport sera abordée la synthèse des pré-requis nécessaires à la compréhension du sujet : dans un premier temps nous aborderons le contexte institutionnel, puis le blé tendre, les variétés paysannes et la recherche participative seront définis. Ensuite le protocole expérimental sera présenté et enfin les résultats attendus seront énoncés.

1. Contexte institutionnel

1.1. L'INRA

L'INRA (Institut National de la Recherche Agronomique) a été fondé en 1946 dans le but de développer et moderniser l'agriculture pour « nourrir la France » lors de la période de reconstruction d'après guerre. C'est le ministre de l'agriculture de l'époque François Tanguy-Prigent, qui fit voter une loi pour la création de l'INRA (Bonneuil & Thomas, 2012). L'INRA est sous la tutelle du Ministère de la Recherche et du Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche et des Affaires Rurales ; l'institut a le statut d'EPST (Etablissement Public à caractère Scientifique et Technologique).

Aujourd'hui l'INRA est un organisme de recherche qui travaille sur trois volets et leurs déclinaisons : **l'alimentation** humaine et animale, **l'agriculture** et **l'environnement**. Il est implanté sur l'ensemble du territoire français grâce à ses 18 centres régionaux. C'est un des acteurs principal de la recherche agronomique, il est le premier institut agronomique en Europe et le seconde dans le monde (site de l'INRA).

L'INRA est divisé en 13 Départements (eux même divisés en unités de recherches et d'expérimentation) :

- Alimentation humaine ;
- Caractérisation et élaboration des produits issus de l'agriculture ;
- Biologie et amélioration des plantes ;
- Ecologie des forêts, prairies et milieux aquatiques ;
- Environnement et agronomie ;
- Génétique animale ;
- Mathématiques et informatiques appliquées ;
- Microbiologie et chaîne alimentaire ;
- Physiologie animale et systèmes d'élevage ;
- Santé animale ;
- Sciences pour l'action et le développement ;
- Santé des plantes et environnement ;
- Sciences sociales, agriculture et alimentation, espace et environnement.

Ses principales missions sont :

- « œuvrer au service de l'intérêt public [...] ;
- Produire et diffuser des connaissances scientifiques et des innovations, principalement dans les domaines de l'agriculture, de l'alimentation et de l'environnement ;
- Contribuer à l'expertise, à la formation, à la promotion de la culture scientifique et technique, au débat science/société » (site de l'INRA).

Mon stage se déroule plus particulièrement au sein de l'unité de recherche du SAD-Paysage de l'INRA de Rennes (cf figure n°1) qui dépend du département du SAD (Sciences pour l'Action et le Développement) ; cette unité travaille à la fois sur la zootechnie, l'agronomie, l'écologie du paysage et des communautés et aussi sur la génétique végétale et la sélection participative. Dans cette unité j'ai intégré l'équipe « Biodiversité Cultivée et Recherche Participative » au sein du programme Pays Blé.

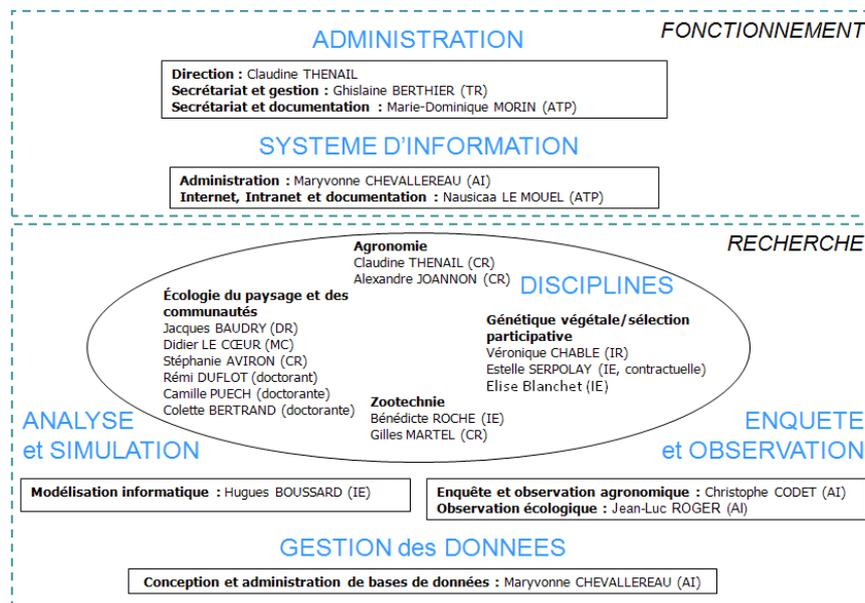


Figure 1 : Organigramme de L'unité de recherche SAD-Paysage (d'après rennes.inra.fr)

1.2. L'équipe Biodiversité Cultivée et Recherche Participative

Le pôle génétique végétale/sélection participative, où je suis, travaille sur les relations, interactions entre l'agriculture et la biodiversité. L'équipe est formée par Véronique Chable (ingénieur de recherche), Estelle Serpolay et Elise Blanchet (ingénieurs d'étude).

« Il paraît clair - mais il est bon de le rappeler - que la biologie moléculaire et les transgénoses ne permettront pas de résoudre tous les problèmes : on ne pilote pas en effet des systèmes aussi complexes que les systèmes agricoles en changeant quelques gènes. L'illusion du "tout chimique" se dissipe. Ne lui en substituons pas une autre » (Meynard & Girardin, 1991). Cette citation coïncide avec la volonté de l'équipe de trouver une alternative aux méthodes de sélection actuelles, tout en essayant d'obtenir un cadre juridique pour l'utilisation, la commercialisation et l'échange des semences paysannes. Les projets menés portent sur le développement de la biodiversité cultivée avec comme caractéristique le fait que le travail est mené en recherche participative, c'est-à-dire que les questions de recherche partent de besoins des paysans et chaque projet est mené avec la participation des paysans (ou d'autres acteurs de la filière).

1.3. Le programme de recherche Pays Blé –SOLIBAM

1.3.1. Description

Le titre complet du projet est « Pays Blé, développement d'un réseau régional pour expérimenter, maintenir et promouvoir la diversité des blés de terroir bretons an agriculture biologique ».

Pays Blé est un projet de **recherche participative** régional initié par l'INRA (au sein du SAD-paysage) et l'association Triptolème, il fait parti de la continuité du projet Farm Seed Opportunities et rentre dans le cadre du projet SOLIBAM. Il est financé par la région Bretagne via le plan d'action ASOSC (Action pour l'Appropriation Sociales des Sciences), de nombreux autres partenaires prennent part au projet comme l'association Kaol Kozh,

l'IBB (Inter Bio Bretagne), la FRAB (Fédération Régionale des Agriculteurs de Bretagne) et l'université de Rennes 1 (le laboratoire Ecobio) (Serpoly, 2012). Le financement ASOSC de Pays Blé se terminant en 2012 les essais continuent de vivre grâce au programme SOLIBAM : **SOLIBAM** (Strategies for Organic and Low-input Integrated Breeding and Management) est un projet figurant dans le 7^{ème} projet cadre (2007-2013) de la communauté Européenne, le budget est de 7,7 milliards d'euros dont 5,9 sont financés par la commission européenne. SOLIBAM est un vaste projet regroupant 22 organisations telles que des universités, des instituts de recherche, des instituts techniques, des établissements semenciers... issus de 12 pays différents (site de SOLIBAM). L'enjeu de SOLIBAM est de « nourrir le monde (quantité et qualité) en préservant la durabilité environnementale et socio-économique » (diversification des systèmes de culture).

L'hypothèse générale du programme est la suivante : **la diversité génétique est un atout fondamental pour la résilience des cultures face à l'hétérogénéité des conditions environnementales des différents paysans dans l'espace et dans le temps**. Ce qui revient à dire que les variétés populations (hétérogènes génétiquement et phénotypiquement) seraient plus résilientes (résistant au stress, adaptabilité aux variations environnementales, réduction de la sévérité des maladies) que les variétés lignées pures (Ceccarelli, 1994 ; Finckh, 2008). Le projet SOLIBAM est divisé en plusieurs Workpackages (axes de travail). Le projet PaysBlé fait partie du Workpackage n°4 : « L'exploitation de la diversité dans la gestion des cultures ». Les objectifs de ce workpackage sont de concevoir, développer et tester des systèmes de culture végétale innovants basés sur un niveau élevé d'agro-biodiversité (diversification au sein et entre des cultures, des itinéraires techniques et des milieux, couplé avec l'utilisation et le développement de la diversité génétique).

Pays Blé s'articule autour du blé tendre puisque ce projet est né des questions de **paysans boulangers** qui souhaitent trouver des solutions pour cultiver du blé en agriculture biologique et dans leurs conditions de terroir. Ces paysans ont commencé en 2004 à se procurer des variétés anciennes de blé dans le but de trouver des variétés adaptées à leur type de production : agriculture biologique avec fabrication artisanale de pain au levain. Pays Blé va donc pouvoir évaluer si ces blés peuvent correspondre aux attentes des paysans. Le travail se base sur l'évaluation de trois variétés de type génétique différents, on regarde l'aspect agronomique, environnemental mais aussi la transformation : c'est une expérimentation du grain au pain (Serpoly, 2012).

Voici les trois hypothèses établies lors de la création du projet :

- « Les variétés cultivées dans des endroits contrastés se comportent différemment selon leur niveau de diversité génétique et les caractéristiques de l'environnement » ;
- « L'augmentation de la diversité génétique augmenterait les capacités à tamponner le milieu (dans l'espace et dans le temps) » ;
- « Les variétés sélectionnées pour l'agriculture conventionnelle ne sont peut être pas les mieux adaptées pour l'agriculture paysanne ».

1.3.2. Objectifs

Les objectifs de Pays Blé sont multiples (Serpoly, 2012) :

- Définir quels sont les critères agronomiques à prendre en comptes pour caractériser les environnements au sens large (sol, itinéraire technique...),

- Réussir à travailler ensemble (paysans et chercheurs),
- Partager, comprendre, respecter les points de vu de chacun,
- Mettre au point de pratiques culturelles spécifiques (boulangerie artisanale),
- Rapprocher des acteurs scientifiques et des acteurs socio-économique,
- Explorer la flexibilité de différentes variétés à travers des environnements contrastés,
- Essayer de relier les comportements spécifiques des variétés à des caractéristiques des environnements,
- Evaluer, sélectionner des blés de Redon,
- Tester l'impact des pratiques culturelles sur la qualité du pain.

Encadré 1 : La collection des blés de Redon

C'est dans les années 1970 qu'un chercheur de l'INRA collecte dans les champs aux alentours de Redon (sud de l'Ille-et-Vilaine) plus de 300 blés paysans qui ont été récoltés dans le but de trouver des gènes de résistances, tous ces blés furent stockés dans des banques de graines par la suite. Ces graines ayant été conservées en réfrigérateur. Elles ont perdu une partie de leur diversité car seuls des échantillons ont été conservé (goulot d'étranglement). Ces variétés ont été sorties des banques vers les années 2000.

Les objectifs de SOLIBAM sont plus larges, vu l'envergure du programme :

- Répondre à la diversité des besoins des acteurs en favorisant la diversité génétique des cultures,
- Stimuler la diversité intra-variétale,
- « Développer des approches agricoles intégrés aux nouvelles pratiques de gestion pour améliorer la performance, la qualité, la durabilité et la stabilité des systèmes de culture bio et à faible intrant en Europe et Afrique sub-saharienne. ».

1.3.3. Partenaires

Y Triptolème :

C'est une association née de la réunion de paysans qui souhaitent maintenir une biodiversité dans leur champs tout en maintenant les savoirs faire liés à la semence, le but final étant la transformation de leur produit pour une vente locale. Elle est située en Bretagne mais son champ d'action s'étend jusqu'aux Pays de la Loire et la Basse-Normandie. L'association a su se lier avec différents organismes (institut de recherche, artisans, consommateurs...) pour se réunir autour d'une agriculture riche de sens. Les membres de l'association entreprennent de nombreuses actions telles qu'expérimentations au champ, recherche ou encore accompagnements de paysans dans une démarche globale liant projet de vie, écologie et solidarité.

Triptolème a un rôle d'animation dans le projet c'est-à-dire qu'elle doit diffuser et transmettre les informations, et établir un réseau entre les paysans.

Y Les agriculteurs :

Membres de Triptolème, ils sont en parties à l'origine du projet et ont un rôle d'accueil et de multiplication des populations dans leur champs. Ils participent à la conception du protocole expérimental (en concertation avec les chercheurs) et à la mise en place de l'expérimentation.

Y L'équipe de recherche :

C'est l'équipe de Véronique Chable, son rôle est de concevoir le protocole expérimental en concertation avec les paysans, mettre en œuvre l'expérimentation, recueillir et analyser les données et de publier les résultats.

Y Réseau Semences Paysannes :

Créé en 2003, le Réseau Semences Paysannes (site du RSP) promeut la biodiversité cultivée et le droit des paysans à produire leurs propres semences. Le but est d'organiser collectivement les acteurs qui produisent ou permettent la vie des semences paysannes. C'est aujourd'hui un réseau constitué d'une soixantaine d'organisations très variées telles que des syndicats paysans, des organisations environnementales ou encore des artisans semenciers, etc. Il travaille sur l'ensemble des espèces cultivées mais le blé occupe une place importante. Le RSP lutte pour une « reconnaissance juridique des droits des paysans de sélectionner, reproduire, échanger et vendre leur semence ». Le RSP n'est pas un partenaire officiel du programme, mais il nourrit les projets de l'équipe, et l'équipe nourrit les leurs en alimentant chacun les réflexions.

2. Synthèse bibliographique

2.1. Le blé tendre

2.1.1. Contexte économique

Le blé est une des céréales les plus consommées au monde tant pour l'alimentation humaine que pour l'alimentation animale. Ici nous nous intéressons plus particulièrement au blé tendre, espèce panifiable (contrairement au blé dur utilisé pour faire des pâtes ou de la semoule) d'où l'intérêt que nous lui portons dans le cadre de SOLIBAM et de la démarche des paysans boulangers.

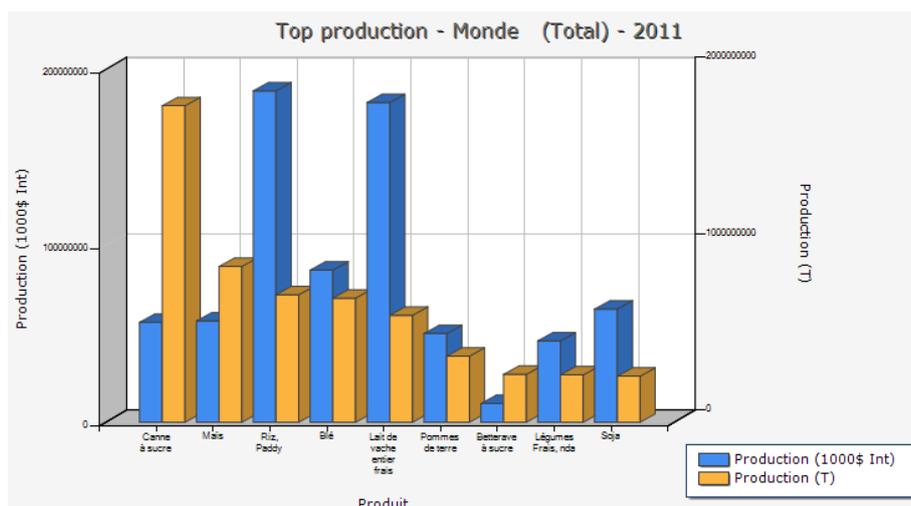


Figure 2 : Situation de la production de blé dans le monde

Le blé (toutes espèces confondues) représente 704 080 283 tonnes produites en 2011 dans le monde (voir figure n°2), ce qui lui donne la place de la 4^{ème} production agricole mondiale après la canne à sucre, le maïs et le riz. En France il a été produit 38 037 000 tonnes de blé en 2011 (figure n°3), c'est la première production agricole nationale (au niveau de la quantité). La France est le 5^{ème} producteur de blé au monde (en 2011)(site faostat). Le blé tendre représente 95% de la production mondiale de blé. (Peng *et al.*, 2011)

En 2010, la production de blé tendre a atteint 36,7 millions de tonnes en France (site de La France Agricole). La FAO prévoit, pour la récolte 2013, une production record de blé, ce qui lui donnerait la place de la 2^{ème} céréale la plus produite au monde.

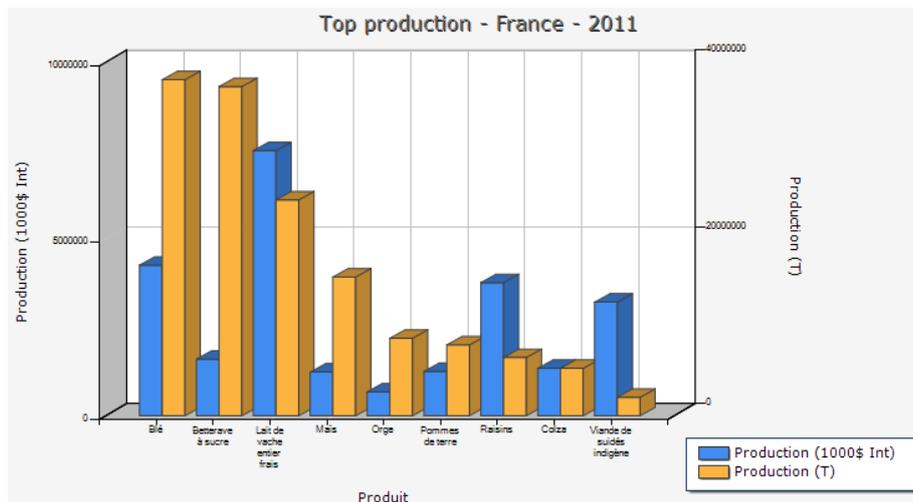


Figure 3 : Situation de la production de blé en France

2.1.2. Utilisation

Le blé tendre a trois principaux débouchés :

- L'alimentation animale,
- L'alimentation humaine (panification et biscuiterie),
- La fabrication de carburant (bioéthanol).

Le blé est orienté suivant ses qualités technologiques (teneur et nature des protéines qu'il contient).



Figure 4 : Consommation de la farine sur le marché français (source : fiche statistique 2011 de la meunerie française)

Pour l'alimentation humaine, le grain de blé est moulu en farine. En 2010, 5,58 millions tonnes de blé ont été moulus pour produire 4,37 millions de tonnes de farine. Ce qui correspond à un chiffre d'affaire de 1,88 milliards d'euros (site de La Meunerie Française). On constate une augmentation de 7,7% de la production de farine biologique en 2011. Comme nous pouvons le voir sur la figure n°5, une fois le blé transformé en farine il a plusieurs débouchés possibles : la panification représente 64,4%, l'industrialisation pour 28,3%, alimentation animale et amidonnerie (part infime) et la mise en sachet pour la vente aux particuliers.

2.1.3. Taxonomie

Table 1 : Taxonomie du blé tendre

Ordre	Poales
Famille	Poacées
Espèce	Triticum aestivum L.
Sous-espèce	Ssp. aestivum
Nom commun	Blé tendre ou froment

Le blé tendre, *Triticum aestivum ssp aestivum* (table n°1) fait parti de la famille des Poacées (communément appelé les graminées) qui appartient à la catégorie des angiospermes monocotylédones (Bonjean & Picard, 1990). Les Poacées constituent une grande famille végétale dont un grand nombre d'espèce a été domestiqué (riz, maïs, avoine, l'orge par exemples)(Charles, 2010), ils comprennent 600 genres et 10 000 espèces connues.

2.1.4. Origine, structure génétique et phylogénie

La domestication des blés aurait eu lieu aux alentours de 8900 à 7000 ans avant JC. Les premières formes domestiquées sont l'**engrain** (*T. monoccocum* avec $2n=2X=14$) et l'**amidonnier** (*T. turgidum ssp dicocum* avec $2n=4x=28$ génome AABB) issu d'une hybridation et d'un doublement chromosomique des espèces *T. Urtu* (génome AA) et *Aegilops* (génome BB). Cette domestication a probablement eu lieu dans le croissant fertile et même plus précisément au niveau des actuels Turquie, Syrie jusqu'à l'Iran. Ces espèces sont ensuite répandues en Asie, en Europe et en Afrique. Il semble que les blés aient atteint l'Europe de l'ouest et l'Europe central autour de 5000 ans avant JC. Lors de ces migrations l'amidonnier rencontre, aux abords de l'Arménie, l'espèce sauvage *Aegilops tauschii* (génome DD avec $2n=2X=14$) ; s'ensuit alors une hybridation spontanée des deux espèces puis un doublement chromosomique. C'est alors qu'est apparu le **blé tendre** *T. aestivum ssp aestivum* (génome AABBDD avec $2n=6X=42$)(Bonjean, 2001 ; Charles, 2010).

Pour résumer, le blé tendre est une espèce allohexaploïde issue d'une hybridation spontanée entre un blé tétraploïde cultivé et un blé diploïde sauvage (voir figure n°5).

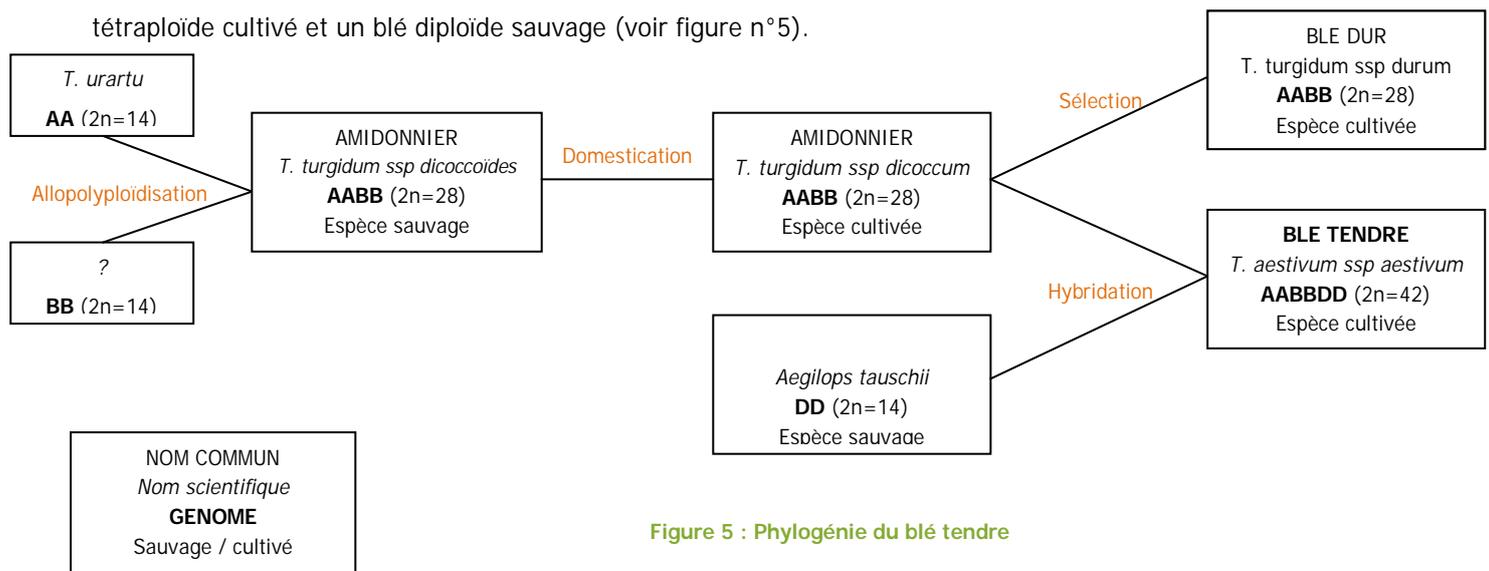


Figure 5 : Phylogénie du blé tendre

Le blé et ses ancêtres sont donc partis du croissant fertile pour se répandre sur une grande partie du globe, son parcours est estimé à un kilomètre par an ! Les différents chemins qu'ils ont pu prendre ont permis l'existence de la grande diversité de forme et de couleurs présente chez les blés de nos jours (Demeulenaere et col., 2008). La structure actuelle du blé est donc due à une évolution naturelle ainsi qu'à une sélection naturelle et humaine ; en effet depuis le début les Hommes ont effectué une sélection sur les blés, ils ont tout d'abord préféré les épis dont les grains restent attachés au rachis, car avec un rachis fragile il y avait une grande perte à la récolte. Ils ont aussi sélectionné les plantes dont les grains étaient les plus gros. Une autre étape de la sélection a été de rendre les grains nus, ce qui évite le décorticage et diminue l'espace nécessaire pour le stockage des grains, pour cela les hommes ont alors isolé les mutants portant le gène 'grain nu'. Il a fallu 20 000 ans de sélection naturelle et humaine pour aboutir au blé tendre (Demeulenaere, et col. 2008).

2.1.5. Caractéristiques de la plante

Le blé est une plante herbacée annuelle composé d'une chaume (la tige), de feuilles, d'un épi (qui porte les fruits) et d'un système racinaire. La plante a une hauteur entre 40 et 80 cm en sélection industrielle mais elle peut aller jusqu'à 160 cm pour les variétés de pays. Le blé est une graminée autogame dont la fleur est cléistogame, il y a donc autofécondation mais il peut exister jusqu'à 2% de croisement naturel. Les inflorescences sont des épis d'épillets.

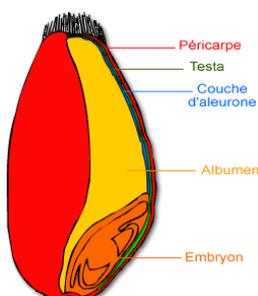


Figure 6 : Structure d'un grain de blé,

<http://www.museum.agropolis.fr>

Le grain est un fruit sec, appelé caryopse, il a une forme ovale d'environ six millimètres. Une des extrémités du grain est terminée par une brosse (petits poils). Le grain est constitué de trois parties (la structure est présentée sur la figure n°6) : les enveloppes, l'amande et le germe. L'embryon (le germe) est entouré de l'albumen (l'amande) qui est un tissu de réserve de la graine (partie contenant le gluten) ; l'amande du grain est farineuse, fraible et blanche. On trouve la couche d'aleurone qui entoure l'albumen, c'est une partie très riche en protéines, autour de cette formation on trouve le tégument (testa) et le péricarpe, l'ensemble des deux forme le son du blé. Une des caractéristiques du grain de blé est la présence d'un sillon ventral.

L'épi est composé de 15 à 25 épillets (ensemble de trois ou quatre fleurs) disposés en deux rangées opposés et alternes. A la base d'un épillet on trouve une glume de part et d'autre (figure n°7). Chaque fleur est elle entourée de deux glumelles, une coriace et une membraneuse. Concernant les organes reproducteurs la fleur contient trois étamines et deux stigmates plumeux (site Museum Agropolis ; site du Gnis Pédagogie).

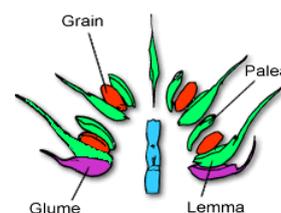


Figure 7 : Structure d'un épillet de blé

<http://www.museum.agropolis.fr>

2.1.6. Les variétés

Il est important de bien dissocier les termes qui suivent. (Il convient aussi de distinguer la variété de la semence : la semence est ce qui est semé et la variété est la structure génotypique des semences.)

Selon le GNIS, une « variété est une population artificielle, à base génétique étroite –voire réduite à un génotype- de manière à assurer l'homogénéité pour favoriser les pratiques culturales et permettre ainsi d'obtenir un produit récolté homogène avec les performances maximales, de caractéristiques agronomiques bien définies, reproductible selon un schéma fixé et déposé ».

Selon le Larousse : « Unité systématique plus petite que l'espèce, et dont les représentants possèdent un caractère commun qui les différencient des individus des autres variétés de la même espèce, avec lesquels ils sont cependant interféconds ».

Dans ce rapport la définition du Larousse sera préférée car plus vaste elle est moins contraignante. En effet nous travaillons ici sur des variétés à base génétique large. Les définitions précédentes ne mettent pas tout le monde d'accord, les traductions du mot anglais *Landraces* sont nombreuses et contradictoires (Anon, 2009).

Voici les différents types de variété qu'il peut exister, et les définitions que l'on en retiendra pour ce rapport (Serpelay *et al.*, 2011 ; site du GEVES) :

- **Variété moderne** : Variété issue d'un programme de sélection industriel, c'est une lignée homogène.
- **Variété synthétique** : Variété issue de l'intercroisement de plusieurs parents.
- **Variété hybride** : Variété issue de deux parents qui sont des lignées pures.

(Ces deux derniers types de variété sont utilisés surtout pour des espèces allogames.)

- **Variété ancienne** : Variété autrefois inscrite au catalogue ou ayant été utilisée pour la sélection, la population est relativement homogène (le blé a gardé les mêmes caractéristiques depuis qu'il a été décrit, on peut aussi parler de blé de conservation)
- **Variété paysanne** : Variété développée et gérée à la ferme par le paysan, la population est hétérogène à l'exception de ses caractères communs.
- **Variété de pays** : variété liée avec un terroir, potentiellement hétérogène.
- **Variété-populations** : « formées par la reproduction en pollinisation libre, avec ou sans sélection, d'une population naturelle ou artificielle. Pour les plantes à multiplication végétative, les boutures sont prélevées sur un nombre important de parents, contrairement aux clones tous issus d'un seul parent » (Kastler & Collin, 2009).
- **Population dynamique** : type variétal composé d'un mélange de variété population. Ce mélange sera ressemé chaque année, lui permettant ainsi d'évoluer : les plantes les plus adaptées feront plus de grains et donc leurs descendants seront présents en plus grand nombre dans la récolte donc dans ce qui est semé l'année qui suit. C'est de la sélection naturelle. Pour avoir une récolte de qualité la composition du mélange initial est très importante (Mercier & Pireyre, 2011).

'Variété-population' utilisé dans ce rapport fait référence à la fois à variété paysanne et à variété de pays.

2.2. Les variétés paysannes

2.2.1. Un peu d'histoire

Depuis la domestication du blé, (il y a environ 10 000 ans), les pratiques des paysans ont créé une grande diversité dans les blés (précocité, taille, goût, sensibilité à la verse...) (Bioveg, 2010). En effet, jusqu'à l'industrialisation les paysans pratiquaient eux-mêmes la sélection de leur blé sur les bases de la sélection massale, mais depuis le XX^{ème} siècle la production de semence a été séparée de la production ce qui a permis la création et l'innovation variétale moderne (Bonneuil & Thomas, 2012) ; il s'est alors créé un marché de la semence avec l'apparition de grandes firmes semencières (ex : Vilmorin), c'est en parallèle que s'est créé l'INRA qui participe aussi à la création variétale. La sélection végétale est alors en pleine essor et repose sur l'intensification et le productivisme de l'agriculture (utilisation d'intrants chimiques). Cette révolution semencière a abouti à des lois, dans le but de protéger l'acheteur, c'est-à-dire l'agriculteur ; pour qu'une variété puisse être commercialisée elle doit être inscrite au catalogue officiel des espèces et des variétés végétales. Le but du catalogue est de :

- « - Faciliter les échanges en garantissant une marchandise homogène
- Protéger les agriculteurs : certitude sur la qualité des semences
- Orientation de l'organisation de la filière agricole et de la diffusion de certaines variétés par l'état. » (Kastler & Collin, 2009).

Pour cela la variété doit respecter les critères DHS (Distincte, Homogène et Stable). C'est-à-dire qu'elle doit être différente et distinguable des variétés déjà inscrites et que ses caractéristiques puissent être reproduites à l'identique d'une année à l'autre. Dans le cas des grandes cultures (et donc du blé), la variété est également évaluée sur des critères de rendement, de résistance, d'adaptation aux conditions de culture et de transformation dans le but de lui donner une VATE (Valeur Agronomique, Technologique et Environnementale).

Cette valeur doit être au moins similaire, voir supérieure, aux variétés existantes pour pouvoir inscrire une variété au catalogue (site du GEVES).

Pour commercialiser (vente, échange ou don) des semences de blé il faut qu'elles soient issues d'une variété inscrite au catalogue. Les échanges de variétés non inscrites sont autorisés dans le cadre de sélection, de recherche ou de conservation de variété. Les agriculteurs ont le droit de cultiver, de sélectionner et de multiplier une variété non inscrite tant qu'ils n'en la commercialisent pas la semence. Notons que le terme commercialisation inclus ici l'échange et le don. Les agriculteurs peuvent cependant commercialiser les produits de ces variétés (fruits, grains, produits transformés)(site du RSP).

Depuis quelques dizaines d'année de nombreux agriculteurs prennent conscience à la fois qu'ils ont perdu la main sur la sélection (un des piliers de l'agriculture depuis toujours) mais aussi que le mode de sélection industriel entraîne une disparition des variétés de pays. Cette réflexion enfle et des associations, chercheurs, amateurs se joignent aux paysans pour préserver les variétés encore existantes. Cela a mené à créer des collections *ex-situ* dans les congélateurs de l'Etat mais aussi des collections *in-situ*, à la ferme, cette dernière permet la conservation mais aussi l'évolution des variétés. En plus de la conservation, les paysans aimeraient faire évoluer la propriété intellectuelle qui existe aujourd'hui sur le marché des semences.

La sélection actuelle (à base génétique étroite, dans des milieux standardisés, avec apport d'intrant lors des tests des variétés) entraîne une perte de la diversité génétique ainsi qu'une moins bonne adaptation des variétés aux régions dont le potentiel est plus faible (Félix *et al.*, 2006). Il découle de cette sélection que la productivité des blés modernes ne s'exprime qu'avec l'accompagnement de produits phytosanitaires (Meynard & Jeuffroy, 2003). Or certains modes d'agriculture comme l'agriculture biologique ne peuvent pas utiliser d'intrants, de plus tous les agriculteurs ne possèdent pas des terres dont le potentiel agricole est élevé, c'est pourquoi il faut adapter les outils de productions (les semences en font parties) aux différents modèles de production qui existent. C'est ce que montre l'étude de Dominique Desclaux (Desclaux et col., 2009) : il faut valoriser la diversité variétale pour permettre aux plantes de s'adapter à tout milieu « climat-sol ». Pour que cela soit possible il faut aller vers une évolution de la réglementation. La sélection végétale va devoir aller vers une adaptation des variétés aux demandes locales plutôt que de chercher une amélioration des performances en général, de plus les sélectionneurs vont devoir penser à diversifier les milieux de sélection (Meynard & Jeuffroy, 2003).

2.2.2. Critère de sélection

De nos jours, les principaux critères de sélection du blé tendre sont : la régularité de production, le potentiel de rendement et la qualité du grain (aptitude à la panification -industrielle-). Par exemple pour assurer la régularité du rendement, les sélectionneurs ont réussi à introduire un gène de résistance au piétin-verse dans le génome du blé (par croisement avec une espèce voisine du blé) (site du Gnis). Pour limiter la verse mécanique un gène de nanisme a été inséré lui aussi. Concernant le potentiel de rendement le but de la sélection est d'augmenter le tallage, le nombre d'épis par épillet, le nombre de grain par épillet et le PMG. Ces efforts de sélection ont mené à une augmentation du rendement de 1,25q/ha/an depuis 1955. On cherche aussi à améliorer la qualité boulangère du grain, entre autre, on veut augmenter la force boulangère (W) et la teneur en protéine, dans le but d'adapter la farine à un mode de transformation industriel.

Les attentes de certains agriculteurs sur la sélection sont bien différentes. Tout d'abord chaque paysan a ses propres critères de sélection : un voudra des pailles hautes qui serviront à l'élevage, un autre voudra une résistance à telle maladie, l'autre voudra un rendement élevé, le paysan-boulangier veut une farine adaptée à une panification traditionnelle... Les critères des paysans sont donc bien différents de ceux utilisés par les sélectionneurs, d'où leur choix de s'orienter vers les semences paysannes et d'effectuer eux-mêmes une certaine sélection, ou bien de laisser évoluer naturellement leur population.

2.2.3. Définitions

Avant de parler de semences paysannes on peut d'abord définir la notion de paysan dont le sens a évolué récemment :

- Y « Les paysans sont les agriculteurs qui habitent, entretiennent, cultivent et nourrissent un territoire. Le terme de paysan est volontairement revendiqué dans sa fonction complète multidimensionnelle, et renvoie aux occupants d'un pays, sculpteurs de paysages, et mémoire des savoir-faire. A l'inverse, le terme d'exploitant agricole renvoie à la réduction, voire à la mutilation du métier dans une logique productiviste et marchande. » (Ali Brac de la Perrière et col., 2011)

Cette définition correspond bien à l'utilisation du terme de paysan qui sera utilisé dans ce rapport. Il ne s'agit pas d'un retour à une agriculture de l'ancien temps mais c'est une opposition au terme d'exploitant agricole créé lors de la modernisation de l'agriculture. Cependant l'agriculture paysanne ne peut pas se définir comme une opposition au modèle productivisme de l'agriculture (Demeulenaere & Bonneuil, 2010).

Les semences paysannes sont au centre de deux préoccupations : la biodiversité cultivée et les droits des agriculteurs (Demeulenaere & Bonneuil, 2010).

Les **semences paysannes** sont des semences produites à la ferme **par et pour les paysans**, contrairement aux semences industrielles, leur matériel génétique est diversifié et évolutif. (site du RSP) « Donc une **semence paysanne** est nécessairement reproductible et issue d'une variété population non inscriptible au catalogue actuel » (Guy Kastler, communication personnelle). Il faut bien distinguer les semences paysannes et les **semences de fermes** qui elles sont des semences certifiées qui ont été reproduites à la ferme (avec paiement de royalties à l'obtenteur).

Les semences paysannes ne sont pas reconnues par la loi ; comme le dit Guy Kastler il faudrait trouver une solution soit pour inscrire des populations non homogènes et non stables (avec une possibilité d'évolution) soit trouver un autre cadre juridique moins restrictif pour les semences paysannes.

2.2.4. Intérêts

Les variétés de blés paysans par leur grande diversité proposent de nombreux avantages (d'après leurs utilisateurs) comme par exemple : une production adaptée à un mode de culture biologique sans intrants, une production adaptée à des sols moins riches, des caractéristiques favorables à une panification artisanale au levain, de bonnes qualités organoleptiques, l'autonomie concernant les semences...

Le grand intérêt des variétés paysannes est le fait qu'elles soient évolutives, c'est-à-dire qu'elles ont la capacité de s'adapter au cours du temps à un milieu donné, ce qui permet à ses producteurs d'avoir une variété bien adaptée à leur terre. Elles sont aussi reproductibles donc chaque paysan peut s'il le souhaite la cultiver et la récolter d'année en année, de plus le fait qu'elle soit hétérogène génétiquement permet l'adaptation de la

variété au terroir de chaque ferme, c'est pourquoi il est intéressant que chaque paysan puisse lui-même sélectionner ses plantes pour répondre à ses propres attentes.

Les variétés paysannes ou *landraces* auraient de nombreux avantages agronomiques comme une meilleure résistance aux maladies ou encore une meilleure utilisation des nutriments du sol. Il en découle que ces variétés seraient très intéressantes à incorporer dans les schémas de sélection. Un des avantages des blés de pays serait leur grande diversité intra-variétale, la population a alors les capacités de s'adapter à son environnement et de gérer une attaque de ravageur par exemple. Il semblerait aussi que les farines issues de ces blés aient des qualités organoleptiques supérieures ; les glutens des variétés de pays seraient plus digestes que les glutens des blés « industriels » (Newton *et al.*, 2009).

Concernant **l'absorption des nutriments du sol**, il a été montré que les variétés de pays ont un système racinaire plus développé que les variétés naines modernes, ceci présente plusieurs avantages comme l'exploration du sol pour utiliser l'eau en milieu sec ou encore l'utilisation des nutriments et minéraux ; en effet il existe un lien entre le système racinaire et la capacité d'absorption de la plante. Donc les variétés paysannes qui ont un système racinaire bien développé ont plus de capacité à absorber les nutriments du sol donc elles peuvent plus facilement se développer dans un sol pauvre. On sait aussi que le degré de colonisation des racines par des mycorhizes dépend du génotype de l'hôte et que certaines variétés de pays bénéficient d'une meilleure symbiose mycorhizienne que les variétés modernes, or les mycorhizes permettent d'augmenter la surface d'absorption de la plante. Un autre point concerne les bactéries fixatrices d'azote (telle que *Azospirillum*), l'association de ces bactéries est particulièrement efficace chez les variétés de pays et les ancêtres du blé. A propos de la fixation d'azote dans le grain, là encore les variétés de pays présente un avantage : dans un environnement où l'azote est limitant les variétés à paille hautes et avec un indice de récolte faible ont une meilleure capacité à absorber et à déplacer l'azote dans le grain (Newton *et al.*, 2009).

Voici ce qui est dit au sujet des **qualités organoleptiques du grain** : bien que très peu d'études aient été menées sur le sujet il apparaît que la sélection actuelle a entraîné une diminution de la qualité nutritive des céréales cultivées : chez les blés modernes la teneur en minéraux a diminué (fer, magnésium, manganèse, cuivre, zinc et sélénium). Les variétés de pays et les variétés anciennes contiennent généralement plus de phytonutriments et de micronutriments tels que des composés phénoliques, des caroténoïdes et des tocots. Cette différence avec les variétés modernes pourrait être expliquée par un gène qui remobiliserait les éléments nutritifs des feuilles en sénescence pour les conduire dans les grains en formation ; ce gène issu de l'amidonner sauvage ou de l'amidonner domestique pourrait être présent dans certains blés de pays (Newton *et al.*, 2009).

2.3. La recherche participative

2.3.1. Définition

Voici deux définitions qui permettent de comprendre ce qu'est la **recherche participative** en général :

- « La recherche participative peut être définie comme une recherche conduite suivant un partenariat entre un partenaire académique (laboratoire, chercheur) et un partenaire de la société civile (association, ONG, groupe d'habitant, etc.). » (Ali Brac de la Perrière, et col. 2011)
- « **Types de recherche menés pour, par et avec les citoyens** » (Ali Brac de la Perrière, et col. 2011)

On ne peut pas décrire la recherche participative en une définition stricte, en effet les pratiques dans ce domaines sont très diversifiées, il n'y a pas de modèle à suivre. Cette recherche répond à des questions posées par les acteurs. C'est aussi une façon de procéder innovante dans le monde de la recherche.

Dans le cas de l'agriculture les citoyens sont représentés par les paysans par exemple. Le but étant que les résultats aient un intérêt scientifique mais aussi un intérêt pour les acteurs. Ce n'est pas des études menées par les chercheurs dont les acteurs peuvent se servir, c'est véritablement des études menés pour les acteurs et avec eux. On entend beaucoup parler de sélection participative, il s'agit de la démarche participative appliquée à la sélection végétale. Dans le cas de la sélection participative, on considère la plante dans sa globalité et dans son environnement, contrairement à la sélection classique qui se focalise sur les gènes. L'intérêt de cette approche est de rendre la science au service des paysans et de concrétiser les projets qu'ils ont ; la science leur donne les moyens et les méthodes, et elle créer ensuite du savoir et des références sur lesquels ils peuvent s'appuyer.

Table 2 : Les différents degrés de participation, (Anon, 2009)

Type de participation	Teneur de la participation
1- Participation passive	Les gens participent dans le sens où on leur dit ce qui va arriver ou est déjà arrivé. Cela implique que l'administration ou les gestionnaires du projet annoncent les choses unilatéralement, sans écouter la réponse des gens. L'information à partager appartient à des professionnels externes.
2- Participation en fournissant de l'information	Les gens participent en répondant à des questions posées par des chercheurs et des gestionnaires de projet par le biais d'enquêtes ou d'approches similaires. Ils n'ont pas l'occasion d'influer sur cette recherche puisqu'ils ne peuvent pas vérifier l'exactitude des résultats ou ne sont pas impliqués dans la conception de projet.
3- Participation par consultation	Les gens participent en étant consultés, des agents externes écoutant leurs points de vue. Ces agents externes définissent à la fois les problèmes à traiter et les solutions à y apporter et peuvent modifier celles-ci au vu des réponses des gens. Un tel processus consultatif ne ménage aucune place dans la prise de décision et les professionnels n'ont aucune obligation de tenir compte des avis que les gens ont exprimés.
4- Participation par des intéressements matériels	Les gens participent ne fournissant des ressources, par exemple du travail, en échange de nourriture, d'argent ou d'autres intéressements matériels. Beaucoup de recherche in-situ et de bioprospection relève de cette catégorie, les ruraux fournissant leur champs mais n'étant pas impliqués dans l'expérimentation ou dans l'apprentissage. C'est ce que l'on appelle couramment participation, mais les gens n'ont aucun intérêt à continuer ces activités quand les incitations cessent.
5- Participation fonctionnelle	Les gens participent en formant des groupes pour répondre à certains objectifs, définis à l'avance, d'un projet, ce qui peut impliquer qu'ils développent une organisation sociale initiée de façon externe. Une telle implication ne se situe pas en général dans les premières étapes des projets, mais plutôt après que les décisions les plus importantes ont été prises. Ces groupes ont tendance à dépendre d'initiateurs ou des facilitateurs externes, mais peuvent devenir autonomes.
6- Participation interactive	Les gens participent à une analyse en commun des situations, ce qui amène à des plans d'action et à la formation de nouveaux groupes locaux ou en renforcement de ceux qui existent. Cela implique généralement des méthodologies interdisciplinaires qui ont recours à des processus d'apprentissages structurés.
7- Auto-mobilisation	Les gens participent en prenant des initiatives pour changer les systèmes indépendamment d'institutions externes. Ces mobilisations auto-initiées et ces actions collectives sont susceptibles ou non de remettre en cause la répartition inéquitable des richesses et du pouvoir.

Ce tableau (table n°2)est la référence Européenne, c'est la typologie qui caractérise un projet de participation dans le cadre de financement Européen (Anon, 2009). Concernant les essais Pays Blé – SOLIBAM il s'agit d'une participation interactive, voir d'auto-mobilisation.

2.3.2. Dans le monde

On peut constater que le nombre de publications concernant la recherche participative et plutôt restreint, il est donc difficile de dénombrer ou de décrire ce qu'il se fait de nos jours dans ce sujet. Néanmoins on sait que la recherche participative est surtout présente dans les pays du Sud en développement. Ces démarches sont mises en place pour intensifier l'agriculture tout en laissant les paysans locaux libres dans leurs pratiques. Des instituts comme le CIRAD ou *Agropolis international* mettent en place des démarches participatives dans des pays en développement, par exemple au Ghana des itinéraires techniques sont proposés aux pays, ils les mettent en place et ont le droit de donner leur avis. (site d'Agropolis)

Depuis une vingtaine d'année on constate plusieurs démarches de sélection participative dans le monde comme la sélection du maïs au Brésil, le riz au Népal, l'orge en Afrique ou au Moyen Orient... (Dossier de l'environnement n°30 de l'INRA). En France des actions sont menées sur les céréales ou encore sur les cultures maraichères par des organismes tels que l'INRA, les GAB ou des associations. On retrouve beaucoup de projets concernant la sélection participative en alternative aux méthodes de sélection actuelle, sur des espèces telles que le chou, le sarrasin, la tomate, le maïs, les haricots...

2.3.3. Intérêts-limites

Un grand intérêt de la recherche participative telle qu'elle est menée dans le programme Pays Blé – SOLIBAM est qu'elle répond à de vrais questionnements des paysans (ce sont les acteurs, les utilisateurs qui sont à l'origine de la recherche), elle permet donc de trouver des réponses concrètes, utiles à la société. La démarche participative permet de créer un véritable lien entre les différents partis, il n'y a pas de relation hiérarchique. Elle permet aussi de ré-impliquer les citoyens dans la recherche, et développe l'importance de travailler à partir de question des citoyens et d'y répondre avec eux et de diffuser les savoirs dans les deux sens (pas seulement du chercheur au praticien).

Un a priori sur la recherche participative est qu'elle peut manquer de rigueur scientifique, mais ce n'est pas le cas. Une étude menée en partenariat avec les agriculteurs découle à des articles scientifiques publiés dans des revues « peer reviewed ». Néanmoins il est vrai que ce mode de recherche ne peut pas être mené comme de la recherche fondamentale, puisqu'on prend en compte la complexité dans son ensemble plutôt que de la découper, par conséquent il manque des outils d'analyses assez puissants pour le moment.

3. Présentation du stage

Mon stage se déroule lors de l'expérimentation 2013 du programme Pays Blé – SOLIBAM. Mon rôle au sein de l'équipe de l'INRA est de participer à la récolte des données, nous devons nous rendre chez les paysans pour y recueillir, à chaque stade décrit par le protocole, les différents paramètres. En plus de cela je vais devoir participer à l'informatisation des données des trois années de l'expérimentation.

Ensuite il m'est confié l'analyse de plusieurs paramètres concernant la culture de blé : les hauteurs et les biomasses à la fois au stade deux nœuds et au stade maturité dans le but de comparer les trois variétés. Pour cela seront à ma disposition les données des trois années d'expérimentation et un logiciel de statistique descriptive et analytique (le logiciel R). Le choix de l'analyse de ces paramètres a été réalisé avec l'équipe, en effet je souhaitais travailler sur des données que je récoltais, la tâche de caractérisation des environnements étant confiée à un autre stagiaire nous nous sommes mis d'accord sur l'étude des biomasses et des hauteurs du blé pour ma part. En effet, ces deux mesures sont liées et ce sont des paramètres importants pour la

concurrence aux adventices : plus un blé sera grand, plus il aura la capacité d'étouffer les mauvaises herbes, et plus cette hauteur se développe tôt plus vite le blé aura un avantage sur les mauvaises herbes. Ces paramètres ont aussi une importance pour les paysans qui ont une activité d'élevage en plus de la culture de blé : la production de paille dépend de la hauteur du blé, plus le blé est haut plus la quantité de paille produite à l'hectare est importante. La problématique de mon stage est donc multiple, le but est à la fois de comparer les variétés entre elles mais aussi d'établir si les prélèvements de ces données sont justifiés. En effet un des objectifs de Pays Blé est de mettre en place un protocole ; grâce à l'analyse des données on va pouvoir valider, ou non, le protocole en comparant des valeurs dont on sait qu'elles seront différentes (hauteurs des blés à maturité). Si les valeurs sont concluantes on conserve ce protocole si au contraire il ne découle pas de différences on peut supprimer ce paramètres à prélever.

4. Matériel et méthodes

4.1. Le réseau expérimental :

La méthode est basée sur le fait que les essais Pays Blé sont menés directement dans les fermes, chez les paysans, et dans leurs propres conditions de cultures. Il s'agit de paysans volontaires de l'association Triptolème qui mettent à disposition une partie de leur terre pour la mise en place des expérimentations. Pour l'essai de 2013, nous travaillons avec six paysans répartis dans un rayon d'environ 150km autour de Rennes, répartis sur cinq départements Bretons et limitrophes. Les différents essais seront nommés par les initiales de l'agriculteur suivi de l'année (présentation des participants dans la table n°3).

Table 3 : Agriculteurs participants à l'essai

Paysans	Département	Commune	2011	2012	2013
JB	Morbihan	Molac		X	X
JPC	Ille-et-Vilaine	Bain de Bretagne	X		
VC	Loire-Atlantique	Fay de Bretagne			X
DH	Sarthe	Douillet le Joly	X	X	X
FM	Maine-et-Loire	Bouchemaine	X	X	X
GS	Ille-et-Vilaine	Chavagne	X	X	X
NS	Ille-et-Vilaine	Maure de Bretagne	X	X	
PT	Morbihan	St Dolay	X	X	X

4.2. Matériel végétal

Comme il a déjà été dit précédemment on utilise trois variétés de blé tendre de types génétiques différents pour cet essai dont voici les caractéristiques :

- une **variété moderne** « Renan », de type lignée pure : c'est une variété sélectionnée par l'INRA inscrite au catalogue depuis 1989. Il s'agit du blé le plus répandu en agriculture biologique. C'est le témoin dans le cadre de Pays Blé.

Caractéristiques : paille courte, PMG=6 (assez gros), tardif (montaison), demi-tardif (épiaison), PS=7 (élevé), barbu, assez résistant à la verse (site ARVALIS)

- une **variété population** du pays de Redon « Sixt sur Aff 15746 » : c'est un exemple de population locale pour l'expérimentation. On la note Sixt/Aff pour la suite de ce rapport.

Caractéristiques : barbu, tardif, hauteur moyenne, bonne tolérance à la verse, PS=moyen à élevé, PMG=élevé (Mercier & Pireyre, 2011)

Y. un **mélange de population**, appelé « Population Dynamique* » : créée en 2008 par Florent Mercier, elle est constituée de 11 variétés populations, ce mélange est ressemé tout les ans. La composition initiale du mélange est : Gua 16%, Rojo de Sabando 15%, Marat Barbu, Sixt sur Aff 15746 et 346 12%, Oulianowska 10%, Gris de Saint Laud 7%, Blé de Pays du Gâtinais 6%, Alauda, Saint Priest, Vernois Rouge 4%, Saissette de Provence 2%. Les variétés ont été choisit suivant les observations réalisées les années précédentes ainsi que la disponibilité en semence. Il serait noté Dyn pour la suite de ce rapport.

Caractéristiques : PS=78 (moyen), PMG=45 à 48 (moyen), peu sensible à la verse, plutôt précoce, hauteur moyenne. Toutes ces données sont des moyennes mais on observe une grande diversité au sein de la population.

4.3. Mise en place

Les parcelles d'essais sont misent en place chez les agriculteurs dans leurs conditions de culture habituelles, l'essai est hébergé dans des parcelles de blé du paysan. La surface nécessaire est de 100m² minimum par parcelle pour permettre la réalisation d'essais de panification avec la récolte. Une parcelle représente une répétition pour une variété, il y a deux répétitions. Donc chaque essai comprend six parcelles : deux répétitions des trois variétés (voir figure n°8). En 2013 il s'agit de la 3^{ème} et dernière année d'expérimentation.

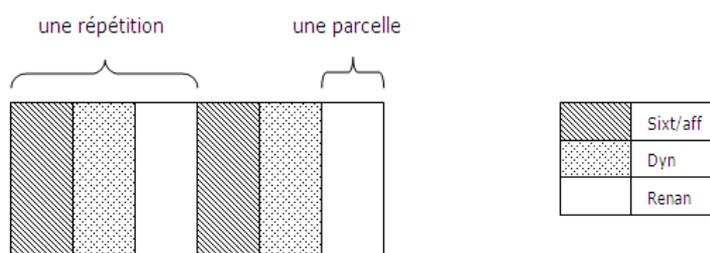


Figure 8 : Dispositif expérimental de l'essai

Un protocole de semis a été mis en place : d'abord Sixt/Aff puis la population dynamique et enfin Renan ; le but est de limiter les mélanges de variétés par le semoir. Le fait de semer la population dynamique après Sixt/Aff ne pose pas de problème car Sixt/Aff est présent dans la population dynamique, et si jamais il reste des graines dans le semoir avant de semer Renan on pourra repérer les non-Renan lors de la croissance du blé (les blés population étant beaucoup plus haut que le Renan).

4.4. Protocole expérimental

L'essai évalue à la fois les caractères environnementaux, agronomiques et les caractères de panification des blés, ici nous nous consacrons seulement aux caractères agronomiques. Le travail est séparé en deux parties : prises de données sur le terrain et analyse des données au laboratoire. Ce protocole est en cours de réalisation, le projet Pays Blé a aussi pour but de mettre en place un protocole, c'est pourquoi beaucoup de données sont récoltées ; l'idée est d'établir une liste de mesures essentielles lors de l'analyse finale du programme.

Il a été choisit de faire des relevés à la fois sur la culture de blé et sur son environnement. Lorsque l'on parle d'environnement c'est au sens large car il comprend des données environnementales (texture du sol, climat...) et aussi des données socioculturelles comme le devenir de la culture, les pratiques culturales. Des prélèvements sont réalisés à différents stades de la culture : levée, tallage, stade deux nœuds, maturité et post-récolte.

Tout d'abord, la densité des plantes en sortie d'hiver à la levée est calculée, afin d'estimer la densité de semis réalisé par les agriculteurs. Au stade tallage le but des relevés est d'avoir une idée de la compétition de la plante avec les adventices, c'est pourquoi la couverture du blé, la couverture des adventices et l'identification des adventices sont réalisés. C'est à ce moment qu'il y a un prélèvement de vers de terre qui va permettre d'évaluer la vie du sol. Au stade deux nœuds le but est aussi d'évaluer la compétition du blé avec les adventices, les mêmes relevés sont réalisés et la hauteur des plantes est mesurée. Le stade deux nœuds a été choisit car c'est une étape intermédiaire dans la croissance du blé. Relever la hauteur à ce stade permet de voir si le blé a une croissance lente et régulière ou s'il a grandi vite au début. Au stade deux nœuds la terre est prélevée pour faire une analyse de sol, une analyse de l'activité biologique et une analyse de symbiose mycorhizienne (des systèmes racinaires sont aussi prélevés). A maturité, la biomasse adventice et la biomasse blé sont prélevées, en complément on évalue la couverture des mauvaises herbes et du blé. La hauteur des plantes est également mesurée. Concernant la verse et l'état sanitaire général de la parcelle une note de 0 à 5 est attribuée. Au laboratoire des épis sont battus et caractérisés pour analyser les composantes du rendement. En parallèle des données agronomiques une enquête aux paysans est menée pour déterminer le passé de la parcelle. (cf Annexe n°1)

Nous allons maintenant nous focaliser sur deux de ces mesures : la biomasse et la hauteur, au stade deux nœuds et au stade maturité.

4.4.1. Biomasse au stade deux nœuds

La biomasse aérienne du blé est prélevée dans trois cadres de 1/4m² par bande, puis on fait sécher cette biomasse à l'étuve pendant 48h, une première pesée est effectuée puis une seconde à quelques heures d'intervalle pour s'assurer que la masse n'a pas changée (matière bien sèche). Lorsque les échantillons sont bien secs chaque échantillon est alors pesé.

4.4.2. Biomasse à maturité

A ce stade la biomasse est séparée en biomasse paille et biomasse grain.

Le protocole est le même, la biomasse aérienne du blé est prélevée dans 3 cadres de 1/4m² par bande. Chaque échantillon est séché à l'étuve selon le même protocole que précédemment et ils sont pesés, on obtient alors la biomasse totale. Après battage des épis la biomasse grain est obtenue, puis la biomasse paille est calculée par soustraction de la biomasse grain à la biomasse totale.

4.4.3. Hauteur du blé au stade 2 nœuds et à maturité

La hauteur de 20 plantes choisies au hasard est mesurée pour chaque parcelle (bien réparties sur l'ensemble de la parcelle) à l'aide d'un mètre.

4.5. Méthode d'analyse

Pour analyser les résultats il sera effectué des tests statistiques, pour cela il est utilisé le logiciel de statistique R. Dans un premier temps il sera réalisé une approche descriptive globale : le calcul des moyennes et des écarts types seront réalisés et la distribution des données sera visualisée à l'aide de boîtes à moustaches. Ensuite on utilisera le test statistique de **l'ANOVA à un facteur**. Pour cela il sera posé deux hypothèses :

- H_0 = il n'y a pas de différence significative entre les moyennes ;
- H_1 = il y a une différence significative entre les moyennes.

L'analyse de la variance, ou ANOVA à un facteur permet de comparer des moyennes, c'est une expansion du test de comparaison de deux moyennes. C'est une méthode statistique qui analyse l'effet d'un facteur (variable qualitative) sur la variable quantitative. (Cornillon et col., 2010) Dans ce rapport le principal facteur étudié est la variété et la variable quantitative est soit la hauteur soit la biomasse des plantes.

Le test consiste à calculer la variance totale des échantillons, les variances inter-groupe et les variances intra-groupe puis de les comparer. Si l'ANOVA est significative, au dessus d'une valeur critique ($\alpha=0,05$), cela signifie que au moins une des moyennes diffère des autres, mais le test ne permet pas de dire de laquelle il s'agit. Le test équivaut à se poser la question : **est-ce que les échantillons font partie de la même population statistique ?**

C'est le logiciel R qui va réaliser ces tests,

il présente les résultats de la manière suivante :

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr (>F)	Code significatif
Facteur						

Df = degré de liberté des facteurs ;

Sum Sq = sommes des carrés des écarts (SCE) = $SCE_{\text{inter groupe}} + SCE_{\text{intra groupe}}$;

Mean Sq = carré moyen (Sum Sq/ Df) ;

F value = valeur observée de la statistique de test = variance inter groupe/ variance intra groupe ;

Pr(>F) = probabilité critique = probabilité pour la statistique de test sous H_0 de dépasser la valeur estimée.

Pour établir si le test est significatif ou non, R nous propose un code :

*** → très significatif (α tend vers 0) ;

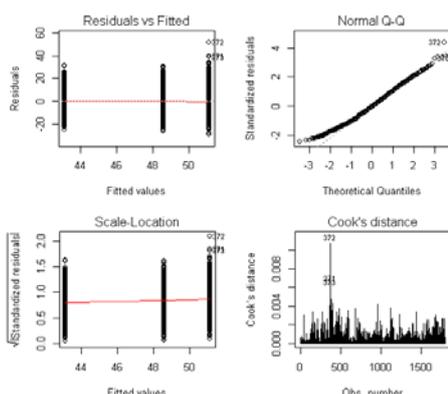
* → significatif ($\alpha < 0,05$) ;

∅ → pas du tout significatif.

La lecture du tableau permet donc directement de voir si le test est significatif ou non. Si F est significatif cela correspond au fait que la variance inter-groupe est supérieure à la variance intra-groupe donc toutes les moyennes ne sont pas égales ainsi H_0 est rejetée. Si F n'est pas significatif la variance inter groupe est égale à la variance intra groupe il n'y a donc pas de différence entre les moyennes et H_0 est acceptée.

Il faut ensuite vérifier les conditions de validité du test, pour cela on analyse les résidus du test. Il faut alors vérifier trois conditions :

- La normalité des valeurs, (pour utiliser la loi de Fisher pour les variances) ;
- L'homoscédasticité, ou l'égalité des variances des différents échantillons ;
- L'indépendance, les données doivent avoir été échantillonnées de façon indépendante.



Avec le logiciel R, on peut utiliser une série de graphiques (figure n°9) qui permet d'analyser graphiquement les résidus. Le premier graphique *Residuals vs Fitted* représente les résidus confrontés aux valeurs ajustées, il permet de voir si les résidus sont organisés : leur moyenne doit être proche de zéro et ils ne doivent pas avoir d'organisation graphique particulière. Le graphique *Normal Q-Q* (graphique quantile/quantile) permet d'établir la normalité des résidus, la représentation graphique doit être très proche de la droite bissectrice.

Figure 9 : Graphiques obtenus sous R pour l'analyse des résidus

Le graphique *Scale-Location* permet de voir l'homoscédasticité (si la variance des résidus est constante), l'homoscédasticité est admise si le nuage de point n'est pas modifié morphologiquement. Le graphique *Cook's distance* analyse le poids de chaque point, il détermine si des individus aberrants 'tirent' la variance ; si les valeurs ne sont pas supérieures à un on ne peut pas dire qu'il y ai de valeurs aberrantes.

5. Résultats

5.1. Hauteur au stade deux nœuds

5.1.1. Présentation des résultats généraux

Table 4 : Statistiques de bases des échantillons de hauteur au stade deux nœuds

Hauteur au stade deux nœuds (en cm)	
Minimum	18
1 ^{er} quartile	38,38
Médiane	47
Moyenne	47,59
3 ^{ème} quartile	55,35
Maximum	102,9

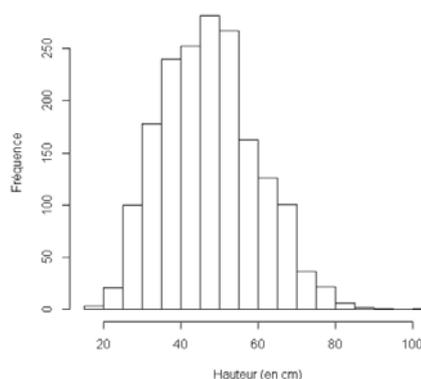


Figure 10 : Distribution des données de hauteur (cm) du blé au stade deux nœuds

Sur un total de 1800 échantillons (qui semblent normaux), on remarque qu'ils sont répartis sur une amplitude de 18 à 102 cm, avec une médiane et une moyenne presque identiques (respectivement 47cm et 47,59cm)(cf table n°4 et figure n°10).

5.1.2. Etude du paramètre variété

Ici on s'intéresse plus particulièrement à l'effet variété sur la hauteur des plantes. Dans ce qui suit les résultats prennent en compte la totalité des mesures, c'est-à-dire les hauteurs des plantes au stade deux nœuds pendant les trois années d'expérimentation et chez tous les agriculteurs confondus.

« Dyn » pour la population dynamique, « Renan » pour la variété moderne et « Sixt » pour la variété population Sixt sur Aff.

Table 5 : Description du paramètre hauteur des plantes au stade deux nœuds en fonction de la variété

Variété	Moyenne (cm)	Ecart type	Min (cm)	Max (cm)
Dyn	51,08	12,88	22	102,9
Renan	43,12	10,59	18	74,2
Sixt	48,56	11,88	22	79

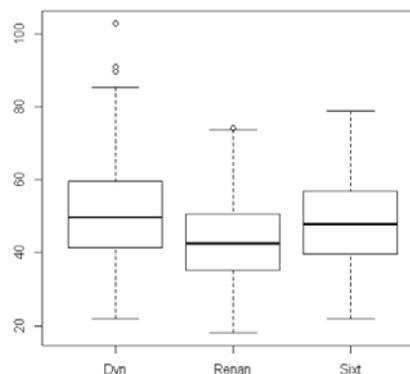


Figure 11 : Boîte à moustaches de la hauteur (en cm) des plantes au stade deux nœuds en fonction de la variété de blé tendre.

La moyenne de la variété Renan (43,12 cm) est plus faible que la moyenne de la variété Sixt/Aff (48,56 cm) qui est légèrement plus petite que la population dynamique (51,08 cm). Quand aux écarts-types il y a un gradient

qui suit la même tendance, l'écart type de Renan (10,59cm) est plus faible que celui de Sixt/Aff (11,88cm) qui est plus faible que celui de la population dynamique (12,88cm)(cf table n°5 et figure n°11).

Table 6 : Résultat de l'ANOVA pour les hauteurs au stade deux nœuds

Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr (>F)	Code significatif
Degré de liberté	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur de la statistique	Probabilité critique	
2	19915	9957,4	71,249	2,2^{e-16}	***

Le test statistique de l'ANOVA à un facteur aboutit à un résultat très significatif (table n°6) : le Pr est de $2,2^{e-16}$ donc on peut pour un risque de première espèce inférieur à 0,05 rejeter l'hypothèse H_0 (il n'y a pas de différence significative entre les variétés) : au moins une des moyennes est significativement différente des autres, il existe donc un effet très significatif de la variété sur la hauteur des plantes au stade deux nœuds. Mais avant d'aller plus loin, il faut vérifier les conditions pré-requises à l'utilisation d'une ANOVA, c'est pourquoi il faut vérifier l'indépendance des résidus, l'homoscedasticité ainsi que la normalité des résidus. Voilà les résultats obtenus :

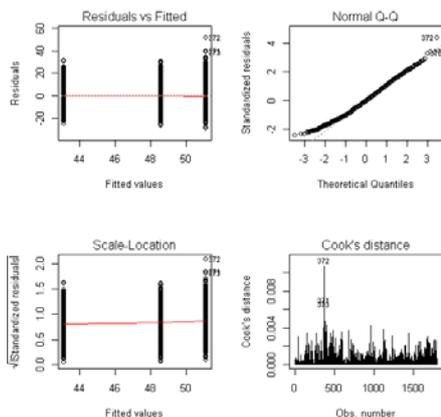


Figure 12 : Résultats de l'analyse des résidus de l'ANOVA pour la hauteur de plantes au stade deux nœuds

Sur les graphiques (figure n°12) on voit que : la distribution des résidus semble normale, les résidus sont i.i.d (variables indépendantes et identiquement distribués) et on remarque qu'il n'y a pas de point réellement aberrants (maximum à 0,01), on peut alors valider l'ANOVA réalisée auparavant.

5.1.3. Autres facteurs

a) Effet année

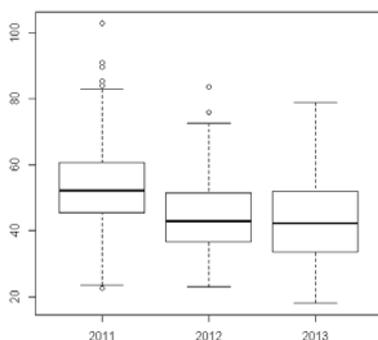


Figure 13: Boîte à moustache représentant la répartition des données de hauteur (en cm) des plantes au stade deux nœuds en fonction de l'année d'expérimentation.

Les données sont représentées sur la figure n°13.

L'ANOVA qui teste l'effet année aboutit à un résultat très significatif : le Pr est de $2,2^{e-16}$ donc on peut dire que pour un seuil inférieur à 0,05 au moins une des moyennes est significativement différente des autres, il y a donc un effet année sur la hauteur des plantes au stade deux nœuds.

b) Effet agriculteur

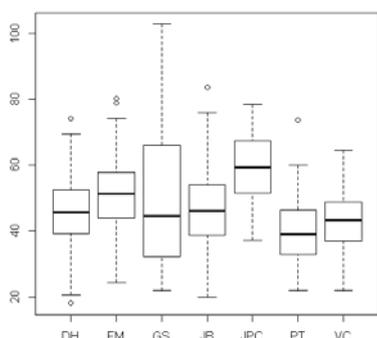


Figure 14 : Boîte à moustache représentant la répartition de la hauteur (en cm) des plantes au stade deux nœuds en fonction de l'agriculteur.

Les données sont représentées sur la figure n°14.

Ici aussi l'ANOVA testant l'effet agriculteur aboutit à un résultat très significatif : le Pr est de $2,2^{e-16}$ donc au moins une des moyennes est

significativement différente des autres, il y a donc un effet agriculteur sur la hauteur des plantes au stade deux nœuds.

c) Effet répétition

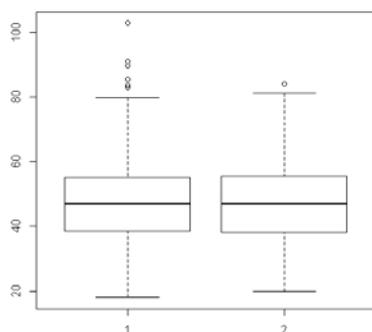


Figure 15 : Boîte à moustache représentant la répartition de la hauteur (en cm) des plantes au stade deux nœuds en fonction de la répétition.

Les données sont représentées sur la figure n°15.

Dans le cas de l'influence des répétitions l'ANOVA aboutit à un résultat non significatif : le Pr est de 0,7453 donc on peut dire que pour un seuil de 0,05 il n'y a pas de différence en les moyennes, il n'y a donc pas d'effet répétition sur la hauteur des plantes au stade deux nœuds.

Pour l'ensemble de ces ANOVA les résidus ont été testés, ils sont tous normaux, i.d.d et sans valeurs aberrantes.

Ces trois graphiques nous montre qu'il y a une grande variabilité des données, elles dépendent de l'année d'expérimentation et de l'agriculteur ; mais il n'y a pas d'effet répétition sur la hauteur des plantes.

5.2. Biomasse au stade deux nœuds

5.2.1. Présentation des résultats généraux

Table 7 : Statistiques de base des échantillons de biomasse blé au stade deux nœuds

Biomasse blé au stade deux nœuds (en gramme)	
Minimum	1,85
1 ^{er} quartile	25,65
Médiane	42,22
Moyenne	49,22
3 ^{ème} quartile	63,17
Maximum	155,4

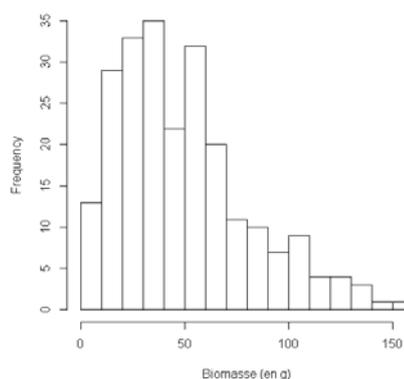


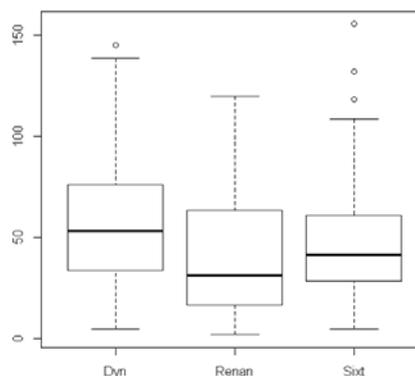
Figure 16 : Distribution des données de biomasse (en g) du blé au stade deux nœuds

On voit que l'amplitude des 234 échantillons est grande : ils s'étalent de 1,85g à 155,4g. La médiane et la moyenne sont proches (respectivement 42,22 et 49,22g)(cf table n°7 et figure n°16).

5.2.2. Etude du paramètre variété

Table 8 : Description de la biomasse blé au stade deux nœuds en fonction de la variété

Variété	Moyenne (g)	Ecart type	Min (g)	Max (g)
Dyn	58,07	34	4,81	144,9
Renan	40,71	28,72	1,85	119,8
Sixt	48,87	30,65	4,79	155,4



La tendance installée pour la hauteur semble être la même ici, moyenne et l'écart type de Renan (40,71g et 28,72g) sont faibles que ceux de Sixt/Aff (48,87g et 30,65g) qui sont plus que ceux de la population dynamique (58,07g et 34g)(cf table n°8 et figure n°17).

Figure 17 : Boîte à moustaches de la biomasse blé (en g) au stade deux nœuds en fonction de la variété

la plus petits

Table 9 : Résultat de l'ANOVA pour les biomasses au stade deux nœuds

Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr (>F)	Code significatif
Degré de liberté	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur de la statistique	Probabilité critique	
2	11769	5884,4	6,0362	0,002784	**

Le test statistique de l'ANOVA à un facteur aboutit à un résultat très significatif (table n°9) : le Pr est de 0,002784 donc on peut, pour un seuil inférieur à 0,05%, rejeter l'hypothèse H₀ (il n'y a pas de différence significative entre les variétés) : au moins une des moyennes est significativement différente des autres, il

existe donc un effet très significatif de la variété sur la production de biomasse du blé au stade deux nœuds. Il faut maintenant vérifier les conditions pré-requises à l'utilisation d'une ANOVA. Voici les résultats obtenus :

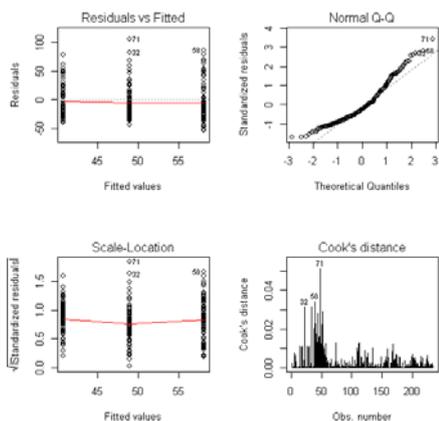


Figure 18 : Résultats de l'analyse des résidus de l'ANOVA pour la hauteur de plantes au stade maturité

Sur les graphiques (figure n°18) on voit que : la distribution des résidus semble normale, les résidus sont i.d.d et on remarque qu'il n'y a pas de point réellement aberrants (maximum à 0,05), on peut alors valider l'ANOVA.

5.2.3. Autres facteurs a) Effet année

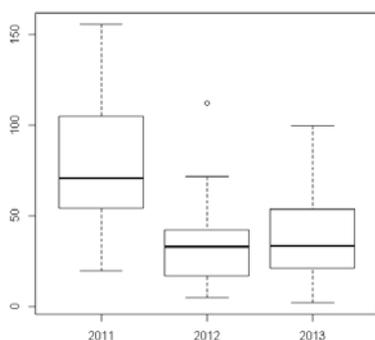


Figure 19 : Répartition des biomasses blé (en g) au stade deux nœuds en fonction de l'année d'expérimentation

Les données sont représentées sur la figure n°19.

L'ANOVA testant l'effet année aboutit à un résultat très significatif : le Pr est de $2,2 \times 10^{-16}$ donc on peut dire que pour un seuil inférieur à 0,05 au moins une des moyennes est significativement différente des autres, il y a donc un effet année sur la production de biomasse du blé au stade deux nœuds.

b) Effet agriculteur

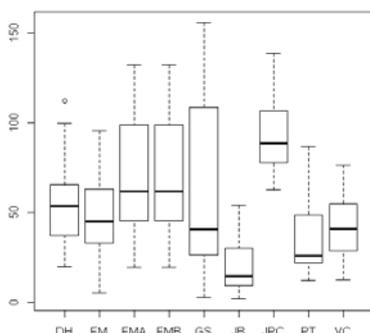


Figure 20 : Répartition de la biomasse blé (en g) au stade deux nœuds en fonction des agriculteurs

Les données sont représentées sur la figure n°20.

L'ANOVA qui teste l'effet agriculteur aboutit à un résultat très significatif : le Pr est de $2,2 \times 10^{-16}$ donc on peut dire que pour un seuil inférieur à 0,05 au moins une des moyennes est significativement différente des autres, il y a donc un effet agriculteur sur la production de biomasse du blé au stade deux nœuds.

c) Effet cadre

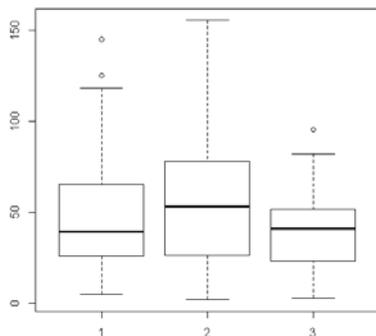


Figure 21 : Répartition des biomasses de blé au stade deux nœuds en fonction du cadre de mesure

Les données sont représentées sur la figure n°21.

Le Pr est de $2,2 \times 10^{-16}$ donc on peut dire que pour un seuil inférieur à 0,05 au moins une des moyennes est significativement différente des autres, l'ANOVA testant l'effet cadre est significative, il y a donc un effet cadre sur la production de biomasse du blé au stade deux nœuds.

d) Effet répétition

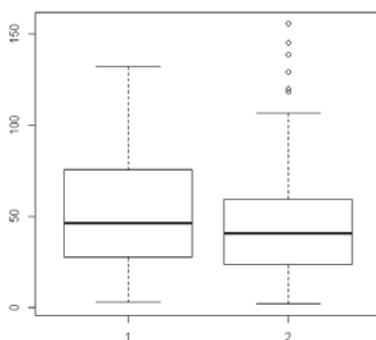


Figure 22 : Répartition des biomasses de blé au stade deux nœuds en fonction de la répétition

Les données sont représentées sur la figure n°22.

Pour l'influence des répétitions, l'ANOVA aboutit à un résultat non significatif : le Pr est de 0,1125 on peut donc dire que pour un seuil de 0,05 il n'y a pas de différence en les moyennes, il n'y a donc pas d'effet répétition sur la production de biomasse de blé au stade deux nœuds. Donc par rapport à la répétition les échantillons font partie de la même population statistique.

Pour ces quatre ANOVA les résidus ont été testés et ils sont tous normaux, i.i.d et sans d'individus aberrants.

Ces quatre graphiques et l'analyse des ANOVA nous montre que pour la biomasse aérienne du blé au stade deux nœuds il y a un effet année, un effet agriculteur et un effet cadre. De même que pour la hauteur il n'y a pas d'effet répétition.

5.3. Hauteur au stade maturité

On s'intéresse ici à la hauteur finale des plantes, à maturité, la hauteur des barbes n'est pas prise en compte.

5.3.1. Présentation des résultats généraux

Table 10 : Statistiques de bases des échantillons de hauteur au stade maturité :

Hauteur (en cm) des plantes à maturité	
Minimum	23
1 ^{er} quartile	75,4
Médiane	100
Moyenne	99,02
3 ^{ème} quartile	122,22
maximum	183,2

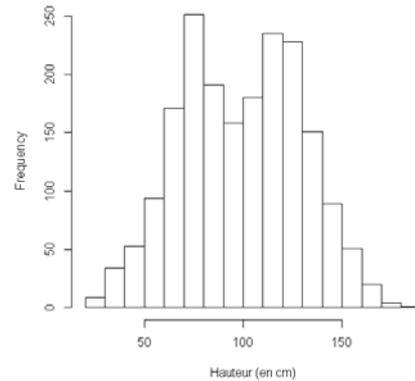


Figure 23 : Distribution des données de hauteur (en cm) au stade maturité

Les 1920 échantillons sont répartis sur une amplitude de 23 à 183,2 cm, avec une médiane et une moyenne relativement identiques (respectivement 100 et 99,02) (cf table n°10 et figure n°23)

5.3.2. Etude du paramètre variété

Ici on s'intéresse à l'effet variété sur la hauteur des plantes.

Table 11 : Description du paramètre hauteur des plantes au stade maturité en fonction de la variété

Variété	Moyenne (en cm)	Ecart type	Min (cm)	Max (cm)
Dyn	117,04	25,74	36,4	183,2
Renan	69,95	15,82	23	108,5
Sixt	110,07	23,77	29	166,5

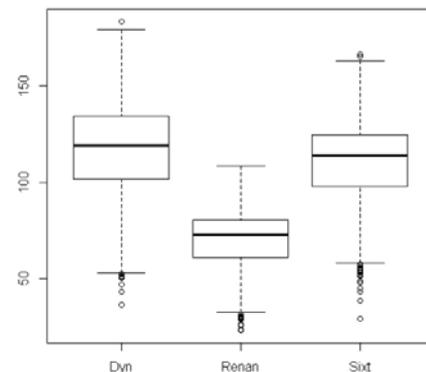
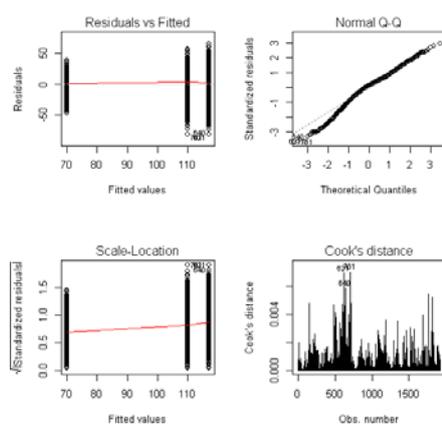


Figure 24 : Boîte à moustaches de la hauteur (en cm) des plantes au stade maturité en fonction de la variété de blé tendre.

La moyenne de la variété Renan (69,95 cm) est plus faible que la moyenne de la variété Sixt/Aff (110,07cm) qui est légèrement plus petite que la population dynamique (117,04cm). Quand aux écarts type il y a un gradient qui suit la même tendance, l'écart type de Renan (15,82cm) est plus faible que celui de Sixt/Aff (23,77cm) qui est plus faible que celui de la population dynamique (25,74cm)(cf table n°11 et figure n°24).

Table 12 : Résultat de l'ANOVA qui test l'effet variété sur la hauteur des plantes à maturité

Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr (>F)	Code significatif
Degré de liberté	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur de la statistique	Probabilité critique	
2	826481	413241	838,94	2,2^{e-16}	***



Le test statistique de l'ANOVA à un facteur aboutit à un résultat très significatif (table n°12) : le Pr est de $2,2 \times 10^{-16}$ donc on peut pour un seuil inférieur à 0,05 rejeter l'hypothèse H_0 (il n'y a pas de différence significative entre les variétés) : au moins une des moyennes est significativement différente des autres, il existe donc un effet très

Figure 25 : Résultats de l'analyse des résidus de l'ANOVA pour la hauteur à maturité

significatif de la variété sur la hauteur des plantes au stade maturité. Voici les résultats obtenus pour l'analyse des résidus de l'ANOVA :

Sur les graphiques (figure n°25) on voit que : la distribution des résidus semble normale, les résidus sont i.d.d et on remarque qu'il n'y a pas de point réellement aberrants, on peut alors valider l'ANOVA.

5.3.3. Autres facteurs a) Effet année

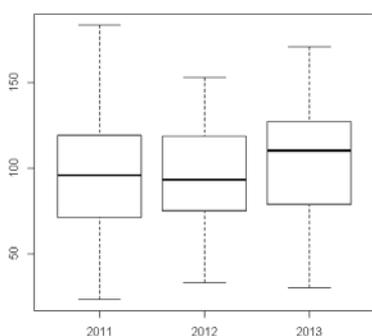


Figure 26 : Boîte à moustache représentant la répartition des données de hauteur (en cm) des plantes au stade maturité en fonction de l'année

Les données sont représentées sur la figure n°26.

L'ANOVA qui teste l'effet année aboutit à un résultat très significatif : le Pr est de $1,004 \times 10^{-08}$ donc on peut dire que pour un seuil inférieur à 0,05 au moins une des moyennes est significativement différente des autres, il y a donc un effet année sur la hauteur des plantes au stade maturité.

b) Effet agriculteur

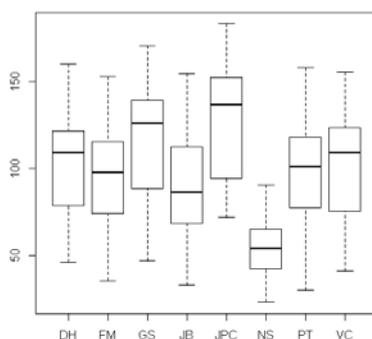


Figure 27 : Boîte à moustache représentant la répartition des données de hauteur (en cm) des plantes au stade maturité en fonction de l'agriculteur.

Les données sont représentées sur la figure n°27.

L'ANOVA qui teste l'effet agriculteur aboutit à un résultat très significatif : le Pr est de $2,2 \times 10^{-16}$ donc on peut dire que pour un seuil inférieur à 0,05 au moins une des moyennes est significativement différente des autres, il y a donc un effet agriculteur sur la hauteur des plantes au stade maturité.

c) Effet répétition

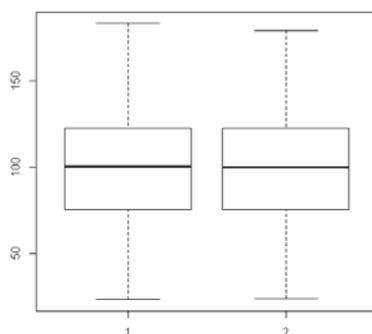


Figure 28 : Boîte à moustache représentant la répartition des données de hauteur (en cm) des plantes au stade maturité en fonction de la répétition.

Les données sont représentées sur la figure n°28.

Dans le cas de l'influence des répétitions l'ANOVA aboutit à un résultat non significatif : le Pr est de 0,6399 donc on peut dire que pour un seuil de 0,05 il n'y a pas de différence en les moyennes, il n'y a donc pas d'effet répétition sur la hauteur des plantes au stade maturité.

Pour l'ensemble de ces ANOVA les résidus ont été testés, ils sont tous normaux, i.d.d et sans valeurs aberrantes.

Les graphiques nous montre qu'il y a une grande variabilité des données, elles dépendent de l'année d'expérimentation et de l'agriculteur ; mais il n'y a pas d'effet répétition sur la hauteur finale des plantes.

5.4. Biomasse au stade maturité

5.4.1. Présentation des résultats généraux

Table 13 : Statistiques de base des échantillons de biomasse blé au stade maturité

Biomasse blé au stade maturité (en gramme)	
Minimum	0,5
1 ^{er} quartile	80,52
Médiane	134,82
Moyenne	148,01
3 ^{ème} quartile	202,88
Maximum	424,3

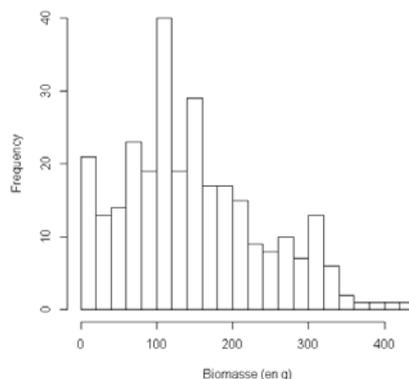


Figure 29 : Distribution des données de biomasses (en g) au stade maturité

On voit que l'amplitude des 286 échantillons est très grande : ils s'étalent de 0,5g à 424,3g. La médiane et la moyenne sont relativement proches (respectivement 134,82 et 148,01)(cf table n°13 et figure n°29).

5.4.2. Etude du paramètre variété

Table 14 : Description de la biomasse blé au stade maturité en fonction de la variété

Variété	Moyenne (g)	Ecart type	Min (g)	Max (g)
Dyn	163,45	86,68	3,75	424,3
Renan	118,44	85,77	0,5	336,6
Sixt	162,45	95,49	3,89	412,2

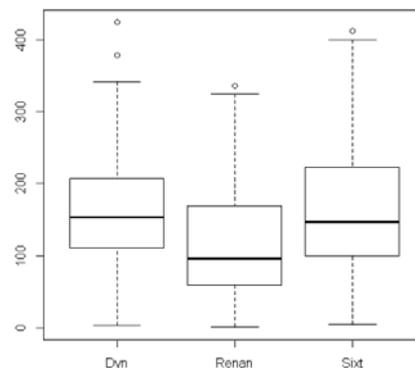


Figure 30 : Boîte à moustaches de la biomasse (en gramme) blé au stade maturité en fonction de la variété de blé tendre.

Les moyennes des biomasses au stade maturité sont relativement semblables pour la variété Sixt/Aff (162,45g) et la Population Dynamique (163,45g), celle de Renan est inférieure avec 118,44g. Les écarts de ces moyennes sont respectivement : 95,49g (Sixt), 86,68g (Dyn) et 85,77g (Renan)(cf table n°14 et figure n°30).

Table 15 : Résultat de l'ANOVA pour l'analyse de l'effet variété sur la biomasse à maturité

Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr (>F)	Code significatif
Degré de liberté	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur de la statistique	Probabilité critique	
2	126429	63215	7,9135	0,0004528	***

Le test statistique de l'ANOVA à un facteur aboutit à un résultat très significatif (table n°15) : le Pr est de 0,0004528 donc on peut, pour un seuil inférieur à 0,05%, rejeter l'hypothèse H_0 (il n'y a pas de différence significative entre les variétés) : au moins une des moyennes est significativement différente des autres, il existe donc un effet très significatif de la variété sur la production de biomasse du blé au stade maturité.

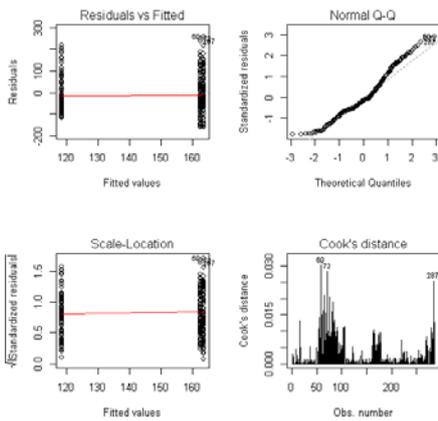


Figure 31 : Résultat de l'analyse des résidus pour l'ANOVA testant l'effet variété sur la biomasse à maturité

Sur les graphiques (figure n°31) on voit que : la distribution des résidus semble normale, les résidus sont i.d.d et on remarque qu'il n'y a pas de point réellement aberrants, on peut alors valider l'ANOVA.

5.4.3. Autres facteurs

a) Effet année

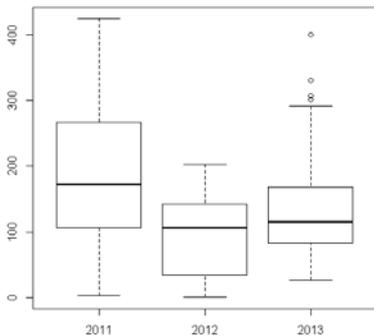


Figure 32 : Boîte à moustache représentant la répartition des données de biomasse (en g) des plantes au stade maturité en fonction de l'année d'expérimentation

Les données ont représentées sur la figure n°32.

Ici aussi l'ANOVA testant l'effet année aboutit à un résultat très significatif : le Pr est de $1,178 \times 10^{-8}$ donc au moins une des moyennes est significativement différente des autres, il y a donc un effet année sur la hauteur des plantes au stade deux nœuds.

b) Effet agriculteur

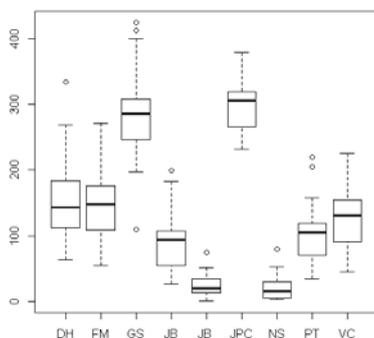


Figure 33 : Boîte à moustache représentant la répartition des données de biomasse (en g) des plantes au stade maturité en fonction des agriculteurs.

Les données sont représentées sur la figure n°33.

L'ANOVA qui teste l'effet agriculteur aboutit à un résultat très significatif : le Pr est de $2,2 \times 10^{-16}$ donc on peut dire que pour un seuil inférieur à 0,05 au moins une des moyennes est significativement différente des autres, il y a donc un effet agriculteur sur la production de biomasse des plantes au stade maturité.

c) Effet répétition

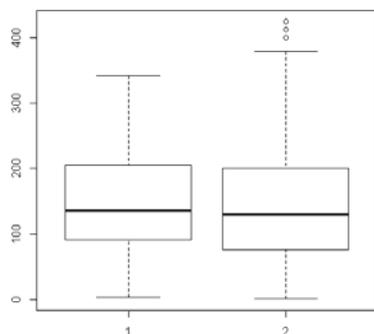


Figure 34 : Boîte à moustache représentant la répartition des données de biomasse (en g) des plantes au stade maturité en fonction de la répétition

Les données sont représentées sur la figure n°34.

L'ANOVA qui teste l'effet répétition aboutit à un résultat non significatif : le Pr est de 0,8508 donc on peut dire que pour un seuil de 0,05 les moyennes ne sont pas différentes, il n'y a donc pas d'effet répétition sur la production de biomasse des plantes au stade maturité.

d) Effet cadre

Les données sont représentées sur la figure n°35.

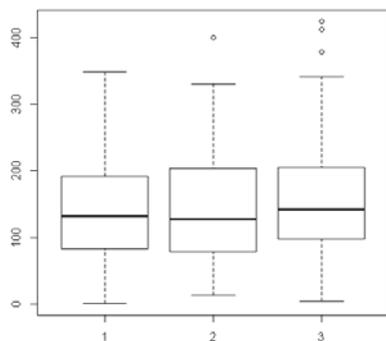


Figure 35 : Boîte à moustache représentant la répartition des données de biomasse (en g) des plantes au stade maturité en fonction du cadre de prélèvement

L'ANOVA testant l'effet cadre aboutit à un résultat non significatif : le Pr est de 0,8279 donc on peut dire que pour un seuil de 0,05 les moyennes ne sont pas différentes, il n'y a donc pas d'effet cadre sur la production de biomasse des plantes au stade maturité.

Pour l'ensemble de ces ANOVA les résidus ont été testés, ils sont tous normaux, i.d.d et sans valeurs aberrantes.

On a alors montré que les données de biomasse du blé à maturité sont influencées par l'année d'expérimentation, l'agriculteur ; mais il n'y a pas d'effet répétition ni d'effet cadre sur la production finale de biomasse.

6. Discussions

6.1. Hauteur au stade deux nœuds

La hauteur des plantes est à la fois sous dépendance génétique et environnementale. Nous avons observé comment le facteur variété avec des structures génétiques contrastées influe sur la hauteur de la plante dès le stade deux nœuds : une différence significative de hauteur des plantes entre les variétés au stade deux nœuds est vérifiée (les échantillons n'appartiennent pas à la même population statistique). L'explication est génétique puisque les variétés populations, telles que la population dynamique ou la variété Sixt/Aff, sont des blés avec une grande hauteur de paille (jusqu'à 160cm à maturité), alors que la variété Renan est une variété à paille courte (qui possède un gène de nanisme). Mais il est intéressant de voir que cette différence se remarque dès le stade deux nœuds. De plus on s'aperçoit que la population dynamique (51,08cm en moyenne) est plus haute que Sixt/Aff (48,56cm), ce résultat est étonnant car dans les descriptifs des paysans (Mercier & Pireyre, 2011) qui les utilisent, le blé Sixt/Aff est plus haut que la population dynamique. Sans faire une analyse très approfondie on constate aussi une différence d'écart type entre les trois variétés, celui de Renan est le plus faible avec 10,59cm contre 11,88cm pour Sixt/Aff et 12,88cm pour la population dynamique ce résultat coïncide avec le gradient d'hétérogénéité génétique des variétés. Il est donc logique que Renan (variété homogène) ait un écart type plus faible que la population dynamique qui a une structure génétique très diversifiée. Néanmoins à ce niveau les différences sont assez faibles compte tenu de la différence de hauteur mesurée.

Les valeurs aberrantes au sein de la variété 'population dynamique' peuvent être expliquées par la grande diversité qu'il existe au sein de cette population, en effet elle est composée d'un mélange de variétés toutes aussi différentes les unes que les autres, de plus il a souvent été constaté au sein de cette population des individus géants (Mercier & Pireyre, 2011). De plus ces valeurs proviennent pour la plupart des essais menés chez GS qui a des terres plutôt riches cela explique la hauteur exceptionnelle des plantes.

On a aussi testé l'effet année et l'effet agriculteur, on est alors arrivé au fait que ces paramètres influent sur la hauteur du blé au stade deux nœuds. Ces résultats sont tout à fait logiques dans le sens où les plantes, issues de variété modernes comme de variété paysannes interagissent avec leur environnement, il paraît donc évident qu'une plante soit plus grande et produise plus de biomasse dans un environnement favorable. Cet

environnement dépend des pratiques culturales des agriculteurs mais aussi du contexte pédoclimatique de son lieu de culture. C'est une des explications pour l'influence des facteurs agriculteur et année sur la hauteur des plantes, il faudrait faire des analyses plus approfondies pour tirer de réelles conclusions, elles ne seront pas réalisées dans ce rapport. Mais il est normal de trouver une différence entre les agriculteurs, ces différences justifient l'intérêt de la recherche à la ferme dans les conditions des agriculteurs plutôt qu'en station de recherche. On peut nuancer le facteur agriculteur : il regroupe un ensemble de facteurs comme le sol, les pratiques culturales, le climat, la rotation... de plus certains agriculteurs n'ont participé qu'une seule année alors que d'autres les trois années, mais comme la parcelle était située dans un champ différent chaque année est-ce que ces données sont comparables ? Il est alors difficile à cette échelle de ce travail de tirer une réelle conclusion. Il est aussi intéressant de constater qu'il n'y a pas d'effet répétition, et c'est ce qui est attendu. En effet les deux répétitions sont menées de la même façon et constater des différences montrerait que certains paramètres nous échappent.

La hauteur est un paramètre important pour la concurrence du blé face aux adventices (surtout dans un mode de culture biologique, ou le désherbage chimique n'est pas autorisé). Plus la plante sera grande tôt plus elle sera en capacité d'étouffer et de prendre le dessus sur les mauvaises herbes, c'est pourquoi dès le stade deux nœuds la population dynamique et la variété Sixt/Aff ont un avantage par rapport au Renan puisqu'elles sont déjà plus hautes, toutefois il faudrait regarder les données concernant les adventices pour confirmer ce résultat.

6.2. Biomasse du blé au stade deux nœuds

Les résultats coïncident avec ce qui était attendu : il y a une différence significative entre les variétés concernant la production de biomasse au stade deux nœuds (les échantillons n'appartiennent pas à la même population statistique). Le blé Renan produit moins de biomasse que les blés paysans : 40,71g en moyenne contre 58,07g (Dyn) et 48,87g (Sixt) (données récoltées pour 50cm²). Cette valeur de biomasse est directement liée à la hauteur de la plante (plus la plante est grande plus il y a de biomasse) puisqu'au stade 2 nœuds il n'y a pas d'épis. Dyn est plus grande que Sixt, il est donc logique que la population dynamique produise plus de biomasse que le Sixt/Aff. Encore une fois l'écart type au sein de la variété Renan est plus faible (28,72g) que celui au sein de la variété Sixt/Aff (30,65g) qui est plus faible que celui de la population dynamique (34g). Cet ordre croissant correspond au gradient de diversité génétique qu'il existe entre les variétés. et semble donc assez logique (cf explication partie 6.1).

On a aussi constaté plusieurs autres facteurs qui ont un impact sur la biomasse du blé au stade deux nœuds : l'agriculteur, l'année, et le cadre (soit l'échantillon considéré). De même que pour la hauteur, l'agriculteur et l'année font partie de l'environnement pédoclimatique de la culture, le blé étant un être vivant il est normal qu'il réagisse à ces facteurs. Le facteur cadre a aussi été testé, et le résultat nous montre qu'il a un effet sur les données de biomasses, on peut supposer qu'il existe un gradient dans les parcelles (le cadre n°1 étant toujours au début de la parcelle et le cadre n°3 toujours à la fin), mais cet effet peut aussi être dû aux expérimentateurs... La raison n'est pas très claire pour le moment, mais il s'avère qu'au stade maturité cette différence a été tamponnée. On constate aussi que pour les trois variétés les résultats sont étalés sur une grande amplitude. Comme pour la hauteur, la répétition n'influe pas sur la culture : en effet les deux répétitions

sont menées de la même façon et constater des différences montrerait que certains paramètres nous échappent.

Bien que l'on s'attendait à ces résultats (Renan produit moins de biomasse que les blés paysans) il est intéressant de voir que la différence de biomasse se remarque dès le stade deux nœuds, en effet la biomasse joue aussi un rôle dans la compétition du blé avec les adventices : plus il y a de biomasse plus les adventices sont étouffés. Il faudrait maintenant pouvoir dire si cette légère différence de biomasse a un effet réel sur la compétition avec les mauvaises herbes, par exemple en analysant les mesures de biomasses des adventices.

6.3. Hauteur à maturité

Les résultats concernant la hauteur à maturité confirment ceux obtenus pour la hauteur au stade deux nœuds : la variété est un facteur qui a un rôle sur la hauteur. Les résultats des tests le prouvent car il y a une différence significative de hauteur des plantes entre les variétés au stade maturité (les échantillons n'appartiennent pas à la même population statistique). De la même manière que pour le stade deux nœuds la principale explication est la génétique. Les blés de pays comme Sixt/Aff et la population dynamique peuvent atteindre 160cm et là ils atteignent respectivement 110,07cm et 117,04cm, les moyennes obtenues sont plutôt faibles compte tenu des résultats attendus (aux alentours de 150 cm). Le blé Renan est là où on l'attendait, c'est-à-dire entre 60 et 80 cm (69,95cm). Les constats sont les mêmes qu'au stade deux nœuds, la population dynamique est plus haute que le blé Sixt/Aff.

Les écarts types des moyennes des hauteurs sont très intéressants : les blés de pays ont un écart type très supérieur à celui de Renan. On peut relier cela à la génétique encore une fois :

- ✎ Renan est une variété lignée pure, dite homogène, donc il est cohérent que les plantes aient toutes la même hauteur ou presque, elles ont atteint leur maximum de hauteur génétique dans un milieu donné.
- ✎ Le blé Sixt/Aff est un blé population, hétérogène génétiquement, c'est pourquoi l'écart type (23,77) de la moyenne des hauteurs des plantes est plus élevé car chaque plante peut avoir une hauteur différente de sa voisine en théorie (tout en restant dans une fourchette caractéristique de la variété). De plus on remarque davantage de talles plus tardives qui ne sont pas arrivées à leur hauteur finale, ces talles influencent la moyenne.
- ✎ La population dynamique comporte les mêmes caractéristiques que le blé Sixt/Aff mais l'hétérogénéité est encore plus élevée car elle contient plusieurs variétés qui peuvent avoir des hauteurs différentes, l'écart type est donc le plus élevé (25,74). Là aussi on remarque quelques individus très petits.

Les blés populations sont plus hauts sur paille, cette caractéristique leur permet de dominer les adventices qui sont étouffés dessous. De plus il s'avère que la quantité de paille produite est plus élevée, ce qui peut être un avantage dans le cas où le blé est cultivé en association avec une autre culture (-avec de la féverole chez PT- une grande hauteur lui permet de ne pas être dominé par la culture associée mais de grandir avec elle) ou encore si l'agriculteur a un élevage qui nécessite une grande quantité de paille. Mais la hauteur de paille peut rendre le blé plus sensible à la verse (bien que ce ne soit pas le seul facteur à intervenir).

6.4. Biomasse à maturité

Les résultats confirment ce qui a été montré pour le stade deux nœuds : il y a une différence significative entre les variétés concernant la production de biomasse finale. Le blé moderne produit moins de biomasse que les deux blés paysans : 118,44g en moyenne pour Renan contre 163,45g (Dyn) et 162,45g (Sixt) (données récoltées pour 50cm²). En moyenne les deux blés populations produisent la même quantité de biomasse à maturité.

L'observation des écarts types change des fois précédentes : la population dynamique et le Renan ont un écart type similaire (respectivement 86,68 et 85,77) alors que le blé Sixt/Aff a un écart type beaucoup plus élevé (95,49). Au premier abord ces résultats sont étonnants. Suite à ces résultats on peut supposer que la population dynamique et le Renan sont des variétés qui ont une plus forte capacité à tamponner les différences d'environnement. En effet, l'écart type élevé pour Sixt/Aff nous montre que cette variété valorise très bien les environnements qui lui sont favorables mais au contraire si un environnement ne lui convient pas elle produit beaucoup moins de biomasse. À l'inverse la population dynamique et le Renan tamponne mieux des différences de milieux. Les explications sont là encore liées à la génétique de ces variétés, la grande diversité de la population dynamique lui permet de valoriser un grand panel d'environnement (il se crée à chaque fois un équilibre différent entre les variétés présentes dans le mélange, là où certaines variétés se plaisent moins les autres se développent mieux et vice versa). Pour le blé Renan, on peut imaginer que sa petite taille soit toujours facilement atteinte, et que les limites génétiques l'empêche de produire plus de biomasse lorsque les conditions y seraient favorables, d'où la constance de sa biomasse.

7. Conclusion et perspectives de l'étude

7.1. Conclusion sur les variétés

La biomasse et la hauteur sont des données très liées. En effet la hauteur est une composante de la biomasse, avec le nombre de talle, l'épaisseur des pailles... Les données de biomasse totale à maturité nous montrent que pour un environnement identique le blé Renan produit moins de biomasse que les variétés paysannes hautes sur paille, ce qui induit donc une production totale supérieure. Les résultats des composantes de rendements des années précédentes (Serpolay, 2012) ont montrés que le rendement grain de Renan était supérieur mais que le rendement total (grain et paille) était plus élevé chez les variétés paysannes. On peut donc dire que si les pailles sont valorisées il est plus intéressant de cultiver des variétés paysannes hautes sur paille que des blés courts. Néanmoins cette hauteur peut porter préjudice à la récolte si le blé verse.

On constate une différence des différences entre la variété moderne est les deux autres.

- Y La variété Renan est un blé court sur paille (69cm en moyenne), qui produit une biomasse finale de 118g en moyenne (pour 50cm²). Cette variété est capable de tamponner les milieux dans lesquels elle est cultivée.
- Y La variété population Sixt/Aff est un blé haut (110cm en moyenne), avec une production de biomasse importante (162g pour 50cm²). Cette variété présente de grande différence de production de biomasse suivant ses milieux de culture.

- Y La variété population Mélange dynamique est elle aussi haute (117cm) et qui produit beaucoup de biomasse (163g pour 50cm²). Elle a un pouvoir tampon qui lui permet de donner des résultats corrects dans un bon nombre d'environnements.

Il est maintenant possible de dire les variétés paysannes (le blé Sixt/Aff et la population dynamique) présentent un intérêt pour leur production de paille, leur hauteur permet de cultiver le blé en association, de produire une grande quantité de paille (pour l'élevage par exemple) et elles ont un rendement totale supérieur qui valorise mieux le potentiel d'un terroir.

7.2. Conclusion sur le protocole

Concernant les hauteurs, les résultats obtenus au stade deux nœuds et à maturité sont relativement semblables. On a choisit de faire ces mesures à deux moments donnés pour des raisons différentes (concurrence aux adventices au stade deux nœuds et hauteur finale de la plante pour le stade maturité) mais ces deux données sont liées, on constate alors une certaines redondance dans les résultats obtenus c'est pourquoi on peut se demander si la prise de la hauteur à ces deux stades est nécessaire. Il a été possible de tirer des conclusions dès le stade deux nœuds : il y a une différence entre les variétés. L'étude de la biomasse et de la hauteur à ce stade permet de déterminer la concurrence que le blé a avec les adventices et c'est un point important en agriculture biologique. En complétant ces mesures des données récoltées sur les adventices il est alors possible de tirer de réelle conclusion sur la compétition entre les blés et les mauvaises herbes. Une des questions en début d'expérimentation était de savoir quelles sont les données pertinentes pour comprendre le comportement des variétés quand on conduit des expérimentations à la ferme. Pour répondre à cette question, nous nous sommes limités à un représentant par type de variété. Nous n'aurons pas les moyens humains pour enregistrer autant de paramètres sur un plus grand nombre de variétés. S'il fallait réduire la quantité de données prélevées on pourrait éventuellement retirer du protocole la mesure des hauteurs et des biomasses du blé au stade deux nœuds, en effet l'analyse des données concernant les adventices elles mêmes, ainsi que la hauteur finale peuvent suffirent pour analyser la compétition du blé avec ceux-ci. Concernant le stade maturité, la mesure de la hauteur semble une évidence puisqu'il s'agit d'une caractéristique phénotypique de la plante, ici les résultats sont flagrants. C'est une donnée importante à récolter. Pour la biomasse à maturité, il est intéressant de voir comment elle est répartie : dans la paille ou dans les grains.

7.3. Perspectives

Dans cet essai quelques difficultés ont été rencontrées. Par exemple il est difficile de récolter des données chez les six agriculteurs au même moment (météo, trajet, différence de date de semis...), c'est pourquoi il est admis qu'un stade est approximatif (dans cette étude) et qu'il n'est pas exactement le même chez chaque agriculteur. Cela est pris en compte dans les analyses statistiques. L'expérimentation à la ferme pose parfois quelques problèmes, comme par exemple des contaminations (du seigle dans la parcelle de blé) mais il est toujours possible de trouver des solutions. Dans le pire des cas on peut exclure l'essai du protocole.

De plus je pense qu'il serait intéressant de réaliser les expérimentations « à l'aveugle », car il est clair que parfois les expérimentateurs, inconsciemment, soient influencés par l'une ou l'autre de leur conviction. Si les variétés étaient inconnues des expérimentateurs lors de la prise des mesures la neutralité des prises de données serait plus sûre. Néanmoins il est clair qu'au stade maturité les différences sont évidentes.

Je pense aussi qu'il serait bien d'ouvrir ce genre de programme à des agriculteurs conventionnels, en effet certains ont la volonté de limiter leur intrant chimique soit par soucis de leur impact environnemental soit par soucis économique, de plus certains disposent de terres à faible potentiel c'est pourquoi des variétés de blé de pays pourraient correspondre à leur attentes.

2013 était la dernière année de Pays Blé, néanmoins l'étude des blés paysans ne s'arrête pas là pour l'équipe. Deux nouveaux programmes sur le blé tendre sont mis en place pour la récolte 2014 : COBRA et SAFARI. Pour COBRA, l'objectif est de comparer deux stratégies de création de populations diversifiées pour des agriculteurs : (1) une population issues du croisement des plantes de six populations sources (ce type de population issue de croisements est désigné CCP, Composite Cross Population par les scientifiques) et (2) une population dynamique issue des mêmes six populations, c'est-à-dire le mélange des six populations qui évoluent au cours des resemis successifs. Le but est d'observer comment les deux formes de diversité vont permettre une adaptabilité plus ou moins rapide à un terroir. SAFARI cherche à mesurer comment les mélanges évoluent comparés à celui des populations les composant. Les deux programmes vont utiliser les résultats de PaysBlé pour optimiser le protocole de mesures

Concernant Pays Blé, la totalité des données va être traitée l'hiver prochain, ce qui va aboutir à une réunion d'information entre les différents acteurs du projet (Triptolème, les paysans, l'INRA) pour rendre compte des conclusion de l'étude. Cette étude va aussi permettre la publication d'articles scientifiques concernant la méthode de mesures

8. Autres travaux réalisés pendant le stage

Durant mon stage, j'ai pu participer à un autre programme qui s'inscrit dans la continuité du programme Pays Blé, il s'agit du programme COBRA dont une partie est menée par l'INRA de Rennes et l'INRA du MOULON. Le programme est basé sur l'étude d'une augmentation de la diversité au sein d'une population, pour cela des variétés de blés paysans ont été croisés entre eux par CCP, afin de créer un mélange de descendants des croisements de variétés populations. J'ai découvert comment était réalisé une castration de blé et j'ai participé aux pollinisations des blés castrés. Ce fut un travail très intéressant et grâce auquel j'ai pu observer très régulièrement les différents blés présents, ce qui est très enrichissant concernant l'observation des caractères tels que les différences morphologiques, de précocité, de maturité...

Grâce aux agriculteurs participant au programme j'ai pu découvrir un large panel de pratiques agricoles et d'expérimentations paysannes. Par exemple j'ai découvert chez VC le protocole brésilien, il s'agit d'une méthode de sélection et de création variétale à partir de plusieurs variétés. Dans ce cas là, les agriculteurs veulent créer un maïs population (à destination de leurs vaches laitières) adapté à leur ferme (précocité, teneur du grain...) à partir de 14 variétés de maïs. Chez FM nos essais étaient placés dans la même parcelle que sa collection de blé, la visite qu'il nous a faite fut très enrichissante et pleine de découvertes. J'ai pu y voir de nombreuses variétés de blés toutes aussi différentes les unes que les autres. J'ai aussi vu des engrains, des petits épeautres, des grands épeautres, des seigles, des avoines, des orges, des blés poulards, des amidonniers ainsi que des espèces très anciennes telles qu'*Aegilops Caudata* ou *Aegilops Neglecta*. Les variétés proviennent de tous les coins du monde. Concernant les blés tendres une bonne partie est des blés issus de la collection des blés de Redon. Cette visite m'a permis de me rendre compte de la diversité qu'il existe dans les céréales

cultivées, j'ai été très surprise par les différences qu'il peut y avoir entre ces variétés, notamment concernant le blé je ne pensais pas qu'il existait un aussi grand panel de couleur et de formes! De plus le fait de voir des espèces telles que *Aegilops* m'a permis de me rendre compte du travail de sélection que l'homme a réalisé pour obtenir le blé tel que l'on ne connaît aujourd'hui, il fallait être très motivé, optimiste et persévérant pour croire au potentiel de ces petites graminées grêles et au nombre de grain très faible !

Au cours de mon stage il s'est déroulé la « Classe Verte » organisée par l'INRA et la Fondation Sciences Citoyennes dans le cadre du projet ReSoRIV (Reconnaissance Sociale et Réglementaire de l'Innovation Variétale par la sélection participative pour les agricultures biologiques et paysannes). Cette journée avait pour but de réunir les acteurs du monde paysans et les décideurs et institutionnels pour échanger sur le sujet des semences paysannes, j'ai assisté à cette journée où différents aspects des semences paysannes étaient abordés. J'ai aussi aidé à l'organisation de la journée avec l'équipe de l'INRA. Ce fut une journée riche en découvertes.

Bilan personnel

Ce stage de fin d'étude de DUT réalisé à l'INRA du Rheu dans l'équipe « Biodiversité cultivée et recherche participative » de Véronique Chable a été très enrichissant, tant agronomiquement que humainement.

J'ai pu mettre en pratique des compétences acquises à l'IUT, comme la manipulation du logiciel R ou l'identification d'adventices, mais j'ai aussi utilisé des compétences techniques acquises lors de mon stage en exploitation agricole. Ce stage de cinq mois m'a fait gagner en autonomie et en gestion de mon temps de travail. Il m'a permis aussi d'apprendre à organiser mon travail au sein d'un groupe. Grâce à ce stage j'ai pu découvrir le secteur des semences que je ne connaissais que partiellement ; pourtant il me semble évident que tout agronome lié à la production végétale devrait avoir un minimum de connaissance concernant les semences, qui sont la base de toutes cultures. J'ai maintenant assez de connaissances pour prendre du recul sur ce que je vais semer (provenance, mode de sélection...). J'ai aussi découvert d'autres modes d'agriculture que je n'avais pas eu l'occasion de découvrir auparavant : l'agriculture biologique et paysanne. J'ai pu constater qu'il n'y a pas qu'une sorte d'agriculture bio mais autant qu'il existe de paysans! J'ai pu apercevoir un panel de paysans différents allant du petit paysan-boulangier à l'entrepreneur en passant par de nombreux intermédiaires ; le point commun que je leur ai trouvé est leur volonté de tester de nouvelles méthodes, leur curiosité, leur volonté de s'adapter à leur terroir, leur choix d'atteindre l'autonomie et aussi de vouloir partager leurs savoir-faire. De plus ce stage a pu confirmer mes choix d'orientation, il a affirmé ma volonté de me tourner vers des modes de production plus respectueux de la nature et des alternatives associant productivité et agriculture durable. Ce stage à l'INRA m'a montré le monde de la recherche : les programmes, les protocoles, les conférences, les publications, les recherches de budgets... Je sais maintenant comment fonctionne la recherche en France.

Bibliographie

- Agropolis. (n.d.). Retrieved August 02, 2013, from <http://m.agropolis.fr/agronomie-exemple>
- Ali Brac de la Perrière, R., de Kochko, P., Neubaueur, C., & Storup, B. (2011). *Visions paysannes de la recherche dans le contexte de la sélection participative* (Emergence.).
- Anonyme, (2009). *Farm Seed Opportunities - Sélection conservatrice, amélioration génétique et production des semences*.
- Arvalis institut du végétal. (n.d.). Retrieved May 30, 2013, from www.arvalis-infos.fr
- Bioveg, A. (2010). XIIèmes Journées Scientifiques des chercheurs du réseau Livret des Résumés Université des Sciences Agronomiques et Vétérinaires de Cluj-Napoca (Roumanie) AUF BIOVEG | XIIèmes Journées Scientifiques du réseau de chercheurs 1 Université des Sciences Agro. *Sciences- New York*.
- Bonjean, A. (1994). Histoire de la culture des céréales et en particulier de celle du blé tendre (*Triticum aestivum L.*), 29–37.
- Bonjean, A., & Picard, E. (1990). *Les céréales à paille - Origine, histoire, économie, sélection* (Softword.).
- Bonneuil, C., & Frédéric, T. (2012). *Semences□: une histoire politique* (Charles Lé.).
- Ceccarelli, S. (1994). Specific adaptation and breeding for marginal conditions. *Eucophytica*, 77.
- Charles, M. (2010). *Évolution des génomes du blé (genres *Aegilops* et *Triticum*) au sein des Poaceae*.
- Cornillon, P.-A., Guyader, A., Husson, F., Jégou, N., Josse, J., Kloareg, M., ... Rouvière, L. (2010). *Statistiques avec R* (PUR., p. 274).
- Demeulenaere, É., & Bonneuil, C. (2010). Cultiver la biodiversité□: Semences et identité paysanne.
- Demeulenaere, E., Goldringer, I., Zaharia, H., Mercier, F., Bonneuil, C., Ronot, B., ... Koenig, J. (2008). *Voyage autour des blés paysans* (Réseau Sem.).
- Desclaux, D., Chiffolleau, Y., & Nolot, J. . (2009). Pluralité des agricultures biologiques□: Enjeux pour la construction des marchés, le choix des variétés et les schémas d'amélioration des plantes. *Innovation Agronomiques*, 297–306.
- FAOSTAT. (n.d.). Retrieved June 04, 2013, from <http://faostat.fao.org>
- Félix, I., Philippe, B., & Jézéquel, S. (2006). *Breeding in different environments to suit the need of each farmer*.
- Finckh, M. R. (2008). Integration of breeding and technology into diversification strategies for disease control in modern agriculture. *European Journal of PLant Pathology*, 121.
- FranceAgrimer. (n.d.). Retrieved May 12, 2013, from www.franceagrimer.fr/filiere-grandes-cultures/Cereales

- GEVES, Expertise Variétés et Semences. (n.d.). Retrieved May 09, 2013, from www.geves.fr
- Gnis pédagogie. (n.d.). Retrieved May 15, 2013, from www.gnis-pedagogie.org/
- Groupement National interprofessionnel des semences et des plants. (n.d.). Retrieved May 15, 2013, from www.gnis.fr
- INRA. (n.d.). Retrieved April 10, 2013, from www.inra.fr
- INRA Rennes. (n.d.). Retrieved April 10, 2013, from www6.rennes.inra.fr
- Kastler, G. (2003). Les systèmes de recherche et développement et l'innovation L'exemple des semences. *Dossier de l'environnement n°30*, 153–155.
- Kastler, G., & Collin, C. (2009). Réglementation semence, 1–16.
- La France Agricole. (n.d.). Retrieved May 22, 2013, from www.lafranceagricole.fr
- La Meunerie Française. (n.d.). Retrieved June 05, 2013, from www.meuneriefrancaise.com
- Mercier, F., & Pireyre, C. (2011). *Des blés bio... diversité!* (CAB.).
- Meynard, J.-M., & Girardin, P. (1991). Produire autrement. *Le courrier de l'environnement de l'INRA*, 15.
- Meynard, J.-M., & Jeuffroy, M.-H. (2003). Quel progrès génétique pour une agriculture. *Dossier de l'environnement n°30*, 15–25.
- Museum agropolis. (n.d.). Retrieved May 17, 2013, from www.museum.agropolis.fr
- Newton, A. ., Akar, T., Baresel, J. ., Bebeli, P. ., Bettencourt, E., K.V, B., ... VAZ Patto, M. . (2010). Review article Cereal landraces for sustainable agriculture . A review, 30
- Peng, J., Sun, D., & Nevo, E. (2011). Domestication evolution, genetics and genomics in wheat. *Molecular Breeding*.
- RSP. (n.d.). Retrieved April 18, 2013, from www.semencespaysannes.org
- Serpolay, E. (2012). Pays blé, Rapport final.
- Serpolay, E., Dawson, J. C., Chable, V., Bueren, E. L., Osman, A., Pino, S., ... Goldringer, I. (2011). Diversity of different farmer and modern wheat varieties cultivated in contrasting organic farming conditions in western Europe and implications for European seed and variety legislation. *Organic Agriculture*, 1(3), 127–145.
- SOLIBAM. (n.d.). Retrieved April 19, 2013, from www.solibam.eu
- Strategies for organic and low impunt breeding and management. (n.d.). Retrieved April 19, 2013, from www.solibam.eu
- Thomas, M. (2011). *Gestion dynamique à la ferme de l' agrobiodiversité* : relation entre la structure des populations de blé tendre et les pratiques humaines.
- Wolfe, M. S. (2000). Crop strength through diversity. *Nature*, 406(6797), 681–2.

Table des annexes

Annexe 1 : Collecte des données de Pays Blé.....	39
Annexe 2 : Script R pour les Hauteurs du blé au stade deux nœuds.....	40
Annexe 3 : Résultats des ANOVAS pour l'analyse des hauteurs au stade deux nœuds.....	42
Annexe 4 : Résultats des ANOVAS pour l'analyse des biomasses au stade deux nœuds.....	43
Annexe 5 : Résultats des ANOVAS pour l'analyse des hauteurs au stade maturité.....	44
Annexe 6 : Annexe 4 : Résultats des ANOVAS pour l'analyse des biomasses au stade maturité.....	45
Annexe 7 : Planche photos.....	46
Annexe 8 : Collection de blé chez FM.....	48

Annexe 1 : Collecte des données de Pays Blé

Stade du blé	Observations et prélèvements terrain	Protocole pour chaque répétition de chaque variété dans chaque environnement (= une bande de blé)	Caractérisation du blé	Caractérisation de l'environnement
Levée	Densité des plantes en sortie d'hiver	Comptage des plantes	X	
Plein tallage	Couverture du blé, des adventices et du sol	% dans 3 cadres de 25 x 30 par bande	X	
	Adventices	Comptage et détermination des plantules	X	X
	Vers de terre	Prélèvement (protocole de l'OPVT)		X
Stade 2 nœuds	Biomasse blé	Prélèvement de la biomasse aérienne du blé	X	
	Couverture du blé, des adventices et du sol	% dans 3 cadres de 1/4m ² par bande	X	
	Hauteur des plantes	Mesure de la hauteur	X	
	Mycorhizes	Tests sur tous les essais et variétés	X	X
	Analyses de terre classique et activité biologique du sol	Echantillonnage du sol au printemps : échantillons à faire et à envoyer à 2 labo différents (Combourg et LAMS) Un échantillon supplémentaire à analyser en BEV		X
	Profondeur du sol.	Forage à la tarière jusqu'à atteindre la roche mère (équipe INRA)		X
	Passé de la parcelle	Enquête paysan		X
Maturité	Couverture du blé	% dans 3 cadres de 1/4m ² par bande	X	
	Couverture des adventices et du sol	% dans 3 cadres de 1/4m ² par bande	X	
	Biomasse des adventices	Détermination et % de couverture de chaque espèce d'adventice puis prélèvement de la biomasse aérienne	X	
	Biomasse blé	Prélèvement de la biomasse aérienne du blé (séparation biomasse grain/biomasse paille)	X	
	Hauteur des plantes	Mesure de la hauteur	X	
	Verse	Une note de 0 à 5 par bande	X	
	Aspect sanitaire	Une note de 0 à 5 par bande	X	
Post-Récolte au labo	Composantes du rendement	Comptages et observations : nombre d'épillets, longueur de l'épi, nombre de grains/épi, couleur de l'épi		

#Suppression commande

```
rm(list=ls())
```

#Ouverture fichier

```
done<-read.table("C:/Documentsandsettings/sad03/Mesdocuments/hauteur.csv", header=TRUE, sep=";", dec=".")
```

#Définition des facteurs

```
summary(done)
done$agri<-as.factor(done$agri)
done$annee<-as.factor(done$annee)
done$essai<-as.factor(done$essai)
done$variete<-as.factor(done$variete)
done$rep<-as.factor(done$rep)
done$haut_2n<-as.numeric(done$haut_2n)
summary(done)
done$haut_2n
```

#Statistiques de base

```
tapply(done$haut_2n, done$variete, mean, na.rm=TRUE)
tapply(done$haut_2n, done$variete, sd, na.rm=TRUE)
tapply(done$haut_2n, done$variete, min, na.rm=TRUE)
tapply(done$haut_2n, done$variete, max, na.rm=TRUE)
```

#Distribution des données

```
hist(done$haut_2n,breaks=20, main="Distribution des données", xlab="Hauteur (en cm)")
```

#Représentation des données

```
boxplot(haut_2n~annee, data=done)
boxplot(haut_2n~agri, data=done)
boxplot(haut_2n~rep, data=done)
boxplot(haut_2n~variete, data=done)
```

#ANOVA

```
reg.aov1<-lm(haut_2n~variete, data=done)
anova(reg.aov1)
```

```
reg.avo2<-lm(haut_2n~agri, data=done)
anova(reg.avo2)
```

```
reg.avo3<-lm(haut_2n~rep, data=done)
anova(reg.avo3)
```

```
reg.avo4<-lm(haut_2n~annee, data=done)
anova(reg.avo4)
```

#Analyse des résidus

```
residus=rstudent(reg.aov1)
par(mfrow=c(2,2))
plot(reg.aov1, which=1:4)
```

```
residus=rstudent(reg.avo2)
par(mfrow=c(2,2))
plot(reg.avo2, which=1:4)
```

```
residus=rstudent(reg.avo3)
par(mfrow=c(2,2))
plot(reg.avo3,which=1:4)
```

```
residus=rstudent(reg.avo4)
par(mfrow=c(2,2))
plot(reg.avo4,which=1:4)
```

```
#Vérification des graphiques (si doute dans l'analyse des résidus)
shapiro.test(reg.aov1$residuals)
bartlett.test(haut_2n~agri,data=done)
```

Annexe 3 : Résultats des ANOVAS pour l'analyse des hauteurs au stade deux nœuds

```
> reg.avo1<-lm(haut_2n~variete,data=done)
> anova(reg.avo1)
Analysis of Variance Table

Response: haut_2n
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
variete  2  19915  9957.4   71.249 < 2.2e-16 ***
Residuals 1797 251138   139.8
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

> reg.avo2<-lm(haut_2n~agri, data=done)
> anova(reg.avo2)
Analysis of Variance Table

Response: haut_2n
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
agri    6  38177  6362.9   48.99 < 2.2e-16 ***
Residuals 1793 232876   129.9
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

> reg.avo3<-lm(haut_2n~rep, data=done)
> anova(reg.avo3)
Analysis of Variance Table

Response: haut_2n
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
rep     1    16  15.914  0.1056 0.7453
Residuals 1798 271037  150.744
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

> reg.avo4<-lm(haut_2n~annee, data=done)
> anova(reg.avo4)
Analysis of Variance Table

Response: haut_2n
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
annee   2  43892 21945.8  173.61 < 2.2e-16 ***
Residuals 1797 227162   126.4
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Annexe 4 : Résultats des ANOVAS pour l'analyse des biomasses au stade deux nœuds

```

> reg.avo1<-lm(biom_ble_2n~variete,data=done)
> anova(reg.avo1)
Analysis of Variance Table

Response: biom_ble_2n
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
variete  2  11769   5884.4   6.0362 0.002784 **
Residuals 231 225192    974.9
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> reg.avo2<-lm(biom_ble_2n~annee, data=done)
> anova(reg.avo2)
Analysis of Variance Table

Response: biom_ble_2n
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
annee   2  86295   43148  66.153 < 2.2e-16 ***
Residuals 231 150666    652
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> reg.avo3<-lm(biom_ble_2n~rep, data=done)
> anova(reg.avo3)
Analysis of Variance Table

Response: biom_ble_2n
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
rep     1   2564   2564.3   2.538 0.1125
Residuals 232 234397  1010.3
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> reg.avo4<-lm(biom_ble_2n~cadre, data=done)
> anova(reg.avo4)
Analysis of Variance Table

Response: biom_ble_2n
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
cadre   2   9805   4902.5   4.9855 0.00759 **
Residuals 231 227156    983.4
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> reg.avo5<-lm(biom_ble_2n~agri, data=done)
> anova(reg.avo5)
Analysis of Variance Table

Response: biom_ble_2n
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
agri    8  79799   9974.9  14.28 < 2.2e-16 ***
Residuals 225 157162    698.5
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> |

```

Annexe 5 : Résultats des ANOVAS pour l'analyse des hauteurs au stade maturité

```

> reg.avo1<-lm(haut_tot_mat~variete,data=done)
> anova(reg.avo1)
Analysis of Variance Table

Response: haut_tot_mat
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
variete  2 826481  413241  838.94 < 2.2e-16 ***
Residuals 1917 944265    493
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

> reg.avo2<-lm(haut_tot_mat~agri, data=done)
> anova(reg.avo2)
Analysis of Variance Table

Response: haut_tot_mat
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
agri    7  464278   66325  97.066 < 2.2e-16 ***
Residuals 1912 1306469    683
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

> reg.avo3<-lm(haut_tot_mat~rep, data=done)
> anova(reg.avo3)
Analysis of Variance Table

Response: haut_tot_mat
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
rep     1    202   202.09  0.2189 0.6399
Residuals 1918 1770544   923.12
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

> reg.avo4<-lm(haut_tot_mat~annee, data=done)
> anova(reg.avo4)
Analysis of Variance Table

Response: haut_tot_mat
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
annee   2  33698 16849.0  18.595 1.004e-08 ***
Residuals 1917 1737048   906.1
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> |

```

Annexe 6 : Annexe 4 : Résultats des ANOVAS pour l'analyse des biomasses au stade maturité

```

> reg.aov1<-lm(biom_tot_mat~variete,data=done)
> anova(reg.aov1)
Analysis of Variance Table

Response: biom_tot_mat
          Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
variete    2  126429    63215   7.9135 0.0004528 ***
Residuals 283 2260656     7988
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> reg.avo2<-lm(biom_tot_mat~annee, data=done)
> anova(reg.avo2)
Analysis of Variance Table

Response: biom_tot_mat
          Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
annee      2  288950  144475  19.487 1.178e-08 ***
Residuals 283 2098135     7414
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> reg.avo3<-lm(biom_tot_mat~rep, data=done)
> anova(reg.avo3)
Analysis of Variance Table

Response: biom_tot_mat
          Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
rep        1    298    298.0  0.0355 0.8508
Residuals 284 2386787  8404.2
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> reg.avo4<-lm(biom_tot_mat~cadre, data=done)
> anova(reg.avo4)
Analysis of Variance Table

Response: biom_tot_mat
          Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
cadre      2    3183   1591.7   0.189 0.8279
Residuals 283 2383901  8423.7
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> reg.avo5<-lm(biom_tot_mat~agri, data=done)
> anova(reg.avo5)
Analysis of Variance Table

Response: biom_tot_mat
          Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
agri       8 1747312  218414  94.566 < 2.2e-16 ***
Residuals 277  639772    2310
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> |

```

Annexe 7 : Planche photos



Mesure des hauteurs au stade maturité



Essai chez GS, tallage, (Sixt, Dyn, Renan)



Essai chez GS, pré-maturité, (Dyn, Renan, Sixt)



Essai chez VC, tallage, (Renan, Sixt, Dyn)



Essai chez VC, maturité, (Renan, Sixt, Dyn)



Essai chez JB, pré-maturité, (Sixt, Renan, Dyn)

Annexe 8 : Collection de blé chez FM



Blé poulard



Blé hérisson antique



Blé tendre issu du croisement du 'Petit rouge du Morvan' et du 'Mottin'

RESUME

Le rapport est composé de six parties principales : la présentation du contexte de l'étude, la synthèse bibliographique, le matériel et méthodes, les résultats, la discussion et pour finir la conclusion et les perspectives.

L'étude est menée sur trois variétés de blé tendre présentant un gradient de diversité génétique. Deux des variétés testées sont des variétés paysannes sélectionnées et cultivées à la ferme par des paysans. Dans ce rapport il a été choisi d'étudier deux caractères : la hauteur et la biomasse du blé, au stade deux nœuds et à maturité, dans le but de comparer les variétés entre elles mais aussi d'établir si les prélèvements de ces données sont justifiés. Ces mesures ont été choisies pour juger la capacité des variétés à prendre le dessus sur les adventices.

Ce qui caractérise ce programme est le fait qu'il est mené en recherche participative, à la ferme et en agriculture biologique. Les trois variétés ont été cultivées pendant trois ans chez six agriculteurs. Les données sont prélevées suivant un protocole puis sont analysées statistiquement avec le logiciel R.

Les analyses ont montrées que les blés paysans (la Population Dynamique et le blé Sixt/Aff) sont plus hauts et produisent plus de biomasse que le blé Renan. Intérêt paille... verse ?

Les résultats obtenus confirment les présupposés, et le protocole va pouvoir être réduit...

Mots-clés : blé tendre, variétés paysannes, recherche participative, hauteur, biomasse

ABSTRACT

This report is composed in six parts: the presentation of the context, the literature review, material and methods, results, discussion and conclusion and perspectives.

The study is based on three varieties of bread wheat which have different level of genetic diversity. Two of them are landraces breed and grown on the farm by farmers. In this report we are going to study the height and the biomass "au stade deux noeuds" and "a maturité" in order to compare varieties and know if the measures are righteous.

Tests showed that landraces are higher than the modern wheat.

Results confirm

Keywords : bread wheat, landraces, participatory research, height, biomass