

**Haute Ecole Provinciale de Hainaut - Condorcet**

---

**ENSEIGNEMENT SUPERIEUR AGRONOMIQUE**

**rue Paul Pastur 11,  
7800 ATH**

**Étude préalable à la mise en place d'une micro-filière  
céréales biologiques panifiables au sein du  
Parc naturel des Plaines de l'Escaut**

**Année académique 2016 - 2017  
Promoteur : M<sup>me</sup> Juliette Coppez**

**TRAVAIL DE FIN D'ETUDES  
réalisé par Simon DUQUESNE  
en vue de l'obtention du titre de  
BACHELIER en agronomie  
Finalité Environnement**



Étude préalable à la mise en place d'une micro-filière  
céréales biologiques panifiables au sein du  
Parc naturel des Plaines de l'Escaut

**Haute Ecole Provinciale de Hainaut - Condorcet**

---

**ENSEIGNEMENT SUPERIEUR AGRONOMIQUE**

**rue Paul Pastur 11,  
7800 ATH**

**Étude préalable à la mise en place d'une micro-filière  
céréales biologiques panifiables au sein du  
Parc naturel des Plaines de l'Escaut**

**Année académique 2016 - 2017  
Promoteur : M<sup>me</sup> Juliette Coppez**

**TRAVAIL DE FIN D'ETUDES  
réalisé par Simon DUQUESNE  
en vue de l'obtention du titre de  
BACHELIER en agronomie  
Finalité Environnement**

Je tiens tout d'abord à remercier ma promotrice, Madame Juliette Coppez, pour ses précieux conseils, pour le temps qu'elle m'a consacré et pour m'avoir aiguillé tout au long de ce travail.

Je remercie également ma maitre de stage, Madame Geneviève Maistriau, pour m'avoir épaulé durant mon stage, ainsi que toute l'équipe du Parc naturel des Plaines de l'Escaut pour leur accueil chaleureux et leur bonne humeur.

J'adresse aussi mes remerciements à Messieurs Georges Sinnaeve et Sébastien Gofflot, ainsi qu'à toute l'équipe du CRA-W pour m'avoir permis de réaliser mes analyses et pour m'avoir guidé tout au long de mon travail.

Je tiens également à remercier Monsieur et Madame Pierre et Véronique Cossement, ainsi que Monsieur et Madame Pascal et Catherine Lesplingart pour m'avoir fourni les échantillons nécessaires aux analyses de farines.

J'adresse aussi mes remerciements à Monsieur Eric Lebourgeois et à Monsieur Marc Châtel pour avoir accepté de réaliser les tests de panification.

Je remercie également Madame Christine Velghe, Monsieur Freddy Vander Donckt, Monsieur Christophe Portier, Monsieur Emmanuel Spannedo et Monsieur Francis Delmée pour m'avoir accordé un peu de leur temps en répondant à mes questions.

J'adresse également mes remerciements à toutes les personnes qui ont participé aux jurys de dégustation ainsi qu'à l'atelier pain.

Je souhaiterais également dire merci aux 637 personnes qui ont pris la peine de répondre à mon sondage.

Enfin, je remercie ma famille et mes amis pour leur soutien et pour la relecture de ce travail.

## Table des matières

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | Introduction .....  | 1  |
| 2     | Règlementation de l'agriculture biologique en Région wallonne ..... | 2  |
| 2.1   | Définition de l'agriculture biologique .....                        | 2  |
| 2.2   | Textes légaux applicables.....                                      | 3  |
| 2.3   | Production végétale biologique .....                                | 3  |
| 2.3.1 | Fertilisation.....  | 3  |
| 2.3.2 | Lutte contre les maladies, les adventices et les parasites.....     | 4  |
| 2.3.3 | Semences .....  | 5  |
| 2.3.4 | Conversion.....   | 5  |
| 2.4   | Transformation pour l'alimentation humaine.....                     | 6  |
| 2.4.1 | Règles d'étiquetage .....   | 6  |
| 2.4.2 | Les matières premières utilisables.....                             | 7  |
| 2.4.3 | Les procédés de transformation autorisés et traçabilité.....        | 9  |
| 2.4.4 | La transformation mixte .....                                       | 9  |
| 2.5   | Contrôle .....  | 9  |
| 2.6   | Les labels privés et nationaux.....                                 | 10 |
| 3     | Quelques généralités sur les céréales .....                         | 10 |
| 3.1   | Définition.....   | 10 |
| 3.2   | Caractères botaniques.....  | 10 |
| 3.2.1 | Les inflorescences .....  | 10 |
| 3.2.2 | Grain vêtu ou non ? .....   | 10 |
| 3.3   | Les différents types de céréales.....                               | 11 |
| 3.3.1 | Qu'est ce qu'une céréale panifiable ?.....                          | 11 |
| 3.3.2 | Le blé.....   | 12 |
| 3.3.3 | Les autres céréales panifiables .....                               | 12 |
| 4     | Structure et composition du grain de blé.....                       | 12 |
| 5     | Le stockage du blé.....   | 14 |
| 6     | La mouture du blé.....  | 15 |
| 6.1   | La mouture sur cylindre.....  | 15 |
| 6.2   | Les différents types de farines.....                                | 17 |
| 6.3   | La mouture sur meule de pierre.....                                 | 18 |
| 7     | La panification.....  | 19 |
| 7.1   | Le pétrissage.....  | 19 |
| 7.2   | La fermentation .....   | 19 |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 7.2.1  | Les levures.....  | 20 |
| 7.2.2  | Le levain.....  | 20 |
| 7.3    | Le pointage.....  | 21 |
| 7.4    | La division.....  | 21 |
| 7.5    | Le façonnage.....   | 21 |
| 7.6    | L'apprêt.....   | 21 |
| 7.7    | La scarification.....   | 21 |
| 7.8    | La cuisson.....   | 21 |
| 7.9    | Le ressuage.....  | 22 |
| 8      | Matériel et méthodes.....   | 23 |
| 8.1    | Analyses de la qualité boulangère des céréales produites sur le territoire du PNPE.....         | 23 |
| 8.1.1  | Récolte du blé.....   | 23 |
| 8.1.2  | Réception des échantillons.....   | 23 |
| 8.1.3  | Nettoyage des grains.....   | 24 |
| 8.1.4  | Mesure du poids à l'hectolitre des grains.....  | 24 |
| 8.1.5  | Mesure de l'humidité des grains.....  | 25 |
| 8.1.6  | Mesure du taux de protéines.....  | 25 |
| 8.1.7  | Mesure du temps de chute d'Hagberg.....   | 25 |
| 8.1.8  | Mesure de l'indice de sédimentation de Zélény.....  | 27 |
| 8.1.9  | Mouture des grains en farine blanche.....   | 28 |
| 8.1.10 | Essai à l'Alvéographe® de Chopin.....   | 29 |
| 8.1.11 | Essai au Mixolab® - Protocole Chopin S.....   | 30 |
| 8.1.12 | Test de panification en conditions réelles.....   | 31 |
| 8.1.13 | Jury de dégustation des différents pains réalisés.....  | 33 |
| 8.2    | Interviews d'agriculteurs/coopérateurs et visites de micro-filières céréalières existantes..... | 34 |
| 8.3    | Sondage de la population du Parc naturel des Plaines de l'Escaut et de ses environs.....        | 35 |
| 9      | Résultats et interprétations.....   | 36 |
| 9.1    | Analyses de la qualité boulangère des céréales.....   | 36 |
| 9.1.1  | Mesure du poids à l'hectolitre des grains.....  | 36 |
| 9.1.2  | Mesure de l'humidité des grains.....  | 37 |
| 9.1.3  | Mesure du taux de protéines.....  | 37 |
| 9.1.4  | Mesure du temps de chute d'Hagberg.....   | 38 |
| 9.1.5  | Mesure de l'indice de sédimentation de Zélény.....  | 39 |
| 9.1.6  | Essai à l'Alvéographe® de Chopin.....   | 39 |
| 9.1.7  | Essai au Mixolab® - Protocole Chopin S.....   | 42 |
| 9.1.8  | Test de panification en conditions réelles.....   | 43 |

|               |  |    |
|---------------|--|----|
| 9.2           | Jury de dégustation des pains réalisés .....   | 47 |
| 9.3           | Interviews des agriculteurs/coopérateurs et visites de micro-filières céréalières existantes . | 48 |
| 9.4           | Sondage de la population du Parc naturel des Plaines de l'Escaut et de ses environs.....       | 51 |
| 10            | Conclusions et perspectives.....   | 56 |
| 11            | Bibliographie & sitographie : .....  | 59 |
| ANNEXES ..... |  | 63 |



## Liste des figures

|  |    |
|--|----|
| Figure 1: Logo européen pour l'agriculture biologique .....  | 6  |
| Figure 2: Résumé des ingrédients qui peuvent être utilisés pour la préparation de denrées alimentaires avec des termes faisant référence au "bio" dans la dénomination de vente..... | 7  |
| Figure 3: Epillet de poacée .....  | 10 |
| Figure 4: Inflorescence en épis (blé) .....  | 11 |
| Figure 5: Inflorescence en panicule (avoine) .....   | 11 |
| Figure 6: Coupe d'un grain de blé .....  | 13 |
| Figure 8: Exemple de diagramme de mouture .....  | 17 |
| Figure 7: Principe du sassage .....  | 17 |
| Figure 9: Schéma d'une paire de meules complète.....   | 18 |
| Figure 10: Transformations physico-chimiques durant la cuisson du pain .....   | 22 |
| Figure 11: Schéma de fonctionnement du moulin Chopin CD1 .....   | 28 |
| Figure 12: Formation de l'alvéogramme lors de l'utilisation de l'Alvéographe de Chopin .....   | 29 |
| Figure 13: Répartitions des répondants au sondage suivant leur code postal.....  | 35 |
| Figure 14: Exemple d'alvéogramme de Chopin .....   | 39 |
| Figure 15: Exemples d'alvéogrammes pour 3 farines types .....  | 41 |
| Figure 16: Pains réalisés par Eric Lebourgeois, dans l'ordre (de gauche à droite): Edgar, Impression, Oxebo, Rouge de Bordeaux.....  | 45 |
| Figure 17: Pains réalisés par Marc Châtel, dans l'ordre (de gauche à droite): Rouge de Bordeaux, Oxebo, Impression et Edgar .....  | 45 |
| Figure 18: Résultats du jury de dégustation n°1 .....  | 47 |
| Figure 19: Résultats jury de dégustation n°2.....  | 47 |
| Figure 21: Résultats du sondage - question n°7 .....   | 51 |
| Figure 20: Résultats du sondage - question n°6 .....   | 51 |
| Figure 22: Résultats du sondage - question n°8 .....   | 52 |
| Figure 23: Résultats du sondage - question n°11 .....  | 52 |
| Figure 26: Résultats du sondage - question n°10 .....  | 53 |
| Figure 24: Résultats du sondage - question n°13 .....  | 53 |

|   |    |
|---|----|
| Figure 25: Résultats du sondage - question n°9 .....  | 53 |
| Figure 28: Résultats du sondage - question n°15 ..... | 54 |
| Figure 27: Résultats du sondage - question n°14 ..... | 54 |
| Figure 29: Résultats du sondage - question n°16 ..... | 54 |
| Figure 30: Résultats du sondage - question n°17 ..... | 54 |

## Liste des tableaux

|   |    |
|---|----|
| Tableau 1: Durée de la conversion pour les végétaux .....   | 6  |
| Tableau 2: Exemple d'une recette de pain blanc bio (>95% d'ingrédients agricoles bio) .....   | 6  |
| Tableau 3: Composition chimique du grain de blé (limites habituelles de variation) .....  | 13 |
| Tableau 4: Composition chimique de la farine de type 55 .....   | 16 |
| Tableau 5: Classification des farines françaises par type .....   | 17 |
| Tableau 6: Dates de récolte des différentes variétés.....   | 23 |
| Tableau 7: Identification des différentes variétés à leur arrivée au laboratoire.....   | 24 |
| Tableau 8: Répartition des tests de panification par jour .....   | 32 |
| Tableau 9: Répartition et composition des jurys de dégustation .....  | 33 |
| Tableau 10: Liste et date des visites de micro-filières céréalières existantes.....   | 34 |
| Tableau 11: Poids à l'hectolitre des échantillons analysés .....  | 36 |
| Tableau 12: Normes SYNAGRA de l'année 2014 pour les blés meuniers .....   | 36 |
| Tableau 13: Humidité des grains des échantillons analysés.....  | 37 |
| Tableau 14: Taux de protéines des échantillons analysés .....   | 37 |
| Tableau 15: Interprétation du temps de chute d'Hagberg .....  | 38 |
| Tableau 16: Temps de chute d'Hagberg pour les échantillons analysés.....  | 38 |
| Tableau 17: Interprétation des valeurs de l'indice de sédimentation de Zélény .....   | 39 |
| Tableau 18: Indice de sédimentation de Zélény pour les variétés analysées.....  | 39 |
| Tableau 19: Résultats de l'Alvéographe® de Chopin pour les variétés analysées .....   | 40 |
| Tableau 20: Qualité boulangère de la farine en fonction des résultats de l'Alvéographe de Chopin ....                                       | 41 |
| Tableau 21: Résultats obtenus pour l'analyse au Mixolab® - Protocole Chopin S .....   | 42 |
| Tableau 22 : Analyse des paramètres farinographiques en fonction d'une utilisation en panification française (sans présence d'additif)..... | 43 |
| Tableau 23: Evaluation de la pâte par les boulangers lors du test de panification .....   | 43 |
| Tableau 24: Moyennes obtenues lors du jury de dégustation par variétés et par jour.....   | 48 |

## Glossaire

- **Amylase** : enzyme capable de d'hydrolyser l'amidon.
- **Banneton** : panier en bois ou en vannerie, garni à l'intérieur d'un linge, servant à faire reposer et lever la pâte à pain en lui donnant sa forme.
- **Culture hydroponique** : technique de production hors sol réalisée sur substrat neutre et inerte (expl : billes d'argile, laine de roche...) alimenté avec des solutions nutritives.
- **Diviseuse** : machine permettant de diviser en pâtons égaux une pâte préalablement pesée.
- **Façonneuse** : appareil mécanique qui aplatit la pâte, l'enroule sur elle-même, l'allonge et lui donne ainsi sa forme définitive (sandwich ou baguette).
- **Farine bise** : farine de couleur grise (plus tamisée que la farine intégrale et ayant un taux de cendres compris entre 0.75 et 1.20%).
- **Farine maltée** : la farine de malt est obtenue par mouture de grains d'orge germés ou de blé germés.
- **Farine panifiable** : farine utilisable pour faire du pain.
- **Guano** : substance fertilisante composée de fientes d'oiseaux et d'excréments de chauve-souris.
- **Laminoir** : machine formée de deux cylindres métalliques tournant en sens inverses, qui permet d'étaler la pâte à l'épaisseur désirée.
- **Monocotylédone** : plante à fleur dont la graine n'a qu'un seul cotylédon.
- **Pentosanes** : polysaccharides non amylicés constitutifs des parois végétales.
- **Protéase** : enzymes capables de dégrader les protéines.
- **Qualité boulangère** : elle traduit la qualité technologique d'un blé destiné à la panification.
- **Sole** : partie du four sur laquelle on dépose les pâtons pour la cuisson.
- **Surface agricole utile (SAU)** : un concept statistique destiné à évaluer le territoire consacré à la production agricole. La SAU est composée de : terres arables (grande culture, cultures maraîchères, prairies artificielles...), surfaces toujours en herbe (prairies permanentes, alpages), cultures pérennes (vignes, vergers...). Elle n'inclut pas les bois et forêts. Elle comprend en revanche les surfaces en jachère (comprises dans les terres arables).
- **Type de farine** : classification des farines basée sur leur teneur en cendres ou en matières minérales de celles-ci.
- **Unité gros bétail (UGB)** : l'unité de gros bétail ou l'unité de référence permettant d'agrèger le bétail de différentes espèces et de différents âges en utilisant des coefficients spécifiques établis initialement sur la base des besoins nutritionnels ou alimentaires de chaque type d'animal.

# 1 Introduction

A l'heure actuelle, les céréales couvrent environ 60% des terres arables wallonnes. Or, en Belgique, seul 11% des céréales produites sont destinées à l'alimentation humaine (Van Stappen, 2015). Ce chiffre est assez interpellant, surtout lorsqu'on sait qu'au niveau mondial, la vocation première des céréales reste l'alimentation humaine (Delcour *et al*, 2013). Dès lors, nous pouvons nous poser la question du développement de la transformation céréalière pour l'alimentation humaine en Wallonie. C'est sur cette problématique que s'est penché le Parc naturel des Plaines de l'Escaut, en souhaitant favoriser la création d'une micro-filière céréalière sur son territoire.

Le Parc naturel des Plaines de l'Escaut (PNPE) est l'un des 10 parcs naturels présents en Wallonie et a été créé en 1996. « Un parc naturel est un territoire rural, d'un haut intérêt biologique et géographique, soumis [...] à des mesures destinées à en protéger le milieu, en harmonie avec les aspirations de la population et le développement économique et social du territoire concerné » (Conseil Régional Wallon, 1985). Le PNPE couvre actuellement un territoire de 26 500 ha qui ne regroupe pas moins de 61 500 habitants, 6 communes (Antoing, Beloeil, Bernissart, Brunehaut, Péruwelz, Rumes) et 37 villages. Ce parc naturel a différents objectifs et missions qui sont définies par un plan de gestion. L'une de ces missions est le développement d'une agriculture durable et des ressources locales. C'est dans ce cadre que le Parc naturel des Plaines de l'Escaut souhaite développer différentes micro-filières sur son territoire, et notamment une micro-filière céréales biologiques panifiables.

Le choix du sujet de mon TFE s'est porté sur « une étude préalable à la mise en place d'une micro-filière céréales biologiques panifiables au sein du Parc naturel des Plaines de l'Escaut » grâce, notamment, à la demande d'un agriculteur présent sur le territoire du parc et souhaitant transformer ses céréales en farine pour les commercialiser directement à la ferme. J'ai choisi de travailler avec des céréales issues de l'agriculture biologique car cet agriculteur est certifié bio. De plus, le PNPE souhaiterait favoriser l'agriculture biologique sur son territoire car celui-ci ne compte actuellement que cinq producteurs bio.

L'objectif principal de mon TFE est d'évaluer la faisabilité de la mise en place d'une micro-filière céréales biologiques panifiables (utilisables pour faire du pain) au sein du Parc naturel des Plaines de l'Escaut. Pour cela, nous allons tenter de répondre à 3 sous-objectifs.

Premièrement, évaluer la qualité boulangère des céréales issues de l'agriculture biologique produites actuellement sur le territoire du PNPE. Pour ce faire, 4 variétés de froment produites sur les communes du parc ont été analysées au Centre wallon de Recherches Agronomiques de Gembloux. Un test de panification a ensuite été réalisé avec l'aide de 2 boulangers afin d'évaluer le caractère panifiable des farines en conditions réelles. Enfin, un jury de dégustation a également été mis en place afin d'évaluer la qualité organoleptique des pains réalisés.

Deuxièmement, identifier les freins et les leviers lors de la mise en place d'un projet de micro-filière céréalière. Pour cela, nous avons visité différentes coopératives et agriculteurs certifiés bio transformant leurs céréales et les commercialisant en circuits-courts. Nous avons également rencontré des boulangers situés sur le territoire du PNPE pour voir s'ils seraient intéressés par un tel projet.

Troisièmement, évaluer l'intérêt des habitants du PNPE et de ses environs pour la mise en place d'une telle filière. Pour ce faire, un sondage a été réalisé auprès des habitants du parc naturel et de ses alentours afin de déterminer s'il y a une demande de leur part pour des farines et/ou des pains bio issus de producteurs locaux. De plus, afin de sensibiliser la population, un atelier « pains réalisés avec des farines locales » a été mis sur pied.

## PARTIE THEORIQUE

---

### 2 Règlementation de l'agriculture biologique en Région wallonne<sup>1</sup>

#### 2.1 Définition de l'agriculture biologique

« La production biologique est un système global de gestion agricole et de production alimentaire qui allie les meilleures pratiques environnementales, un haut degré de biodiversité, la préservation des ressources naturelles, l'application de normes élevées en matière de bien-être animal et une méthode de production respectant la préférence de certains consommateurs à l'égard de produits obtenus grâce à des substances et à des procédés naturels. Le mode de production biologique joue ainsi un double rôle sociétal: d'une part, il approvisionne un marché spécifique répondant à la demande de produits biologiques émanant des consommateurs et, d'autre part, il fournit des biens publics contribuant à la protection de l'environnement et du bien-être animal ainsi qu'au développement rural » (Règlement CE N° 834/2007).

---

<sup>1</sup> Dans cette partie, nous nous intéresserons uniquement à la législation relative à la mise en place d'une micro-filière céréalière biologique. En plus de toute cette législation, la mise en place d'une telle filière doit répondre aux exigences des normes AFSCA. La longueur imposée dans ce travail ne nous permettra pas de détailler ces dernières mais toutes les informations nécessaires sont consultables sur le site : <http://www.afsca.be/professionnels/>.

## 2.2 Textes légaux applicables

L'agriculture biologique est régie, dans l'Union européenne, par différents textes législatifs :

- Le texte de base est le règlement CE 834/2007 du 28 juin 2007 relatif à la production biologique et à l'étiquetage des produits biologiques et abrogeant le règlement (CEE) n° 2092/91 modifié par le règlement 967/2008.
- Les modalités d'application du règlement CE 834/2007 sont définies par le règlement CE 889/2008 du 5 septembre 2008. Ce dernier a été modifié par les règlements 1254/2008 (ration alimentaire des animaux, levure, ...), 710/2009 (animaux d'aquaculture et algues marines), 271/2010 (logo de production biologique de l'Union européenne), 505/2012 (alimentation animale) et 354/2014 (engrais et amendements autorisés).

Au niveau de la Wallonie, 2 arrêtés régionaux complètent ces règlements :

- Arrêté du Gouvernement wallon du 11 février 2010 concernant le mode de production et l'étiquetage des produits biologiques.
- L'arrêté du Gouvernement wallon relatif à l'octroi d'aides à l'agriculture biologique et abrogeant l'arrêté du Gouvernement wallon du 24 avril 2008 relatif à l'octroi d'aides à l'agriculture biologique d'avril 2014.

## 2.3 Production végétale biologique

« La production végétale biologique devrait contribuer au maintien et à l'amélioration de la fertilité des sols ainsi qu'à prévenir l'érosion des sols. Les végétaux devraient être nourris de préférence par l'écosystème-sol plutôt que par des engrais solubles ajoutés au sol. Les principaux éléments du système de gestion de la production végétale biologique sont les suivants: gestion de la fertilité des sols, choix des espèces et des variétés, rotation pluriannuelle des cultures, recyclage des matières organiques et techniques culturales » (Règlement CE N° 834/2007).

En agriculture biologique, l'une des règles essentielles est de respecter les écosystèmes naturels. Pour ce faire, il faut préserver les équilibres naturels du sol et des plantes, favoriser le recyclage (fumier, lisier...), choisir des espèces végétales adaptées aux conditions naturelles, respecter au mieux les paysages ainsi que les zones sauvages et préserver la biodiversité. Les cultures hydroponiques (hors-sol) sont interdites.

### 2.3.1 Fertilisation

En agriculture biologique, différentes mesures peuvent être prises pour augmenter l'activité biologique des sols et la fertilisation de ceux-ci :

- La rotation pluriannuelle des cultures incluant des légumineuses et d'autres engrais verts.

- L'utilisation de préparations appropriées de micro-organismes ou de végétaux (activateur de compost, préparations biodynamique, purin de végétaux...).
- L'épandage d'effluents d'élevage ou de matières organiques (de préférence compostés) provenant de la production biologique. Pour les effluents, la charge maximale à l'hectare est de 2 UGB<sup>2</sup>/ha, ce qui correspond à 170Kg d'azote/ha de SAU<sup>3</sup>.

Si ces différentes mesures ne sont pas suffisantes, des amendements minéraux sont autorisés<sup>4</sup>. En voici quelques exemples:

- Calcium : craie, chaux résiduaire de la fabrication du sucre...
- Magnésium : kiésérite, craie magnésienne...
- Potasse : sulfate de potassium, vinasse...
- Oligoéléments : bore, cuivre, cobalt, fer...
- Phosphore : phosphate naturel tendre, phosphate aluminocalcique
- Autres : cendre de bois, poudres d'argile...

Les amendements organiques (autres que les effluents d'élevage) sont aussi autorisés<sup>5</sup> : tourbe, guano, déjection de vers (lombricompost), algues, etc.

### 2.3.2 Lutte contre les maladies, les adventices et les parasites

En agriculture biologique, la lutte contre les adventices, les parasites et les maladies se fait, non seulement par l'utilisation de procédés thermiques ou mécaniques, mais aussi par des techniques culturales préventives telles que la préservation de la qualité du sol, la rotation des cultures, la protection des prédateurs naturels, l'utilisation de préparations biodynamiques ou encore le choix d'espèces et de variétés adaptées au milieu et résistantes aux maladies.

L'utilisation de certains produits phytosanitaires est autorisée en agriculture biologique, mais uniquement en cas de menace avérée pour la culture. Pour pouvoir être utilisés, ces produits doivent obligatoirement être autorisés en bio<sup>6</sup> et doivent être agréés en Belgique. En voici quelques exemples :

- Pesticides d'origine animale ou végétale : lécithines, huiles végétales, pyréthrine extraite de *Chrysanthemum cinerariaefolium*, cire d'abeille...
- Substances produites par des micro-organismes (expl : Spinosad)
- Pheromones
- Autres substances : hydroxyde de cuivre, huile de paraffine, bicarbonate de potassium, etc.

---

<sup>2</sup> UGB = unité gros bétail

<sup>3</sup> SAU = surface agricole utile

<sup>4</sup> La liste complète des amendements minéraux autorisés se trouve en annexe 1

<sup>5</sup> La liste complète des amendements organiques autorisés se trouve en annexe 2

<sup>6</sup> Les produits phytopharmaceutiques utilisables en agriculture biologique sont repris dans les tableaux de l'annexe 3



### 2.3.3 Semences

En agriculture biologique, seules les semences certifiées bio ou en conversion peuvent être utilisées. Pour trouver ces semences certifiées bio, il existe la base de données [organicxseeds](http://www.organicxseeds.be) (<http://www.organicxseeds.be>), qui reprend l'offre en semences et en matériels de multiplication bio disponibles en Belgique. Cette base de données officielle sert de référentiel aux producteurs pour vérifier la disponibilité en semences ou en plants bio d'une variété, ainsi qu'aux organismes de contrôle pour traiter les demandes de dérogation.

En effet, en cas d'absence de semences biologiques pour l'espèce ou la variété recherchée, des dérogations sont possibles, mais il faut alors des semences qui soient non traitées ! Deux solutions sont alors possibles selon le cas :

- Si l'espèce ou la variété recherchée est reprise dans le tableau « Espèces et groupes pour lesquels une dérogation est nécessaire »<sup>7</sup>, le producteur doit demander une autorisation à l'organisme de contrôle avant le semis.
- Si l'espèce ou la variété recherchée n'est pas reprise dans le tableau, il s'agit alors d'une espèce reconnue comme peu disponible en qualité biologique. Dans ce cas, la Région wallonne accorde une autorisation générale. Le producteur ne doit, dès lors, pas introduire de demande d'autorisation mais doit seulement notifier, auprès de l'organisme de contrôle, l'utilisation de ces semences.

### 2.3.4 Conversion

La conversion en agriculture biologique est « le passage de l'agriculture non biologique à l'agriculture biologique pendant une période donnée, au cours de laquelle les dispositions relatives au mode de production biologique ont été appliquées » (Biowallonie, 2016). Cette période de conversion s'applique uniquement aux producteurs.

La période de conversion prend cours lorsque l'organisme de contrôle reçoit les documents notifiant l'activité. A partir de ce moment, toutes les règles du cahier de charges bio doivent être respectées, et ce durant toute la période de conversion, sans que les produits puissent être vendus comme biologiques.

Le temps nécessaire à la conversion en bio varie en fonction du type de culture, comme nous pouvons le voir dans le tableau 1.

---

<sup>7</sup> Ce tableau est disponible en annexe 4

| <i>Type de culture</i>   | <i>Nombre d'années avant les 1<sup>ères</sup> cultures qui pourront être récoltées en bio</i> |
|--------------------------|---|
| Culture annuelle         | 2 ans   |
| Pâturage et fourrage     | 2 ans   |
| Autres cultures pérennes | 3 ans   |

**Tableau 1: Durée de la conversion pour les végétaux (Biowallonie, 2016)**

Dans le cas du blé, la période de conversion est donc de 2 ans. Une fois ce délai passé, le produit peut être vendu comme biologique.

Les produits récoltés après les 12 premiers mois de conversion peuvent porter la mention « *Produit en conversion vers l'agriculture biologique* » si le produit contient un seul ingrédient végétal d'origine agricole.

## 2.4 Transformation pour l'alimentation humaine

### 2.4.1 Règles d'étiquetage

#### 2.4.1.1 Les produits biologiques

L'étiquetage des produits biologiques va dépendre du pourcentage d'ingrédients agricoles bio contenu dans le produit. Pour ce faire, les produits sont répartis dans 2 catégories :

- Les produits contenant minimum 95% en poids (voir calcul du ratio ci-dessous) d'ingrédients agricoles biologiques. Ces produits doivent porter le logo européen (figure 1), ainsi qu'une indication de l'origine des matières premières : « Agriculture UE », « Agriculture non UE » ou « Agriculture UE/non UE » ou si le produit est composé de minimum 98% d'ingrédients du même pays, l'indication du pays. L'utilisation de marques commerciales et de dénominations de vente qui font référence au mode de production bio (« Bio », « éco », etc.) est autorisée. La référence à l'organisme de contrôle doit être présente sous la forme « BE-bio-01 » pour Certysis, « BE-bio-02 » pour TÜV Nord Integra ou « BE-bio-03 » pour Quality Partner.



**Figure 1: Logo européen pour l'agriculture biologique (Biowallonie, 2016)**

| <i>Ingrédients</i>        | <i>Bio / non bio</i>                 | <i>Agricole / non agricole</i> |
|---------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|
| 500g de farine de froment | Ingrédient agricole bio              | Ingrédient agricole $\geq$ 51% |
| 10g de levure             | Ingrédient agricole non bio          |                                |
| 300g d'eau                | Substances du tableau 3 <sup>8</sup> | Ingrédients non agricoles      |
| 10g de sel                |                                      |                                |

**Tableau 2: Exemple d'une recette de pain blanc bio (>95% d'ingrédients agricoles bio)**

<sup>8</sup> Tableau disponible en annexe 5

- Les produits contenant moins de 95% d'ingrédients agricoles issus de l'agriculture bio : sur ces produits, la référence à l'agriculture biologique ne peut apparaître que dans la liste des ingrédients accompagnée du pourcentage d'ingrédients biologiques et ce dans un style graphique identique au reste des ingrédients (pas de présence du logo européen). La référence à l'organisme de contrôle doit également être présente et le produit fini doit contenir au minimum 51% d'ingrédients agricoles (hors eau et sel).

Afin de déterminer si un produit contient plus de 95% d'ingrédients agricoles biologiques, on calcule un ratio en poids de la manière suivante :  $100 \times (\text{poids ingrédients agricoles bio} / \text{poids ingrédients agricoles totaux})$  (Biowallonie, 2016).

Dans tous les cas, toutes les indications doivent être écrites de façons clairement lisibles et indélébiles. Il est également important de noter qu'un ingrédient biologique ne peut pas être présent dans un produit en même temps que le même ingrédient non biologique ou en conversion.

#### 2.4.1.2 Les produits en conversion

Comme nous l'avons déjà vu plus haut, les produits récoltés après les 12 premiers mois de conversion peuvent porter la mention « *Produit en conversion vers l'agriculture biologique* » si le produit contient un seul ingrédient végétal d'origine agricole. Cette indication ne peut pas ressortir plus que la dénomination de vente du produit. L'étiquette du produit doit comporter la référence à l'organisme de contrôle mais le logo européen est interdit.

#### 2.4.2 Les matières premières utilisables

| Ingrédients agricoles ≥ 51% en poids  |  |   | Ingrédients non agricoles   |   |   |
|---|--|---|---|---|---|
| Ingrédients agricoles bio ≥ 95%   | Ingrédients agricoles non biologique ≤ 5%  |   | Non pris en compte dans le calcul du pourcentage agricole (≤ 9% en poids) |   | Non pris en compte dans le calcul de pourcentage agricole |
| Y compris les additifs bio du tableau 1 marqués d'un astérisque + levures bio | Ingrédients du tableau 4 + ingrédients faisant l'objet d'une autorisation provisoire par les Etats membres | Additifs non bio du tableau 1 marqués d'un astérisque + levures non bio | Additifs et auxiliaires (non marqués d'un astérisque) du tableau 1 et 2   | Substances reprises au tableau 3 sauf eau, sel et levures | Eau et sel de cuisine ajouté                              |

Figure 2: Résumé des ingrédients qui peuvent être utilisés pour la préparation de denrées alimentaires avec des termes faisant référence au "bio" dans la dénomination de vente<sup>9</sup> (Biowallonie, 2016)

<sup>9</sup> Remarque : les tableaux 1, 2, 3 et 4 sont disponibles en annexe 5.

Lors de la préparation d'aliments biologiques, certains additifs sont considérés comme indispensables et sont dès lors autorisés, parfois avec des conditions spécifiques d'utilisation. Les additifs autorisés sont repris dans une liste positive<sup>10</sup> présente dans l'annexe VIII du règlement CE/889/2008 partie A. La plupart des additifs sont considérés comme non agricoles mais il y a certaines exceptions.

Certains auxiliaires technologiques sont autorisés en bio, ceux-ci sont repris dans une liste positive<sup>11</sup> présente dans l'annexe VIII du règlement CE/889/2008 partie B et ils sont considérés comme ingrédients non agricoles. « Les auxiliaires technologiques sont des substances qui sont utilisées lors de la préparation d'un produit pour un objectif technique donné, mais qui ne se retrouvent pas dans le produit final consommé » (Biowallonie, 2016).

Les arômes sont autorisés, pour autant qu'ils soient étiquetés comme arômes naturels ou comme préparations aromatiques naturelles. Ces arômes sont considérés comme ingrédients non bio et non agricoles.

Les colorants, quant à eux, sont interdits dans les produits biologiques, sauf les colorants utilisés pour l'estampillage des viandes et des œufs, ainsi que les colorants repris dans l'annexe VIII du règlement CE/889/2008 partie A.

L'utilisation d'enzymes et de micro-organismes (ferments lactiques, levures...) sont autorisés en bio, pour autant qu'ils ne soient pas OGM ou produits à partir d'OGM. Les levures sont considérées comme ingrédients agricoles puisqu'elles peuvent être produites en bio (sur un substrat biologique).

Les minéraux, vitamines, acides aminés et oligo-éléments sont autorisés uniquement si la loi exige leur utilisation dans la fabrication du produit, comme par exemple certains aliments pour bébé.

D'autres substances peuvent être utilisées si elles sont reprises dans la liste positive<sup>12</sup> de l'annexe VIII du règlement CE/889/2008 partie B ou dans l'article 27 b-f de ce même règlement. Cependant, notons qu'« il est interdit d'avoir recours aux substances et techniques susceptibles d'induire en erreur sur la véritable nature du produit, de rétablir des propriétés perdues au cours de la transformation et du stockage et de corriger les effets d'une erreur commise pendant la transformation. Par exemple, il est interdit d'avoir recours à des goûts artificiels de levain, d'utiliser des colorants pour le pain et la charcuterie, de reconstituer de la viande ou du fromage sans le mentionner, etc. » (Biowallonie, 2016).

---

<sup>10</sup> Cette liste est disponible en annexe 5 (tableau 1)

<sup>11</sup> Cette liste est disponible en annexe 5 (tableau 2)

<sup>12</sup> Cette liste est disponible en annexe 5 (tableaux 2 et 3)

### 2.4.3 Les procédés de transformation autorisés et traçabilité

Les transformateurs biologiques doivent préférer l'utilisation des méthodes biologiques, mécaniques et physiques lors de la préparation des produits. Les produits obtenus par ou à partir d'OGM sont interdits, même si le produit ne contient pas d'OGM (c'est le cas de certaines enzymes). Le recours aux rayonnements ionisants est également interdit, seul le rayonnement pour la détection de corps étrangers est admis.

Toutes les matières premières doivent être identifiées de façon permanente à toutes les étapes de la transformation, du transport et de la commercialisation. Le transformateur doit également tenir un carnet de fabrication qui permet de contrôler les entrées et sorties de matières premières en fonction des recettes et en fonction des produits finis vendus.

### 2.4.4 La transformation mixte

Les entreprises faisant de la transformation mixte (c'est-à-dire transformant des produits bio et non bio) doivent prendre toute une série de mesures et garder des justificatifs de toutes les opérations effectuées :

- Les opérations bio et non bio doivent être séparées physiquement ou dans le temps
- Nettoyage avant le stockage et/ou la transformation des produits bio
- Le stockage des produits bio et non bio doit être séparé physiquement
- Identification des lots afin d'éviter les mélanges bio et non bio

## 2.5 Contrôle

Tous les opérateurs biologiques sont soumis à des contrôles réguliers. Ces contrôles sont toujours effectués par un organisme agréé. Il existe 3 organismes de ce type en Belgique : *Certysis*, *TÜV Nord* *Integra* et *Quality Partner*.

En ce qui concerne la production végétale, il y a un contrôle de départ et ensuite un contrôle annuel. Lors du premier contrôle, il faut une description complète des parcelles et bâtiments, des installations de stockage d'effluents, ainsi qu'un plan d'épandage des effluents. Le contrôleur va également vérifier les mesures concrètes à prendre au niveau de l'exploitation pour respecter les règles de l'agriculture biologique. Lors du contrôle annuel, les documents suivants doivent être disponibles : les documents comptables et le carnet de culture (qui reprend toutes les informations concernant les engrais, les produits phytosanitaires, les intrants et les récoltes).

En ce qui concerne les transformateurs, le contrôle s'effectue à chaque étape de la transformation. Il consiste principalement à visiter les entreprises, prélever des échantillons, vérifier l'étiquetage et la provenance des matières premières. Ces contrôles se déroulent sur rendez-vous et de façon inopinée.

## 2.6 Les labels privés et nationaux

Hormis le label européen, il existe d'autres labels, nationaux et privés, sur les produits alimentaires biologiques, octroyés sur base de cahiers des charges. Ces labels intègrent parfois des normes plus contraignantes que la réglementation européenne, tout en respectant cette réglementation. C'est par exemple le cas de Biogarantie<sup>®</sup>, Nature et Progrès, etc. Ces labels ne dispensent pas du contrôle officiel.

## 3 Quelques généralités sur les céréales

### 3.1 Définition

« Une céréale est une plante cultivée principalement pour ses graines utilisées pour l'alimentation humaine et animale. Il s'agit quasi exclusivement de plantes de la famille des graminées [Poacées]. On y associe aussi certaines plantes d'autres familles botaniques, comme le sarrasin (polygonacées), le quinoa ou l'amarante (Chénopodiacées) » (Henrotte, 2016).

### 3.2 Caractères botaniques

#### 3.2.1 Les inflorescences

Les inflorescences des céréales sont composées de nombreux épillets (figure 3). Chaque épillet est composé d'un axe, de 2 glumes<sup>13</sup> et de 1 à 5 fleurs. Les fleurs des céréales sont hermaphrodites (sauf dans le cas du maïs) et sont composées de 2 bractéoles (appelées glumelles) entourant un ovaire et de 3 étamines. L'un des glumelles comporte souvent une arrête qu'on appelle une barbe.

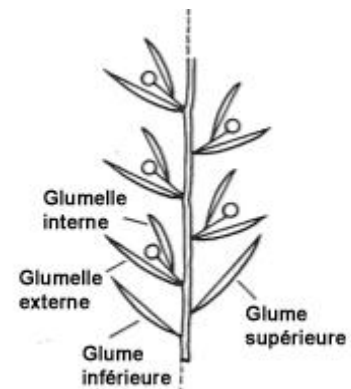


Figure 3: Epillet de poacée

Source: [http://www.ville-ge.ch/cjb/enfleur/stipa\\_pennata.php](http://www.ville-ge.ch/cjb/enfleur/stipa_pennata.php)

Les épillets peuvent être réunis sur une inflorescence principale soit en panicule, c'est-à-dire en grappe d'épillets comme c'est le cas chez l'avoine (figure 5), soit en épis, c'est-à-dire un épi d'épillets (blé), comme nous pouvons le voir sur la figure 4.

#### 3.2.2 Grain vêtu ou non ?

Chez les céréales, il y a 2 types de grains : les « grains nus » ou les « grains vêtus ». On parle de grain nu lorsque le grain a perdu ses enveloppes (glumes et glumelles) lors du battage à la moisson, c'est notamment le cas du blé et du seigle.

<sup>13</sup> Il s'agit de deux bractées entourant l'épi des Poacées à sa base

On parle de grain vêtu pour d'autres céréales comme l'orge, l'épeautre ou l'avoine, car celles-ci ne perdent pas leurs enveloppes lors du battage. Dans ce cas, les céréales devront être décortiquées afin de retirer ces enveloppes.



**Figure 4: Inflorescence en épis (blé)**

Source: [https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89pi\\_\(botanique\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89pi_(botanique))



**Figure 5: Inflorescence en panicule (avoine)**

Source: <https://fr.wikipedia.org/wiki/Panicule>

### 3.3 Les différents types de céréales

#### 3.3.1 Qu'est ce qu'une céréale panifiable ?

Une céréale panifiable est une céréale utilisable pour faire du pain. Les principales céréales panifiables dans nos régions sont le froment, le seigle et l'épeautre.

Afin de déterminer si une céréale est panifiable ou non, on se base généralement sur 3 critères :

- La teneur en protéines : c'est le critère le plus important. La teneur en protéines va permettre de déterminer la teneur en gluten de la farine. En effet, le gluten est constitué de protéines, c'est lui qui va donner à la pâte son élasticité et qui va permettre de retenir les bulles de gaz carbonique lors de la fermentation et donc de faire lever la pâte.
- L'indice de sédimentation de Zélény : il va permettre de déterminer la qualité des protéines en mesurant leur capacité à gonfler en milieu acide.
- Le temps de chute d'Hagberg : il permet d'estimer l'activité enzymatique de la farine. Celle-ci contient des enzymes, appelées amylases, qui vont découper les molécules d'amidon contenues dans la farine en sucres simples, afin que ces derniers soient utilisables par les levures.

Hormis ces trois critères, on peut également apprécier les qualités technologiques des farines afin de déterminer si elles sont panifiables ou non, ou de les orienter vers l'utilisation adéquate grâce, par exemple, à :

- L'alvéographe : il va permettre de prédire l'aptitude d'une farine à être utilisée dans la fabrication de produits de cuisson. En fonction des résultats obtenus, les farines sont classées selon leur force boulangère : blé de force (améliorant), blé panifiable et blé biscuitier.

- L'analyse des propriétés rhéologiques des pâtes (Mixolab) : elle va permettre de mesurer le comportement d'une pâte soumise au pétrissage et à un changement de température, comme la pâte peut l'être lors du processus de panification.

### 3.3.2 Le blé

Le blé est une monocotylédone du genre *Triticum* (appartenant à la famille des Poacées). Les blés peuvent être séparés en 2 grandes catégories (qui correspondent aux 2 espèces les plus cultivées<sup>14</sup>) :

- Les blés durs (*Triticum durum*, Desf.) : ils sont constitués de grains durs et vitreux qui ne sont pas panifiables. Ces blés durs sont principalement cultivés dans des régions chaudes et sèches. Ils sont surtout utilisés pour la fabrication de pâtes alimentaires et de semoules.
- Les blés tendres (*Triticum aestivum*, L.) : appelés également « froment », ils sont constitués de grains farineux. Le blé tendre est utilisé pour la production de pain et biscuit (selon sa qualité boulangère, cf. 3.3.1), mais aussi pour l'amidonnerie.

Selon l'époque de plantation, 2 types de blé tendre peuvent être identifiés :

- ⇒ Le froment d'hiver : il a besoin d'une période de vernalisation<sup>15</sup>, il est donc planté à l'automne pour être récolté à l'été
- ⇒ Le froment de printemps : il est semé au printemps et récolté à l'été

### 3.3.3 Les autres céréales panifiables

Le blé n'est pas la seule céréale panifiable. En effet, d'autres céréales peuvent être utilisées comme, par exemple, l'épeautre (*Triticum spelta*, L.), le seigle (*Secale cereale*, L.) ou encore l'en grain (*Triticum monococcum*, L.)...

## 4 Structure et composition du grain de blé

Un grain de blé est constitué de 3 régions (figure 6) :

- Les enveloppes, qui sont constituées de six tissus différents : l'épiderme du nucelle, le tégument séminal, les cellules tubulaires, les cellules croisées, le mésocarpe et l'épicarpe. Les enveloppes représentent 13-17% du grain (Feillet, 2000).
- L'albumen, qui est constitué de l'amande (albumen amylicée contenant des granules d'amidon) et de la couche à aleurone qui est collée à l'amande. L'albumen constitue la plus grande partie du grain (80 à 85%) (Feillet, 2000).

<sup>14</sup> Il existe de nombreuses autres espèces de *Triticum* se différenciant notamment par leur nombre de chromosomes.

<sup>15</sup> « Transformation physiologique, due au froid, de graines ou de plantes, conférant l'aptitude à fleurir » (Larousse, 2004).



- Le germe, qui est constitué d'un embryon (à l'intérieur duquel on retrouve la gemmule et les radicules) et du scutellum. Le germe représente 3% du grain (Feillet, 2000).

Le blé possède une caractéristique morphologique particulière : un sillon présent sur toute la longueur du grain (du côté du germe). Ce sillon provient de l'invagination de téguments vers l'intérieur du grain.

Le grain de blé est généralement long de 5 à 8mm, pour une largeur de 2 à 4 mm (Feillet, 2000) et pour un diamètre moyen de 3mm (Mazeau, 2012).

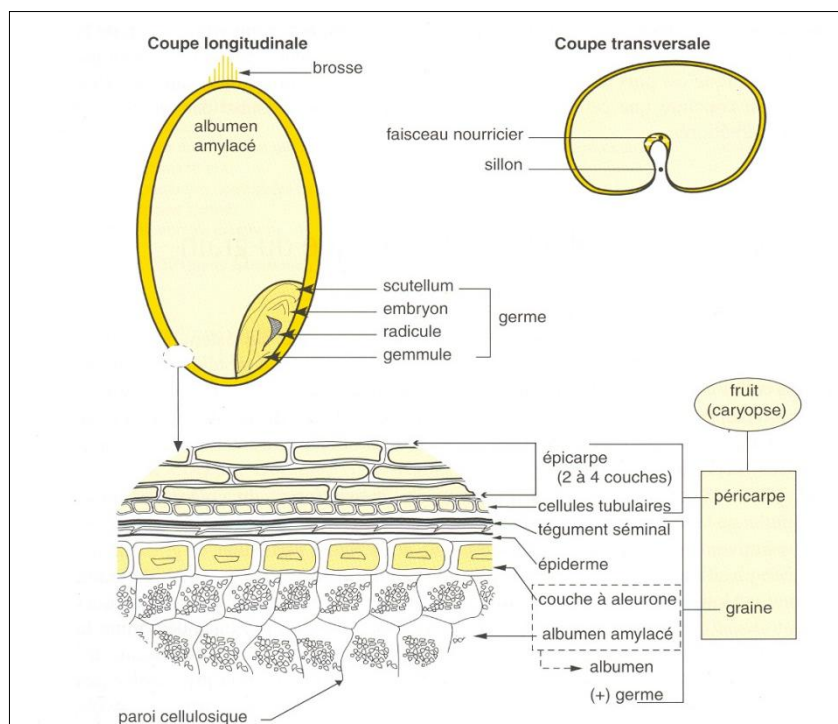


Figure 6: Coupe d'un grain de blé (Feillet, 2000)

Au niveau chimique, un grain de blé est principalement constitué d'amidon, de protéines et de pentosanes, ainsi que de quelques autres éléments, comme nous pouvons le voir dans le tableau 3 ci-dessous.

| Nature des composants | Teneur (% ms) |
|-----------------------|---------------|
| Protéines             | 10 – 15       |
| Amidon                | 67 – 71       |
| Pentosanes            | 8 – 10        |
| Cellulose             | 2 – 4         |
| Sucres libres         | 2 – 3         |
| Lipides               | 2 – 3         |
| Matières minérales    | 1,5 – 2,5     |

Tableau 3: Composition chimique du grain de blé (limites habituelles de variation) (Feillet, 2000)

Ces différents composants sont répartis de façon inégale au sein des différentes fractions du grain. Par exemple, la totalité de l'amidon est située dans l'albumen amylicé, les minéraux sont principalement présents dans la couche à aleurone, les protéines se trouvent majoritairement dans l'albumen, la couche à aleurone et le germe.

## 5 Le stockage du blé

Après avoir été récolté, le blé doit être stocké en attendant d'être utilisé (dans notre cas pour être conduit au moulin). Afin d'avoir une capacité de conservation élevée, le grain doit être nettoyé, trié et séché avant d'être stocké.

La propreté des grains est un facteur important pour la bonne conservation des céréales, elle permet de limiter l'échauffement du tas et les éventuelles contaminations. Le nettoyage des grains peut se faire à l'aide de différents appareils, mais « le nettoyage n'est jamais parfait et c'est la complémentarité des machines qui permettra d'obtenir une céréale de qualité » (Annet *et al.*, 2016). Ces différentes machines pour le nettoyage du grain sont par exemple :

- Le nettoyeur-séparateur : cet appareil permet de séparer une grosse partie des déchets grossiers grâce à l'usage de grilles de différentes tailles.
- Le trieur alvéolaire : cette machine permet de séparer les graines selon leur longueur (même si elles ont un diamètre identique).
- La table densimétrique : cet appareil permet de finaliser le triage en séparant les graines de densités différentes (ce qui permet d'éliminer les grains malades, échaudés ou germés).
- Le trieur optique : cette machine plus récente va permettre d'éliminer, grâce à une caméra et un jet d'air comprimé, les impuretés selon leurs couleurs.

Après avoir été nettoyés et triés, les grains présentent parfois encore un taux d'humidité trop élevé pour assurer une bonne conservation (pour une conservation optimale des céréales, il faut une humidité inférieure à 16%<sup>16</sup>). Dès lors, il va falloir sécher les grains avec de l'air sec, réchauffé à l'aide d'un brûleur et ne dépassant pas les 40°C.

Afin d'optimiser la conservation des céréales, il va falloir refroidir la température des grains par ventilation, afin de l'amener à 5°C (qui est la température idéale de conservation du grain). Cependant, il n'est pas possible de diminuer la température du grain d'un seul coup, il va donc falloir travailler par paliers successifs : 20°C – 12°C – 5°C (Annet *et al.*, 2016).

Le stockage du grain à proprement parler se fait généralement en silos, la température doit y être régulièrement vérifiée afin d'avoir une bonne conservation. Hormis l'utilisation de silos, les grains peuvent également être conservés en cellules, en big-bag, etc.

---

<sup>16</sup> Pour autant que ce soit possible, les agriculteurs essaient de récolter les blés avec un taux d'humidité inférieur à 16% afin de limiter les frais de séchage.

## 6 La mouture du blé

La mouture du blé va suivre un schéma précis que l'on appelle « diagramme de mouture » (figure 8), il s'agit d'un programme de réglage des appareils en fonction de la qualité de farine souhaitée et des variétés de blés utilisées.

Le but principal de la mouture est de séparer les enveloppes de l'amande, afin d'obtenir de la farine<sup>17</sup>. La présence du sillon sur les grains de blé (cf. point 4) rend impossible l'élimination progressive des téguments du grain par abrasion des parties périphériques. Il va donc falloir travailler par fragmentation du grain pour isoler progressivement l'albumen. Dès lors, afin d'être transformés en farine, les grains vont devoir subir différentes étapes : le broyage, le claquage, le convertissage, le sassage et le blutage.

Avant de réaliser ces différentes étapes, il faut préalablement effectuer une étape d'humidification des grains. Celle-ci va permettre de faciliter la séparation de l'amande et de ses enveloppes, ainsi que de favoriser l'écrasement de l'amande qui sera plus tendre. Pour ce faire, le blé va être conditionné pour atteindre un taux d'humidité de 14 à 15% pour la mouture sur meule et de 16 à 17% pour la mouture sur cylindres (Mazeau, 2012). Ensuite, les grains vont subir une phase de repos allant de 12 à 48h (Feillet, 2000) selon la dureté du blé.

### 6.1 La mouture sur cylindre

Le broyage est la première étape de la mouture à proprement parler. Il va permettre une dissociation progressive de l'amande et de ses enveloppes, par un passage du grain entre des cylindres cannelés tournant en sens inverse et à des vitesses différentes.<sup>18</sup> En passant entre ces cylindres cannelés, les grains vont être cisailés et écrasés. L'amande des grains va se briser et se détacher des enveloppes, qui, elles, vont résister puisqu'elles sont plus élastiques. Les grains vont passer dans des cylindres aux cannelures de plus en plus fines, allant de 2500 à 800µm de largeur et de 600 à 200µm de profondeur (Feillet, 2000). Après chaque passage entre les cylindres, les produits du broyage vont être tamisés lors du blutage.

Le claquage est l'étape suivante du processus, au cours de laquelle les semoules (c'est-à-dire les grosses et moyennes<sup>19</sup> particules d'amande contenant un faible pourcentage d'enveloppe) qui ont été rejetées lors du blutage vont être réduites en particules plus fines et en farine à l'aide de cylindres lisses.

---

<sup>17</sup> On appelle farine « les très fines particules d'amande comprises entre 15 et 200 µm » (Bourson, 2009)

<sup>18</sup> Le rapport de vitesse entre les cylindres lors du broyage est de 1/2,5 (Bourson, 2009).

<sup>19</sup> La taille des semoules varie entre 250 et 1000µm (Bourson, 2009)

La 3<sup>ème</sup> étape du processus est le convertissage. Au cours de celle-ci, les finots (fines particules d'amande provenant du broyage) et les graux (fines parties d'amande résultant du travail des cylindres lisses) vont être réduits en farine à l'aide de cylindres lisses, tout comme pour le claquage. Pour les claqueur et convertisseurs, le rapport de vitesse entre les cylindres lisses est de 1/1,25 (Bourson, 2009).

Après chaque passage, les produits du broyage, du convertissage et du claquage vont être tamisés grâce à des plansichters. Durant cette opération qu'on appelle le blutage, les produits provenant des cylindres lisses et cannelés vont être séparés en fonction de leur granulométrie. Un plansichter est un appareil constitué d'une superposition de tamis en toiles métalliques et en nylon, qui sont soumis à un mouvement rotatif et de va-et-vient permanent. En fonction de leur granulométrie, les éléments sont renvoyés à l'étape suivante (claquage, convertissage, sassage) ou, s'ils sont assez fins, ils seront directement utilisables comme farine.

Une étape supplémentaire, le sassage, peut accessoirement être mise en œuvre (mais elle est principalement utilisée en semoulerie). Le sassage va permettre, comme nous pouvons le voir sur la figure 7, « la séparation des produits de mouture : les produits sont maintenus en suspension par un courant d'air ascendant au-dessus de tamis dont la largeur des mailles diminue au fur et à mesure de la progression des produits, celle-ci étant assurée par l'inclinaison et le mouvement de va-et-vient des tamis. La ségrégation des produits repose sur leurs différences de densité et de propriétés aérodynamiques : les particules d'albumen amylicé, plus denses ( $d = 1,4$ ) que celles d'enveloppes ( $d = 1,2$ ), retombent plus rapidement sur les tamis et sont extraites en premier » (Feillet, 2000).

Ainsi, c'est le mélange des différentes farines obtenues à chaque étape de la mouture (broyage, claquage, convertissage et éventuellement sassage) qui donnera la farine utilisée par la suite par les boulangeries. Voici, à titre d'exemple, la composition chimique d'une farine de type 55<sup>20</sup> (tableau 4).

| <b>COMPOSITION CHIMIQUE DE LA FARINE DE TYPE 55</b> |             |                           |
|---|-------------|---------------------------|
| - amidon :  | 68 à 72 %   | = <b>glucides lents</b>   |
| - eau :   | 15 %        |                           |
| - gluten :  | 8 à 12 %    | = <b>protides</b>         |
| - sucres :  | 1 à 2 %     | = <b>glucides rapides</b> |
| - matières grasses :                                | 1,2 à 1,4 % | = <b>lipides</b>          |
| - matières minérales :                              | 0,5 à 0,6 % |                           |
| - cellulose :                                       | traces      |                           |
| - vitamines B, PP, E                                |             |                           |

**Tableau 4: Composition chimique de la farine de type 55 (Garnier, 1992)**

<sup>20</sup> Il s'agit d'une farine ayant un taux de cendre compris entre 0.5 et 0.6% (cf. page suivante)

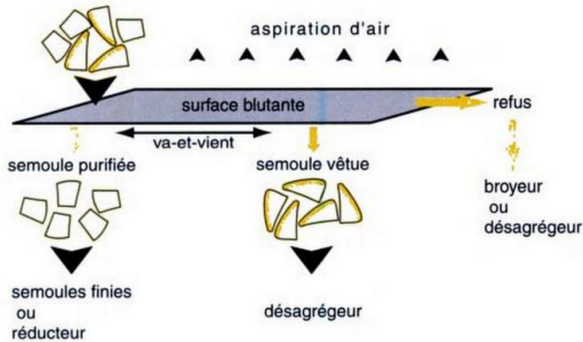


Figure 7: Principe du sassage (Feillet, 2000)

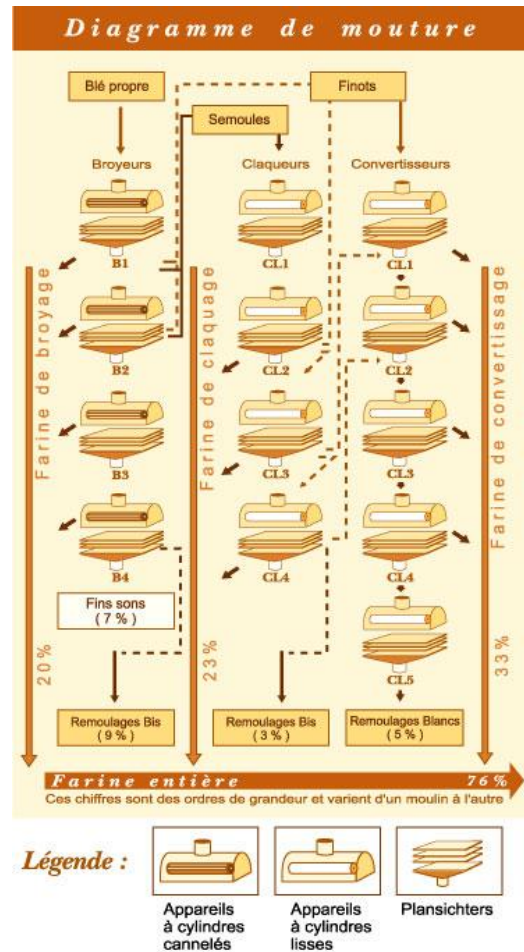


Figure 8: Exemple de diagramme de mouture  
Source : <http://genie-alimentaire.com/spip.php?article92>

## 6.2 Les différents types de farines

La farine de blé tendre peut être classée en différents types, qui doivent apparaître lors de la vente. Cette classification se base sur la teneur en cendres des farines, qui est un indicateur de la teneur en minéraux (qui peut être assimilée à la proportion d'enveloppes dans la farine). En effet, comme nous l'avons vu précédemment, les matières minérales sont principalement contenues dans le son, ce qui signifie que plus la farine sera blanche (donc avec un blutage important) plus sa teneur en minéraux et en cendres sera faible, et inversement, comme nous pouvons le voir dans le tableau 5.

| Types de farine | Teneur en cendres ou matières minérales (% ramené à la matière sèche) | Taux d'extraction moyen (% farine), mouture sur cylindres | Aspect des farines |
|-----------------|---|---|--------------------|
| 45              | < 0,50 %  | 70-75   | Blanche            |
| 55              | 0,50 % à 0,60 %   | 75-80   | Blanche            |
| 65              | 0,62 % à 0,75 %   | 78-83   | Blanche            |
| 80              | 0,75 % à 0,90 %   | 82-86   | Bise               |
| 110             | 1,00 % à 1,20 %   | 87-90   | Bise               |
| 150             | > 1,40 %  | 90-98   | Complète           |

Tableau 5: Classification des farines françaises par type (Bourson, 2009)

### 6.3 La mouture sur meule de pierre

La mouture sur meule de pierre est la plus utilisée dans le secteur bio wallon : 8 meuneries sur 9 l'utilisent (Annet *et al.*, 2016).

Un moulin sur meule de pierre est constitué de 2 meules qui vont permettre d'écraser le grain jusqu'à ce qu'il soit réduit en farine, dont le diamètre et l'épaisseur varie. Par exemple, l'une des meules du Moulin de la Marquise à Moulbaix possède un diamètre de 1,50m pour une épaisseur de 30 cm et un poids de plus d'une tonne (Equeter et Dhaenens, 2014). Dans chaque paire de meules, on distingue la meule dormante ou gisante qui est fixe et la meule tournante ou volante qui est mobile (figure 9).

La partie travaillante des meules (qui correspond aux 2 surfaces opposées en contact avec le grain) n'est pas lisse. En effet, des rayons sont taillés dans la pierre afin de permettre l'évacuation de la farine au fur et à mesure de la mouture. Entre ces rayons, on retrouve également des rhabillures, c'est-à-dire de fines stries qui permettent de rendre les meules plus agressives et d'avoir un meilleur broyage du grain. Après le broyage d'une certaine quantité de grain (40 tonnes pour le Moulin de la Marquise), les meules s'usent et doivent être retaillées, on appelle cette opération le rhabillage. « Une attention toute particulière est également portée à l'équilibrage parfait des meules. En effet, celles-ci ne peuvent se toucher car les forces de frottement entraîneraient une usure inégale des meules et la farine brûlerait » (Equeter et Dhaenens, 2014).

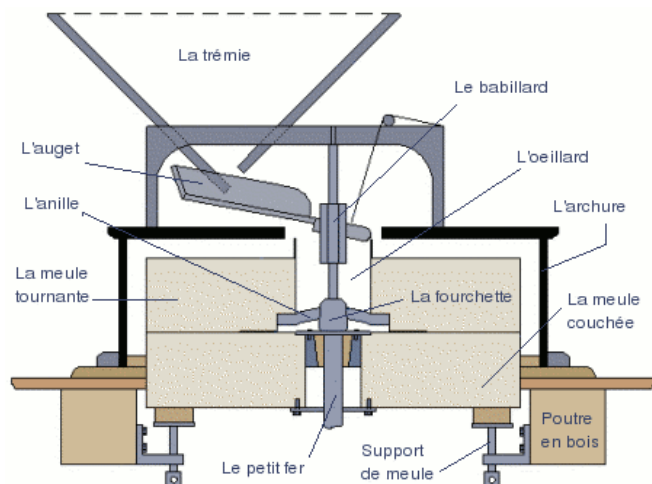


Figure 9: Schéma d'une paire de meules complète

Source : <http://www.moulin-dussart.be/index.php?page=mouture3.inc.php>

Une fois le grain nettoyé, il est envoyé dans une trémie d'alimentation qui débouche sur l'auge. Celui-ci est agité par le babillard qui tourne lorsque la meule supérieure tourne, de façon à faire tomber régulièrement les grains dans l'œillard (situé au centre de la meule volante). Le grain passe entre la paire de meules afin d'être moulu en farine. La farine ainsi produite va être contenue sur le bord des meules grâce à l'archure (sorte de boîte en bois entourant les meules) avant d'être évacuée vers la bluterie afin d'obtenir une farine plus ou moins tamisée.

La mouture sur meule, en comparaison de la mouture sur cylindre, permettrait d'obtenir une farine de plus grande qualité nutritionnelle. En effet, la mouture sur meule permet d'accroître de manière significative la teneur des farines en certains éléments minéraux, notamment les teneurs en magnésium et en zinc (Chaurand *et al.*, 2005).

## 7 La panification

La panification est le processus de fabrication qui va permettre de réaliser du pain. Pour ce faire, les différentes étapes sont décrites ci-dessous.

### 7.1 Le pétrissage

Le pétrissage s'effectue dans un pétrin et se compose de 2 étapes :

- Le frasage, qui va permettre de mélanger les ingrédients et qui s'effectue à vitesse lente. Durant cette étape, les particules de gluten<sup>21</sup> vont absorber l'eau, jusqu'à gonfler, devenir collantes et s'attacher les unes aux autres.
- La deuxième étape du pétrissage se déroule à vitesse rapide et va permettre le découpage, l'étirement et le soufflage de la pâte de façon simultanée grâce au bras du pétrin. C'est durant cette phase que la pâte se structure, que le réseau glutineux se développe et que l'air est incorporé.

Il existe différentes sortes de pétrins (à spirale, à axe oblique, à deux bras...) ayant chacun des caractéristiques et des avantages particuliers.

### 7.2 La fermentation

La fermentation panaire est due à un champignon unicellulaire (levure), qui va apporter du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) à la pâte. Ce CO<sub>2</sub> va être retenu par le réseau de gluten afin de permettre au pain de monter et de prendre du volume, c'est ce qu'on appelle la pousse. La levure la plus utilisée lors de la panification est *Sacharomyces cerevisiae*. Cet organisme microscopique mesure de 5 à 8µm de long et est présent à raison d'environ 10 milliards d'individus par cm<sup>3</sup> de levure fraîche (Equeter et Dhaenens, 2014).

La majeure partie de la fermentation se déroule en anaérobie au cœur de la pâte et est de type alcoolique :  $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 CO_2 + 2 C_2H_5OH + \text{énergie}$ . L'alcool produit lors de cette réaction est évaporé lors de la cuisson du pain, tandis que le dioxyde de carbone est retenu par le réseau glutineux (Landgraf, 2002).

Pour que la fermentation alcoolique puisse se dérouler correctement, il faut que les levures aient accès aux sucres présents dans la farine. Comme nous l'avons vu, la farine contient naturellement de l'amidon. Celui-ci va être dégradé par des enzymes appelées amylases ( $\alpha$ -amylases et  $\beta$ -amylases) qui vont transformer l'amidon en maltose. Ce maltose va être dégradé en glucose par la maltase contenue à l'intérieur des cellules de levures. Cette dégradation de l'amidon a lieu au moment du pétrissage.

---

<sup>21</sup> Le gluten est composé de 2 types de protéines : les gluténines et les gliadines qui déterminent l'élasticité et l'extensibilité de la pâte. Outre ces protéines qui représentent 75 à 85% du gluten, ce dernier est aussi composé de lipides, d'amidon et d'eau (Sinnaeve et Gofflot, *s.d.*).

### 7.2.1 Les levures

Il existe deux types de levures pouvant être utilisées en boulangerie :

- La levure fraîche : elle est constituée de microorganismes vivants unicellulaires (*Sacharomyces cerevisiae*) et elle a une durée de conservation limitée de 20 à 30 jours (Equeter & Dhaenens, 2014).
- La levure sèche : elle est également constituée de *Sacharomyces cerevisiae* mais sous forme déshydratée, ce qui permet de diviser sa masse par 3 (Landgraf, 2002). Ces levures ont été séchées en présence d'émulsifiants afin de préserver leur activité et de ne pas entraîner la mort des cellules.

Ces deux types de levure ne doivent pas être confondus avec la levure chimique, qui, elle, est composée de bicarbonate de soude et qui produit un dégagement de CO<sub>2</sub> grâce à un phénomène chimique et non un phénomène biologique.

### 7.2.2 Le levain

Le levain est une pâte réalisée au départ d'un mélange d'eau et de farine qu'on laisse fermenter plusieurs jours en l'alimentant régulièrement avec de la farine et de l'eau. Dans le cas du levain, il n'y a pas d'ajout volontaire de levure de boulanger, « la fermentation se fait à partir de levures sauvages et des bactéries présentes dans les matières premières utilisées ou dans l'air ambiant du fournil. Elles favorisent une fermentation acide » (Landgraf, 2002). La fermentation au levain est beaucoup plus longue et donne un pain plus acide (présence de bactéries lactiques) que la fermentation à la levure.

Les pains réalisés avec une fermentation au levain présenteraient des qualités nutritionnelles supérieures comparativement à ceux réalisés avec une fermentation courte à la levure. En effet, la panification au levain a la capacité de faire baisser le pH de la pâte. Cette diminution de pH permet l'expression de certaines enzymes dans la pâte, comme par exemple « la phytase qui détruit l'acide phytique<sup>22</sup> et permet une meilleure biodisponibilité des minéraux, et les protéases qui scindent le gluten en fragments plus courts<sup>23</sup> » (Rémésy et al, 2014).

---

<sup>22</sup> L'acide phytique est une molécule dans laquelle les plantes stockent du phosphore, elle est notamment présente dans les grains de blés. L'acide phytique joue sur l'assimilation des minéraux dans notre alimentation : il forme des sels avec certains minéraux comme le calcium, le magnésium, le fer, le cuivre et le zinc, limitant ainsi leur assimilation. Cependant, il semblerait que l'acide phytique possède des propriétés bénéfiques, comme par exemple des propriétés anti-oxydantes (Kumar et al, 2009).

<sup>23</sup> Ce processus semble intéressant pour développer des produits adaptés aux personnes intolérantes au gluten (Rémésy et al, 2014).



### **7.3 Le pointage**

Le pointage est la première période de fermentation de la pâte (elle se réalise souvent en bacs ou dans la cuve du pétrin). Cette étape permet de développer les arômes du pain et de donner de la force à la pâte (elle devient plus tenace, moins extensible et plus élastique).

### **7.4 La division**

La division est l'étape durant laquelle le boulanger va diviser la pâte en pâtons de masse définie en fonction du produit souhaité. Cette opération peut s'effectuer manuellement ou mécaniquement à l'aide d'une diviseuse. Une fois divisés, les pâtons sont remis sous forme de boule de pâte, c'est le boulage. Une fois cette opération effectuée, les pâtons sont soumis à une phase de détente (repos).

### **7.5 Le façonnage**

C'est au cours de cette étape que le boulanger donne la forme définitive au pâton. Ce façonnage peut-être réalisé manuellement ou mécaniquement à l'aide d'une façonneuse. Selon, l'état d'avancement de la fermentation et la consistance de la pâte, les pâtons seront plus ou moins serrés (plus la pâte est lâche, plus le pâton sera serré).

### **7.6 L'apprêt**

C'est la dernière période de fermentation avant la mise au four, c'est cette étape qui donnera son volume au pain grâce à la poussée gazeuse. Pour la réussite de cette étape, il est important d'avoir un réseau glutineux bien structuré afin qu'il puisse retenir correctement le CO<sub>2</sub>. La température et l'hygrométrie sont deux facteurs importants lors de l'apprêt. Afin de les vérifier au mieux, la plupart des boulangers utilisent une chambre de pousse (qui permet un contrôle précis de la température et de l'humidité).

### **7.7 La scarification**

Juste avant l'enfournement, le boulanger va inciser la surface des pains, il donne ce qu'on appelle des « coups de lame ». Ceux-ci ont un double intérêt : il permet au gaz produit lors de la fermentation de s'échapper à des endroits précis et non pas de façon anarchique (si le pain n'est pas incisé, il risque d'éclater de façon incontrôlée lors de la cuisson). L'incision a également une valeur esthétique importante pour le produit fini.

### **7.8 La cuisson**

La cuisson est, avec la fermentation, l'une des étapes primordiales de la panification. Traditionnellement, les pâtons sont cuits à 250°C dans un four humide, mais au cœur du pâton, la température avoisine les 95°C (AFSCA, 2013). L'introduction de vapeur dans le four a plusieurs

objectifs : « entourer le pâton d'une mince pellicule d'eau qui assouplit la pâte et permet son dernier développement, limiter l'évaporation de l'eau du pâton lui-même, accentuer la finesse de la croûte et enfin lui donner une belle couleur dorée » (Landgraf, 2002).

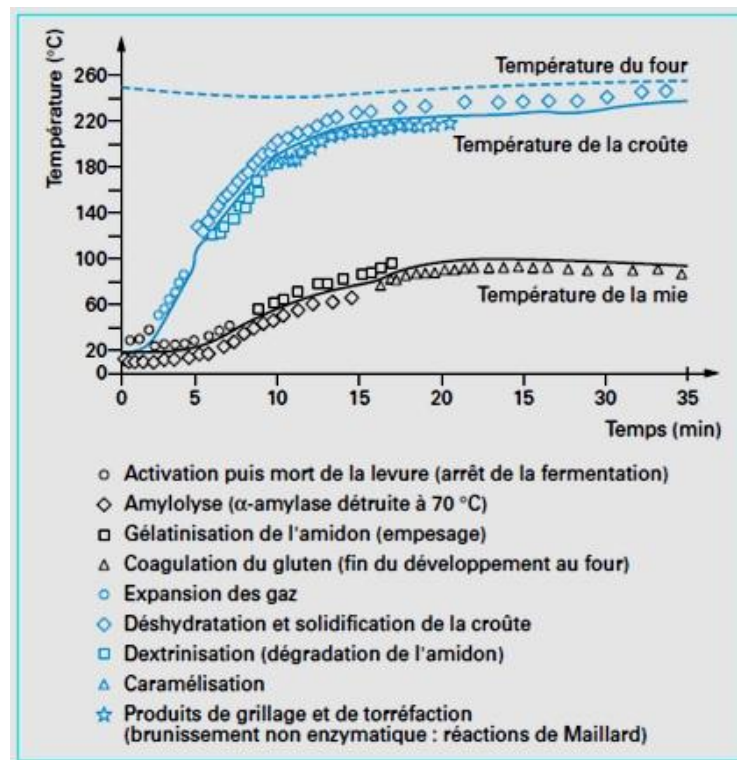


Figure 10: Transformations physico-chimiques durant la cuisson du pain (Landgraf, 2002)

Durant la cuisson, on distingue 3 phases qui sont basées sur les paliers de températures de l'intérieur du pain, comme nous pouvons le voir sur la figure 10 (Landgraf, 2002) :

- Jusque 50°C : accélération de la fermentation puis arrêt de celle-ci
- De 50 à 80°C : formation d'un empis d'amidon et coagulation du gluten. Le développement du pain est fini.
- De 80 à 100°C : caramélisation et réaction de Maillard<sup>24</sup> (qui donnera la coloration de la croûte)

La cuisson sera différente en fonction du type de matériel utilisé : type de four, sources de chaleurs, mode de transmission de la chaleur, type de cuisson (sur sole, sur plaque ou en moule), etc.

## 7.9 Le ressuage

Le ressuage, c'est-à-dire le refroidissement du pain, commence dès le défournement (la mie est alors légèrement en dessous de 100°C). La température de la mie va commencer par baisser rapidement, ensuite plus lentement, pour se stabiliser au bout d'une heure. Durant cette étape, le pain perd 1 à 2% de sa masse (Landgraf, 2002) suite à un dégagement de vapeur d'eau et de CO<sub>2</sub>.

<sup>24</sup> Sucre réducteur + Acide aminé + H<sub>2</sub>O → mélanoidines (composés dont la couleur varie du jaune au brun)

# PARTIE PRATIQUE

---

## 8 Matériel et méthodes

### 8.1 Analyses de la qualité boulangère des céréales produites sur le territoire du PNPE

Le but de cette partie de notre travail est de déterminer les qualités boulangères de farines issues de blés récoltés sur le territoire du Parc naturel des Plaines de l'Escaut, afin d'évaluer leur potentiel de panification. Pour ce faire, nous allons analyser différents paramètres<sup>25</sup> comme l'humidité, la teneur en protéines et le poids à l'hectolitre. Il s'agit de mesures rapides généralement réalisées dès la réception des céréales. Des méthodes plus poussées de caractérisation telles que le temps de chute de Hagberg et l'indice de sédimentation de Zélény seront également réalisées. Enfin, nous allons étudier les propriétés rhéologiques des pâtes grâce à l'alvéographe® de Chopin, au Mixolab® et à un test de panification.

#### 8.1.1 Récolte du blé

Les échantillons de froment utilisés dans le cadre de cette étude proviennent de 2 fermes biologiques dont les champs sont situés sur le territoire du Parc naturel des Plaines de l'Escaut : la ferme Lesplingart à Quevaucamps et la ferme du Buis à Barry. Au nombre de 4, ils ont été récoltés à différentes dates, comme indiqué dans le tableau 6 :

| <i>Variété</i>    | <i>Date de récolte</i> | <i>Origine</i>    |
|-------------------|------------------------|-------------------|
| Rouge de Bordeaux | 22 juillet 2016        | Ferme du Buis     |
| Edgar             | 02 août 2016           |                   |
| Impression        | 02 août 2016           |                   |
| Oxebo             | 10 août 2016           | Ferme Lesplingart |

Tableau 6: Dates de récolte des différentes variétés

Avant d'être envoyés au laboratoire, les échantillons ont été stockés chez les agriculteurs. Pour la totalité des analyses, 20 kg de grain de chacune des variétés ont été prélevés.

#### 8.1.2 Réception des échantillons

Les différents échantillons ont été apportés au CRAW de Gembloux le mercredi 21 septembre 2016. À chacune des variétés analysées correspond un n° d'identification propre au laboratoire et attribué lors de la réception des échantillons, comme nous pouvons le constater dans le tableau 7.

---

<sup>25</sup> Un tableau reprenant les limites de répétabilité et de reproductibilité des mesures effectuées est disponible en annexe 6

| Numéro interne | Variété           |
|----------------|-------------------|
| DQ/16/0675-01  | Edgar             |
| DQ/16/0675-02  | Impression        |
| DQ/16/0675-03  | Oxebo             |
| DQ/16/0675-04  | Rouge de Bordeaux |

**Tableau 7: Identification des différentes variétés à leur arrivée au laboratoire**

### 8.1.3 Nettoyage des grains

Avant de réaliser les différentes analyses, un nettoyage du grain a été pratiqué sur chaque échantillon. Une dizaine de kilos de grain a été nettoyée pour chaque variété, à l'aide d'un nettoyeur-séparateur. Ce dernier est composé de différentes grilles à travers lesquelles le grain va passer, ce qui va permettre de retenir les grosses impuretés. L'appareil comporte également un cyclone qui va permettre de séparer les impuretés plus légères présentes dans le grain.

En ce qui concerne la variété Oxebo, un nettoyage supplémentaire a dû être effectué car un grand nombre d'impuretés étaient présentes, notamment des graines de féveroles<sup>26</sup>. Dès lors, nous avons passé l'échantillon à travers un tamis de 4 mm, de façon à récupérer la plus grosse partie de ces graines de féveroles. Une fois tamisées, celles-ci ont été triées à la main, de façon à récupérer les plus gros grains de blés qui avaient également été retenus par le tamis. Il est important de récupérer ces gros grains (et de les remettre dans l'échantillon) car ce sont généralement eux qui possèdent les meilleures qualités technologiques. A la suite de ce traitement, il restait encore quelques impuretés dans l'échantillon, mais elles n'ont pu être retirées car elles étaient trop semblables aux grains au niveau de leur taille et de leur forme.

### 8.1.4 Mesure du poids à l'hectolitre des grains

Le poids à l'hectolitre, aussi appelé poids spécifique, est une ancienne mesure datant de l'époque où les quantités de grain étaient mesurées en volume. Aujourd'hui elle est toujours utilisée dans les transactions commerciales, bien qu'elle présente de nombreuses imperfections : elle est notamment fortement influencée par la nature et la quantité d'impuretés, la quantité d'espaces intergranulaires et le tassement des grains.

Cette mesure a été effectuée à l'aide de l'Infratec<sup>TM</sup> 1241. Il s'agit d'un appareil permettant à la fois de mesurer le poids à l'hectolitre, l'humidité et la teneur en protéines des grains. Pour mesurer le poids spécifique, cette machine est munie d'une cellule de volume fixe et d'un mécanisme de pesée. Une fois la cellule remplie, l'excédent de grain est évacué à l'aide d'un racloir et la masse de grain est pesée.

<sup>26</sup> Le mélange de légumineuses-céréales est régulièrement utilisé en agriculture biologique. Cette association permet notamment d'apporter de l'azote au sol (grâce aux féveroles qui sont des légumineuses et qui sont capables de fixer l'azote atmosphérique grâce à une symbiose avec des bactéries du sol du genre *Rhizobium*).

### **8.1.5 Mesure de l'humidité des grains**

La teneur en humidité du grain est notamment déterminante pour le stockage de celui-ci. Elle est également indispensable pour rapporter les résultats des analyses à une base fixe (la matière sèche) pour permettre les comparaisons.

La mesure a été effectuée par spectroscopie dans le proche infrarouge (SPIR) à l'aide de l'Infratec<sup>TM</sup> 1241. La SPIR est une méthode d'analyse des grains non polluante, simple et rapide. De plus, elle permet le dosage de plusieurs constituants simultanément (eau, protéines...). Les mesures sont obtenues dans une plage spectrale de 850 à 1050 nm. Cette méthode se base sur la propriété qu'ont les molécules d'absorber de l'énergie dans l'infrarouge (cette absorption d'énergie correspondant à des vibrations de liaisons chimiques entre atomes).

### **8.1.6 Mesure du taux de protéines**

Le taux de protéines est un critère important pour déterminer la qualité du froment et il est, à l'heure actuelle, très utilisé par les meuneries. En effet, ce sont les protéines qui vont constituer le réseau de gluten et elles vont donc influencer fortement la qualité boulangère de la farine. Habituellement pour la meunerie, un taux de protéine minimal sur grain de 12 % est communément admis. La détermination du taux de protéines se fait également par spectroscopie dans le proche infrarouge (SPIR), avec le même appareil que celui utilisé pour mesurer l'humidité du grain et le poids à l'hectolitre.

L'Infratec<sup>TM</sup> 1241 va permettre de doser la quantité d'azote présente dans le grain. Afin de calculer la teneur en protéines des grains, on multiplie la quantité d'azote déterminée par un coefficient K (coefficient de transformation de l'azote en protéines) équivalent à 5,7 pour l'alimentation humaine (K= 6,25 pour l'alimentation animale).

### **8.1.7 Mesure du temps de chute d'Hagberg**

#### **8.1.7.1 Principe**

La mesure du temps de chute d'Hagberg permet d'estimer l'activité amylasique de la farine ou du grain. Les amylases sont des enzymes capables de dégrader l'amidon en maltose, afin que celui-ci puisse être utilisé par les levures lors de la fermentation. Le principe est de mesurer la consistance d'une suspension d'eau et de farine plongée dans un bain-marie. Plus la consistance de l'empois formé est faible, plus la teneur en amylase de la farine est élevée. Pour évaluer cette consistance, on mesure le temps mis par un plongeur standardisé pour s'enfoncer dans la suspension.

Lorsque le grain est récolté avec un manque de maturité, il va contenir un grand nombre d'amylases (dont le nombre va diminuer avec la maturité). Une augmentation du nombre de ces enzymes a également lieu dans les grains ayant entamé leur processus de germination (lorsque les mauvaises conditions météorologiques ne permettent pas la récolte par exemple). Cette surproduction d'amylases aura pour conséquence la libération massive de glucose, ce qui entrainera une fermentation excessive et violente. De ce fait, les pains risquent d'être très collants, ils risquent d'avoir une croûte très noire et des trous dans la mie.

#### 8.1.7.2 *Matériel et réactifs*

- Broyeur spécifique à la manipulation (Laboratory Mill 3100)
- Balance analytique
- Tubes viscométriques
- Agitateurs – plongeurs spécifiques à l'appareillage
- Bouchons en caoutchouc
- Eau distillée dont la température se situe entre 20 et 24°C
- Appareil *Falling-Number*® conçu pour la mesure du temps de chute de Hagberg. Cet appareil comprend :
  - o 2 supports pour tubes viscométriques
  - o Bain-marie muni d'un chronomètre

#### 8.1.7.3 *Méthode*

- a. Peser 300g de grain et les moulin dans le broyeur
- b. Laisser reposer minimum 30 minutes
- c. Peser  $7g \pm 0.05g$  de mouture
- d. Mettre dans un tube viscométrique avec 25ml d'eau distillée
- e. Boucher le tube à l'aide d'un bouchon en caoutchouc et agiter le tout afin que la farine soit en suspension dans l'eau
- f. Placer un agitateur dans chaque tube et placer les tubes dans le bain-marie. Attention, le couvercle du bain-marie doit être refermé endéans les 5 secondes sinon la mesure s'annule !
- g. Le chronomètre démarre et l'agitation se fait durant 60 secondes après lesquelles les tubes vont descendre à travers la suspension sous l'effet de leur propre poids
- h. Une fois la mesure terminée, le chronomètre sonne. Il faut retirer les tubes assez rapidement, car, sous l'effet de la chaleur, la préparation gonfle et il y a un risque de débordement.

## 8.1.8 Mesure de l'indice de sédimentation de Zélény

### 8.1.8.1 Principe

Le test de sédimentation de Zélény se base sur la capacité de gonflement des protéines en milieu acide. L'indice de sédimentation correspond au volume (exprimé en ml) de dépôt obtenu à partir d'une suspension de farine expérimentale dans une solution d'acide lactique, en présence de bleu de bromophénol, et ce après un temps d'agitation et de repos définis.

### 8.1.8.2 Matériel et réactifs

- Moulin de type Brabender-Sedimat spécifique à l'indice de sédimentation de Zélény
- Verres à pied
- Bouchons en plastique
- Balance analytique
- Agitateur Zélény muni d'un chronomètre
- Solution de bleu de bromophénol
- Solution d'acide lactique-propanol<sup>27</sup>

### 8.1.8.3 Méthode

- a. Peser 100g de grain et les broyer
- b. Laisser reposer pendant minimum 30 minutes. Pendant ce temps, mesurer le taux d'humidité de la farine obtenue (par infra-rouge)
- c. Peser 3,2g  $\pm 0.05$ g de farine et le déposer dans le verre à pied  
**Remarque :** en fonction de l'humidité, la masse de farine varie (cfr table de référence)
- d. Ajouter 50 ml de bleu de bromophénol, mettre le bouchon et agiter manuellement pendant 5 secondes
- e. Agiter la solution durant 5 minutes sur l'agitateur Zélény
- f. Retirer le verre à pied de l'agitateur et ajouter 25ml d'acide lactique-propanol
- g. Refermer le bouchon et remettre sur l'agitateur durant 5 minutes
- h. Retirer de l'agitateur et laisser reposer la solution durant 5 minutes (sans la remuer !)
- i. Faire la lecture du volume de dépôt obtenu (en ml)

---

<sup>27</sup> Le protocole de préparation de la solution est disponible en annexe 21

### 8.1.9 Mouture des grains en farine blanche

Les mesures effectuées à l'Alvéographe® et au Mixolab® sont réalisées sur des échantillons de farine blanche. Afin d'obtenir une telle farine, nous avons moulu 8 kg de grain de chaque échantillon à l'aide d'un moulin Chopin de type CD1 (fig. 11). Pour avoir une extraction optimale, il est nécessaire d'avoir un taux d'humidité des grains de 16%. Nous avons donc humidifié les échantillons des variétés Edgar, Impression et Oxebo.

La mouture se déroule en 3 étapes :

- Un côté de l'appareil est composé de cylindres cannelés, entre lesquels vont passer les grains : c'est l'étape de broyage. Ensuite les grains broyés vont passer dans un système de bluterie composé de 2 tamis de 160 µm et de 800 µm qui vont respectivement permettre de récupérer d'un côté la farine blanche de broyage et de l'autre la semoule. Le son, quant à lui, est évacué hors du moulin.
- L'autre côté de l'appareil est constitué de cylindres lisses dans lesquels nous allons faire passer la semoule. C'est la phase de claquage qui est suivie d'un blutage au travers d'un tamis de 160 µm. Au terme de cette phase, nous retrouvons la farine blanche de claquage d'une part et le premier remoulage d'autre part.
- A la fin du processus, le premier remoulage est repassé dans la 2<sup>ème</sup> partie de l'appareil (cylindres lisses) afin d'extraire un maximum de farine blanche, c'est le convertissage. La farine obtenue (farine de remoulage) est mélangée aux autres farines qui ont été extraites et le résidu ainsi obtenu est appelé le deuxième remoulage.

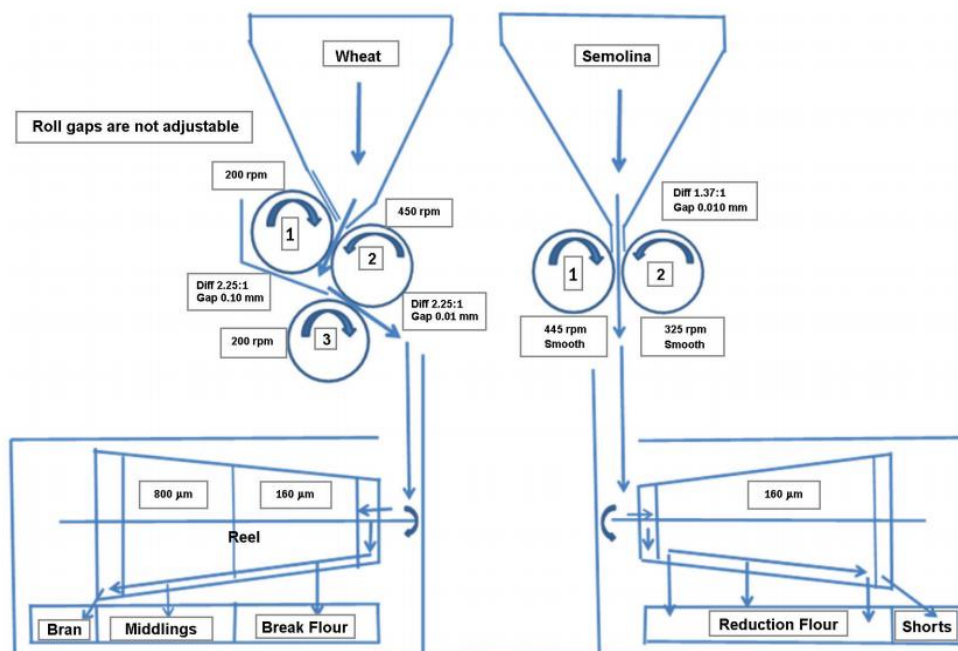


Figure 11: Schéma de fonctionnement du moulin Chopin CD1 (CHOPIN Technologies, 2002)



La farine blanche<sup>28</sup> ainsi obtenue sera également utilisée pour les tests de panification.

Une fois, les échantillons broyés, leur humidité est déterminée par infrarouge car elle joue un rôle important lors des analyses suivantes.

## 8.1.10 Essai à l'Alvéographe® de Chopin

### 8.1.10.1 Principe

L'Alvéographe® de Chopin est un appareil permettant de mesurer les caractéristiques rhéologiques d'une pâte à hydratation constante (extensibilité, élasticité, ténacité et force boulangère), ainsi que la capacité de la farine analysée à fabriquer certains types de produits (pain, biscuit...). Pour ce faire, une pâte formée dans des conditions standardisées est soumise à une pression d'air. Elle va se déformer et gonfler en formant une bulle de pâte dont le volume dépend de l'extensibilité de la pâte. La variation de pression dans la bulle au cours du temps est mesurée et reportée sur une courbe appelée alvéogramme (fig. 12).

L'intérêt de cette mesure est la similitude des déformations produites par l'appareil avec celles qui ont lieu dans la pâte à pain durant la fermentation et la cuisson (formation de bulles de gaz et expansion de celles-ci).

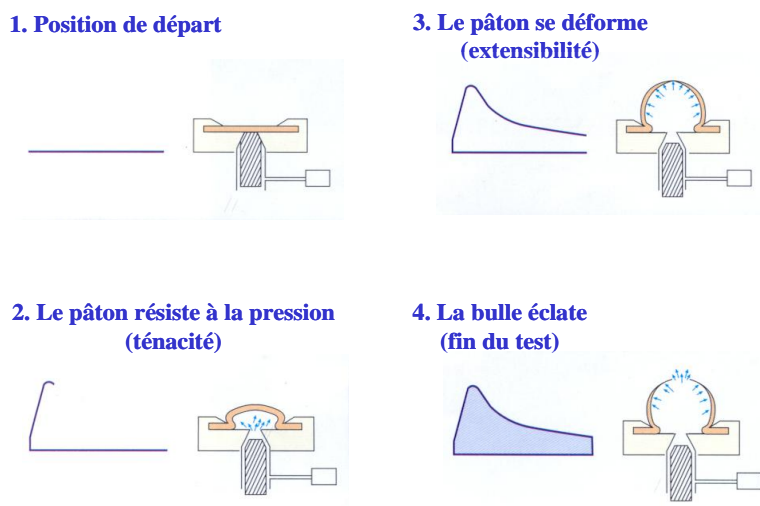


Figure 12: Formation de l'alvéogramme lors de l'utilisation de l'Alvéographe de Chopin (CRAW, s.d.)

<sup>28</sup> Les quantités obtenues après mouture sont disponibles en annexe 7

### 8.1.10.2 Méthode

- a. Préparer une solution de NaCl 2.5% (la solution utilisée doit avoir été préparée le jour même)
- b. Peser 250g +/- 0.5g de farine blanche et la mettre dans le pétrin de l'appareil (dont la température est de 24°C)
- c. Ajouter la quantité nécessaire de NaCl en fonction de l'humidité de la farine (précédemment déterminée par infrarouge)
- d. Faire tourner le mélangeur et allumer le chronomètre, laisser pétrir pendant 1 minute
- e. Racler les parois du pétrin afin d'éviter que la pâte ne colle (pendant 1 minute)
- f. Pétrir la pâte jusqu'à 8 minutes
- g. Ouvrir la trappe du laminoir et inverser le sens de rotation du pétrin afin de faire sortir la pâte
- h. Couper 5 pâtons, les écraser au rouleau et découper le centre de chaque pâton à l'emporte pièce
- i. Placer les disques de pâte à l'étuve à 20°C pendant 20 minutes
- j. Placer les pâtons un à un dans le 3<sup>ème</sup> compartiment de l'appareil, fermer le couvercle, serrer et activer l'injection d'air

### 8.1.11 Essai au Mixolab® - Protocole Chopin S<sup>29</sup>

#### 8.1.11.1 Principe

Le Mixolab® est un pétrin enregistreur qui va permettre la mesure du comportement rhéologique d'une pâte soumise à une modification de température et au pétrissage. « Il mesure en temps réel le couple de torsion (en Nm<sup>30</sup>) produit par la pâte entre deux friseurs. Le test se base sur la confection d'une masse constante de pâte hydratée de manière à obtenir une consistance cible lors de la première phase du test [...] la masse de pâte est de 75 grammes et la consistance cible est de 1.1 Nm (+/- 0.05Nm) » (CHOPIN Technologies, 2012). La base d'hydratation<sup>31</sup> utilisée est de 14 %.

Le protocole « Chopin S » permet d'obtenir des données en tous points comparables à celles obtenues avec le Farinographe®.

Le but de ce test est double : d'une part, mesurer la quantité d'eau nécessaire pour former une pâte d'une consistance donnée, c'est-à-dire, calculer l'hydratation de la pâte. En boulangerie, le rendement en pain d'une farine dépend de sa capacité d'absorption d'eau : plus la farine absorbe de l'eau, meilleur est le rendement. Cette hydratation prend en compte deux sources d'eau possibles : d'une part, l'eau ajoutée par l'opérateur et d'autre part, l'eau déjà présente dans la farine (ce qui correspond à l'humidité).

---

<sup>29</sup> Une analyse a également été effectuée avec le protocole Chopin +. Dans notre cas, il s'agit d'une analyse complémentaire permettant de caractériser les farines de façon plus détaillée. Cette analyse ainsi que ses résultats sont présentés en annexe 8

<sup>30</sup> Newton-mètre

<sup>31</sup> Il s'agit du référentiel utilisé pour exprimer l'hydratation de la pâte

D'autre part, cette analyse va permettre « d'apprécier la tolérance de la pâte à supporter un pétrissage intensif, et d'une façon plus générale, des déformations brutales comme celles infligées par les machines lors de la fabrication du pain (diviseuses-peseuses, bouleuses, façonneuses...) » (Bar-L'Helgouach, 2001).

#### 8.1.11.2 Méthode

- a. Sélectionner le programme « Chopin S »
- b. Indiquez l'humidité (de la farine) et l'hydratation supposée (par défaut, nous utilisons généralement 58%). Le programme calcule automatiquement la quantité de farine à peser
- c. Vérifier que le réservoir d'eau est bien rempli d'eau distillée
- d. Peser la masse exacte de farine indiquée par l'ordinateur
- e. Insérer le pétrin dans l'appareil et fermer le couvercle
- f. Démarrer l'appareil, insérer la farine à l'aide de l'entonnoir prévu à cet effet
- g. Essuyer l'humidificateur et l'insérer dans l'encoche de l'appareil
- h. Si la consistance C1 n'est pas comprise entre 1,050 Nm et 1,150 Nm, arrêter le test et nettoyer le pétrin
- i. Recommencer le test en entrant dans le programme l'humidité de la farine, le couple C1 obtenu et l'hydratation utilisée lors du 1er essai. L'ordinateur effectue une correction et indique la masse de farine à peser
- j. Relancer le test

#### 8.1.12 Test de panification en conditions réelles

Afin de pouvoir conserver les farines plus longtemps, celles-ci ont été séchées à l'étuve à 38°C. Elles ont ensuite été conservées dans des seaux en plastique, dans un endroit sec et à température ambiante.

Pour réaliser les tests de panification, nous avons choisi 2 boulangers : Eric Lebourgeois<sup>32</sup>, boulanger-pâtissier à Basècles, et Marc Châtel<sup>33</sup>, boulanger et agriculteur à la ferme Fourmanoy de Chièvres. Ce dernier est un boulanger certifié biologique et il a donc l'habitude de travailler avec des variétés bio, notamment du Renan, ce qui n'est pas le cas de Mr Lebourgeois.

---

<sup>32</sup> Eric Lebourgeois est un boulanger-pâtissier de Basècles

<sup>33</sup> Marc Châtel est un agriculteur certifié bio et il est aussi boulanger à Tongres Saint-Martin

Nous avons délibérément choisi de ne pas imposer un protocole de panification standardisé à ces boulangers. En effet, bien que cela réduise l'objectivité scientifique de ces tests, nous travaillons avec des farines biologiques qui ont, pour certaines, des qualités boulangères assez faibles. Or, le but final de ce travail est, rappelons-le, d'étudier la faisabilité de la mise en place d'une micro-filière céréales biologiques panifiables. Les farines analysées sont donc principalement destinées à des artisans et non pas à l'industrie. Il est donc important de prendre en compte le savoir-faire des boulangers bio.

Cependant, afin de garder le plus d'objectivité possible et de traçabilité pour ces tests, nous avons mis au point un protocole<sup>34</sup> à remplir par les boulangers, reprenant toutes les manipulations et les quantités utilisées pour réaliser les différents pains. En ce qui concerne les pains réalisés par Monsieur Lebourgeois, le protocole (temps de pétrissage, temps de cuisson, temps de pousse...) et les quantités utilisées sont rigoureusement identiques ; contrairement à Monsieur Châtel qui, lui, s'est adapté à chacune des farines.

Les essais ont été répartis comme suit (tableau 8) :

| <i><b>Boulangier</b></i> | <i><b>Date de panification</b></i> | <i><b>Quantité de farine livrée</b></i> | <i><b>Quantité de pains obtenus</b></i>  |
|--------------------------|------------------------------------|---|--|
| Eric Lebourgeois         | Mardi<br>25/10/2016                | 1kg100 de chaque variété (4)            | Pains cuits en moule :<br>- 1 pain « Edgar »<br>- 1 pain « Impression »<br>- 1 pain « Oxebo »<br>- 1 pain « Rouge de Bordeaux »<br><br>Pains cuits sur plaque :<br>- 1 pain « Edgar »<br>- 1 pain « Impression »<br>- 1 pain « Oxebo »<br>- 1 pain « Rouge de Bordeaux » |
| Marc Châtel              | Mercredi<br>26/10/2016             | 1kg100 de chaque variété (4)            | Pains cuits en moule :<br>- 1 pain « Edgar »<br>- 1 pain « Impression »<br>- 1 pain « Oxebo »<br>- 1 pain « Rouge de Bordeaux »<br><br>Pains cuits sur pierre :<br>- 1 pain « Edgar »<br>- 1 pain « Impression »<br>- 1 pain « Oxebo »<br>- 1 pain « Rouge de Bordeaux » |

**Tableau 8: Répartition des tests de panification par jour**

Tous les pains réalisés par Monsieur Châtel et Monsieur Lebourgeois ont systématiquement été réalisés en moule et sur pierre/plaque.

<sup>34</sup> Le protocole est disponible en annexe 9

Une grille de cotation<sup>35</sup> pour chaque variété a été distribuée aux boulangers afin qu'ils puissent évaluer la qualité de la pâte lors de la formation du pain, sur base de différents critères. Une seconde grille a été réalisée afin d'évaluer les pains réalisés (produits finis).

### 8.1.13 Jury de dégustation des différents pains réalisés

Afin de déterminer le degré d'appréciation des pains réalisés et de comprendre les préférences de consommateurs potentiels, nous avons mis en place un jury de dégustation<sup>36</sup>.

Nous avons choisi de faire goûter tous les pains réalisés par Eric Lebourgeois et par Marc Châtel. Les pains ayant été réalisés sur 2 journées différentes (selon les disponibilités de chaque boulanger), nous avons dû faire 2 jurys de dégustation afin de pouvoir faire goûter le pain frais au jury (tableau 9).

Pour cela, nous avons mis au point une grille de cotation<sup>37</sup> reprenant 5 critères à évaluer sur une échelle de 1 (je déteste) à 9 (j'adore). Ces 5 critères sont : l'aspect du pain, la croûte, la mie, l'odeur, la mâche et le goût.

Les personnes choisies pour le jury sont des personnes ayant, de près ou de loin, un lien avec le territoire du Parc naturel des Plaines de l'Escaut (habitant, lieu de travail...). Certaines de ces personnes ont l'habitude de participer, depuis quelques années déjà, au jury des Fins Gourmets des Plaines de l'Escaut.

| <i>Date</i>                   | <i>Mercredi 26/10/16</i>  | <i>Jeudi 27/10/16</i>   |
|-------------------------------|---|---|
| <i>Nombre de participants</i> | 16  | 15  |
| <i>Boulangier</i>             | Eric Lebourgeois  | Marc Châtel   |
| <i>Types de pains</i>         | Pains cuits en moules (M) :<br>- 1 pain « Edgar »<br>- 1 pain « Impression »<br>- 1 pain « Oxebo »<br>- 1 pain « Rouge de Bordeaux »<br><br>Pains cuits sur plaque (P) :<br>- 1 pain « Edgar »<br>- 1 pain « Impression »<br>- 1 pain « Oxebo »<br>- 1 pain « Rouge de Bordeaux » | Pains cuits en moules (M) :<br>- 1 pain « Edgar »<br>- 1 pain « Impression »<br>- 1 pain « Oxebo »<br>- 1 pain « Rouge de Bordeaux »<br><br>Pains cuits sur plaque (P) :<br>- 1 pain « Edgar »<br>- 1 pain « Impression »<br>- 1 pain « Oxebo »<br>- 1 pain « Rouge de Bordeaux » |

**Tableau 9: Répartition et composition des jurys de dégustation**

<sup>35</sup> Les grilles d'évaluation de la pâte et du pain sont disponibles en annexe 10 et 11

<sup>36</sup> Quelques photos du jury sont disponibles en annexe 12

<sup>37</sup> La grille de cotation est disponible en annexe 13

## 8.2 Interviews d'agriculteurs/coopérateurs et visites de micro-filières céréalières existantes

Durant la deuxième phase de ce travail, nous avons rencontré différents agriculteurs et coopérateurs transformant et commercialisant leurs céréales biologiques en circuits courts. Ces rencontres ont pour but de nous permettre de mieux comprendre le fonctionnement de ces filières céréalières existantes. Nous avons également pris contact avec un boulanger bio présent sur le territoire du Parc naturel des Plaines de l'Escaut afin de voir s'il serait éventuellement intéressé de travailler avec des farines biologiques locales.

Les rencontres avec les agriculteurs et les boulangers se sont déroulées sous forme de discussions sur base d'un questionnaire<sup>38</sup>.

Le tableau 10 ci-dessous reprend les différentes exploitations visitées.

| <i>Nom &amp; localisation</i>         | <i>Nom de la personne interviewée</i>          | <i>Date de l'interview</i> |
|---------------------------------------|--|----------------------------|
| <b>FERMES</b>                         |  |                            |
| Ferme de la Roussellerie - Herseaux   | Christine Velghe (agricultrice)                | Lundi 28 novembre 2016     |
| Ferme Fourmanoy - Chièvres            | Marc Châtel (agriculteur - boulanger)          | Jeudi 01 décembre 2016     |
| Ferme Delmée <sup>39</sup> - Ostiches | Francis Delmée (agriculteur)                   | Vendredi 09 décembre 2016  |
| <b>COOPÉRATIVES</b>                   |  |                            |
| Agribio - Havelange                   | Christophe Portier (administrateur délégué)    | Lundi 05 décembre 2016     |
| L'Epi Bio D'ici - Pays des Collines   | Freddy Vander Donckt (agriculteur-coopérateur) | Mercredi 07 décembre 2016  |
| <b>BOULANGER</b>                      |  |                            |
| La grange aux artisans - Hollain      | Emmanuel Spanedda (boulangier)                 | Jeudi 08 décembre 2016     |

**Tableau 10: Liste et date des visites de micro-filières céréalières existantes**

**Remarque :** la plupart des filières présentées ici sont des projets aboutis, fonctionnant déjà depuis plusieurs années.

<sup>38</sup> Les questionnaires sont disponibles en annexe 14

<sup>39</sup> La ferme Delmée n'est pas certifiée biologique

### 8.3 Sondage de la population du Parc naturel des Plaines de l'Escaut et de ses environs

Afin d'évaluer l'intérêt des consommateurs potentiels pour la mise en place d'une micro-filière céréales biologiques panifiables, nous avons réalisé un sondage des habitants du Parc naturel des Plaines de l'Escaut et de ses environs.

Pour cela, nous avons élaboré un questionnaire<sup>40</sup> en ligne composé d'une quinzaine de questions. Celui-ci a été diffusé par les réseaux sociaux et par mail du 26 février 2017 au 13 avril 2017. 637 réponses ont été récoltées. Elles ont ensuite été triées afin de correspondre au territoire du PNPE et de ses environs (les régions de Tournai, du Pays des Collines et d'Ath) comme nous le montre la carte ci-dessous (figure13). Nous obtenons dès lors 489 réponses correspondant à cette zone et ce sont donc les avis de ces 489 répondants que nous prendrons en compte.

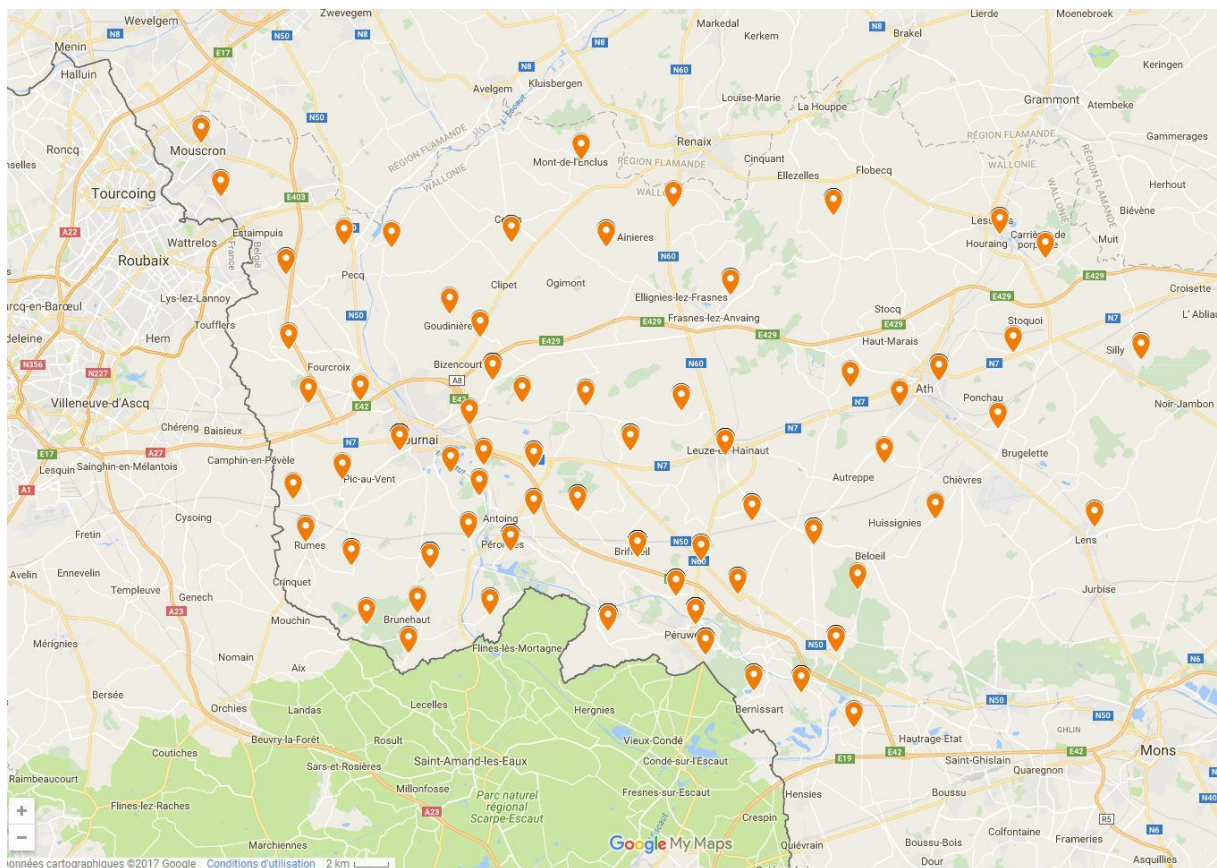


Figure 13: Répartitions des répondants au sondage suivant leur code postal

<sup>40</sup> Le questionnaire du sondage est disponible en annexe 19

## 9 Résultats et interprétations

### 9.1 Analyses de la qualité boulangère des céréales

#### 9.1.1 Mesure du poids à l'hectolitre des grains

Voici les résultats obtenus pour le poids à l'hectolitre de nos échantillons :

|                |                   | PHL   |
|----------------|-------------------|-------|
| Numéro interne | Référence client  | kg/hl |
| DQ/16/0675-01  | Edgar             | 71,1  |
| DQ/16/0675-02  | Impression        | 71,3  |
| DQ/16/0675-03  | Oxebo             | 69,2  |
| DQ/16/0675-04  | Rouge de Bordeaux | 74,4  |

Tableau 11: Poids à l'hectolitre des échantillons analysés

Le tableau suivant reprend les normes SYNAGRA<sup>41</sup> pour le blé meunier :

| POIDS À L'HECTOLITRE (PHL) |                            |
|----------------------------|----------------------------|
| Valeur                     | Effet sur le prix de vente |
| < 73                       | Déclassement en fourrager  |
| 73.0 – 75.9                | Réfaction <sup>42</sup>    |
| 76.0 – 78.0                | Neutre                     |
| > 78                       | Bonification               |

Tableau 12: Normes SYNAGRA de l'année 2014<sup>43</sup> pour les blés meuniers (Sinnaeve et al, 2016)

En comparant les tableaux 11 et 12, nous pouvons voir que, pour la variété Rouge de Bordeaux, le poids à l'hectolitre causerait une diminution du prix de vente des céréales. En ce qui concerne les 3 autres variétés, leur poids à l'hectolitre n'est pas suffisant pour être classé parmi les blés boulangers. Elles seraient donc déclassées dans la catégorie « blé fourrager ». Cependant, dans le cadre de notre travail, ces résultats ne seront pas les plus déterminants, puisque les grains vont être moulus en farine, avant que celle-ci soit vendue en circuits courts. Ils doivent toutefois être pris en compte car il existe une relation entre le poids à l'hectolitre et le rendement meunier : au plus le poids à l'hectolitre est faible, au plus le rendement meunier sera faible, ce qui risque d'entraîner une perte pour l'agriculteur qui commercialise directement ses farines.

<sup>41</sup> SYNAGRA est l'association professionnelle de négociants en céréales et autres produits agricoles

<sup>42</sup> Il s'agit de la réduction du prix de la marchandise

<sup>43</sup> Depuis 2015, le barème SYNAGRA pour le blé panifiable n'existe plus. Les critères habituels demandés pour le blé meunier ont été remplacés par la mention « à déterminer pour les variétés panifiables ». Nous prendrons donc le dernier barème SYNAGRA de 2014 comme base de réflexion.



### 9.1.2 Mesure de l'humidité des grains

Le tableau 13 ci-dessous reprend les résultats obtenus pour la mesure du taux d'humidité des grains :

|                |                   | Hum  |
|----------------|-------------------|------|
| Numéro interne | Référence client  | %    |
| DQ/16/0675-01  | Edgar             | 14,9 |
| DQ/16/0675-02  | Impression        | 15,7 |
| DQ/16/0675-03  | Oxebo             | 15,5 |
| DQ/16/0675-04  | Rouge de Bordeaux | 16,0 |

**Tableau 13: Humidité des grains des échantillons analysés**

Pour une bonne conservation du grain, il est nécessaire d'avoir un taux d'humidité strictement inférieur à 16% (Biowallonie, 2016). Parmi les variétés analysées, seule la variété Rouge de Bordeaux possède un taux d'humidité trop élevé pour une bonne conservation. En ce qui concerne les 3 autres variétés, leur taux d'humidité est favorable à la bonne conservation des grains. Cependant, il faudra être attentif à la variété Impression car son taux d'humidité est relativement proche de la limite.

### 9.1.3 Mesure du taux de protéines

Le tableau 14 suivant reprend les résultats obtenus lors de la mesure du taux de protéines.

|                |                   | MPT        |
|----------------|-------------------|------------|
| Numéro interne | Référence client  | N*5,7 % MS |
| DQ/16/0675-01  | Edgar             | 9,7        |
| DQ/16/0675-02  | Impression        | 10,5       |
| DQ/16/0675-03  | Oxebo             | 12,5       |
| DQ/16/0675-04  | Rouge de Bordeaux | 13,3       |

**Tableau 14: Taux de protéines des échantillons analysés**

Selon le barème SYNAGRA (2014), le taux de protéines doit être égal ou supérieur à 12% pour qu'un blé puisse être considéré comme blé meunier. Dans les variétés que nous avons analysées, seules les variétés Oxebo et Rouge de Bordeaux respectent ce critère. Les 2 autres variétés seraient donc, selon le barème, inapte à la panification traditionnelle.

Toutefois, en agriculture biologique, certains boulangers affirment pouvoir travailler un froment à partir de 10% de protéines (Parizel et Pierreux, *s.d.*). En nous basant sur ce nouveau critère, la seule variété analysée qui ne pourrait pas être panifiée serait la variété Edgar. Nous pourrions donc nous attendre à avoir de mauvais résultats lors de l'analyse des caractéristiques rhéologiques de cet échantillon.

### 9.1.4 Mesure du temps de chute d'Hagberg

Le temps de chute et l'activité enzymatique sont inversement proportionnels : plus le temps de chute est long, plus l'activité enzymatique est faible, comme nous pouvons le voir dans le tableau 15.

**Rem :** pour chaque échantillon, 2 essais concordants ont été effectués. Les résultats du tableau ci-dessous (tableau 16) correspondent à la moyenne des résultats obtenus.

| <i>Temps de chute</i>   | <i>Activité amylasique</i>              |
|-------------------------|---|
| Hag < 150 sec           | Trop importante, grain inutilisable     |
| 150sec ≤ Hag ≤ 180 sec  | Importante, difficulté de mise en œuvre |
| 180 sec ≤ Hag ≤ 220 sec | Acceptable                              |
| 220 sec ≤ Hag ≤ 250 sec | Bonne                                   |
| Hag > 250 sec           | Insuffisante                            |

**Tableau 15: Interprétation du temps de chute d'Hagberg (CRAW, s.d.)**

Les résultats obtenus pour les 4 variétés analysées sont repris dans le tableau 16.

| Numéro interne | Référence client  | Temps de chute |                               |
|----------------|-------------------|----------------|-------------------------------|
|                |                   | Hagberg        | Hagberg corrigé <sup>44</sup> |
|                |                   | s              | s                             |
| DQ/16/0675-01  | Edgar             | 334            | 328                           |
| DQ/16/0675-02  | Impression        | 346            | 342                           |
| DQ/16/0675-03  | Oxebo             | 220            | 217                           |
| DQ/16/0675-04  | Rouge de Bordeaux | 382            | 373                           |

**Tableau 16: Temps de chute d'Hagberg pour les échantillons analysés**

La variété Oxebo présente une activité amylasique acceptable, elle peut donc être utilisée « telle quelle » pour la panification. Par contre, en ce qui concerne les variétés Edgar, Impression et Rouge de Bordeaux, les temps de chute d'Hagberg sont très élevés, ce qui signifie qu'un ajout de farine maltée sera nécessaire afin d'augmenter l'activité amylasique (et permettre une bonne fermentation du pain).

Au niveau de la panification, il est préférable d'avoir un temps de chute trop haut plutôt qu'un temps de chute trop bas. En effet, si le temps de chute est trop haut (activité insuffisante) il peut être corrigé par un ajout de farine maltée. Au contraire, si l'activité amylasique est trop importante, il est impossible de la diminuer.

<sup>44</sup> En fonction de l'humidité de la mouture, un facteur de correction est appliqué au résultat, afin d'exprimer le temps de chute de Hagberg sur une base de 15% d'humidité. C'est cette valeur qui sera prise en compte lors des résultats.

### 9.1.5 Mesure de l'indice de sédimentation de Zélény

Le résultat obtenu est exprimé en volume de sédimentation (ml). Plus ce volume est élevé, plus les protéines sont de bonne qualité car elles absorbent beaucoup d'eau (tableau 17).

| <i>Indice de sédimentation</i> | <i>Valeur boulangère</i>  |
|--------------------------------|---------------------------|
| Zél > 40 ml                    | Très bonne (blé de force) |
| 30 ml < Zél < 40 ml            | Bonne                     |
| 20 ml < Zél < 30 ml            | Panifiable                |
| Zél < 20 ml                    | Mauvaise                  |

Tableau 17: Interprétation des valeurs de l'indice de sédimentation de Zélény (CRAW, s.d.)

Le tableau 18 reprend les résultats obtenus pour les 4 variétés étudiées :

| Numéro interne | Référence client  | Zélény |
|----------------|-------------------|--------|
|                |                   | ml     |
| DQ/16/0675-01  | Edgar             | 25     |
| DQ/16/0675-02  | Impression        | 30     |
| DQ/16/0675-03  | Oxebo             | 32     |
| DQ/16/0675-04  | Rouge de Bordeaux | 28     |

Tableau 18: Indice de sédimentation de Zélény pour les variétés analysées

Nous pouvons constater que les variétés Edgar et Rouge de Bordeaux seraient panifiables selon les résultats du test de sédimentation Zélény, et que les échantillons Impression et Oxebo présentent une bonne valeur boulangère.

### 9.1.6 Essai à l'Alvéographe® de Chopin

La pression au sein de la bulle de pâte formée est mesurée au cours du temps et reportée sous forme d'une courbe, appelée alvéogramme. Quatre paramètres principaux vont être calculés à partir de cet alvéogramme (figure 14): P, L ou G, W et le rapport P/L.

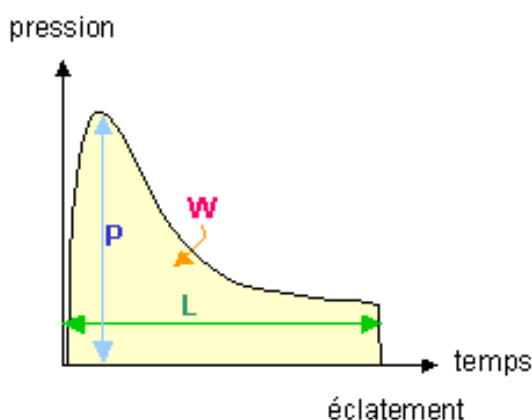


Figure 14: Exemple d'alvéogramme de Chopin

Source : <https://tice.agroparistech.fr/>

- P correspond à la pression maximale enregistrée (en mm H<sub>2</sub>O) au cours de l'essai, elle donne une indication sur la ténacité de la pâte.
- L correspond à la longueur (en mm), c'est-à-dire le gonflement maximal de la bulle, elle donne une indication sur l'extensibilité de la pâte. Cette extensibilité peut également se traduire par un autre paramètre appelé G, qui correspond au gonflement (en cm<sup>3</sup>). Il peut se déduire par calcul à partir de L, grâce à la formule :  $G = 2,22 \times \sqrt{L}$  (Bar-L'Helgouach, 2001).
- W correspond à la surface de l'alvéogramme, c'est-à-dire au travail de déformation de la pâte (10<sup>-4</sup> joules) jusqu'à la rupture, elle donne une indication sur la force de la farine.
- Le rapport P/L est un indicateur de l'équilibre général de l'alvéogramme (équilibre entre la ténacité et l'extensibilité de la pâte).

**Rem :** pour chaque variétés, 5 essais par farines ont été effectués afin d'obtenir 5 courbes ayant la même origine. Les résultats contenus dans le tableau 19 correspondent à la moyenne de ces 5 essais (sauf lorsqu'il y a une rupture anormale de la courbe et qu'elle n'est donc pas prise en compte dans la moyenne).

|                |                   | Alvéographe® Chopin <sup>45</sup> |                     |     |      |
|----------------|-------------------|-----------------------------------|---------------------|-----|------|
|                |                   | W                                 | P                   | L   | P/L  |
| Numéro interne | Référence client  | 10 <sup>-4</sup> J                | mm H <sub>2</sub> O | mm  |      |
| DQ/16/0675-01  | Edgar             | 65                                | 45                  | 35  | 1,29 |
| DQ/16/0675-02  | Impression        | 98                                | 69                  | 33  | 2,09 |
| DQ/16/0675-03  | Oxebo             | 140                               | 47                  | 106 | 0,44 |
| DQ/16/0675-04  | Rouge de Bordeaux | 94                                | 27                  | 181 | 0,15 |

Tableau 19: Résultats de l'Alvéographe® de Chopin pour les variétés analysées

<sup>45</sup> Les alvéogrammes des 4 variétés étudiées sont disponibles en annexe 15

En fonction des résultats obtenus, les farines peuvent être orientées vers des utilisations différentes, comme nous pouvons le voir dans la figure 15 ci-dessous :

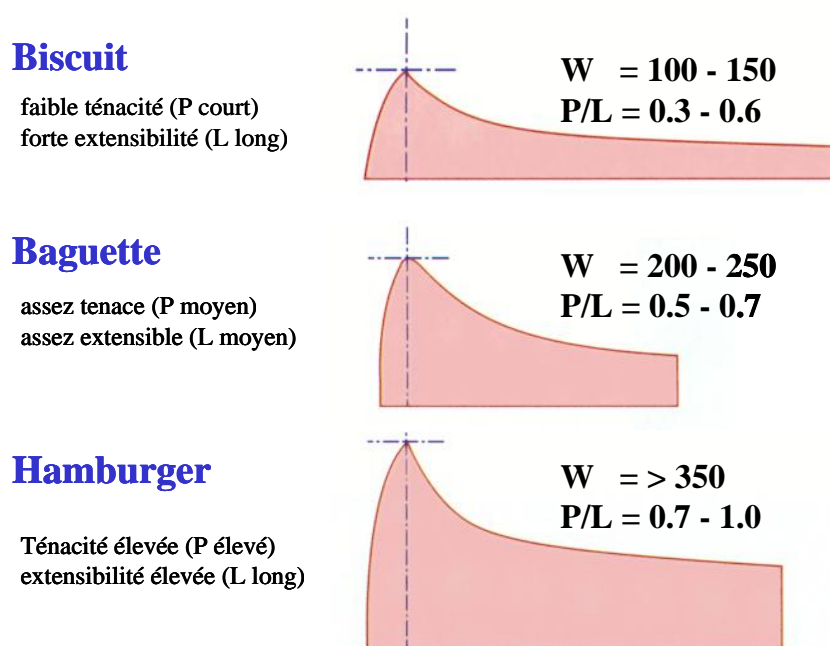


Figure 15: Exemples d'alvéogrammes pour 3 farines types (CRAW, s.d.)

Dans le cas qui nous intéresse, c'est-à-dire la boulangerie, la qualité boulangère peut être appréciée en fonction de la force de la farine (W) et de l'extensibilité de la pâte (L), comme nous le montre le tableau 20.

| W : FORCE DE LA FARINE |                             |
|------------------------|-----------------------------|
| W < 100                | Mauvaise qualité boulangère |
| 100 < W < 150          | Panifiable                  |
| 150 < W < 250          | Bonne qualité boulangère    |
| W > 250                | Haute qualité boulangère    |

| L : EXTENSIBILITÉ DE LA PÂTE |                         |
|------------------------------|-------------------------|
| L < 75                       | Pâte peu extensible     |
| 75 < L < 110                 | Bonne valeur boulangère |
| L > 110                      | Pâte collante           |

| RAPPORT P/L |             |
|-------------|-------------|
| 0,3 - 0,7   | Boulangerie |
| 0,4 - 0,6   | Biscuiterie |

Tableau 20: Qualité boulangère de la farine en fonction des résultats de l'Alvéographe de Chopin (CRAW, s.d.)

Au vu de ces valeurs, nous pouvons caractériser les 4 variétés analysées en fonction de leurs alvéogrammes. Les variétés Edgar et Impression ont donné des pâtes peu extensibles (L court, les alvéogrammes s'arrêtent rapidement) et de mauvaise qualité boulangère (W faible), bien que pour la variété Impression, la farine est presque panifiable selon l'analyse.

La variété Oxebo, quant à elle, est panifiable au niveau de sa force boulangère et présente une bonne extensibilité.

Pour ce qui est de la variété Rouge de Bordeaux, la force de la farine est trop faible et correspond donc à une mauvaise qualité boulangère. L'extensibilité de la pâte est très forte (l'alvéogramme est très allongé) ce qui est synonyme d'une pâte très collante qui manquera de tenue.

Pour les 4 variétés étudiées, l'équilibre entre la ténacité et l'extensibilité de la pâte ne correspond pas aux valeurs de la boulangerie (la variété Oxebo pourrait, elle, être utilisée en biscuiterie).

### 9.1.7 Essai au Mixolab® - Protocole Chopin S

Le tableau 21 ci-dessous reprend les résultats obtenus pour l'essai au Mixolab® avec le protocole Chopin S :

|                |                   | Chopin S   |                        |           |                  |
|----------------|-------------------|------------|------------------------|-----------|------------------|
|                |                   | Absorption | Temps de développement | Stabilité | Affaiblissement  |
| Numéro interne | Variété           | %          | min                    | min       | UF <sup>46</sup> |
| DQ/16/0675-01  | Edgar             | 51,2       | 1,5                    | 2,5       | 95               |
| DQ/16/0675-02  | Impression        | 55,3       | 1,5                    | 2,5       | 79               |
| DQ/16/0675-03  | Oxebo             | 54,2       | 1,5                    | 2,5       | 78               |
| DQ/16/0675-04  | Rouge de Bordeaux | 54,3       | 2,5                    | 13,5      | 28               |

**Tableau 21: Résultats obtenus pour l'analyse au Mixolab® - Protocole Chopin S**

L'absorption est la quantité d'eau pouvant être absorbée par la farine pour obtenir une pâte d'une consistance donnée (couple cible de 1.1 Nm +/- 0.05 Nm). Cette mesure a un intérêt pour la boulangerie car la capacité d'absorption d'eau de la farine influence directement le rendement en pain (c'est-à-dire la quantité de pains qui vont pouvoir être réalisés avec 100kg de farine).

Le temps de développement (ou temps de mise en pâte) correspond au temps écoulé jusqu'aux premiers signes de diminution de la consistance. Cette valeur représente donc le temps de pétrissage nécessaire pour atteindre le maximum du développement du gluten. Plus le temps est long, plus la farine est forte.

<sup>46</sup> UF = unité Farinographique (ou UB = unité Brabender) est une unité de mesure de la consistance de la pâte.

La stabilité représente le temps durant lequel la consistance de la pâte reste constante. Plus cette période est grande, plus la tolérance au pétrissage sera importante et plus la farine est forte.

L'affaiblissement correspond à la perte de consistance de la pâte 12 min après la fin du temps de développement de la pâte. Cet affaiblissement est en rapport avec le relâchement des pâtes au cours de la panification.

| Appréciation | Hydratation (%) | Stabilité (min) | Affaiblissement (UB ou UF) |
|--------------|-----------------|-----------------|----------------------------|
| Insuffisant  | < 50            | < 2             | > 100                      |
| Moyen        | 50-55           | 2-4             | 50-100                     |
| Bon          | 55-60           | 4-10            | 20-50                      |
| Très bon     | > 60            | > 10            | < 20                       |

**Tableau 22 : Analyse des paramètres farinographiques en fonction d'une utilisation en panification française (sans présence d'additif) (Wikipédia, 2014)**

Si nous comparons les résultats obtenus pour nos 4 échantillons avec les valeurs théoriques (tableau 22), nous pouvons dire que la variété Rouge de Bordeaux possède une très bonne stabilité, une hydratation moyenne, un faible affaiblissement et un temps de développement assez long, il s'agirait donc d'une farine de force. La pâte formée avec cette variété devrait bien résister au pétrissage et devrait peu se relâcher.

La variété Impression présente une bonne hydratation, ainsi qu'une stabilité et un affaiblissement moyens. Les variétés Oxebo et Edgar ont, quant à elles, une hydratation, une stabilité et un affaiblissement moyens. Les pâtes réalisées avec ces 3 variétés devraient avoir tendance à se relâcher plus rapidement et avoir une moins bonne stabilité au pétrissage.

## 9.1.8 Test de panification en conditions réelles

### 9.1.8.1 Évaluation de la pâte

Une grille de cotation pour chaque variété a été distribuée aux boulangers afin qu'ils puissent évaluer la qualité de la pâte lors de la formation du pain, sur base de différents critères. Voici les résultats obtenus (tableau 23) pour chaque variété :

| Variété                  | Moyenne obtenue pour les 2 boulangers |
|--------------------------|---------------------------------------|
| <i>Edgar</i>             | 58%                                   |
| <i>Impression</i>        | 72%                                   |
| <i>Oxebo</i>             | 88%                                   |
| <i>Rouge de Bordeaux</i> | 98%                                   |

**Tableau 23: Evaluation de la pâte par les boulangers lors du test de panification**

Au vu de ces résultats, nous remarquons une différence marquée entre les variétés. La variété Edgar n'a pas très bien réagi lors du test de panification. Lors du pétrissage, l'élasticité de la pâte était un peu insuffisante. De plus, la pâte était un peu grumeleuse et le lissage s'est opéré lors du pointage. Lors de cette deuxième étape, le relâchement de la pâte était excessif. Lors du façonnage, le pâton manquait d'élasticité et avait tendance à se déchirer. Les boulangers ont constaté un manque de développement ainsi qu'une réduction à la cuisson. Selon eux, la qualité de panification de la variété Edgar est médiocre.

Pour ce qui est de la variété Impression, le résultat de la formation de la pâte est fort moyen selon les boulangers. Bien que la pâte présente plus de ténacité que la variété précédente, elle manque de souplesse et d'élasticité que ce soit au pétrissage ou au façonnage. L'activité fermentaire et la tenue de la pâte à l'enfournement sont également insuffisantes.

En ce qui concerne la variété Oxebo, elle s'est également comportée correctement lors du pétrissage, du façonnage, de l'apprêt et de l'enfournement. Cependant, les boulangers ont constaté que la pâte était un peu lâche après le pétrissage mais qu'elle avait une bonne reprise après le pointage. Le pain réalisé possède une bonne couleur de cuisson, ce qui est un indicateur quant à la bonne fermentation de la pâte.

La variété Rouge de Bordeaux présente une très bonne valeur boulangère et une pâte très stable. Il s'agit, selon les boulangers, d'une farine améliorante. Cette variété présente un bon comportement tout au long du processus de panification, que ce soit au niveau du pétrissage, du pointage, du façonnage, de l'apprêt ou de l'enfournement. Toutefois, les boulangers nous ont signalé une élasticité de la pâte un peu excessive lors du façonnage.

Monsieur Châtel, l'un des deux boulangers nous a fait une proposition de mélange de farines qui, selon lui, serait idéal : 25% de la variété Rouge de Bordeaux et 75% de la variété Oxebo. Il serait intéressant d'étudier les différents mélanges de farines possibles afin de profiter des avantages de chaque variété et d'en minimiser les inconvénients. Cependant, cette thématique pourrait faire l'objet d'un travail à part entière et ne sera donc pas étudiée dans ce travail de fin d'études.

#### **9.1.8.2 Évaluation des pains**

En plus du protocole et de la grille d'évaluation de la pâte, une grille d'évaluation des pains (produits finis) a été distribuée pour chaque variété. Ces grilles ont été complétées par Monsieur Eric Lebourgeois (pour les pains en moule qu'il a réalisé) et par Monsieur Michel Martinet<sup>47</sup> (pour les pains réalisés en moule et sur pierre par Marc Châtel). Certaines de ces grilles n'ayant pas été correctement remplies, nous ne tirerons pas de conclusions chiffrées, mais plutôt une appréciation des pains réalisés.

---

<sup>47</sup> Michel Martinet est un chef cuisinier et un professeur à la retraite de la section hôtelière de l'IPES de Saint-Ghislain



Voici les photographies (fig. 16 et 17) des différents pains<sup>48</sup> :



**Figure 16: Pains réalisés par Eric Lebourgeois, dans l'ordre (de gauche à droite): Edgar, Impression, Oxebo, Rouge de Bordeaux**



**Figure 17: Pains réalisés par Marc Châtel, dans l'ordre (de gauche à droite): Rouge de Bordeaux, Oxebo, Impression et Edgar**

Voici à présent les commentaires des professionnels communs aux différents pains réalisés<sup>49</sup> :

Pour la variété Edgar, les pains manquent de croustillant et de couleur, ainsi que de goût et d'odeur. Le pain manque également de développement (pain assez plat).

Pour la variété Impression, la coloration et le croustillant des pains est insuffisante. Cependant, il y a une différence de coloration et de croustillant entre les pains de Marc Châtel (qui ont une coloration brune et un croustillant normal) et les pains d'Eric Lebourgeois (qui ont un manque de coloration important et un croustillant insuffisant). Il est possible que cette différence soit due au matériel de cuisson utilisé.

Le pain réalisé avec la variété Oxebo présente un bel aspect, une belle couleur, bonne élasticité et bel alvéolage.

<sup>48</sup> Des photographies complémentaires des différents pains sont disponibles en annexe 16

<sup>49</sup> Un tableau reprenant les commentaires des professionnels de façon plus détaillée est disponible en annexe 17

La variété Rouge de Bordeaux a donné un pain de bonne qualité mais l'alvéolage manque un peu de régularité.

**Remarque :** les résultats présentés ci-dessus sont les avis personnels des professionnels du secteur alimentaire. Ils sont donc notamment influencés par leur vécu et par les produits avec lesquels ils ont l'habitude de travailler. De plus, les différences d'aspect entre les pains d'Eric Lebourgeois et de Marc Châtel sont notamment dues au matériel utilisé lors du test (type de four, type de banneton...).

Nous pouvons constater, au vu de ces résultats, que des différences apparaissent entre les pains réalisés avec les différentes variétés de froment. Ces différences sont essentiellement la couleur et le croustillant de la croûte, ainsi que l'alvéolage de la mie.

Nous avons également constaté une différence entre les pains, au sein même de la variété, en fonction du type de cuisson utilisé : cuisson en moule (rectangulaire) ou cuisson sur plaque/pierre (ici, les pains sont de forme arrondie et ne sont pas soutenus par un moule). Dans ce cas, les différences semblent se remarquer principalement au niveau de la croûte (couleur, croustillant) et de la mie (alvéolage, élasticité). Il semble également y avoir une différence de goût et d'odeur en fonction du mode de cuisson. Toutefois, le protocole utilisé ne permet pas de tirer des conclusions sur ces observations. Pour cela, il faudrait réaliser plusieurs fois les tests dans des conditions identiques en faisant uniquement varier le mode de cuisson. Ici encore, cette thématique pourrait faire l'objet d'un travail à part entière et ne sera donc pas étudié dans notre travail.

Il serait mal venu de généraliser les résultats obtenus lors de ce test à la variété en général car, pour faire cela, il faudrait répéter les tests pendant un certain nombre d'années afin d'avoir des résultats probants. Cependant, ce n'est pas le but de notre travail. Ce qui nous intéresse réellement est la capacité (ou non) des farines testées à être utilisées pour réaliser du pain qui puisse être commercialisé en circuits-courts.

Les résultats obtenus lors de ce test de panification posent question quant à l'adaptation des normes de panifiabilité aux céréales issues de l'agriculture biologique. En effet, lors de ce test, nous avons clairement constaté que les boulangers ont réussi à faire du pain avec les 4 variétés de froment, alors que, selon certaines analyses, ces échantillons n'étaient pas panifiables... Comme par exemple le taux de protéines qui doit être de 12% selon la norme afin que la farine puisse être considérée comme panifiable, alors que certains boulangers affirment pouvoir travailler avec des farines possédant un taux de protéines de 10% minimum (Parizel et Pierreux, *s.d.*). Ces critères sont bien adaptés à la panification industrielle et standardisée, mais ils ne prennent pas en compte le savoir faire et les techniques que possèdent les artisans boulangers bio. Il pourrait donc être intéressant de développer de nouveaux critères spécifiques à la filière biologique artisanale...

## 9.2 Jury de dégustation des pains réalisés

Voici les résultats obtenus pour les 2 jurys de dégustation en ce qui concerne les 4 variétés de froment analysées :

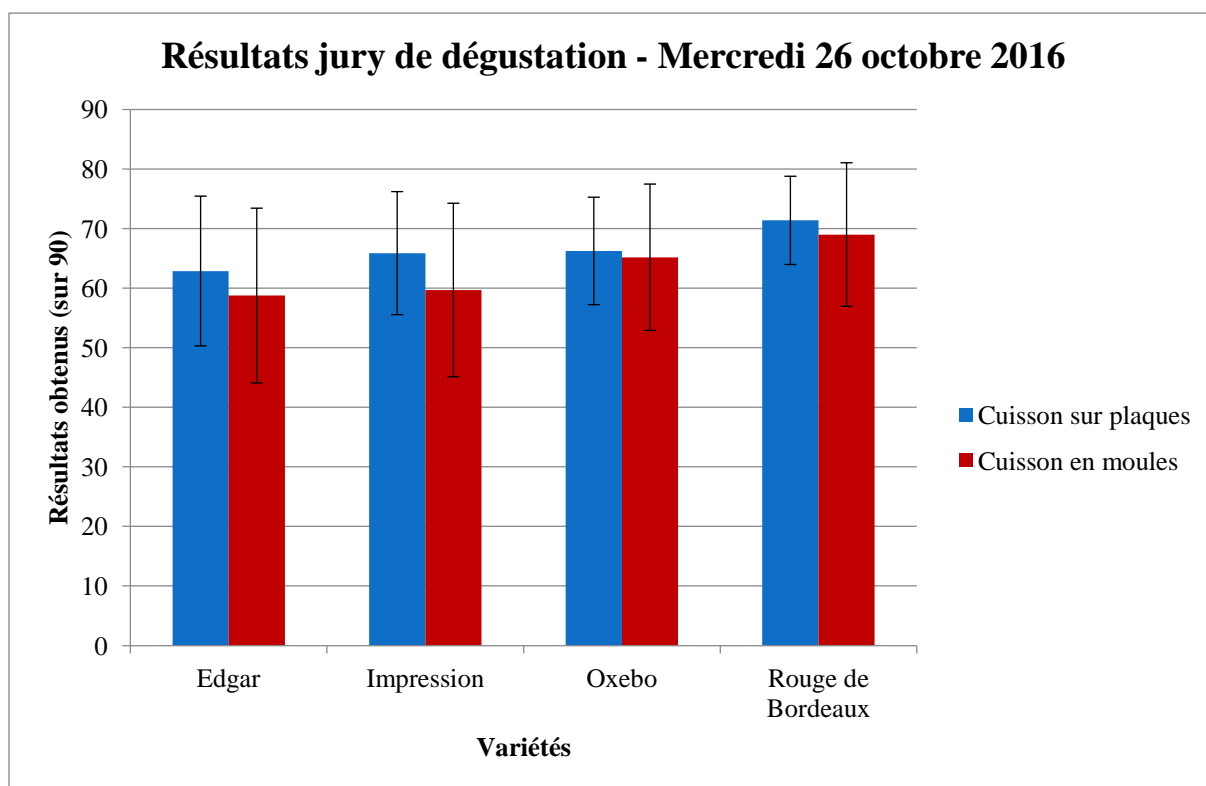


Figure 18: Résultats du jury de dégustation n°1

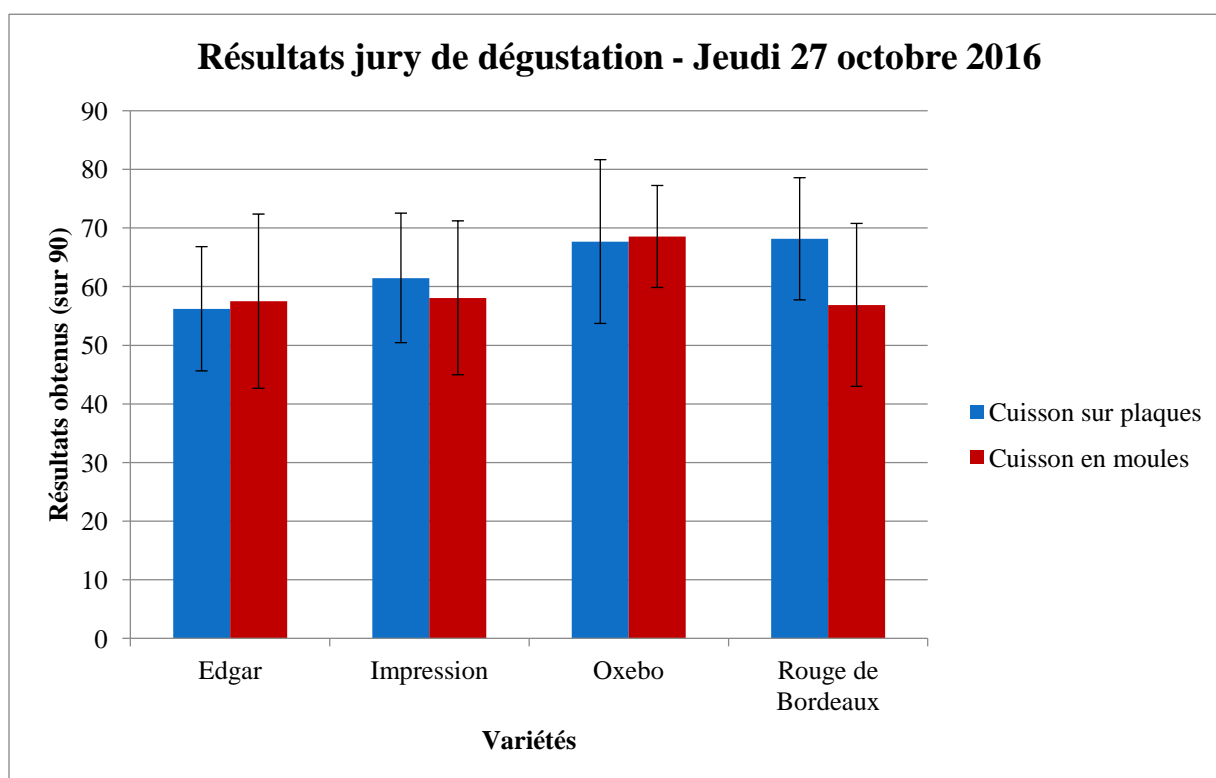


Figure 19: Résultats jury de dégustation n°2

Comme nous pouvons le constater sur les figures 18 et 19, nous ne pouvons pas tirer de conclusion quant aux différences entre les variétés<sup>50</sup>, si ce n'est pour les pains cuits sur plaques du jeudi 27 octobre. Pour ces pains, nous avons constaté une différence significative entre les variétés : en moyenne, le pain réalisé avec la variété Rouge de Bordeaux est le pain préféré, suivi par la variété Oxebo, vient ensuite la variété Impression et enfin, le pain réalisé avec la variété Edgar est le moins apprécié.

Nous pouvons également dire que les pains ont été appréciés en moyenne entre 63.2% et 78%, comme nous le montre le tableau 24 ci-dessous.

| <i>Variété</i>           | <b>MOYENNE OBTENUE</b>   |                       |
|--------------------------|--------------------------|-----------------------|
|                          | <i>Mercredi 26-10-16</i> | <i>Jeudi 27-10-17</i> |
| <i>Edgar</i>             | 67.6%                    | 63.2%                 |
| <i>Impression</i>        | 69.8%                    | 66.4%                 |
| <i>Oxebo</i>             | 73.0%                    | 75.7%                 |
| <i>Rouge de Bordeaux</i> | 78.0%                    | 69.5%                 |

**Tableau 24: Moyennes obtenues lors du jury de dégustation par variétés et par jour**

Afin d'obtenir des résultats exploitables, l'idéal serait d'organiser un autre jury en apportant quelques modifications. Augmenter le nombre de juges semblerait être une bonne idée ou il faudrait choisir des juges entraînés à réaliser de telles évaluations. En effet, à la suite des jurys, les juges nous ont fait remarquer qu'il était très difficile d'évaluer certains critères. Afin de faciliter les choses, la grille de cotation pourrait être simplifiée en diminuant le nombre de critères (3 ou 4 maximum) et/ou en diminuant l'échelle d'appréciation (passer de 9 possibilités à 5 par exemple) car peu de juges ont attribués des notes extrêmes. Une autre amélioration possible serait de présenter un pain « standard bio » qui servirait de modèle commun au jury et faciliterait les comparaisons. Enfin, une autre amélioration proposée par les juges serait de diminuer le nombre de pains à goûter par jury...

### **9.3 Interviews des agriculteurs/coopérateurs et visites de micro-filières céréalières existantes**

En ce qui concerne les agriculteurs commercialisant directement leurs céréales transformées en circuits courts, différents éléments importants sont ressortis des interviews.

Tout d'abord, les agriculteurs cultivent plusieurs variétés de blés afin de pouvoir les mélanger. Les variétés choisies sont des variétés panifiables adaptées au climat belge. L'intérêt de ce mélange de variétés est triple :

<sup>50</sup> L'analyse statistique des données se trouve en annexe 18

- Il permet de diminuer le risque de perte lors d'attaques de ravageurs ou de maladies : en cas d'attaque d'une des variétés plantées, les autres peuvent résister à ces attaques, ce qui n'est pas le cas avec de la monoculture.
- Il est intéressant d'utiliser des variétés possédant une bonne qualité boulangère et de les mélanger avec des variétés qui soient plus quantitatives, c'est-à-dire des variétés présentant de meilleurs rendements.
- Il permet également de proposer aux clients une farine qui soit stable tout au long de l'année. C'est un paramètre important à prendre en compte, particulièrement pour les farines destinées aux boulangers. En effet, ceux-ci ont besoin d'une farine stable afin de pouvoir proposer à leurs clients des produits semblables tout au long de l'année. Si la qualité de la farine varie, le boulanger devra adapter son processus de fabrication, ce qui nécessite aussi du temps.

Ensuite, les différents agriculteurs rencontrés travaillent tous avec des moulins à meule de pierre et certains font également appel à la mouture sur cylindre. L'une des difficultés rencontrées par les agriculteurs est la disparition des petits moulins « à façon ». « Au fur et à mesure de notre activité, nous avons vu disparaître 6 moulins avec lesquels on travaillait » nous avoue Marc Châtel. Un moulin qui moût à façon est un moulin (souvent de petite ou moyenne taille) qui accepte de moudre des lots de farine bien définis, de façon à récupérer sa propre farine (avec la qualité qui lui est propre). La plupart des petits moulins de village permettaient d'avoir ce type de mouture, mais ils disparaissent peu à peu. Certains moulins acceptent de faire de la mouture à façon, mais uniquement pour des grosses quantités, ce qui n'est pas intéressant pour les agriculteurs locaux (problème de conservation de la farine, débit de vente trop faible...). Dans la région, l'un des seuls moulins acceptant de faire de la mouture à façon est le moulin de Moulbaix, qui propose une mouture sur meule de pierre.

Afin de réduire cette dépendance aux moulins à façon, certains agriculteurs ont décidé d'investir dans l'installation d'un moulin à la ferme. Un tel investissement entraîne certaines contraintes : hormis le prix d'achat, un moulin nécessite un entretien annuel, du personnel et du temps. « Quand le moulin tourne, il faut quelqu'un en permanence pour le surveiller, pour dégager le son, pour dégager la farine et pour mettre en sac » souligne Christine Velghe.

Troisièmement, une autre difficulté mise en avant par certains agriculteurs est la difficulté d'apprentissage des différents secteurs de la filière. « Au point de départ, on ne connaissait rien dans rien, dans les différents secteurs d'activités. Il a donc fallu s'auto-former car à l'époque les formations qui existaient ne correspondaient pas toujours à ce qu'on voulait faire et c'était excessivement difficile de trouver des références, même une référence pédagogique » nous confie Marc Châtel. En effet, devenir gestionnaire d'une filière complète nécessite un grand nombre de compétences et la maîtrise de plusieurs métiers : agriculteur, négociant-stockeur, meunier, boulanger-pâtissier, commerçant, comptable... Mais « c'est ce qui fait finalement toute la richesse de la profession » sourit Marc Châtel.

Enfin, un autre élément important est la diversification des canaux de vente. La plupart des agriculteurs ne se contentent pas d'un seul canal de distribution pour écouler leurs produits : marchés, magasin à la ferme, GAC<sup>51</sup>, écoles, points de dépôts, établissements publics, boulangers, restaurants, etc. Afin de se faire connaître, certains agriculteurs n'hésitent pas à participer aux événements tels que les salons, les foires biologiques... « Pendant 27 ans, j'ai fait le salon Valériane » nous confie Christine Velghe.

Pour ce qui est des coopératives, deux éléments ont retenu notre attention lors des interviews.

D'une part, l'une des difficultés majeures qui peut-être rencontrée lors de la mise en place d'un tel projet est la coopération entre les agriculteurs. En effet, certaines personnes ont parfois tendance à se laisser « porter » par les autres, à ne pas s'investir suffisamment dans le projet, ce qui peut créer des tensions au sein de la coopérative. Pour qu'un tel projet fonctionne, il est parfois nécessaire d'avoir une personne jouant le rôle de coordinateur (soit un agriculteur ayant plus de temps, soit un animateur extérieur).

D'autre part, les coopérateurs interrogés ont attiré notre attention sur l'importance de ne pas sous-traiter les différentes étapes de la filière. « Lorsqu'on sous-traite, on perd énormément de pouvoir sur le produit, sur la marque » nous confirme Christophe Portier. En assurant les différentes étapes de transformation, la coopérative reste maîtresse de son produit et garde une certaine autonomie. Cependant, maîtriser toutes ces étapes nécessite du personnel. Pour cela, les coopératives doivent essayer de maximiser leurs marges bénéficiaires. Afin d'y arriver, les coopérateurs essaient d'aller le plus loin possible dans la transformation pour proposer aux clients un produit le plus fini possible. Pour cela, ils développent différents produits transformés tels que les pains et viennoiseries<sup>52</sup> ou encore les pâtes sèches et les floconnés (type mueslis). Les pâtes sèches sont particulièrement intéressantes d'un point de vue économique car leur fabrication nécessite une ou deux journées et elles peuvent conserver pendant 2 ans. Elles présentent donc une valeur ajoutée assez importante. En ayant une marge bénéficiaire plus large, les coopérateurs ou les agriculteurs peuvent se permettre de prendre plus de risques, d'innover (pour de nouveaux produits, de nouvelles techniques culturales...) et d'être moins dépendants des organismes financiers.

D'un point de vue général, en ce qui concerne le boulanger, il serait à priori intéressé de travailler avec des farines provenant d'agriculteurs locaux, mais il faut auparavant s'assurer que les farines soient stables et de bonne qualité.

---

<sup>51</sup> Groupements d'achat commun

<sup>52</sup> Notons que les coopératives interrogées ne réalisent pas de pâtisseries car, pour ce type de produit, les normes AFSCA sont beaucoup plus contraignantes.

## 9.4 Sondage de la population du Parc naturel des Plaines de l'Escaut et de ses environs

Voici les résultats obtenus pour le sondage (figures 20-30) de la population du Parc naturel des Plaines de l'Escaut et de ses alentours.

### PROFIL DES REpondANTS

Parmi les 489 répondants au sondage, 18.2% ont moins de 25 ans, 23.1% ont entre 26 et 40 ans, 28% ont entre 41 et 55 ans et enfin 30.7% ont 56 ans ou plus. Deux tiers des personnes interrogées sont des femmes (65.6%).

La majeure partie des répondants sont en couple et ont des enfants, 7% sont célibataires et ont des enfants, 20,9% sont célibataires sans enfants, 28.6% sont en couple mais n'ont pas d'enfant. Une minorité des sondés ne sont pas du tout responsable des achats alimentaires 8%, alors que 45.2% sont complètement responsables de ce type d'achat.

### LES PRODUITS BIO ET LOCAUX

- **Seriez-vous prêts à acheter des produits céréaliers bio et locaux ? Pour quelle(s) raison(s) ?**

Sur les 489 personnes interrogées, seuls 16 personnes déclarent ne pas être prêts à acheter des produits céréaliers bio et locaux.

Parmi celles-ci, 4 personnes trouvent ces produits trop chers, 2 manquent de temps pour le faire et 1 personne estime avoir une trop longue distance à parcourir.



Figure 20: Résultats du sondage - question n°6

11 répondants sur 16 sont habitués à faire leurs achats dans un même magasin, 2 n'accordent pas d'importance à l'origine des produits et 1 n'aime pas les produits bio.

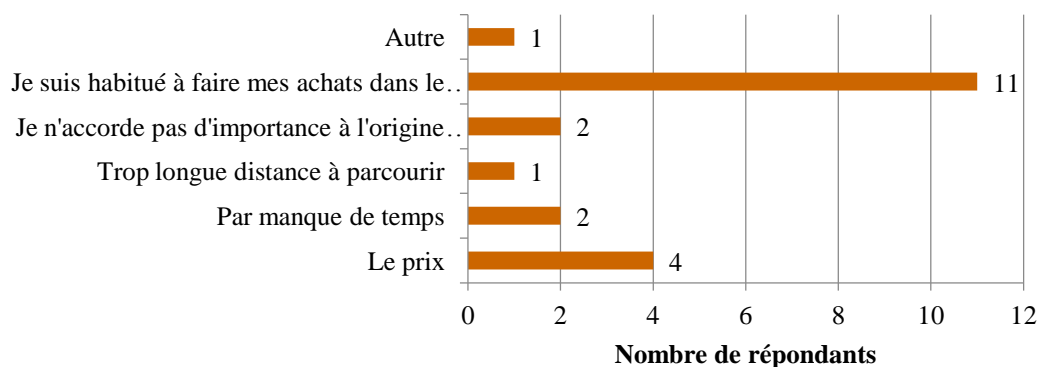


Figure 21: Résultats du sondage - question n°7

➤ **Seriez-vous prêt à payer un peu plus cher pour du pain réalisé avec des farines bio locales pour... ?**

La majorité des sondés (96.9%) se disent prêts à payer un peu plus cher pour un pain réalisé avec des farines bio et locales. Les raisons avancées sont une qualité supérieure du produit (pour 72.8%), un soutien à l'activité locale (pour 71.2%) et d'autres raisons telles qu'une meilleure gestion des déchets et des ressources, la santé, une diminution de la teneur en gluten ou encore par souci écologique.

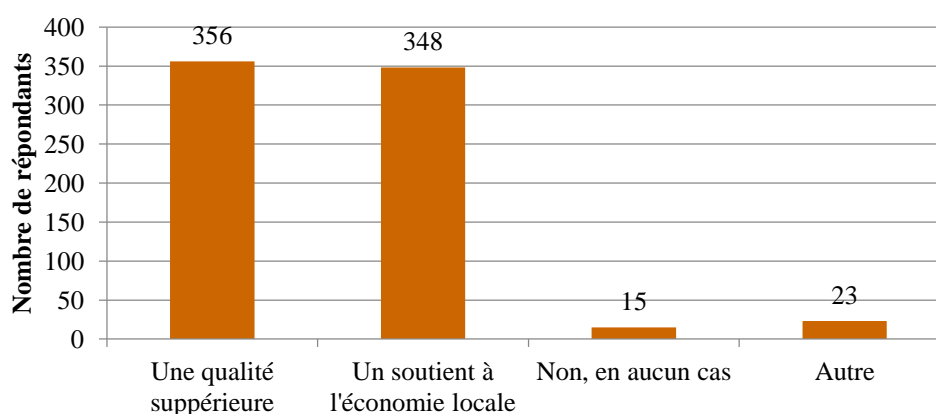


Figure 22: Résultats du sondage - question n°8

➤ **Quels types de produits céréaliers bio locaux seriez-vous prêts à acheter si l'offre d'approvisionnement ou la proximité étaient améliorées ?**

Le premier produit céréalier bio et local pour lequel les répondants seraient prêts à dépenser de l'argent est le pain (pour 446 répondants), viennent ensuite les pâtes (pour 396 répondants), la farine de froment (pour 332 personnes) et les floconnés pour 254 personnes. En dernière position, nous retrouvons la farine d'épeautre que 237 sondés sont prêts à acheter.

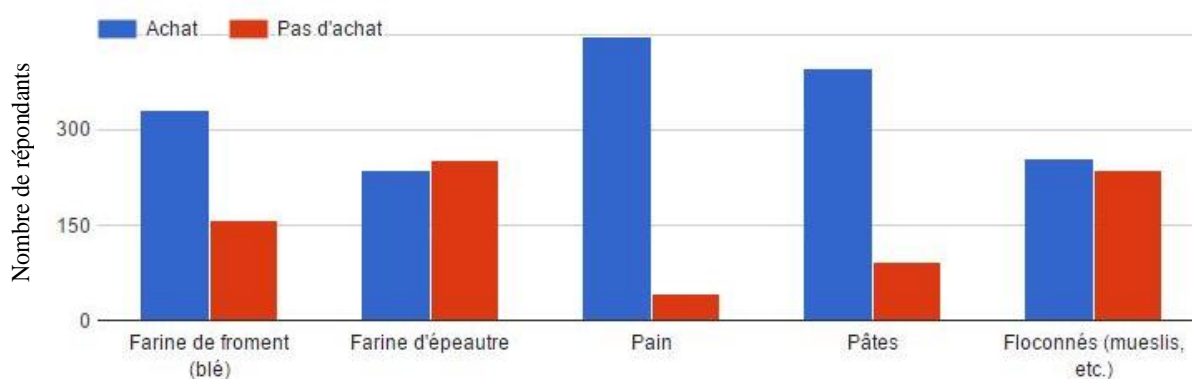


Figure 23: Résultats du sondage - question n°11



## LES HABITUDES DE CONSOMMATION LIEES AU PAIN

La majorité des sondés, soit 96.9% consomment régulièrement du pain.

### ➤ Quelle quantité de pain achetez-vous ?

Un peu moins de la moitié des répondants consomment 1 à 2 pains par semaine et plus d'un quart d'entre eux consomment 3 à 4 pains par semaine. 40 personnes sur les 489 interrogées achètent 5 pains ou plus par semaine.



Figure 24: Résultats du sondage - question n°13

### ➤ Où achetez-vous le plus souvent votre pain ?

Parmi les personnes interrogées, 60.1% déclarent acheter leur pain en boulangerie et 22.1% en grande surface. Les 17.8% restant achètent leur pain dans des magasins bio, à la ferme ou réalisent leur pain eux-mêmes.



Figure 25: Résultats du sondage - question n°9

### ➤ Les lieux où vous vous approvisionnez en pain se situent...

La majorité des sondés achètent leur pain dans les communes de Péruwelz, Bernissart et Beloeil, ensuite un tiers d'entre eux achètent leur pain dans la région de Tournai. En ce qui concerne les achats dans les communes d'Antoing, Rumes et Brunehaut ils représentent 12.7% des personnes sondées. La région d'Ath et de Leuze représentent respectivement 4.7% et 10% des lieux d'achats en pain. Enfin, 28 personnes sur les 489 interrogées s'approvisionnent en pain dans la région du Pays des Collines.

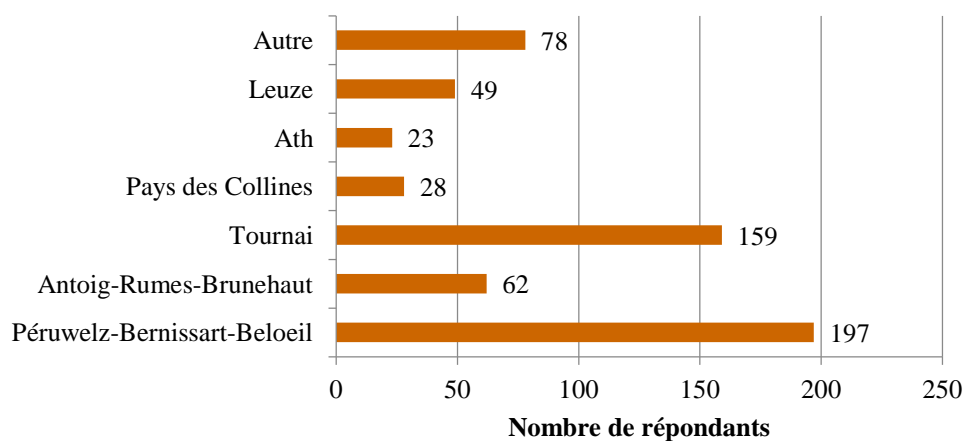


Figure 26: Résultats du sondage - question n°10

## L'INTERÊT POUR LE PAIN « FAIT MAISON »

### ➤ Réalisez-vous votre pain vous-même ? Pour quelles raisons ?

Sur les personnes interrogées, seules 22.9% réalisent leur pain eux-même de façon régulière et 32.5% le réalise moins d'un fois par mois.

Parmi les 377 répondants qui ne réalisent pas régulièrement leur pain, 244 sondés estiment ne pas avoir assez de temps pour le faire, alors que 143 personnes estiment ne pas avoir le savoir faire nécessaire à la réalisation d'un pain « fait maison ». 56 sondés avancent d'autres raisons telles que la négligence, la fénéantise ou le manque de matériel.

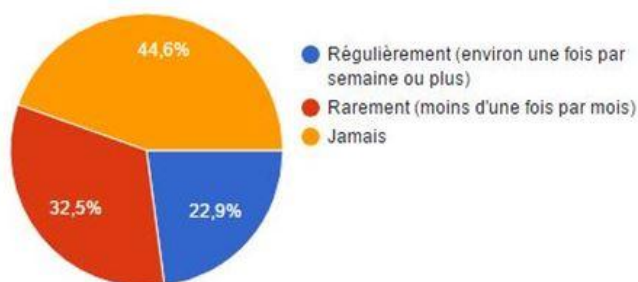


Figure 27: Résultats du sondage - question n°14

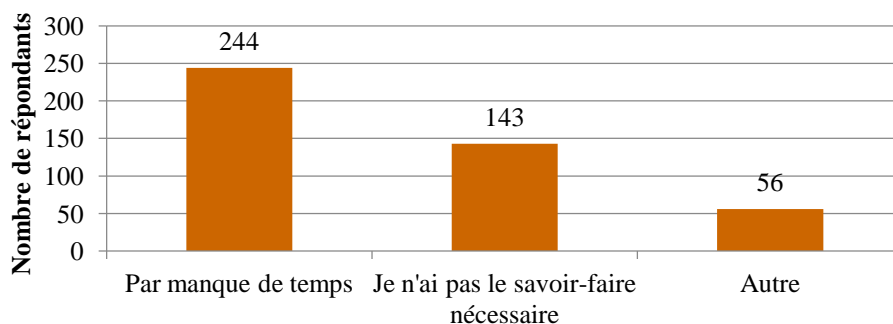


Figure 28: Résultats du sondage - question n°15

### ➤ Comment réalisez-vous votre pain ?

Parmi les 112 personnes réalisant régulièrement leur pain, la majorité (46.4%) utilisent une machine à pain et 37.5% réalise leur pain « à la main ». Les autres répondants utilisent principalement un robot.

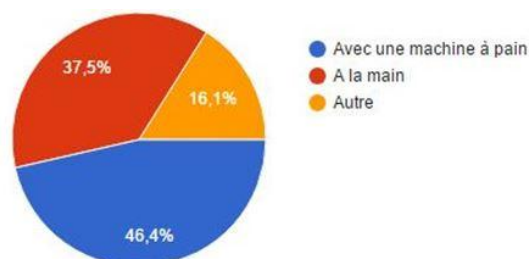


Figure 29: Résultats du sondage - question n°16

### ➤ Seriez-vous éventuellement intéressé par un atelier pour apprendre à faire votre pain avec des farines locales ?

La majorité (58.5%) des 489 personnes interrogées serait intéressée par un atelier pour apprendre à faire son pain « maison » avec des farines locales.

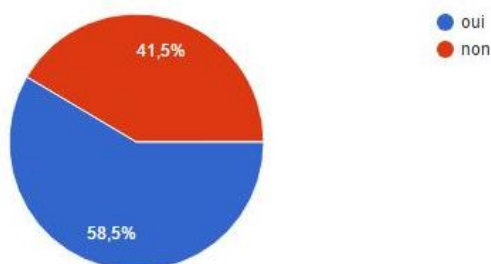


Figure 30: Résultats du sondage - question n°17

Comme nous pouvons le voir, 92% des sondés s'occupent des achats alimentaires, ce qui signifie qu'ils correspondent au public visé par cette enquête, puisque notre but est d'évaluer si les habitants du PNPE et de ses environs sont intéressés par l'achat de produits céréaliers biologiques et locaux.

Au vu des résultats obtenus, la population semble assez intéressée par l'achat de ce type de produits, principalement car ils sont de meilleure qualité et car ils permettent un soutien à l'économie locale. Les produits étant les plus demandés par la population sont, dans l'ordre d'importance, le pain, les pâtes et la farine de froment. Le pain semble particulièrement intéressant à commercialiser puisqu'il s'agit d'un produit de base de notre alimentation et que les personnes sondées en consomment une quantité relativement importante par semaine.

Il semble également intéressant d'envisager des partenariats avec des boulangers (principalement dans les régions de Péruwelz-Bernissart-Beloeil et de Tournai) puisque la majorité des sondés achètent déjà leur pain chez eux.

Comme nous l'avons vu, peu de personnes réalisent leur pain eux-mêmes, principalement par manque de temps, mais également par manque de savoir faire. Il est difficile d'agir sur ce premier point, si ce n'est en proposant des farines bio locales qui puissent être utilisées en machine à pain. Actuellement c'est assez difficile puisque certaines de ces farines ont un taux de protéines trop faible et risque de poser problème avec le protocole standardisé des machines à pains. Cependant, les mélanges de farines pourraient être une solution à ce problème. Il serait dès lors intéressant d'étudier les différents mélanges de farine possibles et de réaliser des tests de panification avec un protocole en machine à pain. En proposant une farine qui soit utilisable avec un tel mode de panification, nous pourrions peut-être toucher un plus large public et augmenter le nombre de clients potentiels.

A l'heure actuelle, nous avons déjà tenté une approche afin de résoudre le second problème mis en évidence par les sondés, à savoir le manque de savoir faire nécessaire à la réalisation d'un pain maison. C'est un problème à prendre en compte car, si la population ne sait pas utiliser les farines biologiques locales, elle n'en achètera pas et la filière ne pourrait dès lors pas se développer de manière durable. C'est dans cette optique qu'un atelier pain a été mis en place le jeudi 13 avril 2017 avec le Parc naturel des Plaines de l'Escaut afin d'apprendre aux habitants à réaliser leur pain avec de telles farines. Durant cette journée, deux ateliers ont été organisés (un le matin et un l'après-midi) à la ferme Saint-Michel de Wasmes-Audemez-Briffoeil. Les 7 participants ont appris à fabriquer eux-mêmes leur pain (sans machine à pain) avec des farines bio et locales. Ils ont également eu l'occasion de visualiser un petit reportage sur le mouvement des paysans-boulangers et sur la panification des anciennes variétés de céréales.

## 10 Conclusions et perspectives

En conclusion, il est, au regard des différents critères étudiés, tout à fait envisageable de mettre en place une micro-filière céréales biologiques panifiables sur le territoire du Parc naturel des Plaines de l'Escaut.

Premièrement, au niveau de la production des céréales biologiques sur le territoire, les 4 variétés que nous avons analysées sont panifiables et donc utilisables par des artisans boulangers pour en faire du pain, bien que leurs qualités boulangères ne correspondent pas toujours aux normes habituellement utilisées.

En ce qui concerne la variété Edgar, elle présente un taux de protéine de 9,7% ce qui est très faible (pour rappel, pour qu'un blé soit considéré comme blé meunier, le taux de protéines doit être égal ou supérieur à 12% selon le barème Synagra de 2014). L'activité amylasique de la farine est faible (mais peut être augmentée par un ajout de farine maltée) et l'indice de sédimentation de Zélény est peu élevé (faible valeur boulangère). Cette variété n'a pas bien réagi lors du test de panification : la pâte manque d'élasticité et de développement lors de la cuisson. Le pain réalisé avec cette farine manquait de couleur, de croustillant, de goût et d'odeur.

Au niveau de la variété Impression, le taux de protéines est lui aussi assez faible (10.5%) et l'activité amylasique est insuffisante. La valeur boulangère de cet échantillon est correcte, mais n'est cependant pas très élevée. Son aptitude à la panification est fort moyenne : la pâte présente un manque d'élasticité, de souplesse et de développement. Le pain réalisé manque de couleur et de croustillant.

Pour ce qui est de la variété Oxebo, elle possède un bon taux de protéines (12.5%), une activité amylasique acceptable et une bonne valeur boulangère. Cette variété présente une bonne réponse à la panification, bien que la pâte soit un peu lâche après le pétrissage. Le pain formé a un bel aspect, une belle coloration et un bel alvéolage.

En ce qui concerne la variété Rouge de Bordeaux, elle possède un très bon taux de protéines (13,3%) et une activité amylasique très faible. Selon le test de sédimentation de Zélény, cette variété serait panifiable. Lors du test de panification, cet échantillon présentait une pâte très stable et une très bonne valeur boulangère. Il s'agirait, selon les boulangers, d'une farine de force. Le pain réalisé est correct mais l'alvéolage manque un peu de régularité. L'un des deux boulangers nous a fait une proposition de mélange de farines qui, selon lui, serait idéal : 25% de la variété Rouge de Bordeaux et 75% de la variété Oxebo.

Deuxièmement, en ce qui concerne la mise en place d'une micro-filière céréales biologiques panifiables, il semble important de cultiver différentes variétés de blé afin de pouvoir les mélanger et ce dans le but de diminuer le risque de perte en cas d'attaques de maladies et de ravageurs, d'avoir des variétés qui soient à la fois de bonne qualité boulangère et qui présentent de bons rendements, et enfin

d'avoir une farine qui soit stable (au niveau de sa qualité) tout au long de l'année. Un autre élément important est la diversification des canaux de vente. La plupart des agriculteurs ne se contentent pas d'un seul canal de distribution pour écouler leurs produits : marchés, magasin à la ferme, établissements publics, boulangers, restaurants, etc.

Deux difficultés sont apparues lors des entretiens : d'une part, la disparition des petits moulins « à façon » (acceptant de travailler avec des lots de farines de petite taille). Afin de contrer ce phénomène, l'installation d'un moulin à la ferme est une bonne solution. Cependant, il faut avoir conscience qu'un tel investissement entraîne certaines contraintes : hormis le prix d'achat, un moulin nécessite un entretien annuel, du personnel et du temps. D'autre part, une autre difficulté mise en avant par certains agriculteurs est la difficulté d'apprentissage des différents secteurs de la filière. En effet, devenir gestionnaire d'une filière complète nécessite un grand nombre de compétences et la maîtrise de plusieurs métiers : agriculteur, négociant-stockeur, meunier, boulanger-pâtissier, commerçant, comptable, etc.

Dans le cas de la création d'une coopérative, l'une des difficultés majeures qui peut-être rencontrée lors de la mise en place d'un tel projet est la coopération entre les agriculteurs. Pour qu'un tel projet fonctionne, il peut être nécessaire d'avoir une personne jouant le rôle de coordinateur (soit un agriculteur ayant plus de temps, soit un animateur extérieur). Les coopérateurs interrogés ont également attiré notre attention sur l'importance de ne pas sous-traiter les différentes étapes de la filière afin de garder une certaine autonomie et de rester maître de son produit. Il est aussi important d'aller le plus loin possible dans la transformation pour proposer aux clients un produit le plus fini possible, et ce afin de maximiser les marges bénéficiaires.

Troisièmement, au niveau du sondage des habitants du PNPE et de ses environs, il semble également que les personnes interrogées soient favorables et intéressées pour acheter des produits céréaliers bio et locaux. Le pain semble particulièrement intéressant à commercialiser puisqu'il s'agit d'un produit de base de notre alimentation et du produit le plus demandé par les sondés. De plus, les personnes sondées en consomment une quantité relativement importante par semaine. 80% d'entre elles seraient également prêtes à acheter des pâtes bio et locales et 67% de la farine de froment. Il semblerait intéressant d'envisager des partenariats avec des boulangers (principalement dans les régions de Péruwelz-Bernissart-Beloeil et de Tournai) puisque la majorité des sondés achètent déjà leur pain chez eux.

Parmi les personnes interrogées, peu réalisent régulièrement leur pain, principalement par manque de temps, mais également par manque de savoir-faire. Nous avons tenté une approche afin de résoudre ce second problème en mettant en place un atelier pain, afin d'apprendre aux habitants du PNPE à réaliser leur pain « maison » avec des farines bio et locales. Néanmoins, afin de sensibiliser un plus large public, il serait nécessaire de continuer à organiser ce type d'atelier de façon plus régulière.

Toutefois, afin d'évaluer la faisabilité de la mise en place d'une micro-filière céréalière biologique sur le territoire du PNPE de façon complète, d'autres éléments doivent être pris en compte, comme par exemple l'aspect économique du projet ! Il serait intéressant d'évaluer le coût de l'achat d'un moulin et du matériel nécessaire à la mouture, d'estimer la rentabilité du projet, etc. La création d'un hall relais agricole pour les céréales panifiables bio serait l'une des solutions possibles afin de diminuer les coûts fixes (tels que les installations de mouture) et pourrait permettre une meilleure visibilité pour les consommateurs. Cependant pour qu'un tel projet soit durable, il faudrait attirer d'autres agriculteurs bio afin d'augmenter le nombre de coopérateurs. Au vu du peu d'agriculteurs certifiés « biologiques » sur le territoire du parc, il serait peut-être intéressant d'envisager un hall relais mixte, c'est-à-dire ayant une partie « bio » et une partie « non bio ». Bien qu'une telle organisation soit plus contraignante (notamment au niveau des contrôles pour la certification bio), cela permettrait d'attirer d'autres agriculteurs qui pourraient être intéressés par le projet.

Ensuite, une autre phase du projet qui doit encore être effectuée est le démarchage des boulangers du Parc naturel des Plaines de l'Escaut et de ses environs afin de trouver des acteurs capables de transformer les farines en pains. Nous avons jusqu'à présent rencontré un boulanger bio du PNPE, mais pour que la filière puisse se développer convenablement, il faudrait trouver d'autres boulangers qui seraient intéressés par travailler avec des farines bio et locales, afin d'envisager un partenariat.

Une autre perspective à ne pas négliger est une possible collaboration avec « L'Epi Bio d'Ici », qui est un hall relais agricole composé de deux parties : l'une concerne la transformation céréalière bio et l'autre concerne le maraichage bio. Les coopérateurs de ce projet situé dans le Pays des Collines sont à la recherche d'agriculteurs qui souhaiteraient devenir coopérateurs et valoriser leurs céréales panifiables bios en circuits courts. Il pourrait donc être intéressant d'envisager un partenariat avec cette nouvelle structure.

Enfin, un autre point qui pourrait être développé est l'élaboration d'une farine bio et locale qui puisse être utilisée en machine à pain. En effet, dans le sondage, nous avons pu observer que la majorité des personnes interrogées ne réalisent pas leur pain eux-mêmes par manque de temps. Or, la fabrication d'un pain « maison » en machine à pain ne prend que peu de temps et pourrait donc être une solution à ce problème. Néanmoins, pour travailler avec un mode de panification standardisé en machine à pain, il faut notamment une farine qui possède un taux de protéines assez élevé, ce qui n'est pas toujours le cas des farines que nous avons analysées. Il serait dès lors intéressant d'étudier les différents mélanges de farines possibles et de réaliser des tests de panification avec un protocole en machine à pain.

## 11 Bibliographie & sitographie :

- **Agence Fédérale pour la Sécurité de la Chaîne Alimentaire, 2013.** *Guide d'autocontrôle pour les boulangeries et pâtisseries*, Bruxelles, AFSCA, 310p.
- **Annet, S., G. Sinnaeve et S. Gofflot, 2016.** La fabrication du pain. *Itinéraires BIO 26* : 16-17.
- **Annet, S., G. Sinnaeve et S. Gofflot, 2016.** Le stockage des céréales à la ferme. *Itinéraires BIO 26* : 10-12.
- **Annet, S., S. Goffin, G. Sinnaeve et S. Gofflot, 2016.** La meunerie. *Itinéraires BIO 26* : 13-15.
- **Anonyme, 2001.** *Test standard belge de panification de farine de froment. Méthode de référence – annexe 1* [Grille d'évaluation fournie par le CRAW], 1p.
- **Anonyme, 2014.** *Farinographe* [En ligne : <<https://fr.wikipedia.org/wiki/Farinographe>>, dernière consultation le 3 mars 2017]
- **Association nationale de la meunerie française, 2016.** *La fabrication de la farine* [En ligne : < <http://www.meuneriefrancaise.com/content.asp?IDD=33591>>, dernière consultation le 21 mars 2017]
- **Association nationale des professeurs de boulangerie, 2004.** *Glossaire* [En ligne : <<http://www.technomitron.aainb.com/>>, dernière consultation le 01 mai 2017]
- **Bar-L'Helgouach, C., 2001.** *Contrôle de la qualité des céréales et protéagineux*, Paris, Institut technique des céréales et des fourrages, 268 p.
- **Biowallonie, 2016.** *La réglementation bio en productions végétales* [Notice explicative], Namur, Biowallonie, 18 p.
- **Biowallonie, 2016.** *Règlementation de l'agriculture biologique, productions primaires* [Notice explicative], Namur, Biowallonie, 47 p.
- **Biowallonie, 2016.** *Règlementation pour la transformation des produits issus de l'agriculture biologique* [Notice explicative], Namur, Biowallonie, 17 p.
- **Bourson, Y., 2009.** Mouture du blé tendre et techniques d'obtention de la farine *in* « Techniques de l'Ingénieur, traité Agroalimentaire » (Robert, C., éd., Paris, Techniques de l'ingénieur), vol.F4, 23p.
- **Centre Wallon de recherches agronomiques, s.d.** *Alvéographe Chopin-Dubois* [Document interne présentant le principe, la méthode et l'interprétation de l'analyse], Gembloux, CRAW, 1p.
- **Centre Wallon de recherches agronomiques, s.d.** *Indice de sédimentation « Zélény »* [Document interne présentant le principe, la méthode et l'interprétation de l'analyse], Gembloux, CRAW, 1p.

- **Centre Wallon de recherches agronomiques, s.d.** *Le Mixolab Chopin : Appréciation de la qualité rhéologique des farines de blé* [Document interne présentant le principe, la méthode et l'interprétation de l'analyse], Gembloux, CRAW, 1p.
- **Centre Wallon de recherches agronomiques, s.d.** *Temps de chute de « Hagberg »* [Document interne présentant le principe, la méthode et l'interprétation de l'analyse], Gembloux, CRAW, 1p.
- **Chaurand, M., C. Rémésy, A. Fardet, F. Leenhardt, C. Bar-L'Helgouach, B. Taupier-Letage et J. Abécassis, 2005.** Influence du type de mouture (cylindre vs meules) sur les teneurs en minéraux des différentes fractions du grain de blé en cultures conventionnelle et biologique. *Industries de céréales* **142** : 3-11.
- **Chauvet, M., 2003.** *L'histoire, la culture et la diversité des céréales*, Nantes, Ed. du Gulf Stream, 68 p.
- **CHOPIN technologies, 2010.** *Alvéo-Consistographe. Mesure de l'absorption d'eau, de la ténacité, de l'extensibilité, de l'élasticité et de la force boulangère des farines*, [Notice de l'Alvéographe], Villeuneuve-la-Garenne, CHOPIN Technologies, 2p.
- **CHOPIN Technologies, 2012.** *Manuel d'applications Mixolab. Analyses rhéologiques et enzymatiques* [Manuel d'utilisation du Mixolab], Villeneuve-la-Garenne, CHOPIN Technologies, 164p.
- **Collaert, J-P., 2013.** *Céréales la plus grande saga que le monde ait vécue*, Paris, Ed. rue de l'échiquier, 640 p.
- **Conseil de l'Union européenne, 2007.** *Règlement (CE) N° 834/2007 du Conseil du 28 juin 2007 relatif à la production biologique et à l'étiquetage des produits biologiques et abrogeant le règlement (CEE) no 2092/91* [En ligne : <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:189:0001:0023:FR:PDF>> dernière consultation le 24 mars 2017]
- **Conseil Régional Wallon, 1985.** *Décret relatif aux parcs naturels (M.B. 12.12.1985)* [En ligne : <<http://environnement.wallonie.be/legis/parcspacesverts/parc001.htm>> dernière consultation le 3 janvier 2017]
- **Dardenne, P., s.d. [2009 ?].** *Spectrométrie dans le proche infrarouge* [Présentation PowerPoint], Gembloux, CRAW.
- **Delcour, A., F. Van Stappen, S. Gheysens, V. Decruyenaere, D. Stilmant, P. Burny, F. Rabier, H. Louppe et J-P. Goffart, 2013.** État des lieux des flux céréaliers en Wallonie selon différentes filières d'utilisation. *Bitechnol. Agron. Soc. Environ.* **18** (2) : 181-192.
- **Dewaele M., 2010.** *Du grain au pain : mieux cerner les attentes de la filière céréales bio* [Travail de fin d'études, Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie de Toulouse, stage de césure], 50p.



- **Dussart, D., s.d.** *Les meules et la mouture* [En ligne : <<http://www.moulin-dussart.be/index.php?page=mouture1.inc.php>>, dernière consultation le 22 mars 2017]
- **Equeter, C. et C. Dhaenens, 2014.** *Pains, mie & Cie*, Moulbaix, Carole Equeter éditions, 144p.
- **Feillet, P., 2000.** *Le grain de blé composition et utilisation*, Paris, INRA Éditions, 311 p.
- **FOSS, s.d.** *Infratec<sup>TM</sup> 1241 pour l'analyse des céréales et des farines* [Notice explicative de l'appareil], Nanterre, Foss, 9p.
- **Garnier, A., 1992.** *Pains et viennoiseries, recettes et techniques*, Lucerne, Dormonval, 171 p.
- **Garnier, Y. et M. Vinciguerra, 2004.** *Le petit Larousse illustré*, Paris, Larousse, 1818p.
- **Gresle, E., 2013.** Du Farinograph® au Glutopeak®. *Industries des céréales* **184** : 27-33
- **Hellin, F., G. Sinnaeve et S. Gofflot, 2016.** Comment maîtriser les risques de contamination liés au stockage des céréales en ferme. *Itinéraires BIO* **26** : 18-19
- **Henrotte, B., 2016.** Qu'est ce qu'une céréale ? *Itinéraires BIO* **26** : 7-9.
- **Jouret, J., 2004.** *Mesures d'appréciation de la qualité des froments lors des différentes étapes du programme de sélection* [Travail de fin d'études, Haute Ecole Provinciale de Hainaut – Condorcet, section agronomique, option agro-industries et biotechnologies, Ath].
- **Kumar, V., A. K. Sinha, H. P.S. Makkar et K. Becker, 2009.** Dietary roles of phytase in human nutrition: A review. *Food Chemistry* **120** (2010): 945-959.
- **Landgraf, F., 2002.** Produits et procédés de panification in « Techniques de l'Ingénieur, traité Agroalimentaire » (Robert, C., éd., Paris, Techniques de l'ingénieur), vol.F4, 12p.
- **Mauzé C., M. Richard et G. Scotti, 1972.** *Guide pratique contrôle de la qualité des blés*, Paris, Institut technique des céréales et des fourrages, 176 p.
- **Mazeau, A., 2012.** La mouture du blé. Première approche de la mouture du blé par l'étude du grain, de ses composants, des produits qu'ils génèrent, termes et définitions. *Le Monde des Moulins* **42** : 20-21.
- **Mazeau, A., 2013.** La mouture du blé (chapitre 2). De la théorie à la pratique, outils, techniques et savoir-faire. *Le Monde des Moulins* **43** : 27-30.
- **Mazeau, A., 2013.** Mouture basse du blé (chapitre3). *Le Monde des Moulins* **44** : 27-30.
- **Oger, R., G. Sinnaeve, C. Anceau, M-J. Goffaux et P. Dardenne, 2003.** *Qualité du froment d'hiver en région wallonne*, Gembloux, ASBL Requasud, 33p.
- **Parc naturel des Plaines de l'Escaut, s.d. [2013 ?]** *Plan de gestion du territoire 2013-2022* [Document interne], Bon-Secours, PNPE, 97 p.
- **Parizel, D. et F. Pierreux, s.d. [2003 ?].** Backx : le père, le fils... et le pain quotidien. *Valériane* **43** : 50-51.
- **Passion céréales, 2017.** *Le blé tendre* [En ligne : <<https://www.passioncereales.fr/dossier-thematique/le-bl%C3%A9-tendre>>, dernière consultation le 22 mars 2017]

- **Plateau, L., L. Holzemer, T. Nyssens, et K. Maréchal, 2016.** La filière céréales – meunerie – boulangerie in « Analyse dynamique de la durabilité vécue et mise en œuvre par les auteurs des circuits-courts », Rapport de recherche, CEESE-ULB, 44 p.
- **Reddy, P. V., I. Trood et A. Dubat, 2015.** AACCI Approved Methods Technical Committee Report on Using the CHOPIN CD1 Laboratory Mill for Experimental Milling. *Cereal Food World* **60** (5): 234-238.
- **Rémésy, C., F. Leenhardt et A. Fardet, 2014.** Donner un nouvel avenir au pain dans le cadre d'une alimentation durable et préventive. *Cahiers de nutrition et de diététique* **50** (2015) : 39-46.
- **Ringuet, M., J. De Laubier, S. Di Tanna et T. Godrie, 2016.** Du grain au pain : vue d'ensemble de la législation alimentaire. *Itinéraires BIO* **26** : 26-28.
- **Roussel, P., H. Chiron, G. Della Valle et A. Ndiaye, 2010.** *Recueil de connaissances sur les descripteurs de la qualité des pâtes et des pains ou variables d'état pour la panification française. Glossaire terminologique appliqué aux pains français*, Paris, Polytech'Paris-UPMC ; Nantes, INRA, 66p.
- **Sinnaeve, G. et S. Gofflot, 2015.** *Le nombre de chute de Hagberg* [Document interne], Gembloux, CRAW, 1p.
- **Sinnaeve, G. et S. Gofflot, s.d. [2008 ?].** *Laboratoire de technologie céréalière* [Présentation PowerPoint], Gembloux, CRAW.
- **Sinnaeve, G., S. Gofflot, A. Chandelier, G. Jacquemin, B. Bodson, R. Meza et P. Dardenne, 2016.** Froment 2016 : Une récolte médiocre qui sera difficile à valoriser in « Livre Blanc Céréales », Rapport de recherche, ULG - CEPICOP asbl – Requasud – CRAW – UCL – Province de Liège – CARAH – SPW DGO3.
- **SYNAGRA, 2014.** *Normes de réception des céréales, oléagineux et protéagineux livrées par les producteurs au négoce-collecteur. Récolte 2014*, Bruxelles, Synagra.
- **SYNAGRA, 2016.** *Normes de réception des céréales, oléagineux et protéagineux livrées par les producteurs au négoce-collecteur. Récolte 2016*, Bruxelles, Synagra.
- **UNIFA, 2006.** *La boulangerie d'aujourd'hui*, Bruxelles, Ed. UNIFA, 68 p.
- **Van Stappen, F., 2015.** Les céréales wallonnes: une production majeure en constante évolution [En ligne : <<http://www.cra.wallonie.be/fr/nouvelles/les-cereales-wallonnes-une-production-majeure-en-constante-evolution>>, dernière consultation le 17 mai 2017]
- **Vindras, C. et N. Sinoir, 2011.** *Guide pratique : Comment évaluer la qualité gustative d'un produit ?*, Paris, ITAB-Solibam, 30p.

# ANNEXES