HAL
open science

Développement d'un réseau régional de sélection participative pour expérimenter et promouvoir le maïs " population " en Bretagne

Emma Forst

To cite this version:

Emma Forst. Développement d'un réseau régional de sélection participative pour expérimenter et promouvoir le maïs " population " en Bretagne. 2013, 109 p. hal-01210076

HAL Id: hal-01210076

https://hal.science/hal-01210076

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.

Groupe ESA
55 rue Rabelais – BP 748
49007 ANGERS
02.41.23.55.55

Véronique Chable
UR SAD-Paysage
Centre INRA de Rennes
02.23.48.70.49

Développement d'un réseau régional de sélection participative pour expérimenter et promouvoir le maïs « population » en Bretagne

Emma Forst
Promotion 2009

STAGE RECHERCHE ET INNOVATION – SEPTEMBRE 2013

MOTS-CLEFS : Sélection participative, variétés population, maïs

Maïs Weber und Bleiholder, 1990; Lancashire et al., 1991

Échelle BBCH des stades phénologiques du maïs
(*Zea mays* L.)

Code	Définition
Stade principal 0: germination, levée	
00	semence sèche (caryopse sec)
01	début de l'imbibition de la graine
03	imbibition complète
05	la radicule sort de la graine
06	élongation de la radicule, apparition de poils absorbants et développement des racines secondaires
07	le coléoptile sort de la graine
09	levée: le coléoptile perce la surface du sol
Stade principal 1: développement des feuilles[1, 2]	
10	la première feuille sort du coléoptile
11	première feuille étalée
12	2 feuilles étalées
13	3 feuilles étalées
1 .	et ainsi de suite ...
19	9 ou davantage de feuilles étalées
Stade principal 3: élongation de la tige principale[3]	
30	début de l'élongation de la tige principale
31	le premier nœud est discernable
32	2 nœuds sont discernables
33	3 nœuds sont discernables
3 .	et ainsi de suite ...
39	9 ou davantage de nœuds sont discernables
Stade principal 5: sortie de l'inflorescence ou épiaison	
51	l'inflorescence terminale (panicule M) commence à sortir, elle est discernable à l'extrémité de la tige principale
53	extrémité de la panicule terminale visible
55	50% de la panicule terminale visible, les rameaux de la panicule commencent à s'écarter
59	la panicule terminale est complètement sortie et les rameaux de la panicule sont étalés

[1] Une feuille est étalée si sa ligule est visible ou si l'extrémité de la prochaine feuille est visible

[2] Le tallage ou l'élongation de la tige principale peut intervenir avant le stade 19, dans ce cas continuez avec le stade de développement principal 3

[3] Pour le maïs l'inflorescence terminale peut apparaître avant le stade 39, dans ce cas continuez avec le stade de développement principal 5

Maïs Weber und Bleiholder, 1990; Lancashire et al., 1991

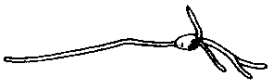
Échelle BBCH des stades phénologiques du maïs

Code	Définition
Stade principal 6: floraison, anthèse	
61	M: étamines visibles au milieu de la panicule, F: extrémité de l'épi sort de la gaine
63	M: début de l'émission du pollen, F: extrémité des stigmates visibles
65	M: partie supérieure et inférieure de la panicule en fleurs, F: stigmates à maturité
67	M: la floraison s'achève, F: les stigmates se dessèchent
69	fin floraison, les stigmates sont complètement desséchés
Stade principal 7: développement des graines	
71	début du développement des graines, stade aqueux des graines, environ 16% de matière sèche
73	début du stade laiteux
75	les graines au milieu de l'épi sont jaunâtres, le contenu est laiteux, environ 40% de matière sèche
79	presque toutes les graines ont atteint leur taille finale
Stade principal 8: maturation des graines	
83	début du stade pâteux: contenu des graines tendre, environ 45% de matière sèche
85	stade pâteux: graines jaunâtres à jaunes, environ 55% de matière sèche
87	maturité physiologique: à la base des graines un point noir est visible, environ 60% de matière sèche
89	maturité complète: les graines sont dures et brillantes, environ 65% matière sèche
Stade principal 9: sénescence	
97	la plante meurt et s'affaisse
99	produit après récolte

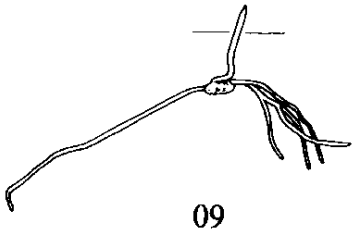
Maïs

00

05

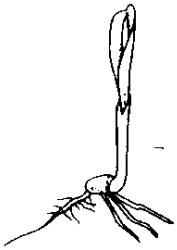


07

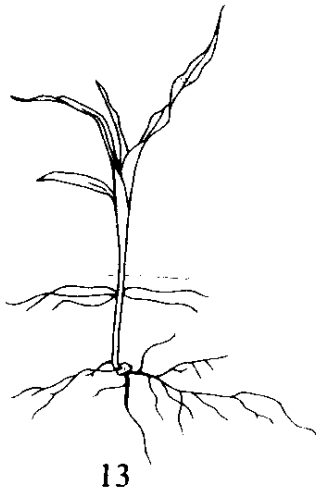


09

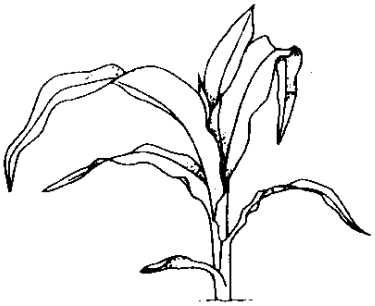
10



11



13



15

17/32

34

53

© 1989: BASF SA

Maïs

63 69

79 89

Groupe ESA
55 rue Rabelais – BP 748
49007 ANGERS
02.41.23.55.55

Véronique Chable
UR SAD-Paysage
Centre INRA de Rennes
02.23.48.70.49

Développement d'un réseau régional de sélection participative pour expérimenter et promouvoir le maïs « population » en Bretagne

Emma Forst
Promotion 2009

STAGE RECHERCHE ET INNOVATION – SEPTEMBRE 2013

MOTS-CLEFS : Sélection participative, variétés population, maïs

AUTEUR : Emma Forst

Promotion : 2009

Signalement du rapport : Développement d'un réseau régional de sélection participative pour expérimenter et promouvoir le maïs « population » en Bretagne. (35p)

Mots-clés : Sélection participative, variétés population, maïs

PLAN	**RÉSUMÉ D'AUTEUR**
INDICATIF	Le présent rapport vise à analyser l'organisation de l'expérimentation du projet Maïs Pop, projet de sélection participative de maïs population en Bretagne.
BUTS DE L'ETUDE	Il a pour objectif de caractériser les variétés population à travers l'acquisition des données sur un réseau d'essais à la ferme, afin de réaliser un référentiel des caractéristiques de ces variétés dans un contexte breton. Dans le même temps, l'analyse des données se concentre sur l'étude de la variabilité du taux de protéines, en lien avec l'analyse de différents facteurs environnementaux qui peuvent réduire le taux de protéines.
METHODES & TECHNIQUES	Un réseau d'essais a été mis en place ainsi que la construction d'un dispositif expérimental pour la collecte des données. L'analyse des données consiste en une étude qualitative des données par l'observation graphique dans un premier temps, et la comparaison avec un tableau descriptif des environnements.
RESULTATS	Pour la plupart des variables considérées, il est possible de caractériser les variétés. L'étude de la variabilité des teneurs en protéines est plus difficile car plusieurs facteurs environnementaux varient en même temps, ce qui empêche d'isoler leurs effets.
CONCLUSIONS	Les variétés population étudiées dans ce réseau d'essais obtiennent des valeurs comparables aux hybrides et des teneurs en protéines supérieures. Cette différence est moins nette sur les valeurs de MAT. Il est important de maintenir une dynamique de groupe pour l'organisation du réseau afin de prévenir l'obtention de données manquantes.

AUTEUR : Emma Forst

Promotion : 2009

Title of the study : Development of a local participative plant breeding network in order to experiment and promote populations of maize in Brittany. (35p)

Key words : Participative plant breeding, population, maize

PLAN	**ABSTRACT**
OBJECTIVES	This study pretends to analyze the organization of the Maïs Pop project, a participative plant breeding project in Brittany It aims to characterize the populations based on the data obtained with the in-farm experiment, in order to realize a reference document on these populations' characteristics in a Breton context. At the same time, it focuses on the study of the protein content variability, related to the environmental factors which may reduce the protein content of the populations.
MATERIAL& METHODES	An in-farm trials network and an experimental design have been set up to collect data. The data analysis consists of a quantitative study based on the observation of graphics first, and then it includes a comparison of the descriptive environment table.
RESULTS	It is possible to characterize the populations regarding the most of the variables. However, the study of protein content variability is more complicated since several factors are varying at the same time, which restrains the isolation of their individual effect.
CONCLUSIONS	The populations studied though this on-farm experiment network obtain comparable results with the hybrids' ones and better protein contents. This difference is less significant considering the MAT values. It should be noticed the key role of the farmers dynamics group in the organization of the network and to prevent missing data..

Remerciements

Je tiens à remercier toute l'équipe de la « Quarantaine de pommes de terre » de l'INRA du Rheu pour son très bon accueil. J'ai beaucoup appris aux côtés de Véronique, non seulement sur la sélection participative, mais aussi sur des concepts plus philosophiques comme la conception du vivant.

Je remercie aussi Estelle qui a pris le temps de répondre à mes questions pendant l'hiver, Elise pour ses conseils précieux sur la rédaction de ce présent rapport et toutes les deux pour m'avoir montré leurs essais sur le blé.

Merci à Lucie et à toute l'équipe de stagiaires (Gayanhé, Emmanuel, Benjamin, Marie, Julia, David) qui sont venus en renfort pendant l'été et pour la bonne ambiance qui a régné dans les bureaux.

Sans oublier Stéphanie et sa thèse qui ne fait que commencer, ainsi qu'Aurélie qui prend la relève pendant l'hiver.

Et merci à tous pour avoir apporté tant de délicieux desserts.

Sommaire

Remerciements

Sommaire

Sigles et abréviations

Introduction **1**

I. Contextualisation et élaboration de la problématique **2**

1. Présentation générale du projet Maïs Pop *2*

2. Contexte et enjeux du projet Maïs Pop *3*

3. L'état de l'art *5*

4. La question de recherche et les hypothèses *15*

II. Méthodologie **16**

1. Présentation de Maïs Pop *16*

2. Elaboration de la démarche *19*

3. Description du dispositif expérimental *21*

III. Expérimentation et analyse des résultats **24**

1. Réalisation des essais *24*

2. Analyse des résultats *24*

IV. Discussion et perspectives **30**

1. Discussion des résultats *30*

2. Propositions pour 2013 *33*

3. Perspectives *34*

Conclusion **35**

Bibliographie

Table des figures

Table des tableaux

Table des annexes

Sigles et abréviations

Adage : Agriculture Durable par l'Autonomie, la Gestion et l'Environnement

ASOCSC : Appropriation SOciale des SCiences

Bio : biologique

CASDAR : Compte d'Affectation Spéciale pour le Développement Agricole et Rural

CDB : Convention sur la Diversité Biologique

CIMMYT : Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y del Trigo

COV : Contribution volontaire obligatoire

COV : Certificat d'Obtention Végétale

CTPS : Comité Technique Permanent de la Sélection

°C : degré-Celsius

DHS : Distinction, Homogénéité, Stabilité

FAO : Food and Agriculture Organization

FRAB : Fédération régionale des agriculteurs biologiques

FSO : Farm Seed Opportunities

g, kg : gramme, kilogramme

GAB : Groupement des agriculteurs biologiques

GIE : Groupement d'Intérêt Economique

ha : hectare

IBB : Inter Bio Bretagne

INRA : Institut National de Recherche Agronomique

m, m^2 : mètre, mètre carré

MAT : Matières Azotées Totales

MS : matière sèche

OGM : Organisme Génétiquement Modifié

PDIE : protéines vraies réellement digestibles dans l'intestin permises par l'énergie

PDIN : protéines vraies réellement digestibles dans l'intestin permises par l'azote

RSP : Réseau Semences Paysannes

SAD : Sciences pour l'Action et le Développement

SAU : Surface Agricole Utile

SOLIBAM : Strategies for Organic and Low-input Integrated Breeding and Management

TIRPAA : Traité International sur la Ressources Phytogénétiques pour l'Agriculture et l'Alimentation

UFL : unité fourragère lait

UPOV : Union internationale pour la Protection des Obtentions Végétales

UR : Unité de Recherche

VAT : Valeur Agronomique et Technologique

Introduction

Le maïs est une culture très ancienne, les meilleurs plantes et épis ont toujours été l'objet d'une sélection pour obtenir une récolte et des semences qui répondent aux objectifs et besoins des agriculteurs. Cependant, suite à la séparation des fonctions de sélection et de production végétales dans un contexte productiviste d'après-guerre, la culture de maïs s'est intensifiée et homogénéisée, cette espèce est aujourd'hui associée à l'agriculture intensive et aux organismes génétiquement modifiés.

Alors que les agriculteurs biologiques sont maintenant obligés d'utiliser des semences biologiques pour semer leurs cultures de maïs, ceux-ci sont confrontés à un manque de semences adaptées à leurs besoins spécifiques. Ils sont de plus en plus nombreux à se tourner vers les semences paysannes issues de variétés population, ces variétés sont hétérogènes ce qui leur procure une capacité d'adaptation à une diversité d'environnement.

C'est dans ce contexte que le projet Maïs Pop a été créé. Il rassemble différents acteurs tels que des chercheurs de l'INRA, des paysans, techniciens et animateurs d'associations régionales et départementales d'agriculteurs biologiques de Bretagne. Il se déroule sur deux ans avec pour objectif d'expérimenter et promouvoir le maïs population en Bretagne.

Le projet doit permettre de caractériser les variétés expérimentées, d'étudier la variabilité du taux de protéines et de formuler des propositions d'amélioration de l'organisation de l'expérimentation.

Ainsi, après avoir présenté le contexte et les enjeux du projet, une synthèse bibliographique sera réalisée pour éclairer les questions traitées et formuler des hypothèses pour y répondre. Ensuite, une méthodologie comprenant un dispositif expérimental sera définie pour obtenir et analyser les résultats. Enfin, les résultats obtenus seront présentés et feront ensuite l'objet d'une discussion avant de conclure sur la réponse à la problématique.

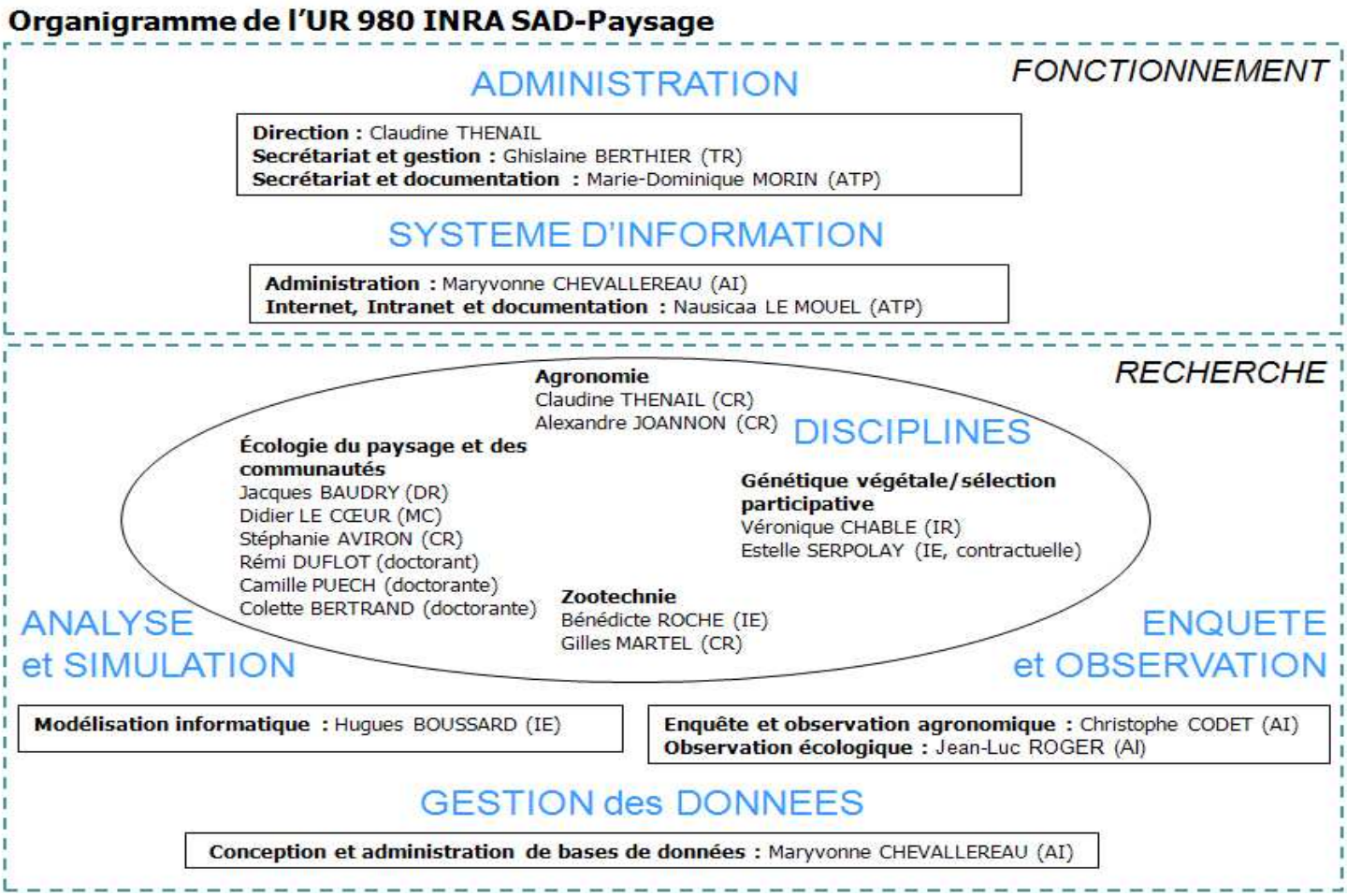


Figure 1 : **L'organigramme de l'unité SAD-Paysage au 05/02/2013**

Source : (INRA, 2013)

Légende :

- AI : Assistant(e) Ingénieur
- ATP : Adjoint(e) Technique Permanant(e)
- CR : Chargé(e) de Recherche
- DR : Directeur(trice) de Recherche
- IE : Ingénieur d'Etude
- IR : Ingénieur de Recherche
- MC : Maître de Conférences
- TR : Technicien(ne) de Recherche

I. Contextualisation et élaboration de la problématique

Afin de bien comprendre la problématique de ce travail, il convient de la replacer dans son contexte. Ainsi, après avoir présenté le projet Maïs Pop et ses enjeux, une synthèse bibliographique permettra d'expliquer les concepts clefs et de présenter l'état des connaissances sur le sujet, il sera alors possible de formuler la problématique à laquelle ce rapport prétend répondre et les hypothèses qui lui sont associées.

1. Présentation générale du projet Maïs Pop

L'INRA SAD – Paysage (INRA, 2013)

L'INRA SAD-Paysage est une unité de recherche de l'INRA de Rennes, elle a pour vocation d'étudier le paysage comme un « produit et support » des activités humaines et notamment agricoles, et comme un « levier d'action pour la gestion des ressources en biodiversité ».
L'unité SAD-Paysage travaille sur le territoire Breton, qui présente à la fois un paysage avec une dimension culturelle importante, une diversité de systèmes agricoles (d'industriels à biologiques) et des dynamiques de gestion du territoire variées qui influent sur la structure des exploitations agricoles et des paysages.

Le SAD-Paysage est composé d'une équipe d'écologues, d'agronomes, de zootechniciens et de modélisateurs, dont l'organigramme hiérarchique est représenté ci-contre en Figure 1.

Le groupe Recherche participative et biodiversité cultivée, animé par Véronique Chable, ingénieur de recherche, prend en compte la démarche de sélection participative depuis 2005. En effet, le département est engagé en recherche participative pour les agricultures biologiques et paysannes, et concourt ainsi au développement de la recherche action ainsi qu'au maintien et à la promotion de la **biodiversité cultivée**.

Les objectifs de Maïs Pop

Maïs Pop est un projet de **recherche participative** porté par les chercheurs de l'INRA SAD-Paysage et par des techniciens, animateurs et paysans d'associations régionales et départementales d'agriculteurs biologiques de Bretagne. Il vise à **développer un réseau régional de sélection participative pour expérimenter et promouvoir la diversité du maïs «population» en Bretagne**.

Une variété de maïs population est une variété de maïs sélectionnée par les paysans dont les individus se croisent à chaque génération, à la manière d'un troupeau animal. Elle est moins uniforme que les variétés hybrides du commerce ce qui lui confère une moindre sensibilité aux maladies et une capacité d'adaptation (Murphy, 2007). Les paysans de Bretagne qui commencent aujourd'hui à cultiver ces variétés de maïs population doivent pour l'instant utiliser des semences en provenance du Périgord, Maïs Pop leur permettra donc de bénéficier de variétés adaptées à la Bretagne. Ce projet consiste donc en la réalisation d'**essais de maïs population** par des paysans des quatre départements bretons, en 2012 et 2013, afin de découvrir la sélection participative, de fournir des éléments descriptifs par variété dans un contexte breton et d'améliorer les variétés pour essaimer.

Par ailleurs, dans le Périgord, région pionnière en la matière, les maïs population présentent des taux de protéines supérieurs à ceux des variétés hybrides (Bio d'Aquitaine, 2011). Si cet avantage est conservé en Bretagne, le maïs population pourrait présenter un réel intérêt en alimentation animale. Il s'agira donc d'étudier en priorité le **taux de protéines** des maïs population dans un contexte breton.

L'INRA SAD-Paysage apporte un appui scientifique pour la partie expérimentation du projet notamment à travers ce présent rapport qui **analyse les résultats de l'année 2012**, il a pour objectifs de constituer un **référentiel des caractéristiques des variétés pour la Bretagne**, de déterminer les facteurs de variation qui agissent sur le **taux de protéines** du maïs population, et d'améliorer l'**organisation** de l'expérimentation.

2. Contexte et enjeux du projet Maïs Pop

Le maïs en Bretagne

Le maïs est une des cultures les plus importantes en France, elle occupe la deuxième place en termes de surfaces cultivées, derrière le blé tendre avec 1596 milliers d'hectares en 2011 (4990 milliers d'hectares pour le blé tendre) (Agreste, 2011).

La Bretagne compte 8% des surfaces françaises de maïs grain et 22% de maïs fourrage, ce qui représente respectivement 7% et 22% de la production française (Agreste, 2013). La Bretagne

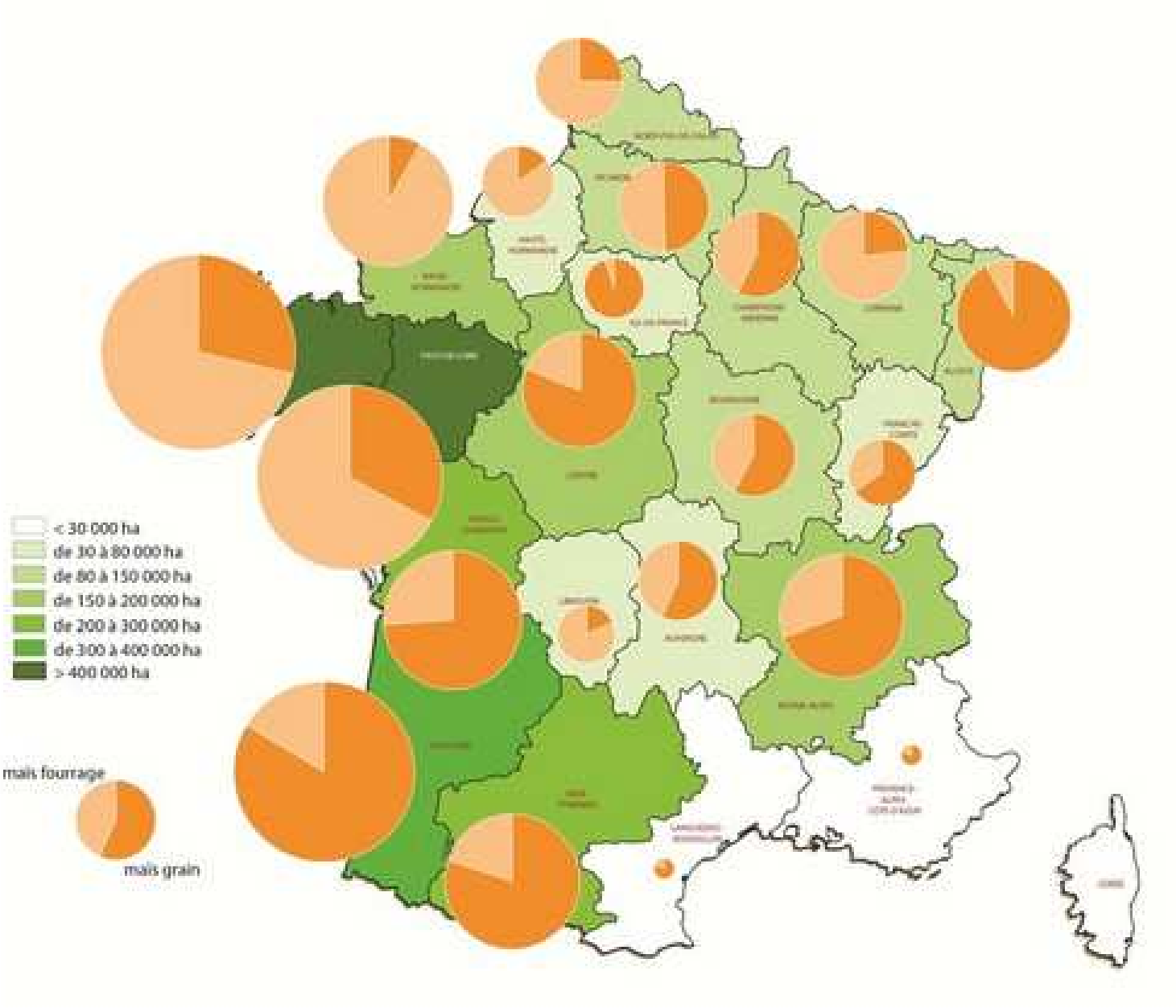


Figure 2 : Représentation géographique de la production française de maïs grain et de maïs fourrage

Source : (AGPM, 2013)

est la **première région productrice de maïs** avec 15% des surfaces françaises (AGPM, 2013). Elle présente une large prédominance du **maïs fourrage** par rapport au maïs grain. La carte ci-contre (Figure 2) représente la répartition de la production française de maïs grain et de maïs fourrage.

Le maïs fourrage est principalement destiné à l'alimentation des troupeaux laitiers, alors que le maïs grain est surtout utilisé pour l'alimentation des porcs et volailles (AGPM, 2013). Les bovins et les monogastriques valorisant différemment les aliments, les caractéristiques recherchées sont donc distinctes : une alimentation riche en protéines est recherchée en priorité pour les bovins, alors que les monogastriques ont des besoins spécifiques en acides aminés essentiels (ce sont les acides aminés qu'ils ne peuvent pas synthétiser eux-mêmes et qui doivent donc être présents dans les aliments) auxquels l'alimentation doit répondre (Sauvant, D., 2005).

En agriculture biologique, c'est l'autonomie en protéines qui est recherchée pour l'alimentation des bovins puisque les fourrages de maïs offrent un apport de protéines comme complément au système herbagé par exemple.

L'émergence du maïs population pour l'agriculture biologique et à faibles intrants

La SAU en bio constitue 2,9% de la SAU totale bretonne, c'est un taux proche de la moyenne nationale. En revanche, le cheptel bovin bio breton est le deuxième plus important de France, tiré par la production de lait bio, il représente 2% de la production régionale (Agreste Bretagne - Draaf, 2012).

Pourtant, les paysans qui désirent cultiver du maïs biologique ou à faibles intrants sont confrontés au **manque de semences biologiques** disponibles, les producteurs de semences prêts à s'engager dans ce marché de niche demeurant rares. En effet, quasiment la totalité des semences utilisées en Bretagne sont des semences de variétés hybrides F1. Or, ces variétés sont productives dans un système conventionnel avec l'apport important d'intrants (fertilisants et produits phytosanitaires) mais ne sont pas adaptées aux productions biologiques et à faibles intrants (Murphy, 2007).

Il existe cependant une alternative aux semences de variétés conventionnelles, il s'agit des **semences paysannes de variétés populations**. Celles-ci sont des variétés produites à la ferme, sélectionnées et multipliées par les paysans eux-mêmes, ce qui leur évite d'en racheter chaque année et augmente ainsi leur **autonomie** financière et décisionnelle. De plus, ces variétés sont plus hétérogènes que les variétés conventionnelles, ce qui leur confère une capacité d'**adaptation** à la diversité des terroirs, des modes de production et des objectifs des paysans (Murphy, 2007).

Afin de produire et de sélectionner des variétés adaptées à leurs besoins spécifiques, les paysans sont de plus en plus nombreux à s'impliquer dans des programmes de sélection participative tels que ceux proposés par Bio d'Aquitaine et AgroBio Périgord depuis une dizaine d'années. Les expérimentations en Aquitaine, dans le Périgord notamment, ont mis en évidence un taux de protéines des variétés de maïs population supérieur à celui des hybrides dans des conditions de production biologique, dans cette région (Bio d'Aquitaine, 2011). Les variétés de maïs population pourraient donc être intéressantes pour les éleveurs en bio.

L'enjeu des semences paysannes de variétés population est donc double. En effet, elles ont une vocation sociale à travers leur participation à l'autonomie des paysans, à la conservation et la promotion de la diversité génétique. Ces variétés ont en même temps une vocation technique puisque ces variétés population doivent répondre à la diversité des besoins des paysans en agriculture biologique et à faibles intrants.

3. L'état de l'art

Les semences paysannes

Historique des semences paysannes

La sélection est une pratique ancestrale exercée par les paysans depuis les débuts de l'agriculture, ils produisaient, sélectionnaient et échangeaient leurs semences eux-mêmes. Au fil des siècles, les agriculteurs ont façonné les variétés pour qu'elles puissent répondre à leurs besoins.

Après la seconde guerre mondiale, l'intensification de l'agriculture conduit à une **segmentation de la filière des productions végétales**. L'INRA, créé en 1946 dans un

contexte productiviste d'après-guerre, développe un vaste réseau d'expérimentation de variétés alors qu'en même temps, un secteur semencier spécialisé émerge avec le développement des industries chimiques et semencières. On assiste alors à une séparation du travail en sélection : la conservation des variétés est à la charge de l'INRA via des banques de graines, l'innovation et la création variétale sont confiées aux obtenteurs : des entreprises et coopératives semencières, la production de semences est réalisée chez quelques agriculteurs multiplicateurs qui suivent un cahier des charges défini par les précédentes entreprises et coopératives semencières, qui récupèrent ensuite les semences pour assurer leur distribution (Bonneuil & Thomas, 2012).

L'INRA se détache dès les années 1970 de son double rôle d'obtenteur et d'évaluateur des variétés au profit des entreprises semencières, c'est-à-dire que ce sont ces dernières qui fixent les critères du « progrès génétique », alors qu'on assiste progressivement à un déplacement du curseur de l'innovation depuis le niveau de la variété vers le gène (Bonneuil & Thomas, 2012).

L'avènement de l'ère de l'agriculture industrielle a eu d'importantes **conséquences sur les savoir-faire paysans et les variétés utilisées** (RSP, AgroBio Périgord, Bio d'Aquitaine, 2009). Il a conduit d'une part à la perte de la fonction de sélection par les agriculteurs qui sont devenus de simples consommateurs des variétés créées et commercialisées par les entreprises semencières, et d'autre part à l'utilisation de plus en plus importante d'intrants (engrais chimiques, herbicides, fongicides, insecticides, irrigation) et donc également à l'utilisation de variétés sélectionnées pour être cultivées avec ces produits phytosanitaires.

La profession semencière a investi dans la sélection de variétés adaptées aux conditions de culture conventionnelles, ainsi qu'à la standardisation de ces variétés, entrainant une perte de la diversité des variétés utilisées en agriculture et en maraichage. La FAO estime qu'après un demi-siècle d'agriculture industrialisée, 75% de la diversité génétique agricole mondiale a disparu (FAO, 2004).

Pourtant, face à cette réduction de la biodiversité cultivée, de nombreux agriculteurs ont continué à produire et échanger des semences paysannes. Au début des années 2000, conscients de l'intérêt de leurs pratiques alors marginales, ils décident de s'organiser en réseaux et participent ainsi à la **renaissance de la sélection paysanne et au développement de la sélection participative.** Le Réseau Semences Paysannes (RSP) est ainsi créé lors des rencontres «Cultivons la Biodiversité dans les Fermes» à Auzeville (31) en 2003.

De nombreux réseaux et associations se sont ensuite développés avec pour objectifs de se réapproprier la sélection et la production de semences paysannes, de participer au maintien et à la promotion de la diversité cultivée à travers ces variétés locales et adaptées aux besoins des paysans bio, de s'opposer aux cultures OGM et aux risques de contaminations associés.

Quelques concepts clefs : les différents types variétaux et les modes de conservation et de sélection des maïs, (d'après RSP, 2009)

En France, le catalogue officiel des variétés de maïs recense exclusivement des **variétés hybrides F1**. Ces variétés sont obtenues par le croisement de **lignées pures** de parents génétiquement différents. Les lignées pures sont des descendances de plantes homozygotes se reproduisant par autofécondation, c'est-à-dire d'individus identiques à l'intérieur d'une génération (homogénéité) et d'une génération à l'autre (stabilité). Les hybrides F1 sont également très homogènes, mais uniquement la première année, les semences commerciales doivent être rachetées tous les ans pour garantir la stabilité du produit.

Au contraire, les **variétés population** comprennent un ensemble d'individus d'une même espèce, qui se reproduisent librement au cours de leur culture dans un milieu donné, cette pollinisation libre favorise la diversité génétique des individus de la population. En même temps, la culture répétée dans ce milieu sélectionne les individus les plus adaptés et phénotypiquement proches, c'est-à-dire partageant un ensemble de caractères communs observables (Bio d'Aquitaine, 2011) qui permet de caractériser et distinguer la variété population des autres. Le terme **variété fixée** définit de manière générale les variétés issues d'une population plus hétérogène et sélectionnées pour un caractère particulier.

Ces variétés population peuvent être gérées de manière **dynamique**, c'est-à-dire cultivées dans un milieu donné et ressemées d'une année sur l'autre, ce qui implique que la variété évolue en même temps que son environnement, lui permettant de s'adapter aux changements de ce dernier. En ce point, la gestion dynamique est plus large que la **conservation *in situ***, qui se rapporte simplement au fait de conserver les plantes dans leur milieu naturel, c'est-à-dire au champ pour les plantes cultivées.

Ces modes de gestion et de conservation s'opposent à la **gestion statique** qui se réfère à la conservation des graines au froid (on parle de **conservation *ex situ***), les graines sont multipliées de manière espacée et les individus dits hors type sont éliminés de la variété.

La sélection des variétés peut être plus ou moins poussée. Par exemple, la **sélection conservatrice** permet de maintenir les caractères distinctifs de la variété, alors que la **sélection amélioratrice** vise à introduire de nouveaux caractères dans une variété existante, la **sélection évolutive** consiste à obtenir de nouveaux caractères qui seront sélectionnés au fil des sélections successives, enfin la **sélection créatrice** définit la « création » de nouvelles variétés à partir de croisements dirigés entre des parents donnés.

En sélection paysanne, les techniques de sélection doivent être réalisables à la ferme, par les paysans eux-mêmes, la plus utilisée est la **sélection massale**. Celle-ci peut être négative, elle consiste à éliminer les plantes au phénotype qui ne satisfont pas les critères de sélection du paysan, ou positive, dans ce cas, les plantes sont récoltées ou identifiées dans le champ pour que leurs graines soient utilisées comme semences.

Enfin, la sélection est qualifiée de **participative** lorsque les paysans travaillent en association avec les chercheurs pour sélectionner des variétés adaptées à leurs pratiques.

Acteurs de la sélection participative

La sélection participative rassemble paysans, techniciens et chercheurs qui travaillent ensemble pour expérimenter et sélectionner des variétés population, les essais ont souvent lieu à la ferme plutôt qu'en station d'expérimentation.

La législation

Au niveau **international**, la Convention sur la Diversité Biologique de 1992 et le TIRPAA (Traité International sur la Ressources Phytogénétiques pour l'Agriculture et l'Alimentation) négocié en 2001 dans le cadre la FAO (Organisation des Nations Unies sur l'Agriculture et l'Alimentation) garantissent la reconnaissance juridique du droit des agriculteurs et paysans à la création et la conservation in situ de semences paysannes. Cependant, la mise en œuvre de ces droits est laissée à la responsabilité de chaque pays, ainsi la France a signé le TIRPAA mais la législation nationale prime (RSP, 2009).

En **Europe**, la Convention de l'UPOV (Union pour la Protection des Obtentions Végétales) donne lieu, en 1961, au COV (Certificat d'Obtention Végétale) qui instaure des droits de propriété intellectuelle sur les variétés commerciales pour 25 ans.

En **France**, l'inscription au catalogue officiel est obligatoire depuis 1949 pour la mise sur le marché de toute variété. La demande d'inscription est examinée par le CTPS (Comité technique permanent de la sélection des plantes cultivées). Pour être inscrite, la variété doit répondre à trois critères dits « DHS » :

- la Distinction qui prouve que la variété est bien distincte des autres variétés sur le marché
- l'Homogénéité de la variété pour les caractères pertinents
- la Stabilité de ces caractères après la reproduction ou la multiplication des semences.

En ce sens, les variétés population ne peuvent pas prétendre à l'inscription au catalogue officiel car elles ne sont ni homogènes, ni stables, par définition.

De plus, les variétés d'espèces de grandes cultures doivent aussi répondre aux critères VAT (Valeur Agronomique et Technologique), qui exigent que les rendements de ces variétés soient au moins égaux aux variétés déjà présentes sur le marché et qui imposent des normes des transformations industrielles. Ces normes de transformation sont évaluées de manière industrielle et ne sont donc pas adaptées aux semences paysannes, par exemple, les farines de blé obtenues avec des variétés anciennes sont qualifiées d'« impanifiables » (RSP, 2009).

Par ailleurs, un règlement européen de 1994 oblige les agriculteurs qui produisent des semences fermières, c'est-à-dire qui ressèment les graines qu'ils ont récoltées qu'ils les aient sélectionnées ou non, à reverser une taxe aux obtenteurs, elle est baptisée « contribution volontaire obligatoire ». La loi du 28 novembre 2011 renforce ce règlement et interdit l'autoproduction de semences de ferme pour la plupart des espèces, à l'exception de 21 espèces (orge, avoine, pois, trèfle, luzerne...) qui restent soumises à la « contribution volontaire obligatoire ».

En revanche, le **don et l'échange de semences entre agriculteurs sont illégaux**, y compris pour ces 21 espèces, depuis la directive 2002/55. Il en va de même pour les variétés qui ne sont pas inscrites au catalogue, ce qui inclut les semences paysannes, les agriculteurs peuvent les produire et reproduire sur leurs fermes mais ne sont pas autorisés à les vendre ou les échanger entre eux. Or pour maintenir une certaine diversité génétique au sein des variétés qu'ils sélectionnent, les paysans ont besoin de pouvoir échanger des semences, celui-ci est permis uniquement sur **dérogation** dans le cadre de programme d'expérimentations.

Concernant l'agriculture biologique, les paysans sont obligés depuis 2004 d'utiliser **semences produites en agriculture biologique** (Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, 2009), or il existe peu de semences disponibles pour l'instant et l'achat de ces semences reste couteux.

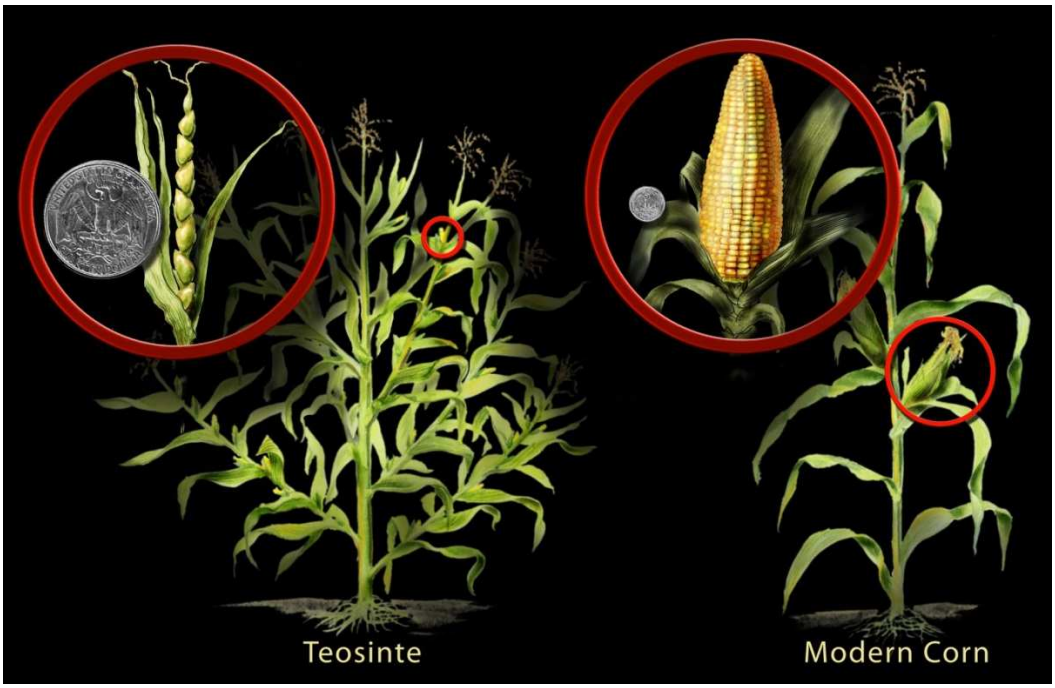


Figure 3 : La morphologie de la plante et de l'épi de téosinte et de maïs

Source : (US National Sience Foundation, 2009)

Figure 4 : Un exemple de la diversité des épis de maïs

Source : (CIMMYT, 2009)

Le maïs

Origine, classification et morphologie

Le maïs une plante herbacée annuelle qui appartient à la classe des monocotylédones et fait partie de la famille des Poacées. L'espèce cultivée est le *Zea mays*, elle est originaire du Mexique et provient du téosinte qui fut domestiqué à partir de 6700 ans avant JC. La morphologie du maïs a évolué au fil du temps avec la sélection, la taille de l'épi est ainsi passée de 2,5cm à parfois plus de 30cm (AGPM, 2013) (Figure 3).

Le maïs est une espèce tropicale de type C4 et compte 10 paires de chromosomes. La plante de maïs peut atteindre 3m de haut, elle est composée d'une tige principale sur laquelle s'insèrent, au niveau des nœuds, de longues feuilles, de manière alternée. C'est une espèce monoïque, elle comporte des inflorescences unisexuées féminines et masculines sur un même pied.

Types de maïs

Le maïs denté est le type le plus cultivé au monde, les variétés de maïs denté sont tardives et très productives. Le second type principal de maïs est le maïs corné, il permet de cultiver du maïs dans des zones thermiquement moins favorables, mais sa productivité est moindre (Maïsadour Semences, 2009). On rencontre également le type intermédiaire corné-denté.

Le maïs consommé en alimentation humaine est le maïs doux, sa semence est rugueuse et translucide. Il existe de nombreux autres types de maïs, comme par exemple le maïs blanc, le maïs bleu, le maïs rouge, le maïs vitreux, le maïs à pop-corn, le maïs cireux, etc. Le maïs présente une diversité importante de phénotypes (Figure 4) selon les variétés ils peuvent varier en fonction des couleurs (un même épi peut porter des grains de couleurs différentes), des tailles d'épis et de grains, types d'insertion des grains sur la rafle, des caractéristiques de la plante, etc.

Principales phases de développement

Les principales phases de développement du maïs sont présentées ci-après, les principaux stades sont détaillés en Annexe I.

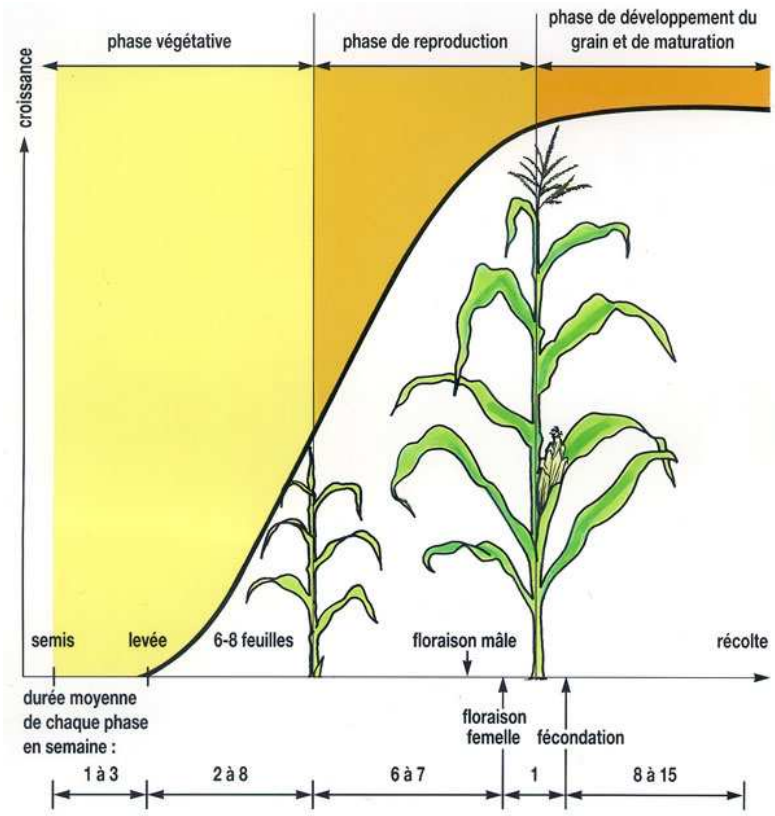


Figure 5 : Les principales phases de développement du maïs

Source : (GNIS, 2013)

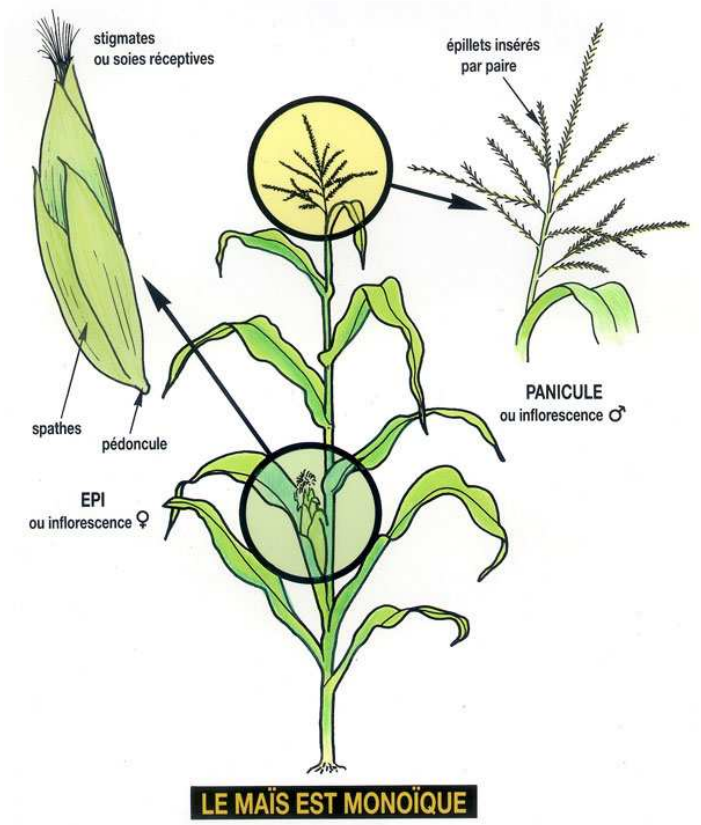


Figure 6 : Les organes reproducteurs du maïs

Source : (GNIS, 2013)

Après le semis, le maïs démarre la phase végétative par la **phase de germination-levée** (**Figure 5**). Elle se caractérise par la sortie de la radicule (la première racine) de la graine, c'est la germination. Des racines séminales se développent, alors que le coléoptile perce la surface du sol marquant la levée. La phase de germination-levée, qui donne lieu à la fixation du nombre de pieds/m², peut être affectée par un sol trop sec, une température du sol trop faible (inférieure à 8°C), des obstacles à la levée ou encore des attaques de ravageurs.

Cette première phase est suivie par la **phase de développement des feuilles**, avec la mise en place des capteurs aériens et racinaires. Les racines vont se doter de poils absorbants et de racines adventives qui s'insèrent en plusieurs couronnes successives au niveau des nœuds à la base de la tige. Le système racinaire fasciculé du maïs se développe et la croissance racinaire permet d'atteindre jusqu'à 1m de profondeur d'enracinement lorsque l'état structural du sol est satisfaisant. Parallèlement, de nouvelles feuilles sont émises successivement, jusqu'à atteindre de 15 à 22 feuilles, selon les variétés. La vitesse d'émission des feuilles est proportionnelle à la température, le maïs est caractérisé par un temps thermique de 44 degrés-jours entre l'apparition de deux feuilles.

La phase de développement des feuilles est suivie par la **phase d'élongation de la tige principale**, par l'élongation successive des entre-nœuds. Le maïs mesure en général de 1m à 3m de haut et ne talle généralement pas.

Les organes reproducteurs (Figure 6) se mettent en place lors de la phase de reproduction. Elle commence avec l'initiation florale de la panicule par le bourgeon terminal, lorsque45% à 50% des feuilles sont visibles. La panicule se forme avec le développement des ébauches de ramifications, puis la différenciation des épillets, la différentiation des anthères et enfin la méiose a lieu lors de l'**émergence de la panicule**. L'initiation florale des épis démarre quand 50% à 60% des feuilles sont visibles. Elle donne lieu à la différenciation d'un ou plusieurs bourgeons axillaires, la différenciation des épillets le long du rachis, la différenciation des ovaires surmontés de stigmates, puis la méiose quelques jours avant la fécondation.

La **floraison** commence avec l'ouverture des anthères des panicules qui provoquent la libération des grains de pollen pendant environ une semaine. Les grains de pollen sont captés par les soies des épis qui se sont allongées et sont sorties progressivement, du bas vers le haut de l'épi. Elles sont le siège de la **fécondation** et se dessèchent ensuite.

Le maïs est une espèce allogame, son mode de reproduction est principalement basé sur la fécondation croisée entre individus, on parle de « pollinisation croisée ». Celle-ci est facilitée par le caractère anémophile du maïs, c'est-à-dire que son pollen se disperse avec le vent (Bio d'Aquitaine, 2011) et par son appareil reproducteur monoïque et unisexué. De plus, la période

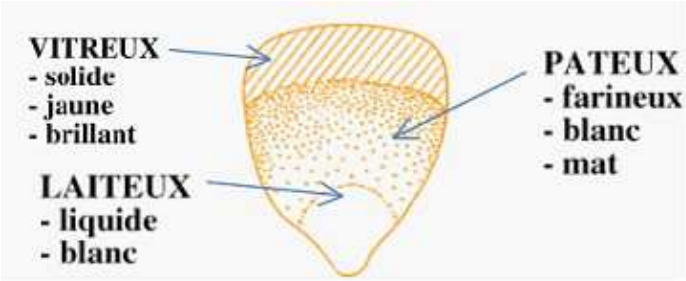
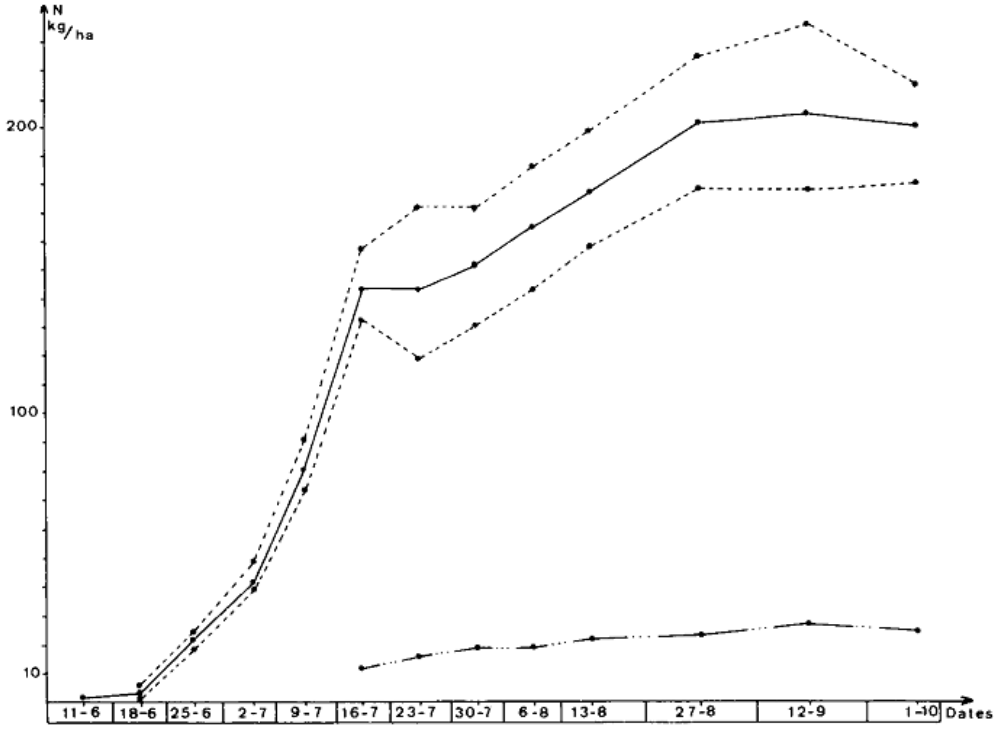


Figure 7 : L'aspect du grain au stade de récolte pour le maïs fourrage (32% de MS)

Source : (Arvalis, s.d.)



Rythme d'accumulation de l'azote dans les parties aériennes ; Daily rate of nitrogen uptake in the above-ground plant parts of maize.

Courbe moyenne ; Average curve

Courbes enveloppes de l'intervalle de confiance au seuil de 5 p. 100 ; Confidence limits for P = 0.05

Parcelle sans azote ; Plot without nitrogen.

Figure 8 : Rythme d'accumulation de l'azote dans les parties aériennes

Source : (Lubet & Juste, 1985)

de réceptivité maximale des soies est décalée de 2 à 4 jours par rapport à l'émission de pollen par la panicule d'une même plante, ce phénomène, appelé protandrie, favorise la fécondation croisée (GNIS, 2013).

Enfin, la phase de **remplissage du grain et de maturation** a lieu de la fécondation à la récolte. Elle est caractérisée par une augmentation de la matière sèche du grain alors que la teneur en eau diminue, elle se déroule en trois étapes. La première étape est caractérisée par des divisions cellulaires et la différentiation de l'embryon, le grain est au stade aqueux (16% de MS). Il se remplit progressivement d'un liquide blanchâtre pour atteindre le stade laiteux qui marque le début du remplissage du grain. La seconde étape commence ensuite avec une accumulation rapide des réserves dans l'albumen, une pâte farineuse se forme dans le haut du grain, la partie laiteuse diminue et la périphérie se vitrifie jusqu'à atteindre le stade de récolte (Figure 7). La fin du remplissage du grain a lieu au cours de la troisième étape, jusqu'à la formation d'un point noir qui marque la maturité physiologique et le stade de récolte pour le maïs grain (32% d'humidité). Il est possible d'estimer la teneur en matière sèche du grain à partir de son aspect visuel (Annexe II).

L'élaboration du taux de protéines

La cinétique de l'élaboration du taux de protéines

La protéosynthèse se fait à partir de l'azote absorbé par les racines et assimilé dans les feuilles, les acides aminés sont ensuite transférés vers le grain pour la synthèse des protéines.

Assimilation de l'azote

L'azote inorganique est prélevé par les racines où il est directement assimilé en acides aminés ou transporté via le xylème vers les **feuilles** où il est réduit et assimilé. Les acides aminés sont ensuite transportés vers les autres organes par des transporteurs moléculaires dans le phloème (Rochat, 1997).

L'azote utilisé pour la synthèse des protéines provient surtout de ce qui a été absorbé **avant la floraiso**n, la contribution de l'assimilation récente étant faible (Prioul, et al., 1991). On constate 3 phases dans l'accumulation de l'azote dans la plante : une première phase jusqu'au stade 11 feuilles d'absorption lente, une seconde phase de très forte absorption jusqu'au brunissement des soies, puis une phase d'absorption modérée depuis le gonflement de l'épi jusqu'au stade ensilage (Figure 8) (Lubet & Juste, 1985).

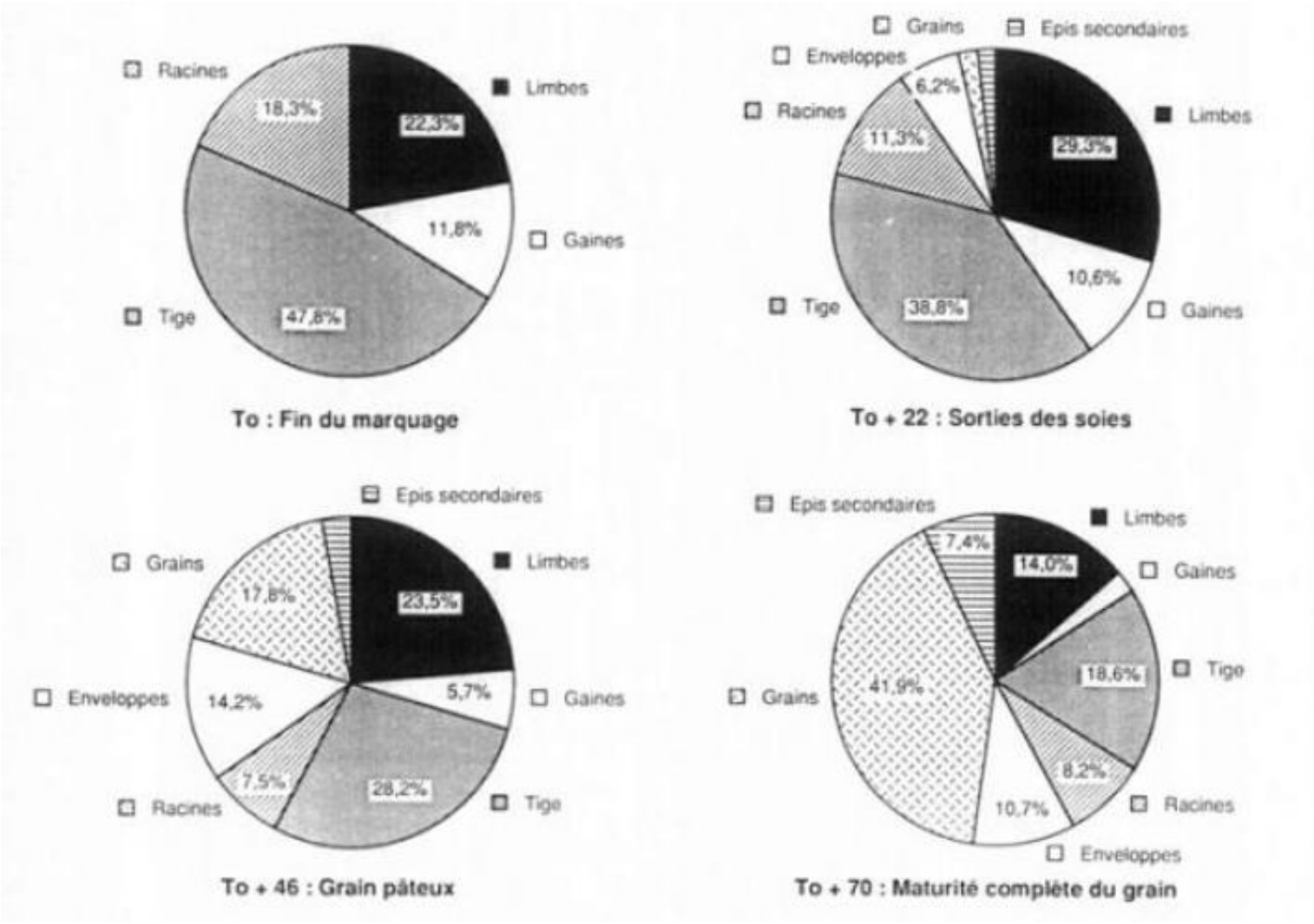


Figure 9 : Evolution de la répartition, entre les différents organes, de l'azote marqué au début de la montaison jusqu'à la maturité complète du grain

Source : (Cliquet, et al., 1991)

Transferts des assimilats vers le grain

Le premier organe fournisseur de l'azote du grain est la **tige**. En effet, le maïs constitue des réserves intermédiaires d'azote dans la tige au début de l'élongation de celle-ci, qu'elle accumule pendant la montaison et les remobilise ensuite vers l'épi, principal organe puits (Cliquet, et al., 1991).

Il est possible de suivre les remobilisations dans la plante grâce au marquage isotopique de l'azote. Ainsi, à maturité, 42% de l'azote marqué au début de la montaison se retrouve dans le grain alors que 19% seulement est resté dans la tige et 16% est réparti dans l'ensemble des feuilles (Figure 9) (Cliquet, et al., 1991).

Transformations métaboliques des assimilats azotés dans le grain

Les principaux acides aminés transportés dans le phloème au début de la floraison sont la Glutamine, l'Aspartate, la Sérine, le Glutamate, l'Alanine et l'Asparagine. Ils subissent ensuite des modifications biochimiques dans le grain et grâce à un mécanisme d'interconversion des métabolites primaires, le maïs peut synthétiser, à partir de ces quelques acides aminés, tous les acides aminés pour la formation de ses **protéines de réserve**. La principale protéine de réserve du maïs est la Zéine (Bénétrix & Autran, 1997).

Conséquences sur les facteurs qui peuvent affecter le taux de protéines

Il faut souligner l'importance des **capteurs aériens et racinaires**, l'absorption de l'azote étant réalisée par les racines et son assimilation par les feuilles, l'énergie nécessaire à l'assimilation des nitrates en acides aminés est dépendante des métabolismes de la photosynthèse et de la respiration (Faure, et al., 1997). Ainsi, des **températures trop basses** au moment de l'émission des feuilles ralentit leur apparition ce qui limite la surface foliaire et l'activité photosynthétique de la plante (Barrière, et al., 1997).

En ce qui concerne la nutrition azotée, une étude (Singletary & Below, 1989) *in vitro* sur l'effet de la disponibilité en azote sur le taux de protéines du grain de maïs a démontré qu'un **déficit en azote** limitait le taux de protéines alors que des quantités croissantes d'azote disponible menaient à une augmentation du taux de protéines puis à un plateau. D'autre part, la cinétique d'absorption de l'azote montre que 10% de l'azote total de la plante est prélevé avant le stade 10 feuilles, de 55% à 70% entre le stade 10 feuilles et la floraison femelle, et le reste pendant la formation et le remplissage du grain (Plenet, et al., 1991). Il convient donc de

veiller à éviter un déficit azoté entre le stade 10 feuilles et la floraison. Cependant, Arvalis signale que le **niveau de fertilisation azotée** a peu d'effet sur la teneur en azote du maïs ensilage (Arvalis, 2011).

Un **stress hydrique** au moment de la montaison provoque un déficit d'absorption de l'azote par les racines (Deumier, et al., 1991). Par ailleurs, une **densité** de culture trop élevée limite la quantité d'azote disponible pour le remplissage des grains (Ruget, 1991).

Héritabilité et corrélations avec d'autres caractères :

La teneur en protéines est un caractère complexe qui résulte du fonctionnement de la plante entière en interaction avec son milieu, elle a par conséquent une **héritabilité** considérée comme plutôt faible (Gallais, et al., 1983).

Le taux de protéine du maïs ensilage est corrélé négativement au **rendement** par effet dilution. De même, il existe une corrélation génétique négative entre le taux de protéines et la teneur en **matière sèche** à la récolte, et entre le taux de protéines et la **hauteur de la plante** à la floraison. A l'inverse, la teneur en protéines est corrélée positivement avec la date de **floraison** femelle, ce qui signifie que les génotypes plus tardifs seraient plus riches en protéines (Barrière, et al., 1997). En revanche, un génotype trop tardif peut limiter la croissance de la plante et donc la quantité d'assimilats azotés disponibles pour la synthèse des protéines (Ruget, 1991).

Enfin la teneur en protéines est négativement corrélée à la teneur en **glucides**. De plus, il a été démontré qu'une contre-sélection sur la teneur en glucide permettait d'obtenir des taux de protéines au moins égaux à ceux obtenus avec une sélection directe sur le taux de protéines (Barrière, et al., 1997).

La sélection doit être différenciée en fonction de l'utilisation du maïs, ensilage ou grain, la corrélation génétique entre les rendements avec ces deux types de récolte variant de 0,71 à 0,88. Une sélection sur des critères associés au maïs grain réduit de 35% le rendement en maïs fourrage par rapport à une sélection directe sur le maïs fourrage, et inversement une sélection sur des critères de maïs fourrage conduit à la réduction de 20% du rendement en grain et à retenir des plantes plus tardives (Sampoux, et al., 1989). Une quantité suffisante de grains doit être maintenue pour le maïs ensilage afin d'assurer l'activité photosynthétique après floraison par effet « puits » des grains, pour garantir une teneur en matière sèche suffisante à la récolte et pour maintenir la valeur alimentaire du fourrage (Sampoux, et al., 1989).

4. La question de recherche et les hypothèses

Problématique

Le présent rapport vise d'une part à créer, dans un contexte de **sélection participative**, un **référentiel** pour les variétés de maïs population en Bretagne, c'est-à-dire à identifier quelques **éléments descriptifs pour les variétés population** dans un contexte Breton. Il s'agira d'autre part de déterminer s'il est possible d'identifier **quels facteurs** peuvent expliquer la variabilité du **taux de protéines** des maïs population.

Hypothèses

La création d'un référentiel des variétés de maïs population en Bretagne implique qu'il existe des **tendances générales** pour quelques éléments descriptifs des variétés permettant de les caractériser et de les comparer entre elles, et notamment sur les variables citées par les paysans comme étant les plus pertinentes pour eux. Idéalement, ces variables doivent aider à différencier les variétés de maïs population, c'est-à-dire présenter une variabilité inter-variétés suffisante, tout en permettant de caractériser les variétés, donc être relativement stables au sein d'une même variété, soit présenter une variabilité intra-variété plutôt faible. Ceci suppose que les variétés de maïs population soient identifiables les unes des autres, sur les variables qui intéressent les paysans, bien qu'elles puissent présenter une relative hétérogénéité sur certains caractères.

Ce sera aussi l'occasion de vérifier si les maïs population de Bretagne présentent des **taux de protéines supérieurs** aux maïs hybrides, comme c'est le cas pour les maïs population d'AgroBio Périgord (Bio d'Aquitaine, 2011). Il sera également question de vérifier l'influence des différents facteurs cités dans la synthèse bibliographique sur les taux de protéines des maïs population, afin de comprendre comment la **variabilité du taux de protéines** entre les variétés et au sein de celles-ci peut s'expliquer notamment par le **contexte pédoclimatique** (basses températures, déficit hydrique), les **pratiques** des paysans (fertilisation azotée, densité de semis), des causes **physiologiques** (hauteur des plantes, teneur en MS) ou **génétiques** (potentiel des variétés, précocité).

Ce sera enfin l'occasion de réaliser un bilan du déroulement des essais et de proposer des propositions d'amélioration sur l'**organisation de l'expérimentation** pour pouvoir répondre aux questions de recherche soulevées par les paysans et les chercheurs, sans que cela ne soit trop contraignant pour les paysans (leur laisser la liberté de choisir les variétés, l'expérimentation ne doit pas leur demander trop de temps, etc.).

II. Méthodologie

La problématique et les hypothèses permettent de d'établir une méthodologie et un programme de travail pour y répondre. Après avoir présenté le projet Maïs Pop dans lequel s'inscrit ce stage, la méthodologie sera exposée à travers l'élaboration préalable de la démarche générale et la description plus détaillée du dispositif expérimental mis en place.

1. Présentation de Maïs Pop

Présentation générale

Maïs Pop est un projet ASOSC (Appropriation SOciale des SCiences) créé en 2011 avec pour objectif de développer un **réseau régional de sélection participative pour expérimenter et promouvoir la diversité du maïs «population» en Bretagne.**

Ce projet innove par sa forme, puisqu'il s'agit de recherche participative, et par sa conception de l'adaptation des plantes à leur environnement dans son ensemble, c'est-à-dire non seulement au contexte pédoclimatique mais aussi aux pratiques des paysans (itinéraire technique et sélection).

Acteurs et partenariats

Ce projet est porté par la **FRAB** (Fédération Régionale des Agriculteurs Biologiques) de Bretagne au niveau régional, par l'Adage (Agriculture Durable par l'Autonomie, la Gestion et l'Environnement) 35, les **GAB** (Groupements des Agriculteurs Biologiques) 22, 29 et 56 au niveau départemental, et par l'**INRA SAD-Paysage** de Rennes.

Il s'appuie sur les **compétences scientifiques en recherche participative** acquises lors du développement d'autres projets de recherche de l'unité SAD-Paysage, tels que le projet européen SOLIBAM (Strategies for Organic and Low-input Integrated Breeding and Management, 2010-2014) pour stimuler la sélection et les innovations sur les pratiques culturales des agricultures biologiques et à faibles intrants, dont notamment l'utilisation de variétés spécifiques associées à des pratiques culturales innovantes. L'équipe de l'INRA SAD-Paysage mène également le projet PaysBlé depuis 2008 sur le développement d'un réseau régional pour expérimenter, maintenir et promouvoir la diversité cultivée des blés de terroir bretons en agriculture biologique, qui porte donc sur la sélection et l'adaptation de blés

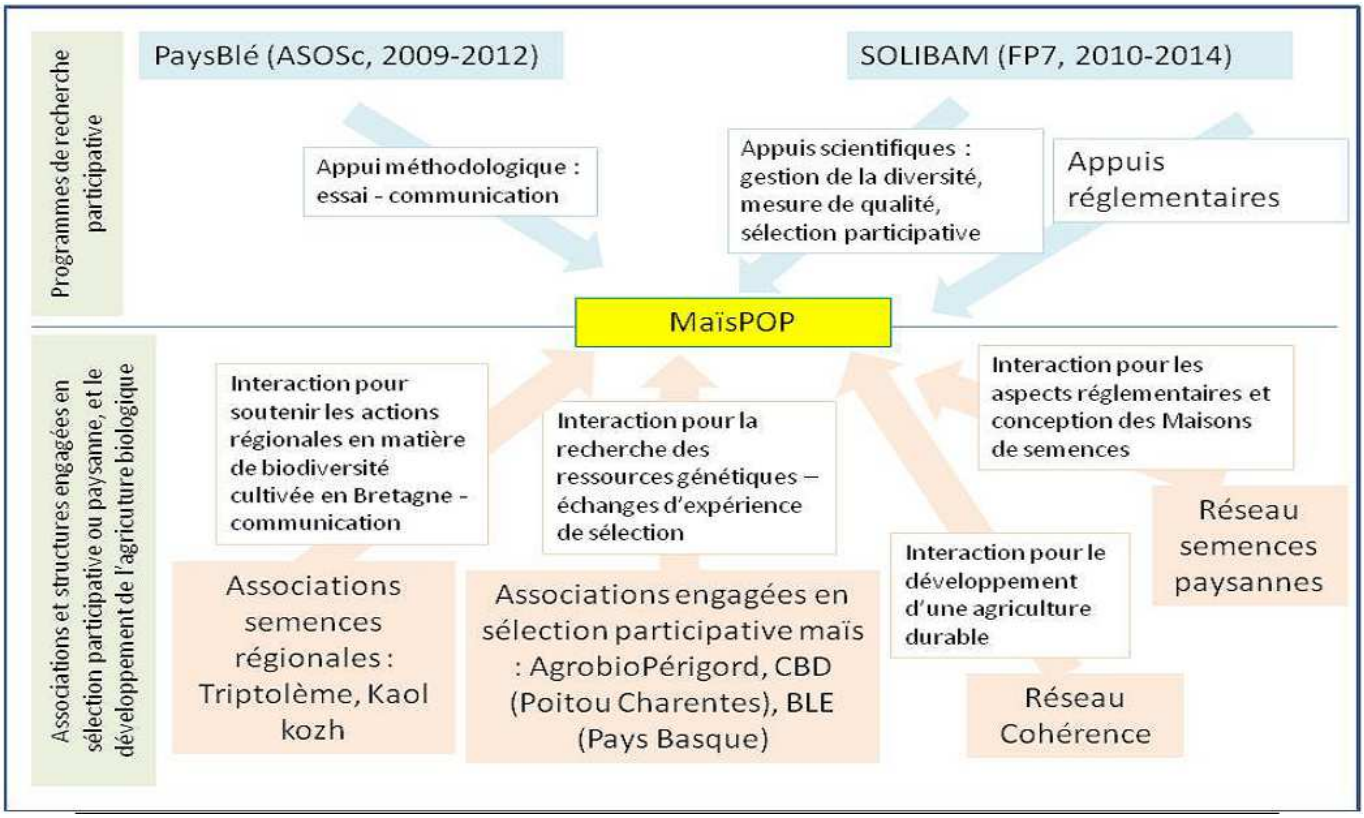


Figure 10 : Les interactions du projet Maïs Pop avec les programmes de recherche participative de l'INRA SAD-Paysage et avec les associations et réseaux partenaires

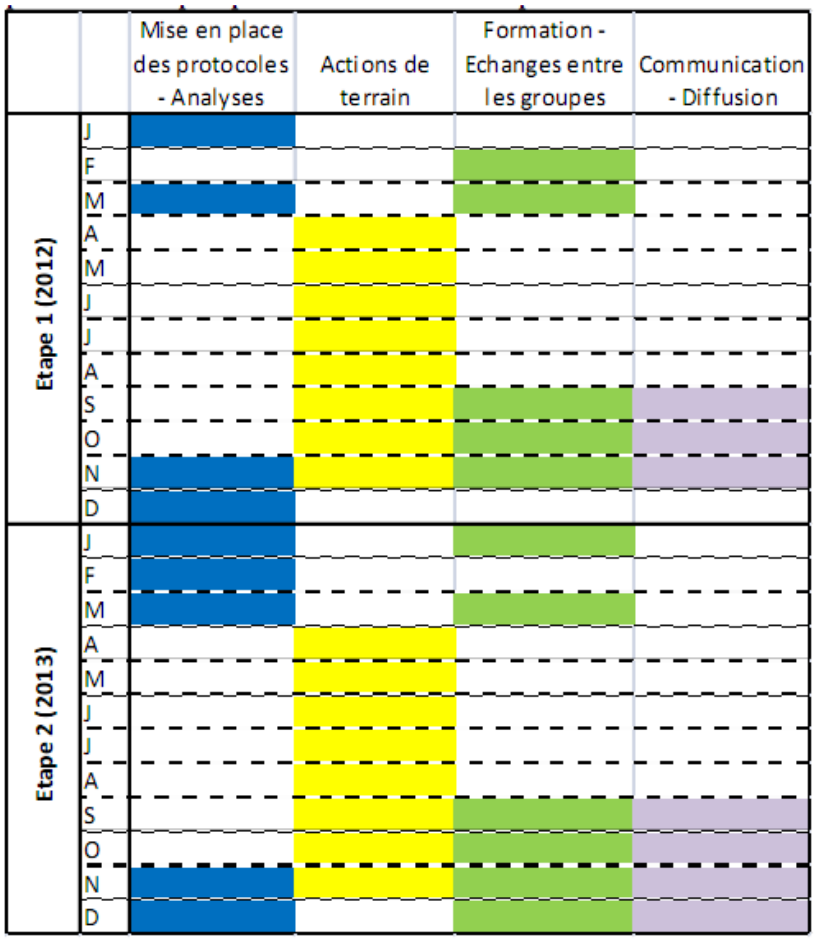


Figure 11 : Le calendrier du projet Maïs Pop

bretons aux systèmes bio et paysans. L'équipe du SAD-Paysage a également mené une réflexion sur la législation des semences paysannes à travers le projet européen Farm Seed Opportunities (2007-2009). Maïs Pop peut ainsi bénéficier de l'expérience de ces projets pour la mise au point de la méthodologie et du dispositif expérimental en particulier.

En ce qui concerne les compétences en **sélection participative**, Maïs Pop peut s'appuyer sur le RSP (Réseau Semences Paysannes) réseau national créé en 2003 ainsi que sur des réseaux régionaux tels que l'interprofession bio bretonne, l'IBB (Inter Bio Bretagne), Triptolème (association bretonne pour la conservation de la biodiversité) et Kaol Kozh (signifie « vieux choux » en breton et « biens communs » en russe). Ce fonctionnement en réseau permet les échanges d'informations, de savoir-faire et de graines et une mise en commun du matériel.

Concernant la sélection participative de variétés de **maïs population**, il n'existe pas de travail de recherche sur le maïs population en Bretagne, mais le projet Maïs Pop bénéficie des expériences d'autres réseaux régionaux sur le maïs, notamment AgroBioPérigord qui est moteur sur les expérimentations de maïs population depuis 2001, mais aussi d'autres associations qui peuvent apporter de précieux conseils telles que Bio d'Aquitaine, CBD (Cultivons la BioDiversité) en Poitou-Charentes et BLE (« Biharko Lurraren Elkartea » signifie « association pour l'agriculture de demain ») dans le Pays Basque.

Enfin, le Réseau Cohérence est un réseau associatif qui se positionne sur les solutions technico-économiques proposées aux paysans pour des modes de culture innovants et moins intensifs, et qui relaie des initiatives pour « Produire et consommer sans OGM en Bretagne ».

Les interactions avec le projet Maïs Pop sont représentées sur le schéma ci-contre (Figure 10), les liens avec les autres programmes de recherche de l'INRA SAD-Paysage figurent dans la partie supérieure et ceux avec les divers partenaires en sélection participative sont dans la partie inférieure.

Etapes du projet

Maïs Pop est un projet sur **deux années**, 2012 et 2013, il la démarré en janvier 2012. Les périodes d'actions sur le terrain, qui ont lieu pendant la durée de la culture (de la préparation du sol pour le semis à la conservation des graines après récolte) globalement d'avril à fin novembre, alternent avec des périodes de mise en place des protocoles avant les semis et de réalisation des analyses après la récolte. Le calendrier est repris dans la Figure 11 ci-contre.

Une **synthèse des données** est réalisée à la fin de la première année, elle permet d'obtenir des premiers résultats sur les données de 2012, et fait le bilan de l'organisation de l'expérimentation. En 2013, le même mode de fonctionnement est conservé en tenant compte des propositions d'amélioration.

Le stage s'insère dans ce programme à travers la réalisation de la synthèse des données de 2012, la participation aux actions de l'étape 2 et notamment pour le recueil de données et des prélèvements racinaires sur différentes fermes pour l'analyse de la mycorhization.

Principe de la réalisation des essais

Des paysans des quatre départements bretons ont réalisé des essais de différentes variétés sur leurs **fermes**. Ils choisissent au départ la variété qui les intéresse, les graines leur sont fournies par la FRAB et ils effectuent ensuite toutes les opérations culturales et la récolte. Enfin, ils effectuent eux-mêmes la sélection du maïs selon leurs propres critères et objectifs, et restituent une partie des graines récoltées pour faire des analyses en laboratoire et pour le semis de l'année suivante.

Les parcelles d'essai font l'objet d'un suivi régulier par les paysans depuis le semis jusqu'à la récolte afin de noter les **observations phénologiques et phénotypiques**. A la récolte, des échantillons sont envoyés à un laboratoire pour effectuer des **mesures qualitatives** de la composition chimique et de la valeur alimentaire des maïs fourrage et des maïs grains.

Valorisation et diffusion des résultats

A la fin de la première étape, la synthèse des données doit permettre de créer un référentiel breton des variétés de maïs population. Il est destiné **à l'usage des paysans**, pour qu'ils puissent choisir plus finement les variétés qui sont adaptées à leurs objectifs et pratiques dans un contexte breton. En effet, la synthèse des données doit faire émerger des tendances générales par variétés, si c'est possible, à partir des données obtenues sur les fermes du projet. Elle doit également apporter des réponses aux questions des paysans, sur l'analyse des taux de protéines de ces maïs population notamment et aboutir à l'amélioration de l'organisation du réseau régional d'essais.

Un second rapport sera rédigé sur l'ensemble de l'expérimentation Maïs Pop et permettra en outre d'estimer une capacité d'adaptation des populations de maïs au terroir Breton sur deux années.

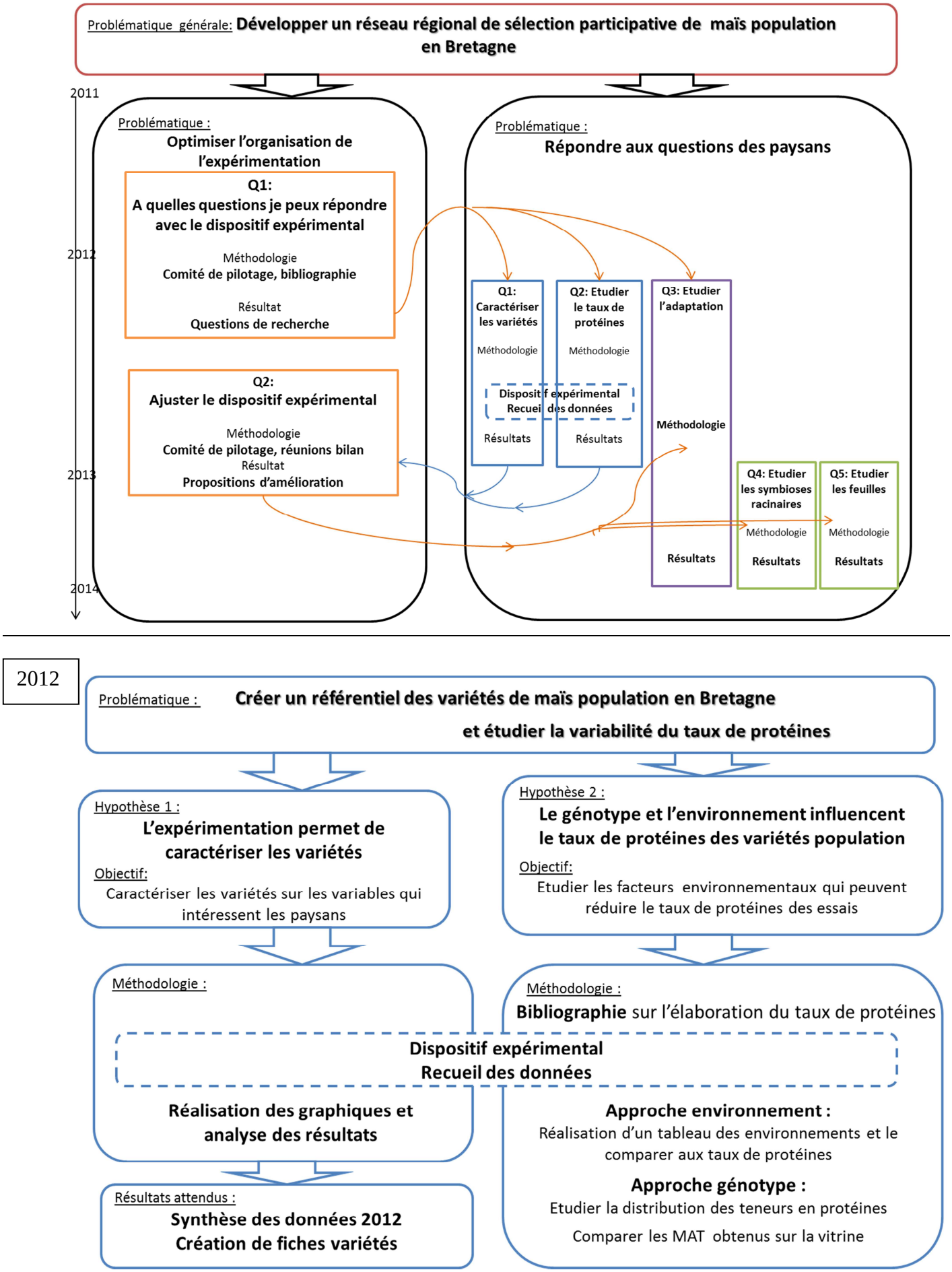


Figure 12 : Schéma de la démarche générale de la méthodologie

Les résultats seront diffusés aux paysans engagés dans le projet, aux associations et réseaux qui font partie du projet. Ils seront également communiqués lors d'évènements et rencontres tels que des salons et des foires sur l'agriculture biologique en Bretagne. Des articles dans des revues spécialisées bretonnes pourront présenter les principaux résultats obtenus et permettre de communiquer sur le projet Maïs Pop et de manière plus large sur la démarche de sélection participative de maïs population en Bretagne.

2. Elaboration de la démarche

La démarche générale de l'élaboration de la méthodologie pour ce stage est présentée sur la Figure 12. Celle-ci reprend la problématique générale du projet (dans la partie supérieure du schéma), la problématique traitée dans ce rapport (dans la partie inférieure du schéma) avec les hypothèses qui en découlent, ainsi que la méthodologie mise en place pour y répondre et les résultats attendus.

Problématique

Le projet Maïs Pop vise à **créer un réseau de sélection participative de maïs population en Bretagne**. Il comporte un aspect organisationnel (en orange sur le schéma) important pour pouvoir mettre en place les essais et échanger entre les acteurs de la sélection participative pour répondre aux questions des paysans et des chercheurs. En 2012, elles sont de deux types (en bleu sur le schéma) : caractériser les variétés et étudier la variabilité du taux de protéines.

Hypothèse 1

La création d'un référentiel breton à destination des paysans suppose qu'**il est possible de dégager des tendances générales par variété de maïs population sur les variables considérées comme pertinentes pour eux et dans les conditions de réalisation des essais**. Il sera alors possible de caractériser les variétés sur des sites différents et d'indiquer leurs potentialités dominantes dans les conditions variables des fermes des paysans en Bretagne. Pour cela, un dispositif expérimental a été mis en place sur les fermes engagées dans le projet, elles sont situées sur les quatre départements de Bretagne. Ce dispositif est détaillé dans la partie suivante (II.3.).

Les données recueillies seront utilisée pour réaliser des graphiques synthétiques tels que des histogrammes pour représenter les moyennes des différentes variétés pour chaque variable, et ainsi rendre compte de la variabilité inter-variétés. Sur les mêmes histogrammes figurent aussi l'effectif de chaque variété ayant permis le calcul de la moyennes, et l'écart type des variétés ce qui illustre la dispersion des valeurs et donc la variabilité intra-variété.

Les données seront également présentées sous la forme de radars par variété qui reprennent les valeurs de chaque essai et de la vitrine d'une variété considérée pour un ensemble de variables.

Le premier objectif de ce stage consiste donc en la réalisation d'une synthèse des données de l'expérimentation pour l'année 2012 qui décrit le déroulement des essais et analyse les résultats à partir des histogrammes, ainsi que la création d'une fiche pour chaque variété qui résume sur les radars les résultats des essais et rappelle les informations d'intérêt sur la variété.

Hypothèse 2

Le génotype et l'environnement des différentes populations influencent leur taux de protéines. Ainsi, la variabilité inter-variétés peut s'expliquer par les génotypes des différentes populations et la variabilité intra-variété par l'analyse de l'environnement. L'analyse descriptive de ces variations du taux de protéines permettra de mesurer l'impact de ces facteurs. Pour ce faire, à partir de l'étude bibliographique qui aide à mieux comprendre l'élaboration du taux de protéines et comment sont construites les différentes variables, des liens seront recherchés entre le taux de protéines et les autres variables qui peuvent l'influencer.

Ainsi, à partir de la réalisation d'un tableau synthétique qui décrit les facteurs de l'environnement de chaque essai (contexte pédoclimatique, accidents climatiques, pratiques des paysans tels que l'itinéraire technique et la sélection), un lien entre l'environnement et le taux de protéines sera recherché. Les variations dues au fonds génétique seront en outre étudiées.

3. Description du dispositif expérimental

Réalisation des essais

Le projet Maïs Pop se déroule sur deux ans, 2012 et 2013, afin de déterminer la capacité et la vitesse d'adaptation des populations au terroir breton. Ainsi, chaque ferme garde la même variété sur deux ans, le paysan étant invité à **ressemer la deuxième année les graines qu'il aura obtenues** lors de la récolte de la première année, il sera ainsi possible d'analyser l'adaptation dans le temps d'une variété sur une même ferme. Cependant, la deuxième année, de nouveaux paysans pourront s'engager dans le projet ce qui augmentera le nombre de fermes et de parcelles d'essai et participera à l'extension du réseau régional.

En 2012, 33 paysans se sont engagés au départ du projet et 9 variétés ont été proposées.

Par ailleurs, la réalisation d'une vitrine a été prévue, elle permet de comparer les différentes variétés sur une même parcelle et donc en principe d'égaliser l'effet de l'environnement qui est le même pour toutes les variétés.

Ressources génétiques et choix des variétés testées

Le projet Maïs Pop bénéficie de l'**expérience d'AgroBio Périgord** qui fournit les semences pour le démarrage de l'expérimentation bretonne, dans le cadre juridique d'une convention de recherche. Ainsi, sur la base du catalogue d'AgroBio Périgord, les paysans choisissent (dans la limite des stocks disponibles) des variétés traditionnelles en tenant compte des caractéristiques des variétés (précocité, potentiel pour l'alimentation animale ou humaine, etc.) qui sont résumées en Annexe III, et d'éventuels autres critères selon leurs propres objectifs et besoins.

Semis

Chaque essai est semé par les paysans sur leurs fermes, il a été décidé d'emblaver une surface minimum de 500m² (ce qui représente environ 3500 pieds), afin de maintenir une diversité suffisante dans les populations. De plus, une distance d'isolement par rapport aux autres parcelles de maïs de 300m minimum est préconisée pour éviter les pollinisations croisées (Bio d'Aquitaine, 2011). Dans la plupart des cas, si cette distance n'a pas pu être respectée, les parcelles sont quand même incluses dans l'expérimentation.

Chaque paysan réalise ensuite toutes les opérations culturales comme à son habitude, en **agriculture biologique ou à fiables intrants**.

Récolte et sélection

La récolte des épis est manuelle. Elle doit être réalisée à 32% de matière sèche (MS) de la plante pour la production de maïs ensilage, et **entre 25% et 35% d'humidité** pour du maïs grain, qui sera ensuite séché pour atteindre 15% d'humidité (AGPM, 2013).

Chaque paysan réalise la sélection de 600 épis pour la semence de maïs population pour la sélection (RSP, AgroBio Périgord, Bio d'Aquitaine, 2009; Bio d'Aquitaine, 2011), alors que le reste de sa récolte est ressemé pour la production. Les paysans engagés bénéficient de formations pour qu'ils puissent **se réapproprier l'étape de sélection**. Ils peuvent en effet se retrouver à l'occasion de visites en bout de champ pour faire le bilan avec les techniciens de leur structure, lors d'une visite de la vitrine, ou lors d'éventuelles récoltes groupées organisées par les groupes départementaux. Ces rencontres permettent également d'entretenir la dynamique de groupe au sein d'un département.

Conservation

Le maïs n'étant jamais récolté complètement sec, le stockage et le séchage sont très importants pour la conservation des grains. Le stockage doit se faire dans un espace ventilé et protégé de la pluie (filet, crib...). Afin d'assurer un état sanitaire correct et de favoriser un taux de germination élevé par la suite, il faut moins de **20% d'humidité à l'égrenage** (15% dans l'idéal). Un humidimètre prêté par l'INRA SAD-Paysage permet de contrôler ce paramètre. D'autre part, le groupe Adage 35 dispose d'une égreneuse. Il est préférable de réaliser un test de germination avant le semis pour s'assurer de la capacité germinative des graines, notamment en cas de mauvaises conditions de conservation.

Réunions bilan

A la fin de la saison a lieu une réunion par département qui permet de faire le bilan avec un animateur ou un technicien de la structure départementale et les paysans ayant semé une parcelle d'essai. Cette réunion constitue l'occasion de revenir sur les causes d'échec de certains essais, de s'assurer du bon déroulement du suivi des parcelles et du remplissage des fiches de suivi, d'**échanger** sur des problèmes rencontrés, de faire une premier point sur les résultats obtenus et la conservation des graines, de **s'organiser** pour le semis de la saison suivante et de faire un bilan de la dynamique du groupe. Chacun apporte des critiques sur le déroulement de la saison passée et peut suggérer des pistes d'améliorations pour la suite du programme.

FEUILLE DE NOTATIONS 2012
EXPERIMENTATION MAÏS DE POPULATION

FRAB
Les Agriculteurs BIO de Bretagne

NOM PRENOM	
Structure	
Adresse	

VARIETE	

PARCELLE	
Type de sol	
Surface	
Isolement	

ITINERAIRE TECHNIQUE
Irrigation : ❑ Non ❑ Oui Fréquence et dose.....
.....
Autres informations :

ETAPE 1 : NOTATIONS SEMIS / LEVEE		
Critères	**Notations**	**Commentaires**
Date semis		
Densité de semis	*Nombre grains par hectare :*	
Inter-rang (cm)		
Commentaires levées		
Note vigueur (stade 2 feuilles)	*Note 1 à 5 (1= très peu vigoureux à 5 = très vigoureux)*	

ETAPE 2 : NOTATIONS FLORAISON		
Critères	**Notations**	**Commentaires**
Date début floraison mâle	*Date 1ères panicules sorties (10% environ) :*	
Date fin floraison mâle	*Date toutes panicules sorties :*	
Note vigueur (stade floraison)	*Note 1 à 5 (1 = très peu vigoureux à 5 = très vigoureux)*	
Homogénéité	❑ Hétérogène ❑ Moyennement homogène ❑ Homogène	

ETAPE 3 : NOTATIONS RECOLTE		
Critères	**Notations**	**Commentaires**
Tenue de tige	❑ Bonne (+ 90% pieds debouts) ❑ Moyenne (+ 70% pieds debouts) ❑ Mauvaise (< 70% pieds debouts)	
Si tenue tige = moyenne ou mauvaise : indiquer causes	❑ Vent ❑ Maladies / ravageurs ❑ Gibier ❑ Autre : ..... ❑ Ne sais pas	
Présence charbon	❑ Faible (< 10% pieds infectés) ❑ Moyenne (10 à 25% pieds infectés) ❑ Forte (> 25% pieds infectés)	
Commentaires autres maladies / ravageurs		
Date récolte		
Evaluation rendement	*En grains : Quintaux/hectare à 15% humidité* *Ensilage : Tonnes matière sèche / hectare*	

AUTRES COMMENTAIRES / REMARQUES

Figure 13 : La feuille de notation utilisée pour le recueil de données de suivi

Recueil des données

Feuilles de suivi

Les paysans réalisent eux-mêmes le suivi des cultures, ils retranscrivent leurs observations sur une feuille de suivi utilisée au niveau national. Le modèle est présenté ci-contre en Figure 13. Elle comporte des notations pour chaque variable qui peuvent être complétées par des commentaires libres. La feuille de suivi a été conçue pour être simple et peu couteuse à mettre en œuvre, elle utilise des **descripteurs facilement observables** et pas trop nombreux pour que les notations ne soient pas trop longues à réaliser.

Elle est structurée en trois parties, à remplir successivement au cours du développement des plantes. La première partie, à remplir au stade 2 feuilles des maïs, regroupe les informations générales sur la parcelle et les notations concernant le semis et la **levée**. La note de vigueur reflète le développement végétatif de la plante, elle intègre plusieurs variables telles que l'intensité de la couleur des feuilles et la taille des plantes.

La deuxième partie concerne la **floraison** à l'échelle de la parcelle et nécessite un suivi régulier de la culture pour reporter les dates de début et de fin de floraison. Pour cela, au moment du début de la période de floraison en Bretagne, les techniciens ou animateurs de chaque groupe départemental relancent les paysans par mail des pour s'assurer du bon déroulement des essais et pour leur rappeler de réaliser les notations sur la floraison.

Enfin la troisième partie concerne les notations à la **récolte** et l'estimation du rendement. La fiche peut être complétée par la description de l'itinéraire technique réalisé et par d'éventuels commentaires.

Analyses de grains et analyses ensilage

Au moment de la récolte, des échantillons sont prélevés pour la réalisation d'analyses de grains pour tous les essais et d'analyses d'ensilage pour la vitrine de Montours (35). Elles sont toutes réalisées par le même laboratoire, l'Institut en Santé Agro-Environnement, à Cambourg en Ille-et-Vilaine. Ces analyses permettent de mesurer divers indicateurs qualitatifs du maïs tels que la **composition chimique** (taux de protéines, de matière grasses, de matières minérales, …) et la **valeur alimentaire** (PDIE, PDIN, UFL, …). Un exemple d'analyse de grains et un exemple d'analyse ensilage sont présentés en Annexe IV.

Variétés	Code Paysan	Ille-et-Vilaine - Adage 35			Morbihan - GAB 56		Finistère - GAB 29	
		suivi	grains	fourrage	suivi	grains	suivi	grains
Aguartzan	35-Or		x					
Aguartzan	56-Or				x	x		
Aguartzan	56-LB				x	x		
Aguartzan	56-Ro				x			
Aguartzan	35-Tu			x				
Besnaudières	35-Ch	x	x	x				
Besnaudières	35-Tu			x				
Blanc de Monein	35-Co	x	x	x				
Blanc de Monein	56-LJ				x	x		
Blanc de Monein	29-La						x	x
Blanc de Monein	35-Tu			x				
Borie Lautrec	35-Bo	x	x					
Grand roux basque	56-LJ				x	x		
Grand roux basque	56-Ba				x	x		
Grand roux basque	29-LL						x	x
Grand roux basque	29-Ja						x	
Grand roux basque	35-Tu			x				
Green	35-Ma	x	x					
Green	35-Tu			x				
Lavergne Joly	35-Tu	x	x	x				
Lavergne Joly	29-Du						x	x
Lavergne Joly	29-Co						x	
Lavergne Joly	35-Ri	x	x					
Lavergne Joly	35-Pl	x	x					
Lavergne Joly	35-Tu			x				
Poromb	35-Ba	X	x					
Poromb	35-Ba	x	x					
Poromb	29-LM							x
Poromb	29-Tr						x	x
Poromb	29-Ne						x	x
Poromb	35-Tu			x				
Rouge d'Astarac	56-LJ				x	x		
Sireix	56-Au				x	x		
Sireix	29-Ca						x	x
Sireix	35-Tu			x				

Tableau 1 : Les résultats disponibles par variétés et par départements

Les fermes sont codées par le numéro du département et par les deux premières lettres du nom du paysan. Les croix bleues correspondent à la vitrine

III. Expérimentation et analyse des résultats

Maintenant que la méthodologie à mettre en place pour valider les hypothèses a été décrite, cette partie s'attachera à présenter l'analyse du déroulement de l'expérimentation et les principaux résultats obtenus en ce qui concerne l'organisation de l'expérimentation, la caractérisation des variétés et l'étude des taux de protéines.

Il faut préciser d'une part que les résultats de 2013 ne sont pas encore disponibles puisque l'expérimentation est en cours de réalisation, ce rapport présente donc les résultats de 2012, première année de l'expérience. D'autre part, la synthèse complète des données a fait l'objet d'un autre rapport à destination des paysans qui est plus détaillé en ce qui concerne les aspects pratiques, seuls les résultats principaux sont exposés ici pour des raisons de concision.

1. Réalisation des essais

En 2012, le groupe compte au départ **33 paysans** qui ont semé des populations de **10 variétés** de maïs population sur **36 parcelles** des quatre départements de Bretagne. Les paysans ont choisi, selon leurs propres critères, quelle variété traditionnelle ils désiraient tester. Le groupe de l'Adage 35 était déjà engagé dans une démarche de sélection participative de maïs population et produisait déjà des semences depuis 2010, celles-ci ont donc été utilisées pour ne pas pénaliser le travail qu'ils ont déjà réalisé, ainsi la population « Besnaudières », création d'un des paysans bretons, a été incluse. Le Tableau 1résume les variétés suivies en 2012 sur les parcelles d'essai par départements et les analyses réalisées. En effet, certains évènements ont empêché la réalisation du suivi et/ou des analyses de grains sur toutes les parcelles parce que certaines d'entre elles ne sont pas parvenues au stade de récolte. Finalement **27 parcelles** et une vitrine ont été suivies par **24 paysans** du projet pendant l'année 2012, les fermes sont localisées sur une carte en Annexe V. De plus, **une vitrine** a été réalisée à Montours en Ille-et-Vilaine, département qui bénéficiait d'une plus grande expérience et d'une dynamique de groupe bien installée.

2. Analyse des résultats

L'organisation de l'expérimentation

Sur les **9 abandons** de la part des paysans engagés, 4 sont dus à des problèmes techniques au moment du semis, 3 à des attaques de corneilles qui ont provoqué une fonte des semis et 2 à des dégâts trop importants à la levée, ne permettant pas le suivi de la culture ensuite.

Données de suivi	Analyses de grain	Analyses de fourrage
Précocité Vigueur au départ et vigueur au stade floraison Proportion de verse Hauteur des tiges Sensibilité au charbon	Taux de protéines PDIE PDIN UFL	MAT PDIE PDIN UFL

Tableau 2 : Les variables citées par les paysans comme étant les plus importantes

Sommes de températures du semis à la fin de la floraison mâle (en degrés-jours):	
Sireix (1)	837
Aguartzan (1)	857
Besnaudières (1)	889
Blanc de Monein (3)	919
Poromb (1)	928
Grand roux basque (3)	1018
Rouge d'Astarac (1)	1027
Borie Lautrec (1)	1048
Green (1)	1105
Lavergne Joly (3)	1163

Tableau 3 : Classement des variétés par ordre croissant de précocité moyenne estimée pour la floraison mâle (les effectifs figurent entre parenthèses)

Les valeurs ont été calculées à partir des données de la station météorologique la plus proche de chaque ferme sur la base de données de l'INRA, elles sont localisées en Annexe V.

Il faut remarquer que les 4 paysans du département des Côtes-d'Armor ont abandonné le projet dès le semis, ce qui souligne l'importance de la dynamique de groupe au niveau départemental pour préparer le semis dans de bonnes conditions et réfléchir ensemble à des solutions à apporter en cas d'attaques de ravageurs tels que les oiseaux.

De même, l'**implication des paysans** est primordiale pour la réalisation des essais et le remplissage rigoureux des feuilles de suivi. Ceci nécessite de se rendre régulièrement dans le champ afin de **surveiller la date d'apparition des stades** à l'échelle de la parcelle. Les animateurs des groupes départementaux envoient en général un mail de relance aux paysans impliqués avant la floraison afin qu'ils pensent à vérifier régulièrement l'évolution de la culture. Au moment de l'analyse des données, des entretiens téléphoniques ont permis de recueillir des feuilles de suivi (il en manque encore 2) et de compléter les données manquantes lorsque ces fiches n'avaient pas été entièrement complétées. Ce fut également l'occasion de recueillir les remarques et suggestions des paysans sur la construction de la feuille de suivi, qui leur convenait, et l'organisation plus générale de l'expérimentation. Ils ont souligné l'importance de la **dynamique de groupe au sein du réseau** pour échanger sur les questions techniques et pratiques liées aux essais et pour communiquer sur les résultats obtenus.

Enfin lors de la réunion bilan du groupe de l'Adage 35, les paysans ont entre autre indiqué quelles étaient les **variables les plus importantes pour eux** lorsqu'ils choisissent et sélectionnent une variété. L'analyse des données de 2012 pour la création d'un référentiel des variétés de maïs population porte donc sur ces variables qui sont listées dans le Tableau 2.

La caractérisation des variétés de maïs population en Bretagne

Sur les données de suivi

Il convient de préciser que le suivi des essais a été réalisé par les paysans et que dans certains cas, les données n'ont pas été observées (dates de floraison notamment), ou les feuilles de suivi n'ont pas été envoyées, ce qui entraîne la présence de données manquantes. Ainsi, les **effectifs** pour chaque variété sont précisés entre parenthèses sur les histogrammes qui présentent les **moyennes** et les **écart-types** des variétés.

Précocité

La précocité (Tableau 3) a été estimée à partir du calcul de la somme des températures journalières moyennes (en base 6°C et écrêtées à 30°C) du semis à la fin de la floraison mâle,

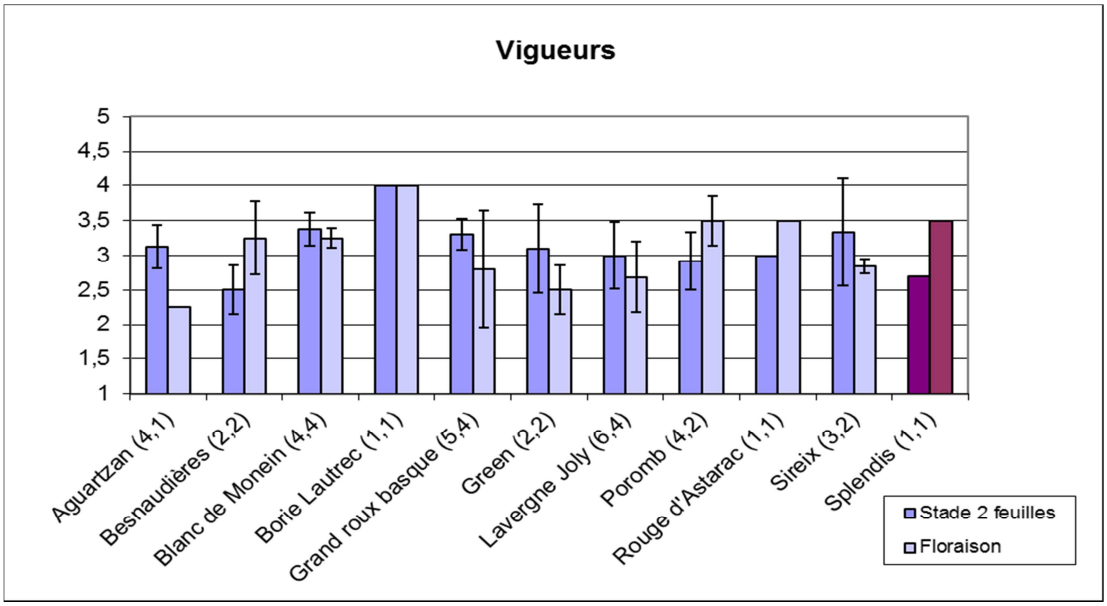


Figure 14 : Vigueurs des variétés au stade 2 feuilles et pendant la floraison

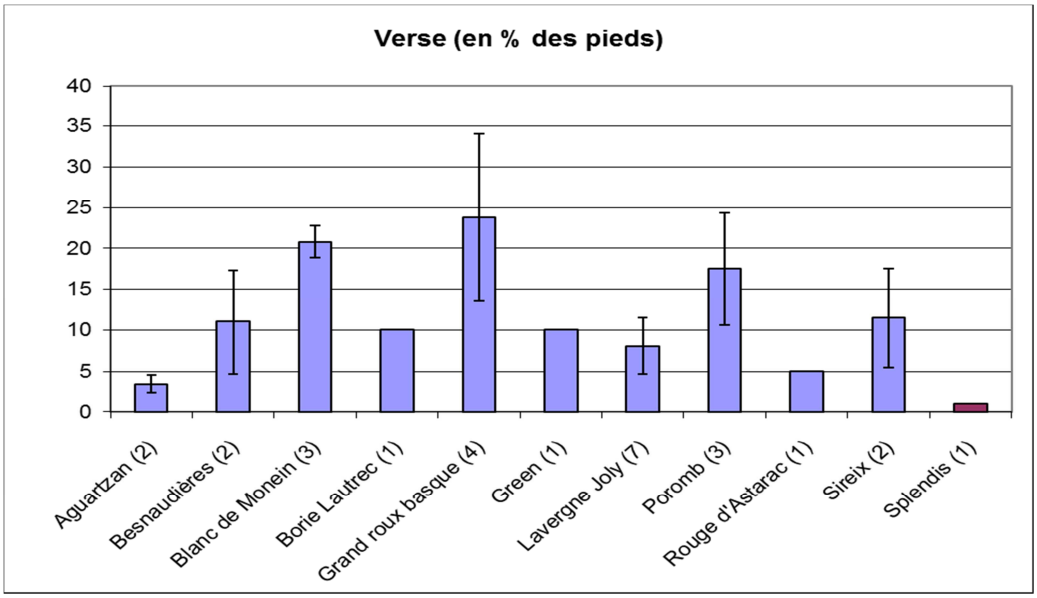


Figure 15 : Proportion de pieds versés à l'échelle de la parcelle à la récolte

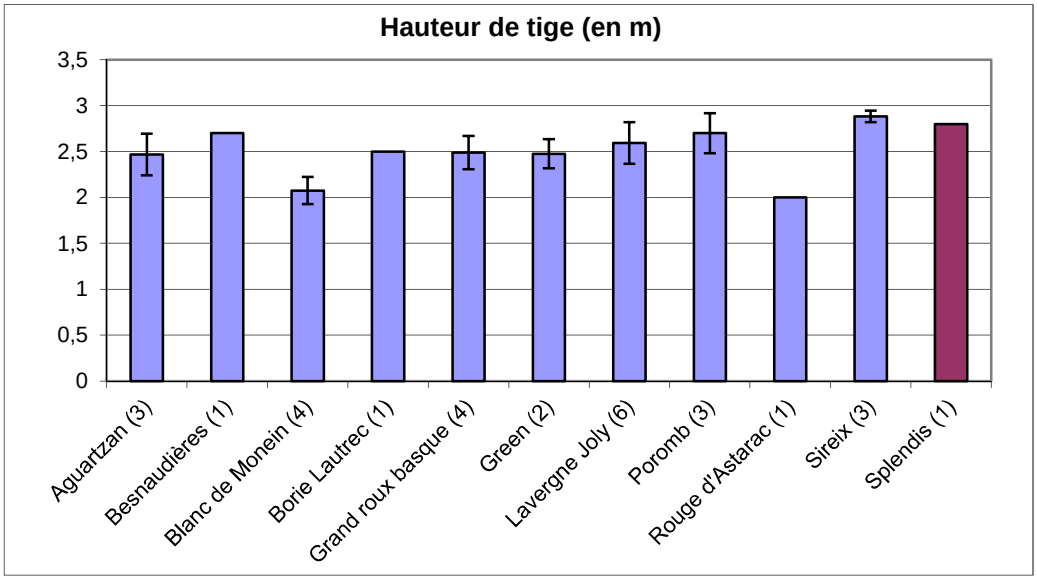


Figure 16 : Hauteur de tige à la fin de la floraison

afin de tenir compte de la durée de floraison qui varie beaucoup entre les essais. Les variétés sont classées par ordre croissant de besoins en **temps thermique pour atteindre la floraison**. La précocité est normalement estimée sur la période du semis à la maturité. Cependant, compte tenu du faible nombre de parcelles ayant atteint la maturité à la date de la récolte (10 parcelles sur 18), celle-ci a été estimée sur la période du semis à la fin de la floraison mâle pour laquelle les données étaient plus nombreuses (16 au total).
La variété la plus précoce est Sireix et la plus tardive est Lavergne Joly.

Vigueurs au départ et à la floraison
La vigueur a été notée par les paysans sur une échelle de 1 à 5 (5 étant la meilleure note) au stade 2 feuilles des plantes de maïs et pendant la floraison mâle. Les moyennes des valeurs obtenues par variétés sont représentées sur la Figure 14.La variété Splendis correspond au **maïs hybride témoin**, il était implanté sur la vitrine.
Les vigueurs sont en moyenne de 3,1 au stade 2 feuilles et de 3 à la floraison. La variété Borie Lautrec a reçu la meilleure note de vigueur au stade 2 feuilles et à la floraison et la variété Blanc de Monein obtient des notes de vigueur très homogènes sur les différents essais.

Verse
La proportion de pieds versés sur la parcelle au moment de la floraison a été estimée par les paysans, elle est représentée sur la Figure 15. Elle est en moyenne de 12% sur les essais. C'est une variable importante en Bretagne où les coups de vent sont fréquents, c'est d'ailleurs la première cause de verse citée par les paysans. La variété Grand Roux Basque est la plus sensible à la verse alors qu'Aguartzan et Splendis sont peu touchées.

Hauteur de tige
La hauteur de tige à la fin de la floraison est donnée sur la Figure 16. La hauteur de tige moyenne sur tous les essais est de 2,50m et la variété Sireix est la plus haute (avec un écart-type faible) alors que le Rouge d'Astarac a la hauteur la plus faible. On remarque le fait que les variétés plus **sensibles à la verse** sont aussi les plus hautes (sauf Blanc de Monein qui est moins haute mais sensible à la verse).

Charbon
En 2012, les essais ont été **peu touchés** par le charbon, il a été repéré sur en moyenne 1,65% des pieds par parcelle.

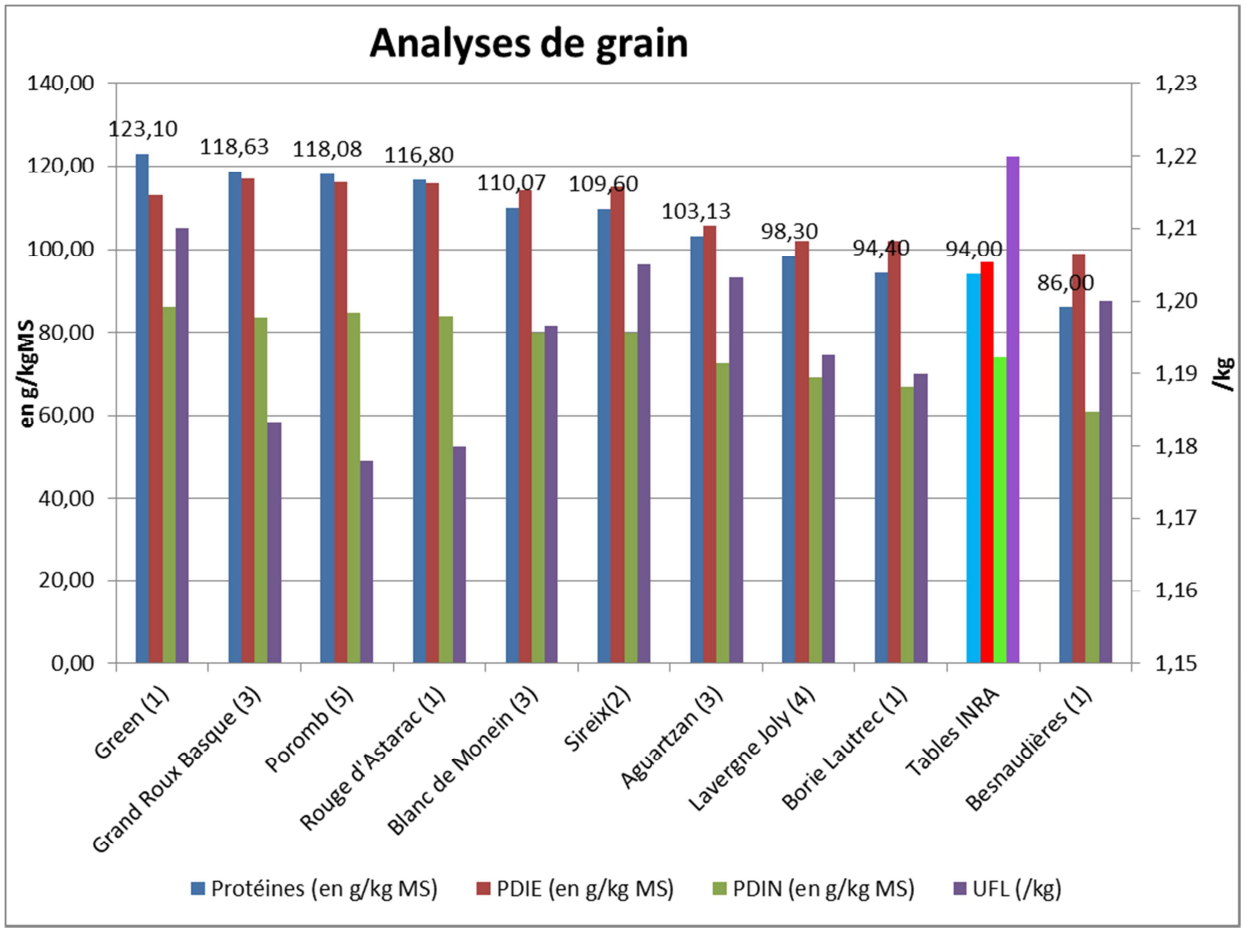


Figure 17 : Résultats des analyses de grain par ordre croissant du taux de protéines par variété

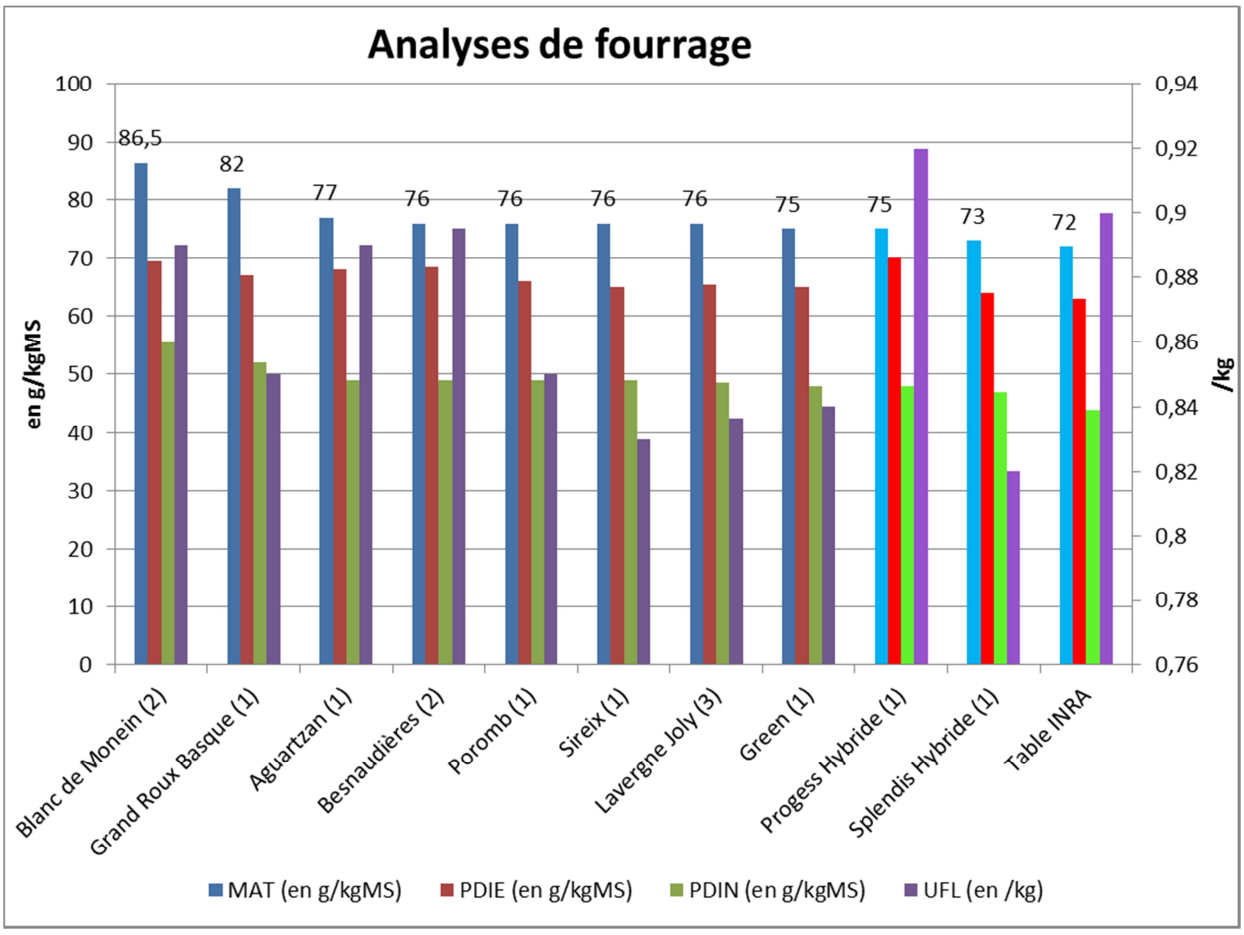


Figure 18 : Résultats des analyses de fourrage par ordre croissant du taux de MAT par variété

La synthèse de l'ensemble des données de suivi des essais pour l'année 2012 est présentée en Annexe VI.

Sur les analyses de fourrage et d'analyses de grain

Les valeurs des tables INRA (INRA, 2007) et des variétés hybrides témoins (Splendis et Progress pour les analyses de fourrage) menées en bio sur la vitrine figurent d'une couleur différente afin de faciliter la lecture.

Analyses de grain

La Figure 17 représente les résultats des analyses de grain des différentes variétés pour l'année 2012. Les variétés sont classées par ordre décroissant du taux de protéines (en g/kgMS) dont la valeur est précisée au-dessus de l'histogramme concerné. La valeur d'UFL (Unité Fourragère Lait /kg) se lit sur l'axe de droite.

Il est important de remarquer que les taux de protéines en maïs grain des variétés population obtenus en 2012 sont **effectivement supérieurs à la valeur de référence des tables INRA** (sauf pour la création Besnaudières). Le taux de protéines moyen sur tous les essais est de 109,11g/kgMS et la variété Green obtient la valeur maximale sur l'ensemble des essais avec 123,10g/kgMS. Les variétés restent globalement classées dans le même ordre pour les valeurs de PDIE et PDIN que pour celles du taux de protéines, alors que ce n'est pas le cas pour les valeurs d'UFL. L'ensemble des valeurs des analyses de grain est indiqué en Annexe VII.

Analyses de fourrage

Des analyses de fourrage ont été réalisées sur la vitrine ainsi que sur deux autres parcelles (un essai de Blanc de Monein et un autre de Besnaudières). Les résultats par variété sont présentés en Figure 18 de la même manière que pour les analyses de grain. Les fourrages des variétés de maïs population sont dans l'ensemble **légèrement plus riches en MAT que ceux des variétés hybrides ou des tables de l'INRA**, cependant la différence est plus faible avec l'hybride Progress. La moyenne de tous les essais des variétés population est de 7,825g.kgMS. Les variétés Blanc de Monein et Grand Roux Basque obtiennent les valeurs de MAT les plus élevées alors que celles des autres variétés sont comparables. Comme pour les analyses de grain, les valeurs de PDIE et PDIN suivent la même tendance que celles des MAT.

L'ensemble des valeurs des analyses de fourrage est disponible en Annexe VIII.

			Maturité	Déficit hydrique	Disponibilité en azote			Effet dilution	Précocité
Variété	Code ferme	Taux de protéines (en g/kgMS)	% Humidité à la récolte	Cumul des précipitations du semis à la floraison (en mm)	Précédent cultural	Densité de semis (en graines/ha)	Pertes à la levée	Hauteur de la plante (en m)	Besoins en degrés-jours du semis à la floraison
Aguartzan	35-Or	**95,80**	16,50						
Aguartzan	56-Or	101,10	20,90	199	Jachère	80000		2	857,25
Aguartzan	56-LB	112,50	21,80		Prairie	74000	20%	2,5	
Besnaudières	35-Ch	**86,00**	19,80	166,5		80000			889,1
Blanc de Monein	56-LJ	112,40	20,80	210,5	Prairie	72000		2	936,4
Blanc de Monein	35-Co	108,10	18,60	141,5	Prairie	72000		1,8	835,9
Blanc de Monein	29-La	109,70	20,70	279	Sarrasin puis trèfle	88000		2	985,2
Borie Lautrec	35-Bo	**94,40**	11,00	155,6	Prairie	100000	<10%	2,5	1047,95
Grand roux basque	56-LJ	122,30	32,30	211,7	Prairie	72000		3	947
Grand roux basque	29-LL	130,40	12,60	333,2	Prairie			*2,15*	1143,45
Grand roux basque	56-Ba	103,20	32,20		Prairie	101000		2,4	
Green	35-Ma	123,10	15,50	181,5	Prairie	75000		*2,25*	1105,3
Lavergne Joly	35-Tu	**89,00**	13,50		Prairie	70000		2,8	
Lavergne Joly	29-Du	122,50	15,90	557		70000		2	1317,45
Lavergne Joly B	35-Ri	107,40	16,20	182,1		100000			1196,45
Lavergne Joly B	35-Pl	**74,30**	15,20	169	Prairie	103000		3,1	973,7
Poromb	29-LM	124,10	16,20						
Poromb	29-Tr	**98,60**	42,20		Prairie	100000	50%	2,2	
Poromb	29-Ne	117,60	37,90		Blé tendre de printemps puis trèfle blanc	102000	40%		
Poromb	35-Ba	132,50	26,80	155,5	Maïs	100000		3	928,25
Poromb F	35-Ba	117,60	18,40			100000			
Rouge d'Astarac	56-LJ	116,80	39,20	211,8	Orge	72000	33%	2	1027
Sireix	56-Au	122,50	24,10		Jachère	95000		*3*	
Sireix	29-Ca	**96,70**	12,10	213,9		74000		*2,75*	837,1

Tableau 4 : Les taux de protéines par essais et les différents facteurs qui pourraient expliquer leur variabilité

La synthèse de ces résultats a donné lieu à la réalisation d'un référentiel plus complet (seuls les principaux résultats sont présentés ici) et d'une fiche par variété, un exemple de fiche est disponible en Annexe IX.

La variabilité du taux de protéines

Les **taux de protéines** obtenus par les analyses de grain varient sur tous les essais de 74,3g/kgMS pour la variété Lavergne Joly à 132,5g/kgMS pour la variété Poromb. Il s'agit ici d'essayer de déterminer si les **hypothèses** concernant l'influence des différents facteurs cités dans la littérature bibliographique comme pouvant réduire le taux de protéines peuvent être confirmées à partir des données obtenues lors de l'expérimentation. Le Tableau 4 présente une synthèse de cette étude, les taux de protéines les plus faibles apparaissent en gras et les valeurs qui sont susceptibles de réduire le taux de protéine de l'essai concerné sont en rouge.

Le **pourcentage d'humidité du grain à la récolte** traduit la maturité du grain au moment de la récolte, les valeurs indiquées en rouge sont les plus élevées qui pourraient indiquer un défaut de maturité des plantes et donc un taux de protéines qui n'est pas encore totalement élaboré, or on constate que les essais concernés ne présentent pas des taux de protéines particulièrement faibles, sauf l'essai de Poromb qui a été récolté à un taux d'humidité de 42,2% (valeur la plus élevée des essais).

La survenue d'un éventuel stress hydrique pendant la phase de montaison est estimée par le **cumul des précipitations depuis le semis jusqu'à la fin de la floraison mâle**, puisque les dates de la réalisation de la montaison n'ont pas été observées. Toutes les dates de floraison n'ont pas été observées, il manque donc des données. Cependant l'étude des données disponibles permet d'observer que les essais de la variété Besnaudières, celui de Borie-Lautrec et de Lavergne Joly signalés comme plus faibles en teneur en protéines, ont reçu des cumuls de précipitations inférieurs entre le semis et la fin de la floraison mâle par rapport aux autres essais, ce qui pourrait avoir contribué à la limitation de leur teneur en protéines. Il faut cependant remarquer que certains essais ont eux aussi reçu des cumuls de précipitations plus faibles pendant cette période, sans que leur taux de protéines ne soit pour autant affecté.

Le taux de protéines peut également être réduit par un **déficit en azote** entre le stade 10 feuilles et la floraison femelle. La disponibilité en azote pendant cette période est estimée à partir du **précédent cultural**, puisqu'elle dépendant principalement de ce paramètre et des apports réalisés lors de la culture, mais ici aucun paysan n'a réalisé d'apport. En effet, la

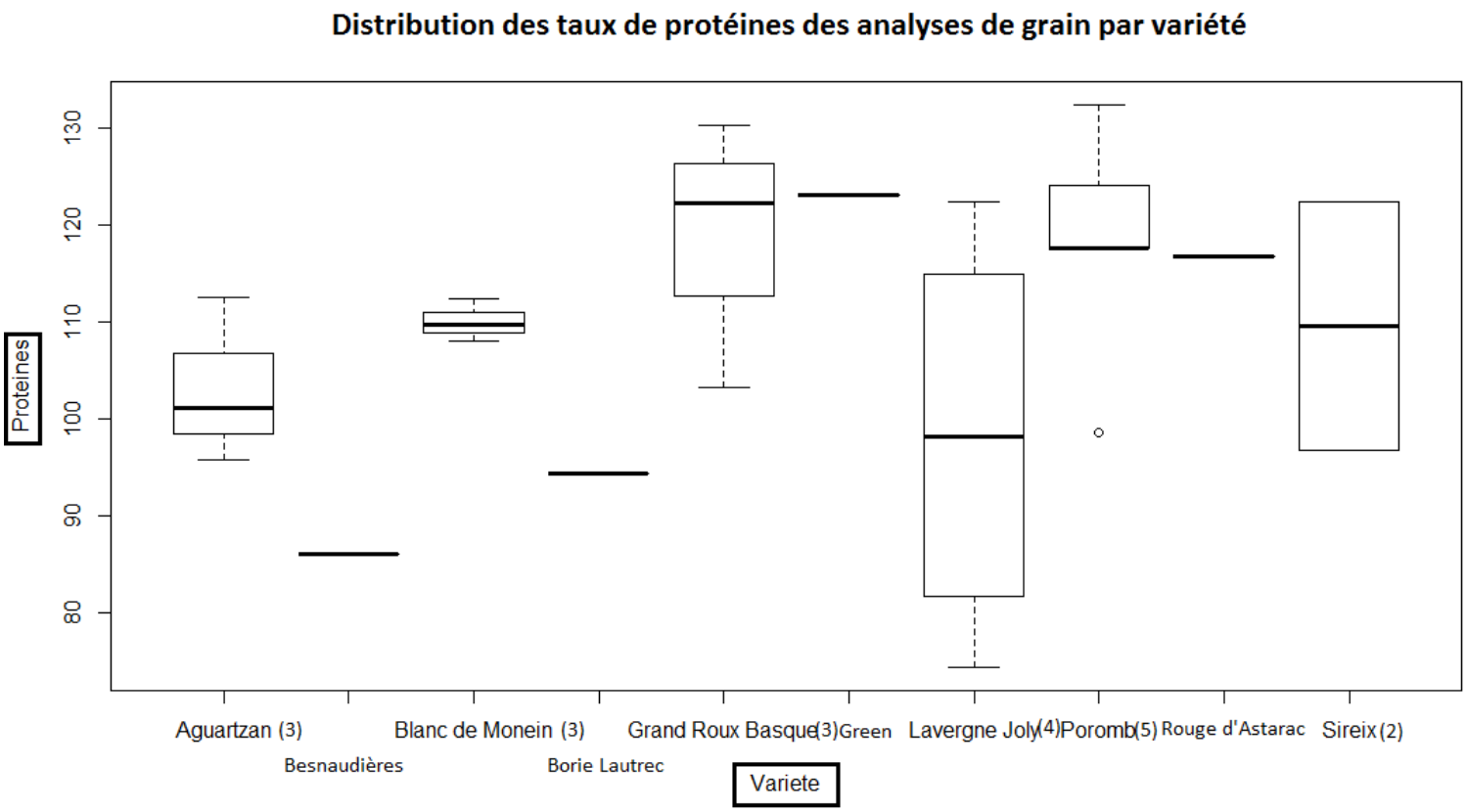


Figure 19 : Diagrammes en boîte des taux de protéines des différentes variétés de maïs population

Les effectifs figurent entre parenthèses.

plupart des paysans ont implanté leur essai de maïs après une prairie ou une légumineuse, le maïs a donc pu bénéficier d'une disponibilité en azote élevée grâce à l'effet précédent de ces cultures (Prieur & Justes, 2006). Il en va de même pour un précédent en jachère qui favorise la minéralisation de l'azote (Sebillotte, et al., 1993). Les deux essais qui présentent des précédents culturaux moins favorables que ceux cités précédemment obtiennent toutefois des taux de protéines élevés.

Une **densité de semis** peut aussi favoriser un déficit azoté de la culture de maïs. Les densités de semis élevées figurent en rouge, néanmoins, la densité des plantes à la levée peut être diminuée dans les zones de la parcelle touchée par des pertes à la levée (en vert dans le tableau). Trois essais présentent à la fois des densités de semis élevées et des teneurs en protéines plus faibles, il s'agit de l'essai de Borie Lautrec, de Lavergne Joly 35-Pl et de Poromb 29-Tr. Ces trois essais ont également connu des cumuls de précipitations inférieurs.

L'étude bibliographique avait souligné l'existence d'une corrélation négative entre la **hauteur de la plante** à la floraison et la teneur en protéines par effet dilution. Sur les 6 essais qui présentent des hauteurs de plante élevées, 3 essais présentent des taux de protéines plus faibles : 2 essais de Lavergne Joly (35-Tu et 35-Pl), et un essai de Sireix (29-Ca).

Enfin, la survenue de basses températures pendant la phase d'émission des feuilles est estimée par les **besoins en degrés-jours du semis à la fin de la floraison mâle**. Deux essais ayant bénéficié de sommes de températures plus faibles présentent des taux de protéines inférieurs aux autres essais, il s'agit de la variété Besnaudières et de l'essai de Sireix 29-Ca.

Il est difficile de conclure sur le rôle des différents facteurs cités dans la limitation de la teneur en protéines des essais de maïs population à cause des données manquantes qui limitent l'analyse (Aguartzan 35-Or par exemple) et du fait que dans la plupart des essais présentant des faibles teneurs en protéines, plusieurs conditions défavorables sont réunies. En revanche, certains essais obtiennent des teneurs en protéines élevées bien que les conditions soient a priori défavorables (Poromb 35-Ba).

L'analyse de la teneur en protéines des différentes variétés de maïs population doit également prendre en compte le **potentiel génétique** de chaque variété. Les diagrammes en boîte ci-contre (Figure 19) illustrent la variabilité du taux de protéines (pour les analyses de grains) existante entre les essais d'une même variété, ils permettent de visualiser les valeurs maximales que peut atteindre chaque variété, ainsi que la dispersion des valeurs.

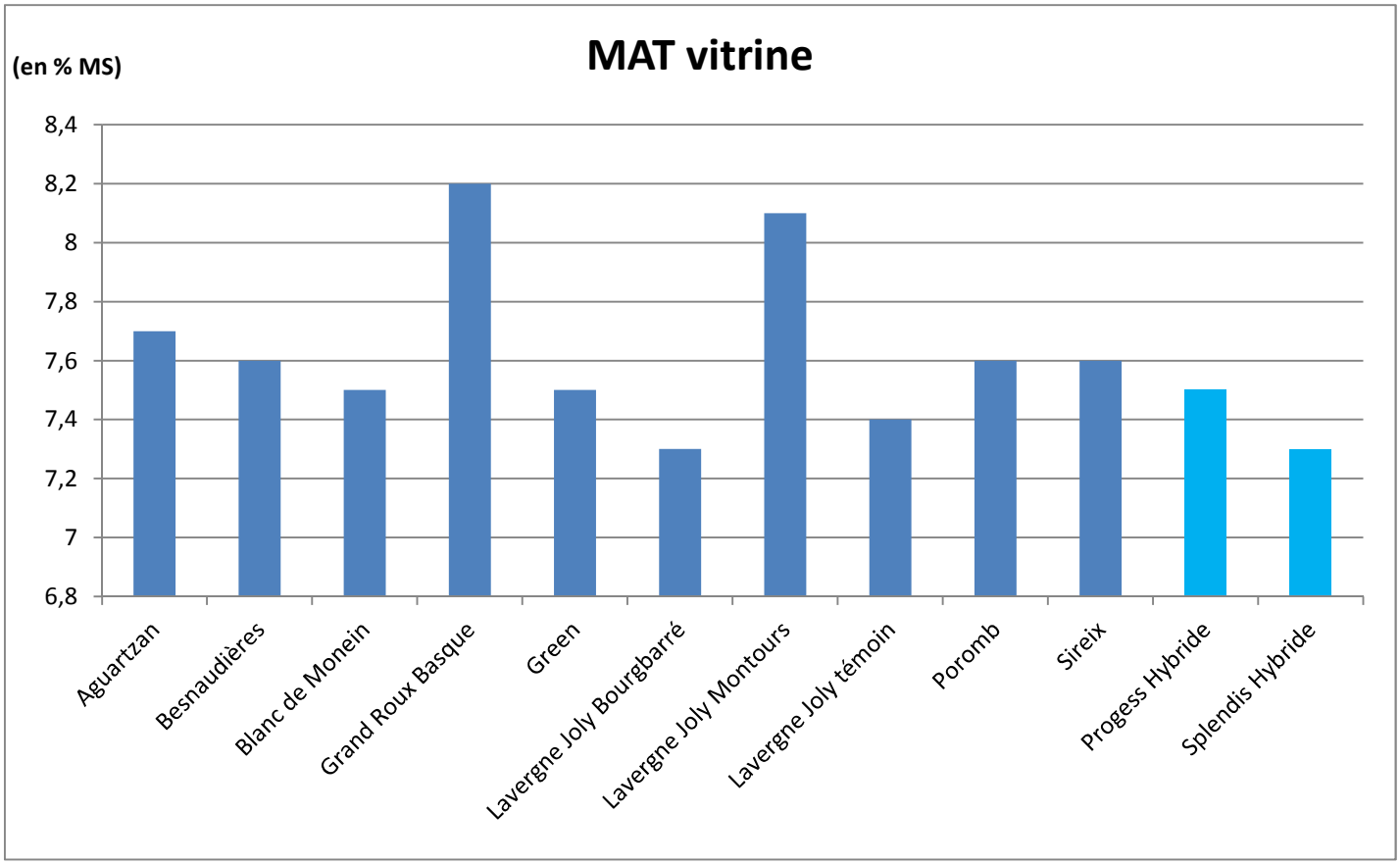


Figure 20 : Histogramme des MAT des variétés de maïs population sur la vitrine

Les variétés Green, Grand Roux Basque et Poromb obtiennent les taux de protéines les plus élevés de l'expérimentation. Cependant il faut tenir compte du fait que ces valeurs sont obtenues dans des environnements différents, certains étant plus favorables à une variété donnée par rapport à d'autres. L'analyse des valeurs obtenues sur la vitrine permet de minimiser l'effet de l'environnement, les valeurs de MAT sont représentées sur le graphique ci-contre (Figure 20). Deux variétés semblent alors se détacher des autres, il s'agit du Grand Roux Basque et de Lavergne Joly (pour la semence qui provient de la ferme où a été réalisée la vitrine ce qui peut impliquer une meilleure adaptation de cette variété à la vitrine).

IV. Discussion et perspectives

Afin d'interpréter les résultats de l'expérimentation, il convient dans un premier temps de rappeler son intérêt et l'importance des spécificités de la recherche participative pour la conception du dispositif expérimental. Dans un second temps, les résultats seront analysés en tenant compte des conditions dans lesquelles ils ont été obtenus et ce qu'ils apportent pour la suite de l'expérimentation. Les propositions d'amélioration ainsi que les perspectives seront exposées.

1. Discussion des résultats

La pertinence et les limites du réseau d'essais à la ferme

Il faut tout d'abord rappeler que la première année du projet Maïs Pop sert de phase exploratoire à la mise en place et à l'optimisation de l'expérimentation et de l'organisation du réseau de sélection participative en Bretagne.

Il est important de préciser en second lieu que le **l'expérimentation** n'a pas été conçue pour pouvoir réaliser une étude statistique poussée des données, mais pour que chaque paysan puisse semer la variété qui correspond à ses objectifs pour sa ferme. En effet, Maïs Pop, étant un projet de recherche participative, présente des spécificités qui se distinguent des projets de recherche en station expérimentale. Le nombre de répétitions de chaque variété par département est donc variable et les faibles effectifs ne permettent qu'une analyse descriptive des données pour la première année. L'intérêt de l'expérimentation ne réside donc pas dans une puissance statistique élevée mais dans le fait que les essais ne sont pas réalisés dans des microparcelles de stations expérimentales, mais à la ferme en conditions réelles. Ce point sera

particulièrement important pour l'évaluation de l'adaptation des variétés au terroir breton et notamment aux pratiques des paysans (itinéraire technique et sélection).

Il convient aussi de préciser que le **référentiel** constitue une synthèse des données obtenues sur les essais pour l'année 2012 et qu'il n'est donc pas à lire comme un catalogue des caractéristiques des variétés puisque celles-ci proviennent des résultats obtenus sur les fermes engagées et qu'ils peuvent varier d'une ferme à l'autre et d'une année sur l'autre. Il en va de même pour les résultats obtenus sur la **vitrine** qui servent de référence dans les fiches variétés, il faut tenir compte du fait que les conditions expérimentales qui caractérisent la parcelle de la vitrine (conditions pédoclimatiques, pratiques du paysan) peuvent la rendre plus favorable à certaines variétés par rapport aux autres.

La portée et les limites des résultats pour l'optimisation de l'expérimentation et pour répondre aux questions des paysans

L'expérimentation d'essais de maïs population a permis, lorsque les plantes de maïs ont pu être récoltées et analysées, d'**acquérir des données** phénoménologiques et phénotypiques, ainsi que sur la qualité et la valeur alimentaire des différentes variétés de maïs population en Bretagne.

La **précocité** est une variable primordiale pour les paysans car elle conditionne la réussite de l'adaptation des variétés au climat breton et donc l'implantation de ces variétés en Bretagne. Les résultats de l'année 2012 témoignent de son importance puisque 10 essais sur 18 ne sont pas parvenus à maturité avant la récolte. Ce trait évolue très vite et on estime que des résultats peuvent être observés à partir de la 3e année (Bio d'Aquitaine, 2011). Les estimations de la précocité des variétés obtenues ici sont à relativiser compte tenu des faibles effectifs.

La **vigueur** est évaluée par le paysan qui attribue une note de 1 à 5, ce qui pose la question de l'introduction d'un biais dans les notations par effet expérimentateur puisque c'est une notation subjective. Cette question a été abordée lors de la réunion bilan du comité de pilotage de l'expérimentation et la pertinence d'une notation par une même personne a été discutée. Cette proposition a finalement été rejetée compte-tenu des spécificités de l'expérimentation en recherche participative. En effet, les animateurs des structures départementales ont souligné l'importance de l'implication des paysans dans le suivi des parcelles d'essai et les visites en bout de champ permettent de donner des repères aux paysans pour les notations.

L'intérêt de la **vitrine** repose sur le fait que les variétés sont toutes cultivées sur la même parcelle et dans les mêmes conditions, il est donc possible de comparer la variabilité due aux caractéristiques des variétés (génétiques) sur un environnement donné.
La proportion de **MAT** des maïs population est supérieure à celle obtenue chez les variétés **hybrides témoins** sur la vitrine. Il faut souligner le fait que la variété hybride Progress obtient une valeur de MAT égale à la plus faible valeur des variétés de maïs population, et tout de même supérieure à la valeur obtenue dans les tables INRA, ce qui laisse supposer que l'environnement ait été favorable pour cette variable étudiée. Ceci souligne également l'intérêt de comparer les variétés testées avec une variété hybride témoin afin de ne pas surestimer les différences entre les populations et les hybrides. Les deux hybrides présentent par ailleurs des valeurs de MAT différentes, ce qui montre l'importante du choix des variétés hybrides qui serviront de témoin. Splendis avait été choisie pour la vitrine Maïs Pop car c'est la variété témoin utilisée par AgroBio Périgord, il sera ainsi plus facile de comparer les résultats obtenus avec l'expérimentation Maïs Pop avec les données d'AgroBio Périgord. Dans l'idéal, il faudrait implanter la même variété hybride sur toutes les fermes pour pouvoir comparer la variété testée sur une ferme avec ce témoin et analyser l'écart à l'hybride.

La présence de **données manquantes** dans la description des facteurs limitants sur l'élaboration du taux de protéines du maïs ne permet qu'une première lecture des résultats à la lumière de la synthèse bibliographique sur les facteurs environnementaux sur cette variable. De plus, on retrouve souvent une combinaison de facteurs défavorables, il est donc difficile d'isoler l'effet d'un facteur environnemental.

Finalement l'étude de la **variabilité des MAT** sur la vitrine permet seulement de mettre en évidence les valeurs supérieures de deux populations qui se détachent des autres dans les conditions de culture de la vitrine. Compte tenu de la faible variabilité des MAT entre les variétés, on peut se demander si la variabilité des taux de protéines observée par ailleurs sur les essais est due principalement à la diversité des environnements ; et si les analyses de fourrage sont adaptées pour mettre en évidence des différences entre les variétés. En effet, Emilie Salesse, vétérinaire en GIE zone verte, remet en cause l'utilisation des **analyses de fourrage** sur les variétés populations parce qu'elles sont réalisées avec des équations de détermination de la valeur alimentaire calibrées sur les variétés conventionnelles et précise qu'« il y a notamment des parts d'erreurs possibles pour la valeur azotée et encore plus la valeur digestible » (communication personnelle).

2. Propositions pour 2013

Concernant le **dispositif expérimental**, il est prévu d'implanter une vitrine pour l'année 2013, elle sera située à la station PAIS, dans le Finistère pour observer les caractéristiques des variétés dans un environnement différent et afin de profiter de la vitrine d'un projet CASDAR. Il a également été proposé de semer une variété hybride commune sur toutes les fermes et la vitrine, pour avoir un témoin commun.

Concernant le **recueil des données**, il semble important d'insister auprès des paysans impliqués dans le réseau d'essais afin qu'ils assurent un suivi régulier de leurs populations afin d'éviter de créer une base de donnée avec de trop nombreuses données manquantes qui limitent l'analyse des résultats, notamment la date de floraison qui est essentielle. A l'occasion de la relance téléphonique et des réunions bilan, les paysans ont indiqué que la structure des feuilles de suivi leur convenait. Elles peuvent cependant être complétées par l'observation de la période de montaison (date de début et de fin) et d'éventuels symptômes de stress hydrique au cours de cette période. La date de réalisation du stade 10 feuilles pourrait également servir à l'interprétation des données, il faut cependant que les paysans soient disponibles pour observer les parcelles, ce qui nécessite peu de temps mais de s'y rendre régulièrement (tous les 3 jours par exemple).

En 2013, les données seront complétées par des relevés racinaires afin d'estimer la capacité des variétés population à développer une **symbiose mycorhizienne** en lien avec l'analyse de l'environnement (caractéristiques du sol, pratique du paysan), et en comparaison avec des variétés hybrides dans les mêmes conditions. La structure des symbioses mycorhiziennes sera observée au microscope tandis que des échantillons de racines seront envoyés à un laboratoire pour identifier les mycorhizes par extraction d'ADN. Cette étude portera sur trois variétés : Blanc de Monein, Grand Roux Basque et Lavergne Joly.

Enfin des mesures au **chromamètre** seront effectuées sur les feuilles des différentes variétés afin d'essayer d'estimer l'activité photosynthétique de la plante et s'il existe un éventuel lien entre ces mesures et le taux de protéines. En effet, les « anciens » arrivaient à sélectionner des variétés riches en protéines sur des critères phénotypiques, mais ce savoir ayant disparu avec eux, il serait intéressant aujourd'hui de formuler des hypothèses sur ces caractères observables tels que la couleur de la feuille.

Enfin, il serait intéressant d'estimer les **rendements** des différentes variétés sur les essais, pour pouvoir inclure cette variable au référentiel des variétés de maïs population dans un contexte breton et pour essayer de déterminer s'il y a bien une opposition entre la qualité et la quantité et donc de vérifier si la corrélation négative entre rendement et taux de protéines rapportée dans la bibliographie (Barrière, et al., 1997) s'applique aussi aux maïs population.

3. Perspectives

La première année du projet Maïs Pop a servi de **phase exploratoire** pour la mise en place de l'expérimentation et l'acquisition de données de références en Bretagne. En 2013, les données sur deux ans seront utilisées pour essayer d'estimer l'**adaptation** des variétés de maïs population au terroir breton, c'est-à-dire à l'ensemble des composantes environnementales telles que le contexte pédoclimatique et les pratiques des paysans ce qui inclus également la sélection.

Pour que ce travail de sélection des variétés de maïs population soit reproductible à un plus grand nombre de paysans, il faut continuer à animer et organiser le réseau régional et maintenir une dynamique de groupe à plus petite échelle permettant les échanges et retours sur expérience. Il est aussi possible de s'appuyer sur ce réseau de paysans impliqués en sélection participative pour réaliser des expérimentations sur d'autres espèces végétales (blé, pois, sarrasin, etc.) et pour échanger sur les modes d'organisation mis en place.

Enfin, un projet Fondation de France devrait prochainement être programmé, il consistera en une mise en commun au niveau national des expérimentations régionales en maïs population afin de mutualiser des compétences sur l'organisation de la sélection participative, les données lors des expérimentations et connaissances réunies par les différents réseaux régionaux.

Conclusion

Le projet de sélection participative Maïs Pop a été mis en place en 2012. Il vise à expérimenter et promouvoir la diversité de maïs population en Bretagne. La première année du projet a consisté en une phase exploratoire aboutissant à l'organisation d'un réseau régional d'essais à la ferme et à l'élaboration d'un dispositif expérimental en fonction des moyens disponibles et des objectifs définis. Les résultats attendus sont de trois types : des conclusions sur la caractérisation des variétés, les facteurs qui peuvent être pris en compte dans l'étude de la variabilité du taux de protéines et des propositions d'amélioration de l'organisation de l'expérimentation.

La réalisation des essais s'est soldée par 9 abandons dus notamment à des attaques d'oiseaux. Le dispositif expérimental sera reconduit en 2013, avec l'intégration de nouvelles observations de suivi, d'analyse des symbioses mycorhiziennes et de mesures des feuilles au chromamètre.

Malgré des données manquantes, le recueil des données a permis l'obtention de premiers résultats pour la caractérisation des variétés dans un contexte breton, notamment sur la précocité, les vigueurs, la proportion de verse et la teneur en protéines.

En ce qui concerne la variabilité du taux de protéines, celle-ci est difficile à expliquer par l'analyse du tableau des facteurs environnementaux car, pour la plupart des essais, plusieurs facteurs varient en même temps. Il serait intéressant d'introduire un témoin commun à toutes les fermes afin de pouvoir comparer plus facilement les variétés.

Bibliographie

AGPM, 2013. *Généralités relative au marché et l'économie du maïs.* [En ligne] Available at: http://www.agpm.com/pages/generalites.php [Accès le 12 02 2013].

AGPM, 2013. *La plante de maïs - Découverte du maïs.* [En ligne] Available at: http://www.agpm.com/pages/mais_plante.php [Accès le 20 02 2013].

AGPM, 2013. *Le maïs grain.* [En ligne] Available at: http://www.agpm.com/pages/mais_grain.php [Accès le 12 02 2013].

Agreste Bretagne - Draaf, 2012. *Extrait des Tableaux de l'Agriculture Bretonne 2012 - Résultats 2010.* [En ligne] Available at: http://draaf.bretagne.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/38-39_AB_cle8ddf62.pdf [Accès le 12 02 2013].

Agreste, 2011. *Les productions végétales.* [En ligne] Available at: http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/memo12vegetal.pdf [Accès le 12 02 2013].

Agreste, 2013. *La statistique, l'évaluation et la prospective agricole.* [En ligne] Available at: http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/gaf12p119.pdf
http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/alimagri2012n9.pdf
http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/saa2013T13spca.pdf
http://draaf.bretagne.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/page12_cle47c131.pdf
[Accès le 12 02 2013].

Arvalis, 2011. *Arvalis Info - Maïs fourrage Les clefs de la réussite.* [En ligne] Available at: http://www.arvalis-infos.fr/file/galleryelement/pj/d1/b1/79/9f/d0096mais_fourrage_les_cles_de_la_reussite708363869801725738 1.pdf [Accès le 1 03 2013].

Arvalis, s.d. *Arvalis Info.* [En ligne] Available at: http://www.arvalis-infos.fr/_plugins/WMS_BO_Gallery/page/getElementStream.html?id=4917&prop=image [Accès le 20 02 2013].

Barrière, Y. et al., 1997. Relevant traits, genetic variation and breeding strategies in early silage maize. *Agronomie,* Volume 17, pp. 395-411.

Bénétrix, F. & Autran, J.-C., 1997. Synthèse protéique dans les grains et les graines. Dans: J. Morot-Gaudry, éd. *Assimilation de l'azote chez les plantes - aspects physiologique, biochimique et moléculaire.* Paris: INRA, pp. 307-326.

Bio d'Aquitaine, 2011. *L'Aquitaine Cultive la Biodiversité - 10 ans d'expériences et d'expérmientations sur les variétés paysannes de maïs et de tournesol,* Périgueux: AgroBio Périgord.

Bonneuil, C. & Thomas, F., 2012. *Semences : une histoire politique - Amélioration des plantes, agriculture et alimentaion en France depuis la Seconde Guerre mondiale.* Paris: Editions Charles Léopold Mayer.

CIMMYT, 2009. *Seeds of Discovery - Maize Seed Catalog.* [En ligne] Available at: http://seedsofdiscovery.org/seed/maize/maize-seed-catalog/ [Accès le 20 02 2013].

Cliquet, J.-B.et al., 1991. *Etude, par utilisation des isotopes lourds, de la capacité de stockage de la tige de maïs pendant la montaison puis de la remobilisation de ces réserves vers l'épi.* Pau, in Physiologie et production du maïs: communications au Colloque La vie du maïs, physiologie du maïs, application à la production organisé par l'INRA, l'AGPM et l'Université de Paris-Sud, Pau, 13-15 novembre 1990.

Deumier, J.-M., Lacroix, B. & Bouthier, A., 1991. *Alimentation en eau du maïs en période de préfloraison et élaboration du rendement en grain.* Pau, in Physiologie et production du maïs: communications au Colloque La vie du maïs, physiologie du maïs, application à la production organisé par l'INRA, l'AGPM et l'Université de Paris-Sud, 13-15 novembre 1990.

FAO, 2004. *La biodiversité au service de la sécurité alimentaire - Journée moindiale de l'alimentation le 16/10/04.* s.l., s.n.

Faure, J.-D., Meyer, C. & Caboche, M., 1997. Assimilation du nitrate : nitrate et nitrite réductases. Dans: J. Morot-Gaudry, éd. *Assimilation de l'azote chez les plantes - aspects physiologique, biochimique et moléculaire.* Paris: INRA, pp. 45-66.

Gallais, A., Vincourt, P. & Bertholleau, J.-C., 1983. Etude des critères de sélection chez le maïs fourrage : héritabilités, corrélations génétiques et réponse attendue à la sélection. *Agronomie,* 3(8), pp. 751-760.

GNIS, 2013. *Physiologie et reproduction du maïs.* [En ligne] Available at: http://seedsofdiscovery.org/seed/maize/maize-seed-catalog/ [Accès le 20 02 2013].

INRA, 2007. *Alimentation des bovins, ovins et caprins - Besoins des animaux, valeurs des aliments.* 2010 éd. Versailles: Editions Quae.

INRA, 2013. *SAD-Paysage.* [En ligne] Available at: http://www6.rennes.inra.fr/sad [Accès le 12 02 2013].

INRA, 2013. *SAD-Paysage - Membres de l'équipe.* [En ligne] Available at: http://www6.rennes.inra.fr/sad/Membres-de-l-equipe [Accès le 12 02 2013].

Lubet, E. & Juste, C., 1985. Cinétique de la production de matière sèche et de prélèvement d'éléments nutritifs par une culture irriguée de maïs à haute potentialité de rendement. *Agronomie,* 5(3), pp. 239-250.

Maïsadour Semences, 2009. *Texture des grains de maïs.* [En ligne] Available at: http://www.maisadour-semences.fr/lexique.php#texture-grain [Accès le 20 02 2013].

Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, 2009. *Note d'information aux producteurs : Approvisionnement en semences et matériels de reproduction végétative biologiques.* [En ligne] Available at: http://www.semences-biologiques.org/pages/SemInfoProducteur_2009.pdf

[Accès le 05 03 2013].

Murphy, D., 2007. *Plant Breeding and Biotechnology - Societal Context and the Future of Agriculture.* Cambridge: Cambridge University Press.

Plenet, D., Lubet, E., Desvignes, P. & Sombrun, F., 1991. *Fertilisation azotée et composantes du rendement du maïs : effet des niveaux et des modalités d'apport.* Pau, in Physiologie et production du maïs: communications au Colloque La vie du maïs, physiologie du maïs, application à la production organisé par l'INRA, l'AGPM et l'Université de Paris-Sud, Pau, 13-15 novembre 1990.

Prieur, L. & Justes, E., 2006. Disponibilité en azote issue de l'effet du précédent légumineuse, de culture intermédiaire et d'engrais organique. *AlterAgri,* Issue 80, pp. 13-17.

Prioul, J.-L., Reyss, A. & Schwebel-Dugué, N., 1991. *Métabolisme carboné dans les feuilles sources lors de la phase de remplissage des grains : recherche de critères de remobilisation et de sénescence.* Pau, in Physiologie et production du maïs: communications au Colloque La vie du maïs, physiologie du maïs, application à la production organisé par l'INRA, l'AGPM et l'Université de Paris-Sud, Pau, 13-15 novembre 1990.

Rochat, C., 1997. Transport des acides aminés dans la plante. Dans: J. Morot-Gaudry, éd. *Assimilation de l'azote chez les plantes - aspects physiologique, biochimique et moléculaire.* Paris: INRA, pp. 221-234.

RSP, AgroBio Périgord, Bio d'Aquitaine, 2009. *Variétés paysannes de maïs et tournesol pour une agriculture écologique et économe.* s.l.:Réseau Semences Paysannes.

RSP, 2009. *Cultivons la Biodiversité : les semences paysannes en réseau.* s.l.:Réseau Semences Paysannes.

Ruget, F., 1991. Présentation d'une méthode simple d'estimation de la contribution des réserves pour le remplissage des grains chez le maïs. *Agronomie,* Issue 11, pp. 505-510.

Sampoux, J.-P., Gallais, A. & Lefort-Buson, M., 1989. Intérêt d'une sélection associant valeur en fourrage et valeur en grain pour l'amélioration du maïs fourrage et du maïs grain. *Agronomie,* Issue 9, pp. 667-675.

Sauvant, D., 2005. *Principes généraux de l'alimentation animale.* [En ligne] Available at: http://www.ladocumentationcaprine.net/plan/alimentation/art/F-0040.pdf
[Accès le 12 02 2013].

Sebillotte, M., Allain, S., Doré, T. & Meynard, J.-M., 1993. La jachère et ses fonctions agronomiques, économiques et environnementales - diagnostic actuel. *Dossier de l'environnement de l'INRA,* Issue 27, pp. 125-136.

Singletary, G. W. & Below, F. E., 1989. Growth and Comosition of Maize Kernels Cultured in Vitro with Varying Supplies of Carbon and Nitrogen. *Plant Physiology,* Volume 89, pp. 341-346.

US National Sience Foundation, 2009. *Wild Grass Became Maize Crop More Than 8,700 Years Ago.* [En ligne] Available at:
http://www.nsf.gov/news/news_summ.jsp?cntn_id=114445 [Accès le 20 02 2013].

Table des figures

Fig.1 : L'organigramme de l'unité SAD-Paysage au 05/02/2013 2

Fig.2 : Représentation géographique de la production française de maïs grain et de maïs fourrage 4

Fig.3 : La morphologie de la plante et de l'épi de téosinte et de maïs 10

Fig.4 : Un exemple de la diversité des épis de maïs 10

Fig.5 : Les principales phases de développement du maïs 11

Fig.6 : Les organes reproducteurs du maïs 11

Fig.7 : L'aspect du grain au stade de récolte pour le maïs fourrage (32% de MS) 12

Fig.8 : Rythme d'accumulation de l'azote dans les parties aériennes 12

Fig.9 : Evolution de la répartition, entre les différents organes, de l'azote marqué au début de la montaison jusqu'à la maturité complète du grain 13

Fig.10 : Les interactions du projet Maïs Pop avec les programmes de recherche participative de l'INRA SAD-Paysage et avec les associations et réseaux partenaires 17

Fig.11 : Le calendrier du projet Maïs Pop 17

Fig.12 : Schéma de la démarche générale de la méthodologie 19

Fig.13 : La feuille de notation utilisée pour le recueil de données de suivi 23

Fig.14 : Vigueurs des variétés au stade 2 feuilles et pendant la floraison 26

Fig.15 : Proportion de pieds versés à l'échelle de la parcelle à la récolte 26

Fig.16 : Hauteur de tige à la fin de la floraison 26

Fig.17 : Résultats des analyses de grain par ordre croissant du taux de protéines par variété 27

Fig.18 : Résultats des analyses de fourrage par ordre croissant du taux de MAT par variété 27

Fig.19 : Diagrammes en boîte des taux de protéines des variétés de maïs population 29

Fig.20 : Histogramme des MAT des variétés de maïs population sur la vitrine 30

Table des tableaux

Tab.1 : Les résultats disponibles par variétés et par départements 24

Tab.2 : Les variables citées par les paysans comme étant les plus importantes 25

Tab.3 : Classement des variétés par ordre croissant de précocité moyenne estimée pour la floraison mâle (les effectifs figurent entre parenthèses) 25

Tab.4 : Les taux de protéines par essais et les différents facteurs qui pourraient expliquer leur variabilité 28

Table des annexes

I. Principaux stades de développement du maïs

II. Estimation visuelle de la teneur en MS de la plante pour le maïs fourrage

III. Caractéristiques des variétés d'AgroBio Périgord

IV. Exemples d'analyse fourrage et d'analyse de grain

V. Répartition géographique des essais en 2012

VI. Synthèse des données de suivi

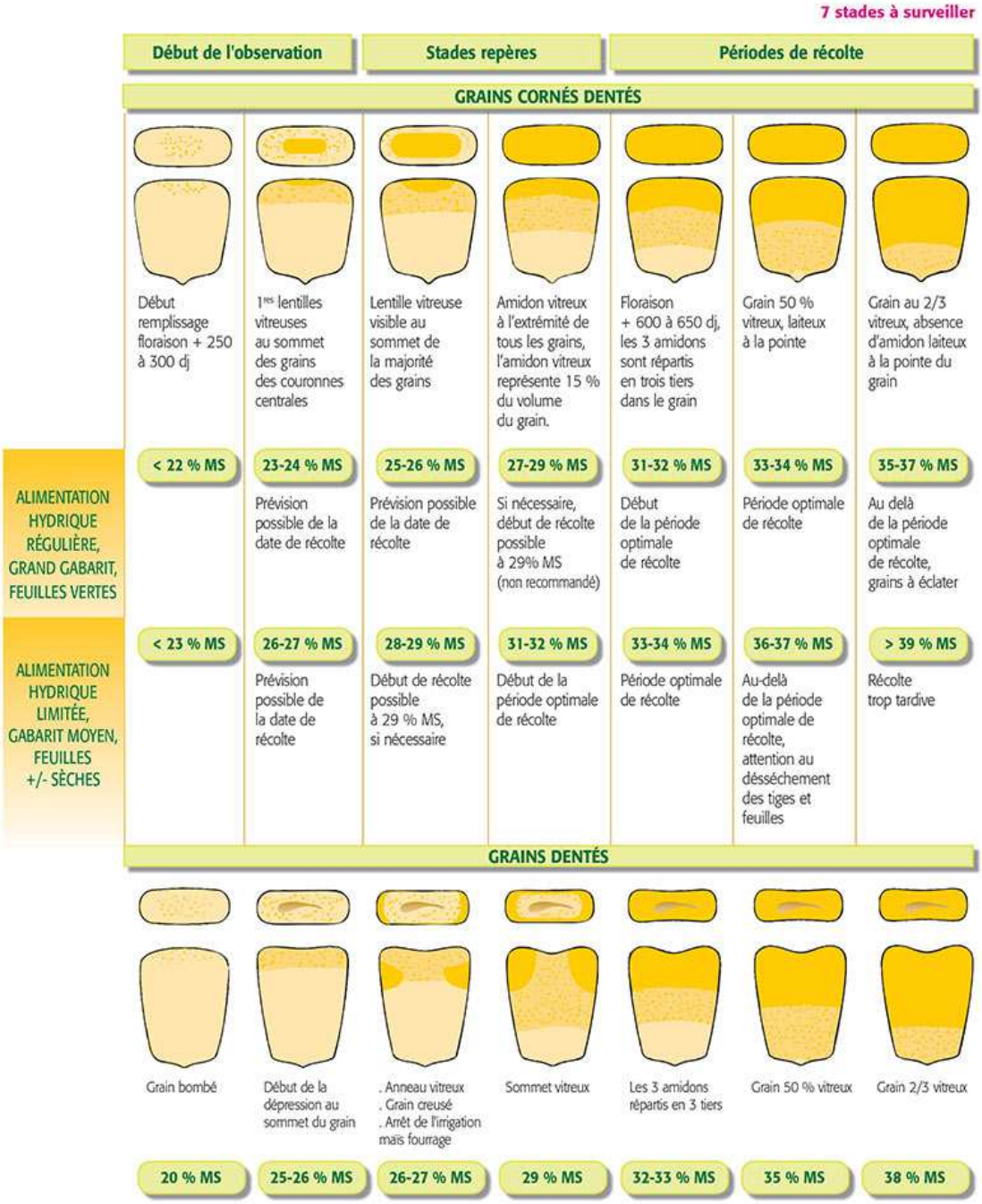
VII. Valeurs des analyses de grain

VIII. Valeurs des analyses de fourrage

IX. Exemple de fiche variété

X. Analyse personnelle

Annexe II : Estimation visuelle de la teneur en MS de la plante pour le maïs fourrage



Grille d'estimation du taux de MS de la plante entière à partir de l'observation du remplissage des grains (juillet 2011). Attention! Les repères liés à la teneur en MS sont bouleversés si l'année climatique est très différente de la moyenne (développement anormal des plantes, sécheresse, forte pluie récente, prélèvements sous la pluie...). Si l'observation au champ permet de cibler la date de récolte, la mesure au laboratoire de la teneur en MS à la récolte demeure une pratique nécessaire pour estimer les rendements, les stocks, les quantités distribuées et le risque d'échauffement des silos.

Source : ARVALIS - Institut du végétal (juillet 2011)

Annexe III : Caractéristiques des variétés d'AgroBio Périgord

Variété	Histoire	Utilisation	Forme du grain	Couleur du grain	Précocité	Teneur en protéines (en %)
Aguartzan	Variété paysanne collectée au Pays Basque espagnol		corné/denté	jaune	demi-précoce	10,28
Blanc de Monein	Variété collectée par l'INRA dans les Pyrénées Atlantiques.	alimentation animale et humaine (culture vivrière)	corné	blanc	précoce	11,7
Borie Lautrec	Variété collectée par l'INRA dans un village du Tarn		corné	blanc	demi-précoce	
Grand roux basque	Variété paysanne collectée au Pays Basque		corné	roux	demi-précoce	9,9
Green	Création variétéale à partir de 2 variétés de maïs population			vert	précoce	
Lavergne	Variété paysanne créée en Dordogne à partir d'un croisement naturel entre plusieurs populations	alimentation animale et humaine (farine et polenta)	corné et denté	diverses	demi-tardive /tardvie	8,7
Lavergne Joly	Création variétéale à partir d'une dizaine de variétés de maïs population, en sélection massale. En cours de stabilisation. D'abord sélectionné en Dordogne (2003), puis en Vienne (2008)			diverses	demi-tardive	
Poromb	Variété paysanne originaire de Roumanie puis cultivée dans le Gers. Elle était utilisée localement pour l'alimentation des porcs.	grain et ensilage	corné / corné denté	jaune	demi-précoce /demi-tardive	10,15
Rouge d'Astarac	Rouge d'Astarac est issu de la contrée d'Astarac située entre le Gers et les Hautes-Pyrénées. Il existe aujourd'hui en France différentes souches de Rouge d'Astarac, dont certaines ont aussi des épis jaunes et des épis oranges.		corné	rouge	demi-tardive	8
Sireix	Variété paysanne collectée dans le village de Sireix en Hautes-Pyrénées, à 800m d'altitude.	consommation humaine : polenta et mique	corné	jaune	précoce	9,5

Annexe IV : Exemples d'analyses fourrage et d'analyse de grain

Ille & Vilaine
LE DEPARTEMENT

Institut en Santé Agro-Environnement

SITE DE COMBOURG - La madeleine - 35270 COMBOURG -
Tél: 02.99.73.02.29 - Fax: 02.99.73.32.85
N° Siret 223 500 018 00617 - N°TVA intracommunautaire: FR9223500018

Edité le : 08/03/2013

Référence laboratoire	
N° Laboratoire :	**13022100468101**
Date d'enregistrement :	**19/02/2013**

Copie à :
ISAE BioAgroPolis
BESNAUDIERES

Exploitant	
Nom :	**BESNAUDIERES**
Adresse :	**Les Besnaudières**
Commune :	**35850** PARTHENAY DE BRETAGNE
Code Act. :	**35216002**

ADAGE

Pôle InPACT-17 rue du Bas Village
CS 37725
35577 CESSON SEVIGNE CEDEX

Intermédiaire	
Nom :	**ADAGE**
Commune :	**35577 CESSON SEVIGNE CEDEX**

Site de prélèvement	
Nom :	
Commune :	

ANALYSE DE FOURRAGE

Bordereau : 1 | *Id. du prélèvement :*

Référence client : **Maïs ensilage** | *Espèce végétale* : **maïs**
Type de consommateur : **bovins** | *Type d'échantillon* : **ensilage prél récolte**
Mode de récolte et de conservation : **sans code**

Paramètres	*Résultats*	*Méthodes*
Calculs (équations INRA)		
UFL /kg	0.89	*CALCUL*
UFV /kg	0.79	*CALCUL*
dMO %	71.2	*CALCUL*
PDIE g/kg P.Sec	68	*CALCUL*
PDIA g/kg P.Sec	17	*CALCUL*
PDIN g/kg P.Sec	49	*CALCUL*
NDF % de la M.S	46.5	*CALCUL*
UEL /kg	1.05	*CALCUL*
UEB /kg	1.16	*CALCUL*
Composition		
Matière sèche 80°C % P.Brut	27.8	*Méthode interne*
Matière minérale % de la M.S	4.8	*C.E.E Dir 81/680 NF V 18-101*
Matières azotées totales (N*6.25) % de la M.S	7.6	*C.E.E. Dir. 93/28*
Cellulose brute % de la M.S	20.3	*Méthode fibersac*
Amidon % de la M.S	28.9	*Méthode Ewers*
Digestibilité enzymatique Auffrère % de la M.S	67.0	*Dir BIPEA n°207 juin 1989*
Matière organique %	95.2	*CALCUL*

(ec) = en cours d'analyse
N/A ou N.M. = non analysé

Validé le : 08/03/2013
Jocelyne AUBRY
Chef de service

Les données concernant la réception, la conservation, le traitement analytique des échantillons et les incertitudes de mesure sont disponibles sur demande.

La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il ne concerne que les échantillons soumis à l'analyse.
Laboratoire agréé par l'Agence Unique de Paiement (AUP)

Ille & Vilaine
LE DEPARTEMENT

Institut en Santé Agro-Environnement

SITE DE COMBOURG - La madeleine - 35270 COMBOURG -
Tél: 02.99.73.02.29 - Fax: 02.99.73.32.85
N° Siret 223 500 018 00617

Rapport d'essais

ANALYSE D'ALIMENTS DU BETAIL

Référence laboratoire

N° Laboratoire : **12121702865606**
Date d'enregistrement : **17/12/2012**
Date de fin d'analyse : **25/01/2013**

Copie à :
ISAE BioAgroPolis
ADAGE

Exploitant

Nom : **ADAGE**
Adresse : **Pôle InPACT-17 rue du Bas Village**
Commune : **35577** CESSON SEVIGNE CEDEX
Code Act. :

FRAB
17 RUE DU BAS VILLAGE
35577 CESSON SEVIGNE CEDEX

Intermédiaire

Nom : **FRAB**
Commune : **35577 CESSON SEVIGNE CEDEX**

Site de prélèvement

Nom :
Commune :

Bordereau : 1

Référence client : **BESNAUDIERES -GCHUINARD**
Nature d'aliment : **Maïs**
Type de consommateur : **BOVIN**

Remarques : **BESNAUDIERES -GWEN CHUINARD**

Dosages	ALIMENT du BETAIL			
	Résultats du produit brut		*Résultats de matière séche*	
Protéines *C.E.E. Dir. 93/28*	6.9	% P.Brut	86.0	g/kg
Humidité *Pesée, séchage 103°C ou 130°C*	19.8	% P.Brut		
Matières minérales *C.E.E Dir 81/680 NF V 18-101*	1.42	% P.Brut	17.7	g/kg
Calcium *NF V 18-108*	0.01	% P.Brut	0.1	g/kg
Phosphore *C.E.E Dir 81/680 NF V 18-106*	0.21	% P.Brut	2.6	g/kg
Matières grasses *NF V 18-117*	3.6	% P.Brut	44.9	g/kg
Cellulose brute *Méthode Fibersac NF V 03-040*	2.1	% P.Brut	26.2	g/kg
Lignine *Méthode Fibersac NF V 18-115*	1.1	% P.Brut	13.7	g/kg
Azote soluble *Méthode interne*	26.2	% azote total		
PDIE *CALCUL*	79.31	g/kg	99	g/kg
PDIN *CALCUL*	48.67	g/kg	61	g/kg
UFL *CALCUL*	0.96	/kg	1.20	/kg
UFV *CALCUL*	0.96	/kg	1.20	/kg

(ec) = en cours d'analyse
N/A ou N.M. = non analysé

Validé le 28/01/2013
Pascale GANCHE
Chef de service suppléant

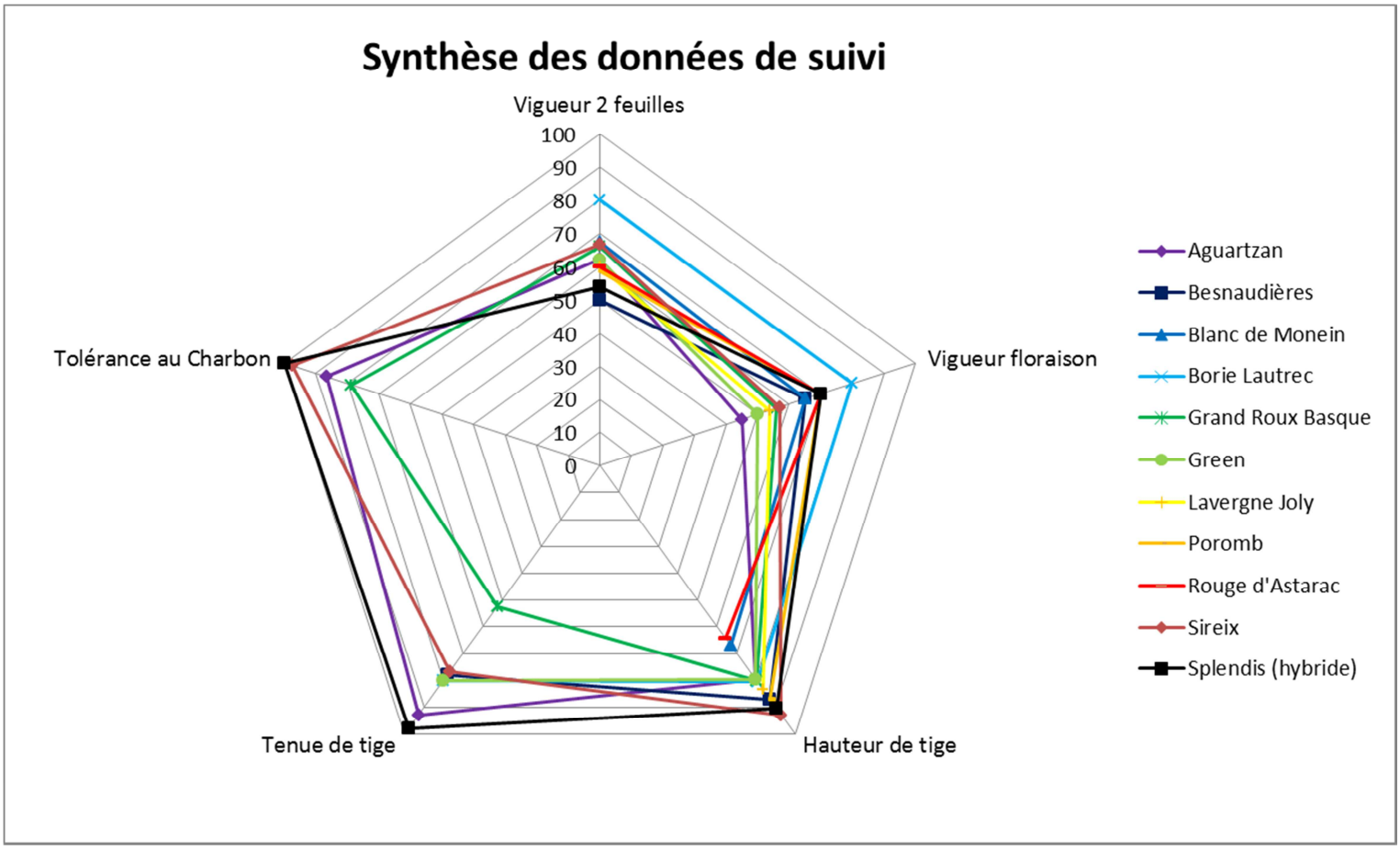
Le rapport d'essai ne peut être reproduit que dans son intégralité, sauf autorisation écrite du l'ISAE. Il ne concerne que les échantillons soumis a l'analyse.

Annexe V : Répartition géographique des essais en 2012

Les punaises figurent les fermes, et les pointeurs les stations météorologiques. Le bleu est associé au Finistère (29), le vert au Morbihan (56) et le jaune à l'Ille-et-Vilaine (35). Chacune de ferme a été associée à la station météorologique la plus proche.

Annexe VI : Synthèse des données de suivi

2012		Notations semis/levée			Notations floraison			Notations récolte				
Variété	**Paysan (En gras : vitrine)**	**Date de semis**	**Régularité**	**Vigueur stade 2 feuilles (de 1 à 5)**	**Date début floraison mâle**	**Date fin floraison mâle**	**Vigueur stade fin floraison (de 1 à 5)**	**Hauteur de tige (en m)**	**Verse (en %)**	**Charbon (en %)**	**Date récolte en grains**	**Maturité à la récolte**
Aguartzan	**Marcel Tuaux**	13-mai		2,5			2,25	2,9	2	0		
Aguartzan	Gwénolé Rousseau	*25-mai*	régulière	4								
Aguartzan	Jean-François Orain	02-juin	régulière	3	01-août	21-août		2	5	0	*05-déc*	non
Aguartzan	Jean-Paul Le Bihan	02-juin	*régulière*	3				2,5		*5*	*25-oct*	non
Besnaudières	**Marcel Tuaux**	13-mai		2			2,5	2,7	2	0		
Besnaudières	Gwénaël Chuinard	16-mai		3	31-juil	07-août	4		*20*	*5*	*25-nov*	
Blanc de Monein	**Marcel Tuaux**	13-mai		3			3	2,5		0		
Blanc de Monein	Vincent Couvert	29-mai	régulière	4	04-août	11-août	3	1,8	*20*	*5*	*17-nov*	oui
Blanc de Monein	Gilbert Le Jeloux	18-mai	régulière	3	*05-août*	*15-août*	3,5	2	25	1	*25-nov*	oui
Blanc de Monein	Jean Laot	19-mai	*régulière*	3,5	02-août	26-août	3,5	2	*17,5*	0	12-nov	oui
Borie Lautrec	Jean-Luc Boutier	24-mai	*régulière*	4	05-août	20-août	4	2,5	10	5	26-nov	non
Grand roux basque	**Marcel Tuaux**	13-mai		3			2,2	2,4	20	0		
Grand roux basque	Gilbert Le Jeloux	16-mai	régulière	3	*05-août*	*15-août*	5	3	25	3	*25-nov*	oui
Grand roux basque	Sébastien Baron	16-mai	régulière	4				2,4	50		01-déc	oui
Grand roux basque	Jacques Le Lann	15-mai	irrégulière	3	20-août	05-sept	3	*2,15*	*0*	*5*	*01-déc*	oui
Grand roux basque	Jérôme Jacob	15-mai		3,5	10-août	18-août	1					
Green	**Marcel Tuaux**	13-mai		2,2			2	2,7	10	0		
Green	Gaëtan Marquet	16-mai	régulière	4	31-juil	22-août	3	*2,25*		*4*	*07-déc*	oui
Lavergne Joly	**Marcel Tuaux**	13-mai		2,5			2	2,8	7	0		
Lavergne Joly B	**Marcel Tuaux**	13-mai		1,5			1,75	2,8	2	0		
Lavergne Joly	Marcel Tuaux	13-mai	*régulière*	3				2,8	10	0	*05-déc*	*oui*
Lavergne Joly	Armel Richomme	16-mai		3	08-août	28-août	3		*5*	1		
Lavergne Joly	Pierre-Yves Plessix	10-mai	régulière	4	27-juil	10-août	4	3,1	*20*	0	21-nov	*oui*
Lavergne Joly	Mathieu Conseil	*05-mai*	*régulière*					*2,05*	*0*	0	15-nov	oui
Lavergne Joly	Mathieu Dubois	12-avr	irrégulière	4	15-août	15-sept		2	*12,5*	*12,5*	*05-déc*	non
Poromb	**Marcel Tuaux**	13-mai		2,7			3	2,9	7	0		
Poromb	Vincent Balluais	27-mai	régulière	4		16-août		3		*1*		
Poromb (Finistère)	Vincent Balluais	27-mai	irrégulière								15-nov	non
Poromb	Benoît Nézet	16-mai		3					33		11-déc	
Poromb	Gilbert Tromeur	14-mai	irrégulière	2			4	2,2	*12,5*	0	28-nov	non
Rouge d'Astarac	Gilbert Le Jeloux	24-mai	régulière	3	10-août	25-août	3,5	2	*5*	1	*25-nov*	non
Sireix	**Marcel Tuaux**	13-mai		2			2,7	2,9	3	0		
Sireix	Gilles Auffret	23-mai	*irrégulière*	5				*3*		0	*10-nov*	non
Sireix	Michel Capitaine	16-mai		3	01-août	09-août	3	*2,75*	*20*	*1*	29-nov	
Splendis	**Marcel Tuaux**	13-mai		2,7			3,5	2,8	1	0		
nombre de fois où la valeur est renseignée		35	20	33	15	16	24	29	27	30	21	18



Chaque axe représente une échelle de 0 à 100 (100 correspond à la valeur maximale observée sur l'ensemble des essais pour chaque variable). Afin d'améliorer la lisibilité du radar, la proportion de pieds versés et la proportion de pieds touchés par le charbon ont été modifiées pour obtenir la tenue de tige (soit la proportion de pieds non versés) et la tolérance au charbon (soit la proportion de pieds non touchés par le charbon).

Annexe VII : Valeurs des analyses de grain

Variété	**Protéines (en g/kg MS)**	**PDIE (en g/kg MS)**	**PDIN (en g/kg MS)**	**UFL (/kg)**
Aguartzan	95,80	101,00	67,00	1,20
Aguartzan	101,10	105,00	71,00	1,20
Aguartzan	112,50	111,00	80,00	1,21
Besnaudières	86,00	99,00	61,00	1,20
Blanc de Monein	112,40	116,00	82,00	1,20
Blanc de Monein	108,10	109,00	77,00	1,19
Blanc de Monein	109,70	118,00	81,00	1,20
Borie Lautrec	94,40	102,00	67,00	1,19
Grand roux basque	122,30	115,00	81,00	1,20
Grand roux basque	130,40	125,00	95,00	1,16
Grand roux basque	103,20	111,00	75,00	1,19
Green	123,10	113,00	86,00	1,21
Lavergne Joly	89,00	96,00	62,00	1,18
Lavergne Joly	122,50	112,00	86,00	1,18
Lavergne Joly	107,40	108,00	76,00	1,21
Lavergne Joly	74,30	92,00	52,00	1,20
Poromb	124,10	122,00	90,00	1,19
Poromb	98,60	108,00	71,00	1,19
Poromb	117,60	117,00	85,00	1,19
Poromb	132,50	118,00	94,00	1,16
Poromb F	117,60	116,00	84,00	1,16
Rouge d'Astarac	116,80	116,00	84,00	1,18
Sireix	122,50	122,00	90,00	1,20
Sireix	96,70	108,00	70,00	1,21
Tables INRA	**94,00**	**97,00**	**74,00**	**1,22**
Moyennes par variété	**Protéines (en g/kg MS)**	**PDIE (en g/kg MS)**	**PDIN (en g/kg MS)**	**UFL (/kg)**
Aguartzan (3)	103,13	105,67	72,67	1,20
Besnaudières (1)	86,00	99,00	61,00	1,20
Blanc de Monein (3)	110,07	114,33	80,00	1,20
Borie Lautrec (1)	94,40	102,00	67,00	1,19
Grand Roux Basque (3)	118,63	117,00	83,67	1,18
Green (1)	123,10	113,00	86,00	1,21
Lavergne Joly (4)	98,30	102,00	69,00	1,19
Poromb (5)	118,08	116,20	84,80	1,18
Rouge d'Astarac (1)	116,80	116,00	84,00	1,18
Sireix(2)	109,60	115,00	80,00	1,21

Annexe VIII : Valeurs des analyses de fourrage

Variété	MAT (en %MS)	PDIE (en g/kgMS)	PDIN (en g/kgMS)	UFL (en /kg)
Aguartzan	7,7	68	49	0,89
Besnaudières	7,6	68	49	0,89
Besnaudières	7,6	69	49	0,9
Blanc de Monein	9,8	73	63	0,92
Blanc de Monein	7,5	66	48	0,86
Grand Roux Basque	8,2	67	52	0,85
Green	7,5	65	48	0,84
Lavergne Joly Bourgbarré	7,3	64	47	0,83
Lavergne Joly Montours	8,1	70	52	0,9
Lavergne Joly témoin	7,4	62	47	0,78
Poromb	7,6	66	49	0,85
Sireix	7,6	65	49	0,83
Progess Hybride	7,5	70	48	0,92
Splendis Hybride	7,3	64	47	0,82
Table INRA	7,2	63	44	0,9
Moyenne par variété	MAT (en %MS)	PDIE (en g/kgMS)	PDIN (en g/kgMS)	UFL (en /kg)
Aguartzan (1)	7,7	68	49	0,89
Besnaudières (2)	7,6	68,5	49	0,895
Blanc de Monein (2)	8,65	69,5	55,5	0,89
Grand Roux Basque (1)	8,2	67	52	0,85
Green (1)	7,5	65	48	0,84
Lavergne Joly (3)	7,6	65,3333333	48,6666667	0,83666667
Poromb (1)	7,6	66	49	0,85
Sireix (1)	7,6	65	49	0,83
Progess Hybride (1)	7,5	70	48	0,92
Splendis Hybride (1)	7,3	64	47	0,82

Les données concernent les analyses fourrage réalisées sur la vitrine, ainsi que sur deux fermes pour les essais qui figurent en gras.

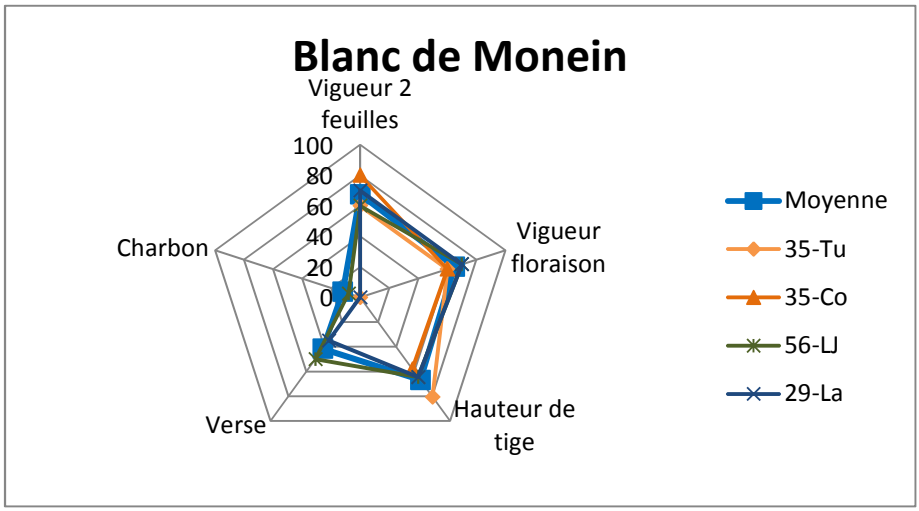
Annexe IX : Exemple de fiche variété

Blanc de Monein

Utilisation : alimentation animale et humaine

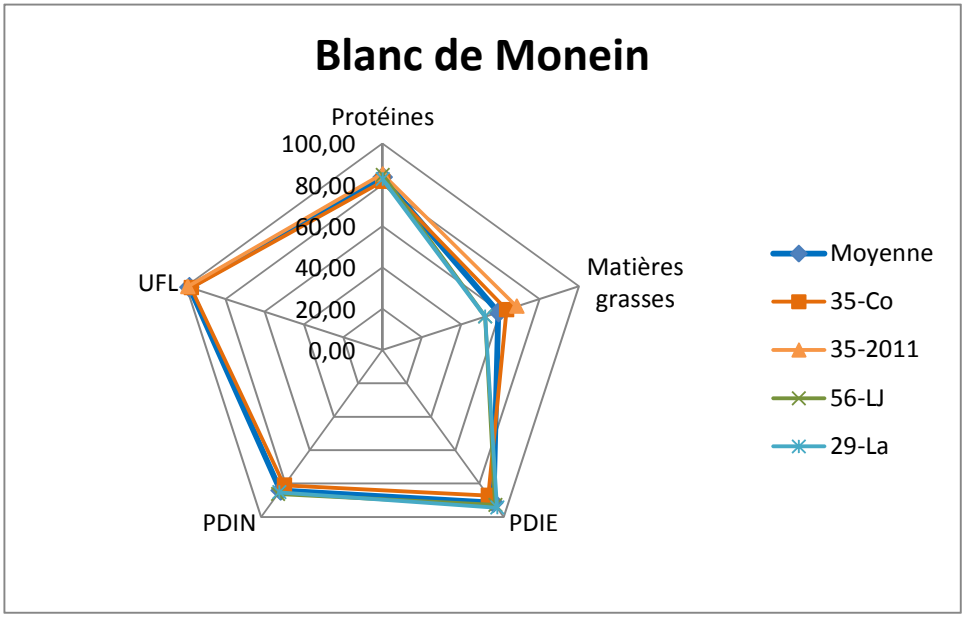
Blanc de Monein est une variété originaire des Pyrénées Atlantiques.

Suivi de la culture :



Les besoins en degré-jours pour atteindre la fin de la floraison mâle s'élèvent à 919 degrés-jours depuis le semis.

Analyses de grains :



La teneur en protéines de la variété sur les expérimentations de Bio d'Aquitaine s'élève à 10,28 g/kgMS.

Les grains sont blancs et cornés

Annexe X : Analyse personnelle

La réalisation de ce stage au sein de l'équipe Génétique végétale et Sélection participative m'a permis de découvrir le domaine de la sélection et notamment de la sélection participative. Cette approche de la sélection m'attire particulièrement à cause de sa conception durable de la sélection puisqu'elle prend en compte les aspects économiques, sociaux et environnementaux.

D'autre part, elle replace la plante au centre du processus de sélection, qui ne s'effectue pas seulement à l'échelle du gène. J'ai également apprécié les modalités de la recherche à la ferme à travers les visites sur le terrain et les échanges avec les paysans et techniciens, et des nombreux aspects innovants comme par exemple la conception de l'adaptation des plantes à leur environnement au sens large, c'est-à-dire incluant les pratiques des paysans.

Ce stage a aussi constitué une première expérience au sein d'une équipe de recherche. J'ai pu me rendre compte des différentes fonctions d'un ingénieur de recherche, qui doit à la fois réaliser un travail scientifique et méthodologique rigoureux, concevoir et organiser le dispositif expérimental ainsi que les protocoles d'observation au champ ou en laboratoire, suivre le déroulement des essais, analyser les données, communiquer sur les résultats, monter des projets de recherche, chercher des partenaires et des financements, gérer l'encadrement de son équipe, etc. J'ai aussi pris conscience de l'importance des collaborations entre différentes unités de recherche, que ce soit au niveau national comme européen.

Mon sujet de stage portait sur la phase exploratoire d'un sujet de recherche, je me suis alors rendue compte de la diversité de ressources à mobiliser. Les données bibliographiques sont bien sûr à consulter en premier, mais aussi les rapports des structures qui travaillent sur le même sujet (comme par exemple l'association AgroBio Périgord qui travaille aussi sur les maïs population). , les dires des paysans, les informations des instituts techniques, etc. J'ai également apprécié la liberté dont dispose un chercheur au moment de la conception d'un nouveau programme de recherche. Il était très intéressant aussi de mettre au point un protocole de recueil et d'analyse des données, tout en prenant en compte les contraintes de temps, de budget et de faisabilité. Pour toutes ces raisons, je trouve que le métier de chercheur est très complet.