
**Valeur boulangère et organoleptique des farines de blé et d'épeautre :
différences entre variétés anciennes et modernes selon la vision artisanale et
selon les critères industriels.**

Auteur : Paulus de Châtelet, Vanessa

Promoteur(s) : 5610; Maréchal, Kevin

Faculté : Gembloux Agro-Bio Tech (GxABT)

Diplôme : Master en agroécologie, à finalité spécialisée

Année académique : 2022-2023

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/18282>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.

VALEUR BOULANGÈRE ET ORGANOLEPTIQUE DES FARINES DE BLÉ ET D'ÉPEAUTRE :

**DIFFÉRENCES ENTRE VARIÉTÉS ANCIENNES ET MODERNES
SELON LA VISION ARTISANALE
ET SELON LES CRITÈRES INDUSTRIELS.**

VANESSA PAULUS DE CHATELET

**TRAVAIL DE FIN D'ÉTUDES PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE
MASTER EN AGRECOLOGIE A FINALITE**

ANNÉE ACADÉMIQUE 2022-2023

**PROMOTRICE : MARJOLEIN VISSER
CO-PROMOTEUR : KEVIN MARECHAL**

« Toute reproduction du présent document, par quelque procédé que ce soit, ne peut être réalisée qu'avec l'autorisation de l'auteur et de l'autorité académique de Gembloux Agro-Bio Tech. »

« Le présent document n'engage que son auteur »

VALEUR BOULANGÈRE ET ORGANOLEPTIQUE DES FARINES DE BLÉ ET D'ÉPEAUTRE :

**DIFFÉRENCES ENTRE VARIÉTÉS ANCIENNES ET MODERNES
SELON LA VISION ARTISANALE
ET SELON LES CRITÈRES INDUSTRIELS.**

VANESSA PAULUS DE CHATELET

**TRAVAIL DE FIN D'ÉTUDES PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE
MASTER EN AGRECOLOGIE, A FINALITE**

ANNÉE ACADÉMIQUE 2022-2023

**PROMOTRICE : MARJOLEIN VISSER
CO-PROMOTEUR : KEVIN MARECHAL**

Résumé

Après la Seconde Guerre mondiale, l'industrialisation de l'agriculture, de la meunerie et de la boulangerie mène à la sélection de variétés de céréales développées pour leur productivité aux champs et leur bonne qualité boulangère sachant résister à la mécanisation. Les variétés anciennes laissent place aux variétés modernes. Les conséquences sont l'apparition d'hypersensibilités, d'allergies et de maladies auto-immunes, dues à un gluten plus difficile à digérer, présent dans les variétés modernes ; et la pollution dues aux engrais et aux pesticides de synthèse. Tendant à favoriser les pratiques culturelles moins polluantes et de produire des pains plus digestes et nutritifs, les céréales anciennes pourraient faire partie de la solution. Le marché de la céréale panifiable ne les considère néanmoins pas car elles sont disqualifiées par leur qualité boulangère inférieure aux demandes de l'industrie et n'intéressent alors pas les agriculteurs. Une filière en circuit-court s'organise cependant pour proposer des pains de meilleure qualité nutritionnelle. Elle emploie des variétés anciennes de céréales cultivées avec des pratiques écologiques. Elle est composée d'agriculteur, de meuniers employant des meules sur pierre et de boulangers artisanaux (ou d'acteurs pratiquant 2 ou 3 de ces métiers). Les variétés anciennes permettent, à mode de culture équivalent, d'avoir une céréale de meilleure qualité nutritionnelle que les variétés modernes. Grâce à une mouture sur meule de pierre, la qualité nutritionnelle de la farine est également améliorée car elle garde le germe et une partie des enveloppes du grain. La fermentation longue au levain amène une meilleure digestibilité aux pains.

Le projet de recherche est effectué sous forme de recherche action participative en collaboration avec une boulangère, le laboratoire de technologie et de tri des céréales du CRA-W, les différentes variétés de céréales et le moulin. Neuf variétés modernes et anciennes de froment et d'épeautre ont été choisies pour leurs qualités boulangères contrastées. Le but des expérimentations est de comparer ces variétés et d'en observer les contrastes. La méthodologie prévoit une mouture meule sur pierre, une panification artisanale par une boulangère et une dégustation selon la méthode du Napping® sur les neuf variétés ayant été anonymisées. En parallèle, les neuf farines ont été analysées sur leur qualité boulangère au CRA-W. Ces analyses ont dévoilé des valeurs acceptables selon les critères de l'industrie et d'autres non. La méthodologie se compose entre autres de la méthode de l'observation participante qui a permis de décrire la pratique de la boulangère ayant la particularité principale de remplacer le pétrissage de la pâte par des rabats afin de ne pas la déchirer.

Nous avons pu répondre à la première question de recherche qui est : *En boulangerie artisanale, est-ce que les contrastes variétaux basés sur les critères industriels, se retrouvent dans les différences sensibles lors de la panification et lors de la dégustation ?* Pendant la panification, la boulangère a perçu des faiblesses significatives pour certaines variétés décelées aussi par les analyses du CRA-W. Elle en a donc senti les contrastes, lorsque ceux-ci étaient très marqués. Cependant, par sa pratique artisanale, la boulangère a pu lisser les faiblesses perceptibles lors de la panification. Les 9 dégustateurs n'ont pas jugé une des variétés comme meilleure en goût, en texture ou en acidité, ni une bien moins bonne que les autres. La pratique artisanale permet donc de panifier des variétés de céréales ayant une qualité boulangère n'atteignant pas celle requise pour la filière industrielle et de donner des pains de qualité.

Une seconde question de recherche se pose alors : *Est-ce que les critères de la boulangerie industrielle sont utiles mais doivent être adaptés à la boulangerie artisanale ou est-ce que la boulangerie artisanale a besoin d'autres critères ?* La filière circuit-court sachant panifier toutes les variétés, même celles dont la qualité boulangère est mauvaise, n'est pas soumise aux critères définis par la filière industrielle et sort de ce système. Les critères de sélection des variétés pourraient être alors basés sur leur qualité nutritionnelle et leur adaptabilité au terroir belge, en recherchant dans le panel de variétés anciennes de céréales, elles-mêmes permettant de diminuer les hypersensibilités et les allergies au gluten.

L'expansion de la filière pourrait dès s'appuyer sur les avantages agronomiques des variétés anciennes de céréales et la faculté qu'ont les boulangers artisanaux à les panifier par leurs pratiques adaptées.

Abstract

After the Second World War, the industrialization of agriculture, milling and baking led to the selection of cereal varieties developed for their productivity in the field and their good baking quality that could withstand mechanization. Old varieties are giving way to modern ones. The consequences are the appearance of hypersensitivities, allergies and auto-immune diseases, due to the more difficult-to-digest gluten present in modern varieties, and pollution from synthetic fertilizers and pesticides. With a view to encouraging less polluting farming practices and producing breads that are more digestible and nutritious, ancient cereals could be part of the solution. However, the bread-making cereal market does not consider them, as they are disqualified by their baking quality, which is inferior to the demands of the industry, and therefore of no interest to farmers. However, a grain-to-bread local supply chain is organizing to offer breads of higher nutritional quality. It uses ancient varieties of cereals grown using ecological practices. It is made up of farmers, millers using stone millstones and artisan bakers (or players practicing 2 or 3 of these trades). For an equivalent cultivation method, ancient varieties provide a cereal of better nutritional quality than modern varieties. Thanks to stone milling, the flour's nutritional quality is also improved, as it retains the germ and part of the grain's husk. Long sourdough fermentation makes breads more digestible.

The research project is being carried out in the form of Participatory Action Research in collaboration with a baker, the CRA-W cereal technology and sorting laboratory, the various cereal varieties and the mill. Nine modern and old varieties of wheat and spelt were chosen for their contrasting baking qualities. The aim of the experiments is to compare these varieties and observe the contrasts between them. The methodology involved stone-milling, artisan bread-making by a baker and Napping® tasting of the nine anonymized varieties. At the same time, the nine flours were analyzed for their baking quality at CRA- W. These analyses revealed acceptable values according to industry criteria, while others were not. The methodology included participant observation, which enabled us to describe the baker's practice, the main feature of which is to replace kneading the dough with flaps so as not to tear it.

We were able to answer the first research question, which is: *In artisan bakeries, are varietal contrasts based on industrial criteria reflected in significant differences during bread-making and tasting?* During bread-making, the baker perceived significant weaknesses in certain varieties, as also detected by the CRA-W analyses. She could feel the contrasts, when they were very marked. However, the baker's artisanal skills enabled her to smooth out the weaknesses that were perceptible during the bread-making process. The 9 tasters did not judge one of the varieties as better in taste, texture or acidity, nor one as much worse than the others. Artisanal breadmaking therefore enables cereal varieties with a baking quality below that required for the industrial sector to be baked into quality breads.

A second research question then arises: *are the criteria of the industrial bakery useful but need to be adapted to the artisan bakery, or does the artisan bakery need other criteria?* The grain-to-bread local supply chain knows how to bake all varieties, even those with poor baking quality, and is therefore not subject to the criteria defined by the industrial sector. The selection criterias of the varieties could then be based on their nutritional quality and adaptability to the Belgian terroir, by searching the panel of ancient cereal varieties, which themselves help to reduce gluten hypersensitivity and allergies.

Expansion of the sector could be based on the agronomic advantages of ancient cereal varieties and the ability of artisan bakers to make bread from them using adapted practices.

Remerciements

Dans un premier temps, je tiens à remercier chaleureusement Fazia Smail d'avoir participé à ce travail de recherche avec moi, pour ses nombreuses heures mises à disposition des expérimentations et pour les nombreuses explications qu'elle a pu me fournir sur son travail. Merci également pour sa bonne humeur et son rire sans pareil qui a embelli mes journées.

Je remercie ma promotrice Marjolein Visser pour son accompagnement et pour m'avoir challengé tout au long de cette aventure.

Je tiens également à remercier Kévin Maréchal pour son soutien et ses interventions efficaces.

Merci à Bruno Godin pour avoir effectué les analyses en laboratoire, pour ses nombreuses explications et le temps qu'il a mis à ma disposition.

Je remercie chaleureusement Lou Chaussebourg de m'avoir aidé et challengé avec bienveillance lors de la rédaction de mon rapport : une aide sans pareil qui fait du bien au moral.

Merci à Amaury Beaugendre et Dominique Mingeot de m'avoir partagé leurs grains pour mes expérimentations.

Merci aux chercheurs de l'Agroecology Lab qui m'ont accueilli et ont pris le temps de m'introduire leurs projets. Merci à Noémie et Amaury pour leurs guidances.

Enfin, finalement merci à mon mari pour son soutien tout au long de ces 3 années d'études fastidieuses.

Merci à mes enfants pour leur joie et leurs sourires qui m'ont donné la force d'aller jusqu'au bout.

Merci à ma maman pour ses relectures bien utiles et son soutien sans limite depuis toujours. Merci à mes compagnons de route Louise et Jean-Cédric pour avoir cru en moi et m'avoir laissé le temps de finir mon Master. Merci à mes amis pour les « courage ! » et à tous ceux que j'ai oublié.

Liste des figures

Figure 1: Valorisation des céréales-grains produites en Wallonie (compris céréales grains, y compris maïs grain, excepté maïs ensilage) – Reproduit de (La Spina, Sylvie & Roda, Mathilde, 2019).	12
Figure 2: 4 types de filières de céréales panifiables en Wallonie – Reproduit de [La Spina et Roda, 2019]	12
Figure 3: Schéma d'un grain de blé ou d'épeautre - Reproduit depuis Wikipedia - Le grain de blé (Wikipedia- « Grain de blé », 2023)	14
Figure 4: Composition approximative d'un grain de blé – Reproduit de [Biesiekierski 2017]	15
Figure 5: Maladies pouvant être dues au gluten -Reproduit de (Biesiekierski, 2017)	16
Figure 6: Alvéographe de Chopin - Courbe type, reproduit depuis (Technomiton, s. d.)	28
Figure 7: grille d'appréciation - extrait repris du travail de Florian Baijot [Baijot, 2021]	30
Figure 8: Feuille de tests pour les dégustations	32
Figure 9: panneau avec adjectifs	33
Figure 10: technique de mesure des données	33
Figure 11: Ligne du temps du travail de fin d'étude	38
Figure 12: Schéma du moulin Astrié – Reproduit de [Astreïa, nd].	40
Figure 13: photo du tamis situé dans la bluterie	40
Figure 14: Tamis pour le gros son et extraction du petit son	41
Figure 15: paillettes de gros son avec farine collée	41
Figure 16: visse sans fin dans la bluterie après broissage des parois	42
Figure 17: tamisage du petit son	43
Figure 18: Etapes de la panification - source (Roussel Philippe et al., 2020)	45
Figure 19: étape du frasage - mélange des ingrédients	47
Figure 20: Fazia incorpore la farine en tapotant à la surface	48
Figure 21: Fazia tire et plie en deux la pâte	48
Figure 22: les pâtes sont mises dans des paniers pour l'apprêt	49
Figure 23: retournement des pâtes sur la feuille de cuisson	49
Figure 24: Pains en cours de cuisson	50
Figure 25: les pains refoissent sur le râtelier	50
Figure 26: Boite à moustache : spécifications	51
Figure 27: Vision globale des valeurs de W	56
Figure 28: Variation de la teneur en protéines en fonction de la variété - mouture meule de pierre	57
Figure 29: Pains même variété, 2021 & 2022	58
Figure 30: Variation du temps de chute d'Hagberg en fonction des variétés - mouture sur meule de pierre	58
Figure 31: Photo des pains lors de la dégustation	59
Figure 32: valeurs de L pour les différentes variétés - mouture meule	60
Figure 33: Valeurs de W pour les différentes variétés - meule de pierre	61
Figure 34: Photo des pains des 9 variétés	61
Figure 35: Valeurs de P/L des différentes variétés - mouture meule	62
Figure 36: Panification - comparaison du classement des variétés par Fazia et la grille d'appréciation	65
Figure 37: Valeur de la force boulangère W en fonction du classement de Fazia	66
Figure 38: Boîtes à moustache des résultats des appréciations du goût	68
Figure 39: Boîte à moustache des résultats des appréciations de la texture	68
Figure 40: Photo des pains lors de la dégustation	69
Figure 41: Boites à moustache des résultats des appréciations de l'acidité	70

Liste des tableaux

Tableau 1: critères de qualité de la meunerie belge pour la boulangerie industrielle – production de pains (Oger, R. et al., 2003).	10
Tableau 2 : critères de la boulangerie biologique industrielle belge – valeurs actuels employées par le CRA-W	10
Tableau 3: Critères de panification des anciennes variétés de froment avant 1960, reçu du CRA-W	11
Tableau 4: Cotation proposée par Triptolème pour l'acidité des pains (Triptolème, 2014)	34
Tableau 5: froments employés pour l'expérimentation - contrastes des caractéristiques des variétés – mouture sur cylindre	35
Tableau 6: : épeautres employés pour l'expérimentation - contrastes des caractéristiques des variétés – mouture sur cylindre	36
Tableau 7: Numérotation des variétés afin de les anonymiser	36
Tableau 8: illustration du calcul du rangs pour des cotations similaires	52
Tableau 9: Tableau de distribution du Khi-deux - Reproduit depuis (Datatab_chi-deux, n,d)	53
Tableau 10: critères de qualité de la meunerie belge pour la boulangerie industrielle – production de pains (Oger, R. et al., 2003).	55
Tableau 11 : critères de la boulangerie biologique industrielle belge – valeurs actuels employées par le CRA-W	55
Tableau 12: Critères de panification des anciennes variétés de froment avant 1960, reçu du CRA-W	56
Tableau 13: Comparaison taux de cendre et valeurs de l'extensibilité L	59
Tableau 14: Comparaison W et P/L des moutures meule et cylindre	60
Tableau 15: Conversion des critères d'appréciation en cotations	64
Tableau 16: Illustration de la manière de calculer la cotation - CCPEN	64
Tableau 17: Classement des variétés en fonction des résultats des grilles d'appréciation.	65

Liste des abréviations

CRA-W : Centre Wallon de la Recherche Agronomique

RAP : Recherche Action Participative

ULB : Université Libre de Bruxelles

ULiège : Université de Liège

Table des matières

1.	Introduction : Histoire de la filière	7
1.1	Evolution historique de la culture de céréales panifiables.....	7
1.2	Évolution historique de la meunerie et de la boulangerie vers des pratiques mécanisées.....	8
1.3	Nécessite de recréer des systèmes alimentaires plus écologiques	8
2.	Etat de l’art : aspects qui différentient les pratiques industrielles et les pratiques artisanales.....	9
2.1	Enjeux socio-économiques autour du pain industriel d’aujourd’hui	9
2.2.	Amélioration de la qualité nutritionnelle du pain : voyage du grain au pain.....	14
3.	Objectifs de la recherche	22
4.	Méthodologie des expérimentations :.....	24
4.1	Introduction	24
4.2	Recherche action participative.....	25
4.3	Outils utilisés pour l’expérimentation	26
4.4	Variétés choisies et leurs contrastes	34
4.5	Choix méthodologique d’anonymiser les variétés pendant le test.....	36
4.6	Choix méthodologique d’employer 1 boulangère	37
4.7	Qualité de la mouture de la Ferme du Hayon.....	37
4.8	Time line : du labo au labo	38
4.9	Déroulé des expérimentations	39
4.10	Contribution personnelle au déroulement de la méthodologie	53
5.	Résultats	55
5.1.	Critères de qualité boulangère pour l’évaluation de l’expérimentation.....	55
5.2.	Comparaison des variétés	57
5.3.	Grille d’appréciation – classement des variétés lors de la panification.....	62
5.4.	Contrastes variétaux lors de la dégustation.	67
6.	Discussion.....	72
6.1.	Justification de la méthodologie centrée sur une seule boulangère et spécificité des boulangers artisanaux	72
6.2.	Les contrastes variétaux lors de la panification et lors de la dégustation sont-ils perceptibles ?	75
6.3.	Les critères industriels de qualité boulangère sont-ils adaptés à la boulangerie artisanale ?.....	76
6.4.	D’autres critères à proposer à la boulangerie artisanale ?	79
6.5.	Comment faire évoluer la filière CC ?.....	80
7.	Conclusion.....	82
8.	Liste des références bibliographiques.....	85
9.	Annexes	91
9.1.	Annexe 1.....	91
9.2.	Annexe 2.....	92
9.3.	Annexe 3.....	93
9.4.	Annexe 4.....	94
9.5.	Annexe 5.....	95
9.6.	Annexe 6.....	96

1. Introduction : Histoire de la filière

1.1 Evolution historique de la culture de céréales panifiables

Depuis les débuts de l'agriculture, les paysans cultivent des variétés de céréales dites variétés population : « *variétés issues de la reproduction en pollinisation libre, avec et sans sélection d'une population naturelle ou artificielle* » (Pichon, 2013). Ces variétés sont évolutives génétiquement en fonction des conditions du sol et climatiques, et sous la pression changeante des maladies et des ravageurs, donc elles s'adaptent à leur terroir via un processus de sélection naturelle. Les agriculteurs participent également à cette évolution par la sélection massale, qui consiste à la sélection des grains par l'homme pour les reproduire en fonction de leurs performances (Wiktionaire, 2020) (Wiktionary, 2020). La sélection massale participe également à l'évolution de variétés.

Au 19^{ième} siècle, de nouvelles variétés sont créées par des semenciers professionnels. Coexistent alors les agriculteurs cultivant leurs variétés locales, les semenciers professionnels et certains agriculteurs achetant les semences (Vindras-Fouillet, 2014) : ensemble elles sont les variétés anciennes. A la même période, le développement de la technologie permet d'améliorer les conditions de travail. En parallèle, avec l'expansion de l'industrie, la mécanisation et la chimie arrivent progressivement dans les champs avec le support de la recherche agronomique (Faure et al., 2018; Marc Dewalque, 2021).

Après la Seconde Guerre mondiale et les pénuries alimentaires qui y sont liées, les pays industrialisés s'organisent pour augmenter et améliorer la productivité agricole et assurer la sécurité alimentaire de l'Europe. Cela se retrouve sous plusieurs formes : généralisation de la mécanisation du travail agricole, recours à des engrais et pesticides de synthèse, augmentation de la taille des parcelles agricoles (Consales, Jean-Noël & Legris Bernard, 2007). Les céréales sont cultivées avec l'apport d'intrants chimiques (produits azotés et pesticides/fongicides/herbicides) (Serpelay-Besson Estelle, 2020). La sélection variétale effectuée par des sélectionneurs (privés ou publics), se tourne vers des variétés plus productives par hectare. Le nombre de variétés disponibles pour cette agriculture est restreint, donc la diversité des variétés présentes dans les champs diminue. Les variétés anciennes laissent alors la place aux variétés modernes : « *variétés issues d'un programme de sélection industriel, dont la lignée est homogène* » (Pichon, 2013).

1.2 Évolution historique de la meunerie et de la boulangerie vers des pratiques mécanisées

Au 18^{ième} siècle, les meuniers recouraient aux moulins à meule de pierre. L'inconvénient est qu'ils produisaient de la farine comportant des impuretés, étaient relativement lents et la part de farine récupérée du grain était faible. Ces moulins étaient en outre lourds et demandaient un entretien fréquent (Marc Dewalque, 2021).

Au 19^{ième} siècle, les progrès techniques liés à l'industrialisation, offrent aux meuniers des alternatives, des moulins à cylindre plus performants concurrencent les meules sur pierre. Ils permettent d'augmenter la vitesse de travail des moulins et offrent une part plus importante de farine récupérée du grain. Ils sont mécanisables grâce à la machine à vapeur puis à l'électricité, alors que ce n'était pas le cas des moulins à meule sur pierre de l'époque (tournant au vent, hydrauliquement ou à la traction animale) (Reboud & Tanguy, 2021).

A cette même époque, la mécanisation arrive peu à peu en soutien des boulangers : des machines leur viennent en aide et réduisent la pénibilité du travail. Elles manipulent leurs pâtes à pain et transforment une partie de leur travail manuel en travail mécanique (Jarrige François, 2010). Le processus mécanique puis industriel prenant de l'ampleur, il a fallu adapter la qualité des pâtes pour leur permettre de résister à cette mécanisation sans se déchirer (Doussinault G. et al., 1995).

Au fil des années, le pain devient progressivement un produit adapté aux besoins technologiques de l'industrie plutôt qu'aux besoins nutritionnels des citoyens. Tous les maillons de la filière s'y plient : agriculteurs, meuniers et boulangers. La sélection variétale développe des variétés modernes qui ont les propriétés d'avoir un bon rendement agricole et des qualités technologiques adaptées à la panification industrielle (Baltazar Sofia et al., 2018).

1.3 Nécessite de recréer des systèmes alimentaires plus écologiques

Aujourd'hui, un revirement vers une agriculture plus écologique est souhaité par certains citoyens qui veulent revenir à des aliments meilleurs pour leur santé et plus durables pour l'environnement (Reboud & Tanguy, 2021). Ce changement est également prôné par certaines institutions qui mettent en place des programmes tel que, par exemple, la stratégie Farm to Fork de la Commission Européenne (SAPEA, 2020).

La filière céréales panifiables est aujourd'hui face au défi de retrouver des variétés de céréales qui se cultivent avec des pratiques moins chimisées, donc moins polluantes.

Les variétés anciennes ont l'avantage d'avoir la capacité de s'adapter, au fil du temps, aux conditions de culture et au climat, soit se renforcer d'elles-mêmes pour résister aux maladies et aux ravageurs.

Les variétés modernes ayant été sélectionnées pour être productives et étant associées à des intrants chimiques, donnent de moins bons résultats quand elles en sont privées (sans les engrais de synthèse, les fongicides et les pesticides). Leur rendement en agriculture biologique est également inférieur au rendement de l'agriculture conventionnelle (Vindras-Fouillet, 2014).

Les anciennes variétés de céréales, du fait de leur diversité (car il en existe beaucoup) et leur adaptabilité au terroir et au climat (comme expliqué au §1.1), pourraient être un point d'entrée vers de nouvelles solutions d'une agriculture plus écologique. Elles offrent une meilleure résilience face aux événements climatiques et ont une capacité à s'adapter à différents modes de culture (Pichon, 2013).

Pour répondre à cette tendance, se développe une filière alternative en circuit-court composée d'agriculteurs, de meuniers et de boulangers. Elle émerge doucement actuellement en Belgique, à l'instar d'autres pays d'Europe. Elle tente de remplacer la boulangerie industrielle et l'agriculture conventionnelle par une agriculture moins dommageable pour l'environnement. Les acteurs cultivent, multiplient, mourent et panifient des anciennes variétés de céréales panifiables, en fonction du climat et du terroir. Ils cherchent également à offrir aux consommateurs des pains de meilleure qualité. Ils se tournent vers des variétés anciennes de céréales pour s'ouvrir de nouvelles perspectives (Baltazar Sofia et al., 2018).

2. Etat de l'art : aspects qui différentient les pratiques industrielles et les pratiques artisanales.

2.1 Enjeux socio-économiques autour du pain industriel d'aujourd'hui

2.1.1. Critères de qualité du marché des céréales panifiables industrielle en Belgique et contraintes

C'est l'industrie boulangère et les négociants qui fixent principalement le choix des variétés employées sur le marché des céréales panifiables en Belgique. Les agriculteurs cultivent les céréales et les vendent aux négociants qui les stockent et les revendent aux meuneries. La négociation du prix d'achat des céréales aux agriculteurs se base sur la qualité du produit. Elle dépend des variétés et des conditions de culture, qui peuvent la faire varier selon le climat durant la production. A chaque maillon de la filière, les caractéristiques des variétés sont utilisées en guise d'outil de négociation par les négociants en grain ou par les meuniers, puis par les boulangers, selon le choix des farines adaptées à leurs activités. La qualité est mesurée grâce à des analyses en laboratoire ou des outils à disposition

des négociants, dont les résultats sont comparés aux critères ou valeurs limites acceptables par le marché et par l'industrie en charge de la transformation de ces céréales. Cette mesure de la qualité définit la **qualité boulangère** de la variété de céréale. Les variétés sont classifiées, sur base de leur qualité boulangère, dans des catégories qui vont de très bonne qualité boulangère à mauvaise qualité boulangère. Certains de critères qui la définissent seront plus amplement détaillés au §4.3.1 et de nomment : la force boulangère, le taux de protéines, l'extensibilité, la ténacité et le Temps de chute d'Hagberg (Oger, R. et al., 2003).

La littérature offre différentes valeurs de ces critères qui varient en fonction des pays et du type de marché : pain de mie, pain type artisanale, baguettes, pain hamburgers. En fonction de l'évolution du marché, ces critères évoluent aussi avec le temps.

Le dossier de Requasud, rédigé en 2003 par Oger et al, décrit les valeurs utilisées par la meunerie belge à cette époque, pour guider le choix des meuniers vers des variétés intéressantes pour la boulangerie belge industrielle (Oger, R. et al., 2003) :

<u>Critère de qualité boulangère</u>	<u>Valeurs limites</u>
Teneur en protéines (% de matière sèche)	≥ 11.5
W : force boulangère (unité : (10^{-4}) Joule)	≥ 220
P/L = élasticité = (ténacité (mmH ₂ O) / extensibilité (mm))	Entre 0,3 et 0,7
Temps de chute d'Hagberg (seconde)	≥ 220

Tableau 1 : critères de qualité de la meunerie belge pour la boulangerie industrielle – production de pains (Oger, R. et al., 2003).

Lors d'une de mes visites au laboratoire de technologie et de tri des céréales au sein du Centre Wallon de recherches agronomiques (CRA-W), le responsable du laboratoire, Bruno Godin, a présenté d'autres valeurs pour les critères. Ces valeurs sont actuellement employées par le laboratoire du CRA-W pour conseiller les acteurs de la filière des pains bio industriels belges :

<u>Critère de qualité boulangère</u>	<u>Valeurs limites</u>	<u>Aptitude à la panification</u>
W : force boulangère (unité : (10^{-4}) Joule)	$W < 150$	Mauvaise qualité panifiable
	$150 \leq W < 200$	Médiocre qualité panifiable
	$200 \leq W < 250$	Bonne qualité panifiable
	$W \geq 250$	Très bonne qualité panifiable
P/L = élasticité = (ténacité (mmH ₂ O) / extensibilité (mm))	$0,8 < P/L < 1,2$	Bonne valeur panifiable
L : extensibilité en mm	$L < 75$	Peu extensible
	$75 \leq L < 110$	Bonne valeur panifiable
	$L \geq 110$	Pâte collante

Tableau 2 : critères de la boulangerie biologique industrielle belge – valeurs actuels employées par le CRA-W

Lors de cette même visite, j'ai pris par ailleurs connaissance des critères utilisés avant 1960 pour les variétés anciennes de froment (l'origine des critères n'a pas été spécifiée) :

<u>Critère de qualité boulangère</u>	<u>Valeurs limites</u>	<u>Aptitude à la panification</u>
W : force boulangère (unité : (10^4) Joule)	$W < 50$	Qualité panifiable mauvaise
	$50 \leq W < 75$	Qualité panifiable médiocre
	$75 \leq W < 100$	Qualité panifiable bonne
	$W \geq 100$	Qualité panifiable très bonne

Tableau 3: Critères de panification des anciennes variétés de froment avant 1960, reçu du CRA-W

En consultant les tableaux ci-dessus, il est aisé de constater que les critères ont variés en fonction des périodes (avant 1960 ou aujourd'hui) et de la filière. Une variété pourrait donc être considérée comme médiocre en panification pour la filière industrielle bio d'aujourd'hui alors qu'elle était très bonne selon des critères plus anciens, qui se réfèrent à une panification moins mécanisée.

Il s'en déduit que les céréales doivent avoir une qualité boulangère suffisamment bonne pour satisfaire aux critères de la filière à laquelle elles sont destinées, qui est majoritairement la filière industrielle (soit l'agriculture conventionnelle, la mouture à cylindre et la panification industrielle). Ceci peut dès lors disqualifier une partie des variétés de céréales qui ne satisfont pas à ces critères (Silvestre Patrick, 2021).

Les variétés anciennes n'ayant pas été spécifiquement sélectionnées pour leur qualité boulangère adaptées à une panification industrielle, elles présentent majoritairement une qualité boulangère trop faible pour entrer dans la filière industrielle. Ceci est alors un frein à la culture de ces variétés de céréales anciennes (Baltazar Sofia et al., 2018).

Les céréales qui ne remplissent pas les critères de qualité boulangère imposés par la filière céréales panifiable industrielle, sont la plupart du temps déclassées et vendues à une autre filière, à moindre prix. Ceci constitue un manque à gagner pour les agriculteurs qui ont investis dans une qualité sans l'avoir l'atteinte. Les filières alternatives, comme montré à la Figure 1, sont la malterie, amidonnerie ou industrie de l'alimentation animale (La Spina, Sylvie & Roda, Mathilde, 2019). Les agriculteurs sont dès lors frileux à cultiver des céréales panifiables étant donné le risque de déclassement. Il en résulte que la filière céréale panifiable ne représente que 10% du marché des céréales en Wallonie (chiffres de 2014), alors que 45% des céréales sont transformées dans l'industrie de l'alimentation animale (Delcour et al., 2014). La Wallonie produit donc peu de céréales à destination directement de l'alimentation humaine.

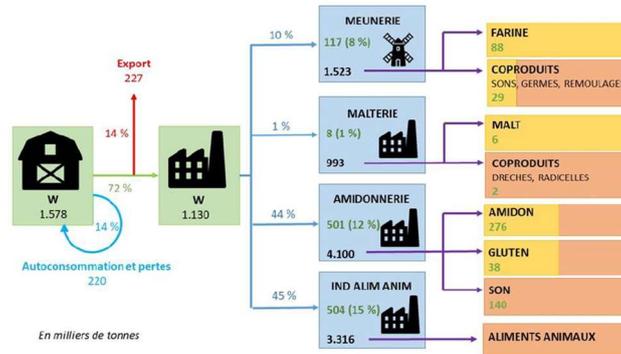


Figure 1: Valorisation des céréales-grains produites en Wallonie (compris céréales grains, y compris maïs grain, excepté maïs ensilage) – Reproduit de (La Spina, Sylvie & Roda, Mathilde, 2019).

2.1.2. Filières céréales panifiables industrielles et en circuit-court : ce qui les distingue

Dans ce paragraphe, seul le cas du froment sera étudié car il représente la grande majorité des céréales panifiables de la filière belge.

Quatre filières du grain au pain existent en Belgique :

- Producteur/négociant/meunier/grossiste/boulangier : dans cette filière, chaque acteur est en relation uniquement avec un acteur de la chaîne.
- Producteur/(meunier)/boulangier : le producteur et le boulangier sont en lien direct. Un des deux fait moulin le grain par le meunier donc un des deux est en contact direct avec les deux acteurs.
- Producteur-meunier/boulangier : le producteur moulin également le grain et vend la farine directement au boulangier
- Producteur-meunier-boulangier : la même structure réalise toute la filière

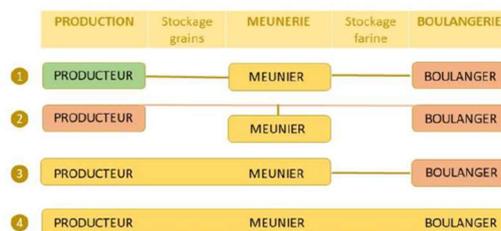


Figure 2: 4 types de filières de céréales panifiables en Wallonie – Reproduit de [La Spina et Roda, 2019]

Le schéma classique de la filière industrielle (pain biologique ou non) est principalement le premier explicité ci-dessus dans la Figure 2 : (Producteur/négociant/meunier/grossiste/boulangier). Dans ce modèle, la segmentation de la filière en plusieurs acteurs permet difficilement le développement de ces filières autour de la qualité du pain. Les maillons de la filière ne communiquent pas entre eux, les

besoins des boulangers ne sont pas connus par les producteurs, les meuniers et vice-et-versa. Les négociants et les grossistes mettent également une pression commerciale sur le marché. Le choix des variétés de céréales qui vont se retrouver dans les pains, n'est pas fait en concertation au sein de la filière.

La réduction du nombre d'acteurs et intermédiaires permet aux producteurs de collaborer directement avec les boulangers et de leur vendre de la farine avec un gage de qualité (La Spina, Sylvie & Roda, Mathilde, 2019). Travailler en circuit-court offre des avantages sur la qualité et le prix des produits tout au long de la filière, au travers d'une relation de confiance qui s'établit entre les acteurs. Les producteurs et les boulangers peuvent vendre les farines et les pains à un prix juste (c'est-à-dire une juste rémunération pour le produit vendu) en supprimant les intermédiaires. Le circuit-court permet également de donner une place aux acteurs qui veulent travailler de manière plus artisanale, comme des boulangers voulant revenir à des pratiques manuelles. La filière circuit-court ouvre le marché à des variétés de céréales de moins bonne qualité boulangère car elles ne sont plus disqualifiées par la filière industrielle et ses critères de qualité boulangère. Ce changement de modèle amène à de nombreuses réflexions d'adaptation de la filière céréales panifiables, de son acceptation dans la société et de son potentiel à nourrir la population. Il permet d'expérimenter des variétés de céréales qui ne sont pas dans la filière industrielle comme les variétés anciennes. Les boulangers testent leurs qualités boulangères en panification manuelle et leurs qualités gustatives en collaboration avec les producteurs qui les cultivent. Ils leur cherchent donc des débouchés (Baltazar Sofia et al., 2018).

En Belgique, des initiatives ont commencé à se structurer depuis 2014 autour d'acteurs divers comme des agriculteurs, des meuniers, des boulangers et des citoyens-jardiniers pour former un réseau de recherche autour des variétés anciennes de céréales panifiables. Les motivations de ces acteurs sont diverses, certains le font pour améliorer la qualité gustative et nutritionnelle des produits de la boulangerie (Plateau Lou et al., 2016).

Ces acteurs de la filière artisanale des céréales panifiables se heurtent à la perte de savoir-faire présente aux différents niveaux de la filière : pertes de connaissances dans les écoles de boulangerie qui n'enseignent plus les pratiques artisanales (par ex. le travail de la farine pure sans adjuvants ou le travail du levain); perte de pratique des outils de transformation comme le moulin à meule de pierre ; perte de savoir-faire culturel pour des variétés oubliées,...(Plateau Lou et al., 2016). Les acteurs de la filière circuit-court doivent donc réapprendre ensemble les pratiques alternatives, qui les différencient de la filière industrielle (Baltazar Sofia et al., 2018).

Les formes de filières en circuit-court peuvent être multiples, tant par leurs acteurs que par leurs organisations. Elles seront appelées la filière circuit-court dans le reste de ce travail.

2.2. Amélioration de la qualité nutritionnelle du pain : voyage du grain au pain

Comme expliqué au §1.2, la sélection des variétés de céréales panifiables a été, ces dernières décennies, majoritairement guidée par le rendement de la production céréalière et la qualité boulangère, soit la capacité des pâtes à pain à résister à la mécanisation de la boulangerie. La valeur gustative et nutritionnelle de la céréale, de la farine et des pains a été mise au second plan. Ces choix sociétaux entraînent des conséquences sur la santé des consommateurs. Ce chapitre est consacré à la qualité nutritionnelle du pain et les conséquences sur celle-ci en fonction des pratiques industrielles ou artisanales.

2.2.1. Description du grain de blé et d'épeautre

Le blé et l'épeautre sont des céréales de l'espèce *Triticum aestivum* de la famille des Gramineae. Le blé tendre employé en boulangerie est le *Triticum aestivum* sous-espèce *aestivum*. L'épeautre appelé aussi grand épeautre est nommé *Triticum aestivum* sous-espèce *spelta*.

Le grain de blé et d'épeautre se composent de 3 parties, voir Figure 3:

- Les enveloppes composées de plusieurs fines couches : le péricarpe, le tégument séminal (ou Testa), la bande hyaline
- L'albumen composé de la couche à aleurone (nommé aussi l'assise protéique) et l'albumen amylicé (appelé aussi l'amande farineuse)
- Le germe : étant l'embryon permettant la reproduction de la graine (lorsqu'elle est dans les conditions pour germer)

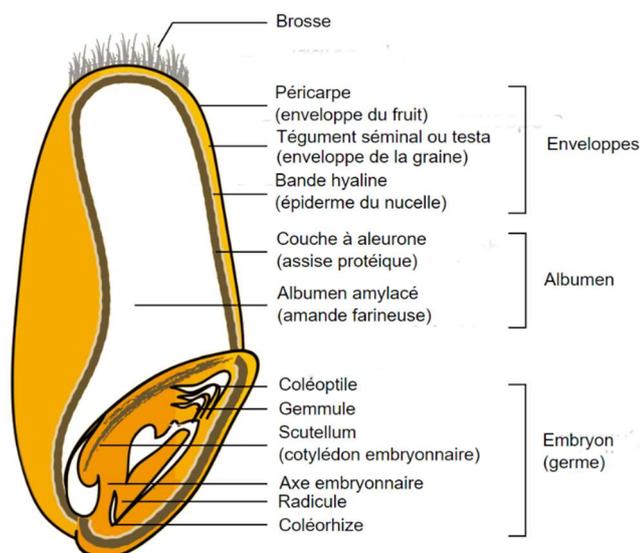


Figure 3: Schéma d'un grain de blé ou d'épeautre - Reproduit depuis Wikipedia - Le grain de blé (Wikipedia- « Grain de blé », 2023)

Les éléments principaux dans le grain sont les protéines et l'amidon. Les autres éléments sont les lipides (graisses), les sucres, la cellulose (glucides composé de fibres végétales) et les minéraux (Feillet Pierre, 2000).

L'albumen amylicé contient 100% de l'amidon, 73% des protéines et 22% des minéraux.

Dans la couche à aleurone se trouvent 15% des protéines, la plupart des minéraux (43%) (Feillet Pierre, 2000), ainsi que 80% de la vitamine B (Marc Dewalque, 2021).

7% des protéines et près de 10% des minéraux sont dans le germe.

La cellulose se retrouve en majeure partie dans les enveloppes (Feillet Pierre, 2000).

Par l'observation de ces valeurs, nous voyons que la majorité des minéraux, des fibres et des vitamines se trouvent dans les enveloppes du grain et dans le germe.

2.2.2. Problématique du gluten

Les réserves présentes dans le grain de blé contiennent donc, entre autres, de protéines (entre 8 et 15% de son poids). Ces protéines sont en majeure partie les gliadines et les gluténines (voir Figure 4).

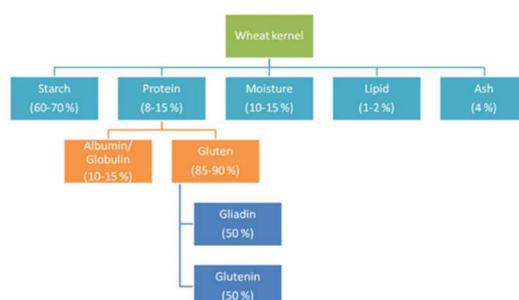


Figure 4: Composition approximative d'un grain de blé – Reproduit de [Biesiekierski 2017]

La gliadine est une protéine insoluble dans l'eau. Quand elle est hydratée, elle forme une masse visqueuse. Elle amène la viscosité à la pâte (donc sa consistance) et son extensibilité. La gluténine est une protéine également insoluble dans l'eau. Hydratée, elle apporte à la pâte sa ténacité (sa capacité à résister à une sollicitation) et élasticité (IFé, 2017). La gluténine et la gliadine permettent en s'assemblant de former le gluten. Lorsque la farine est mélangée à l'eau et pétrie, le gluten apporte les propriétés viscoélastiques à la pâte à pain et la force de supporter la levée de celle-ci. Il forme un réseau qui permet à la pâte de capturer le gaz carbonique et de gonfler. Il résiste également à la chaleur (Biesiekierski, 2017; Roussel Philippe et al., 2020).

Comme expliqué au §1.2, les céréales ont été sélectionnées pour leur capacité à résister à la mécanisation de la boulangerie. Ces variétés modernes ont des protéines qui offrent des pâtes extensibles et qui gonflent facilement. Ce réseau de gluten des variétés modernes, dit réseau fort, a un poids moléculaire des gluténines plus élevé que celui des variétés anciennes. Cette propriété

confère aux pâtes la résistance au pétrissage industriel. Sans ces protéines spécifiques, les variétés modernes ne pourraient résister à la panification industrielle, ce qui est le cas de la plupart des variétés anciennes. Les conséquences de ce réseau fort sont des troubles de la digestion ou des maladies (Rémésy Christian et al., 2014) (Vindras-Fouillet, Camille, 2020); celles-ci se retrouvent en Figure 5 :

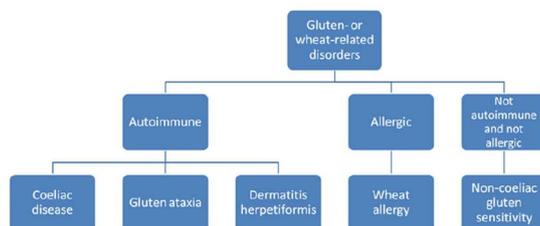


Figure 5: Maladies pouvant être dues au gluten -Reproduit de (Biesiekierski, 2017)

Parmi les maladies liées au gluten, la maladie cœliaque est la plus connue. Elle concerne 1% de la population occidentale. Elle est due à une réaction à la gliadine. Les personnes atteintes ont des inflammations de la muqueuse intestinale causant des symptômes gastro-intestinaux sévères (Biesiekierski, 2017). Elle ne peut être traitée que par la suppression complète de gluten dans le corps. Le taux de gliadine n'étant pas spécifiquement plus important dans les variétés modernes que dans les anciennes, cette pathologie ne peut pas être directement lié à l'évolution des variétés (Shewry P.R et al., 2020).

Des hypersensibilités au gluten sont également constatées principalement pour les variétés modernes dont les gluténines ont un poids moléculaire plus haut que celui des variétés anciennes. La digestion pancréatique ne pouvant scinder complètement le gluten dans l'intestin grêle, l'intestin se doit de continuer difficilement la digestion du gluten, ce qui crée des hypersensibilités à ces molécules (Rémésy Christian et al., 2014).

Pour déjouer les conséquences des effets du gluten sur la santé, le mode de transformation est un facteur probant. Certains boulangers choisissent de travailler avec des pratiques manuelles qui permettent d'employer des variétés de moins bonne qualité boulangère mais avec des gluténines au poids moléculaire moins important. Ces boulangers manipulent la pâte à pain avec moins de force qu'une machine et ils offrent à la pâte un temps de levée plus long ce qui limite les forces sur le réseau de gluten (Annet Sylvie, 2016).

2.2.3. Variétés modernes et anciennes : différences de qualité nutritionnelle du grain

2.2.3.1. Comparaison entre variétés modernes et anciennes

La sélection des variétés de céréales en vue d'augmenter le rendement agricole, a pour conséquence un accroissement de la quantité totale d'amidon dans les grains. Cette accumulation de l'amidon dans le grain provoque, par effet de dilution, une diminution des autres composants du grain dont les protéines. A mode de culture équivalent, le taux de protéines des variétés modernes est donc plus bas que celui des variétés anciennes. Malgré que les variétés anciennes soient plus riches en protéines, elles n'ont pas ces gluténines à haut poids moléculaire. (Shewry P.R et al., 2020).

Cet effet de dilution se retrouve également sur les minéraux (Shewry P.R et al., 2020). L'étude de Murphy et al de 2008, a porté sur 64 variétés modernes et anciennes cultivées dans les mêmes conditions. Une analyse des taux de 8 minéraux a ensuite été effectuée sur toutes les variétés. Les résultats des expérimentations ont montré que, statistiquement, les variétés modernes ont un rendement moyen supérieur (pratiquement 100% de plus en moyenne) aux variétés anciennes. Mais ils ont montré également que les concentrations moyennes en minéraux des variétés anciennes (pour 7 minéraux des 8 testés) sont plus hautes que celles des variétés modernes. Seul le calcium ne montre pas significativement de différence entre les variétés modernes et anciennes. En ne reprenant que les valeurs les plus parlantes de l'étude, on constate que la concentration de sélénium est en moyenne 50% supérieure pour les variétés anciennes, celle du zinc est en moyenne 25% supérieure et celle en cuivre est en moyenne 16% supérieure pour les variétés anciennes. Cependant, si une analyse est faite sur chaque variété, certaines variétés sont moins riches de certains minéraux que certaines autres (Murphy Kevin et al., 2008). Dans le cas d'un choix entre deux variétés, ceci est à prendre en compte.

2.2.3.2. Apports d'anti-oxydants en fonction de la variété

Tous les blés n'ont pas la même couleur. Les couleurs des enveloppes peuvent varier du blanc au noir en passant par le rouge et le bleu (Doblado-Maldonado et al., 2012).

Les grains colorés peuvent amener plus ou moins de nutriments en fonction de leur couleur (rouge, jaune, noir, violet, bleu). Ces nutriments sont du type anthocyane, flavonoïdes et caroténoïdes qui sont des antioxydants. Ceux-ci se retrouvent en moins grande quantité dans les grains clairs (blancs ou jaunes clairs) que dans les grains colorés. Les antioxydants peuvent avoir un effet bénéfique sur la santé en diminuant les risques de maladies cardio-vasculaires, maladies du vieillissement des yeux, de cancers, de diabète et de troubles neurologiques. Les variétés colorées sont actuellement peu promues sur le marché des céréales panifiables industriel, du fait de leur réseau de gluten faible et un manque de qualité boulangère. La recherche agronomique pourrait aider à mettre en avant les

spécificités de ces variétés pour leurs avantages nutritionnels, leur rendement et qualité boulangère (Padhy et al., 2022) . La concentration en caroténoïdes étant très variable en fonction de la variété, elle semble intéressante à considérer dans la réflexion du choix des variétés à employer en boulangerie [Leenhardt et al, 2006].

2.2.4. Influence du mode de culture sur la qualité nutritionnelle

Le taux de protéines dans les grains de céréales varie en fonction du mode de culture. Une fertilisation azotée des cultures (engrais riche en azote) augmente le taux de protéines. Ce taux de protéines étant un critère de qualité boulangère pour le marché des céréales panifiables, les agriculteurs effectuent cette fertilisation, pour se l'assurer. L'étude d'Arncken et al publiée en 2012, a effectué des essais sur une variété moderne employée couramment en agriculture biologique. Cette variété a été cultivée selon 3 modes de culture : conventionnelle, biologique et biodynamie sur 3 années (2006, 2007 et 2009). Les résultats des expérimentations montrent que le taux brut de protéines est supérieur de près de 30% pour les céréales cultivées en agriculture conventionnelle comparé à celles cultivées en agriculture biologique/biodynamie (Arncken Christine M et al., 2012).

Le mode de culture semble ne pas avoir d'effet direct, en revanche, sur le taux de minéraux dans le grain. En agriculture conventionnelle ou biologique, il n'est pas significativement différent. Cependant, la fertilisation azotée appliquée en conduite conventionnelle permet un meilleur remplissage des grains (des grains plus gros) mais fait diminuer la teneur en magnésium (Chaurand Marc et al., 2005).

Les interactions génotypes/milieu ont également leur importance dans la qualité nutritionnelle du grain, certaines variétés s'adaptent mieux à l'environnement dans lequel elles sont cultivées que d'autres (Chaurand Marc et al., 2005).

2.2.5. Mouture sur cylindre/mouture sur meule de pierre

2.2.5.1. Valeur nutritive avec la mouture sur cylindre ou sur pierre

L'industrialisation de la boulangerie a amené à la généralisation des moulins à cylindres dans les meuneries industriels. Ceux-ci permettent d'augmenter la vitesse de mouture et d'avoir des farines plus raffinées (moins riches en cendres qui sont les résidus des enveloppes du grain). Ces farines ont des avantages technologiques : elles absorbent facilement l'eau lors du mélange eau/farine. Les pâtes tiennent mieux à une manipulation, sont plus extensibles et peuvent subir un gonflement (temps de développement) plus court. La pâte est donc plus apte à subir différentes sollicitations et elle est plus adaptée la mécanisation de la boulangerie (Cappelli Alessio et al., 2020). La mouture sur cylindre

sépare l'albumen, des enveloppes et du germe en perdant une partie de la couche à aleurone. Le premier passage du grain dans le moulin se fait entre des cylindres écartés de manière à dénuder le grain de son enveloppe et de son germe. Cette mouture réduit ensuite, par le passage entre plusieurs cylindres plus serrés, l'albumen en particules de plus en plus petites (Cappelli Alessio et al., 2020). La farine exempte de germe permet une plus longue conservation. Le germe étant riche en graisses (lipides), il provoque le rancissement de la farine lorsqu'il s'oxyde (Roussel Philippe et al., 2020).

La mouture sur meule de pierre garde le germe dans la farine et une plus grande part des enveloppes du grain dont la couche aleurone. Le grain, en passant entre les meules de pierre, subit des pressions et des frictions sans séparer les éléments. Les enveloppes sont intégrées par micronisation, les meules les réduisant en très petites particules. Elles restent dans la farine même après un tamisage fin. Le grain fait un seul passage entre les meules. Ce mode de transformation amène à des farines plus riches en fibres, en minéraux, en vitamines et en oligo-éléments (Rémésy Christian & Leenhardt Fanny, 2009). Une différence notable des taux des minéraux de la farine entre le moulin sur meule de pierre et le moulin à cylindre est constaté. On note une augmentation de 7% de magnésium, 7% de fer et 8% du zinc pour la farine issue de la mouture sur meule de pierre par rapport à celle issue de la mouture à cylindre. Cette augmentation du taux de minéraux résulte principalement de l'incorporation du germe, d'une micronisation partielle des enveloppes du grain dans la farine et une récupération plus grande de la couche de l'aleurone (Chaurand Marc et al., 2005).

Ceci explique pourquoi de petits moulins modernes à meule se retrouvent aujourd'hui dans certaines fermes qui veulent augmenter la qualité des farines, comme le moulin Astrié de la ferme du Hayon (Meix-devant-Virton, province du Luxembourg, Belgique), où nous avons fait la mouture des expérimentations de ce travail. Les agriculteurs veulent également se réapproprier la transformation de leurs céréales et travaillent dès lors en lien direct avec des boulangers artisanaux. L'avantage réside dans le fait que le prix de vente est mieux maîtrisé puisque le nombre d'intermédiaires est réduit (Raisiere, 2021).

2.2.5.2. Amidons endommagés avec la mouture sur meule de pierre.

Comme déjà expliqué, le grain et donc la farine sont composés en grande partie d'amidon. La mouture, qu'elle soit sur cylindre ou sur meule de pierre, a pour effet d'endommager l'amidon contenu dans le grain. Lorsque la mouture du grain est effectuée, une partie des amidons sont endommagés par la force mécanique de la meule. Les amidons endommagés lors de la panification, absorbent nettement plus d'eau que ceux qui ne le sont pas. Ce phénomène est favorable à la fabrication de la pâte à pain car cela lui confère un bon pouvoir d'absorption de l'eau. Si les amidons sont trop endommagés les pâtes s'hydratent trop et deviennent trop collantes et se relâchent (c'est-à-

dire ne tiennent pas en boule et s'étalent). Les pains peuvent également prendre une couleur rougeâtre après cuisson (Dubat, Arnaud, 2004).

Le taux d'amidon endommagé varie en fonction du type de moulin et de son réglage. La mouture sur meule de pierre peut endommager davantage l'amidon des farines que la mouture sur cylindre. Par la friction des meules l'une par rapport à l'autre, le grain peut être chauffé de manière excessive et endommagé les amidons (Cappelli Alessio et al., 2020). Le réglage de la distance entre les deux meules de pierre du moulin a donc son importance. Plus les meules sont serrées l'une contre l'autre, plus il y a d'amidons endommagés. Si les meules sont trop éloignées, la mouture n'écrase pas bien le grain. Si le moulin tourne trop vite, le grain est chauffé donc les amidons endommagés (Gélinas, Pierre et al., 2004).

Le principe de la mouture sur cylindre est différent. A chaque passage des grains dans une paire de cylindres, les cylindres sont de plus en plus serrés et de cannelures des cylindres différentes. Le serrage et les cannelures sont adaptés pour que le grain ne soit pas trop surchauffé entre deux cylindres.

Le type de mouture doit donc être adapté à la technique de panification. La panification mécanisée, qui nécessite de bonnes propriétés rhéologiques de la pâte et une bonne résistance au pétrissage, est compliquée avec un taux d'amidon trop endommagé car une mécanisation demande une pâte qui garde une bonne consistance au cours du processus. L'endommagement de l'amidon d'une farine et donc la qualité du moulin peut se vérifier par des tests de qualité boulangère de la farine qui peuvent se faire en laboratoire (Cappelli Alessio et al., 2020).

2.2.6. Influences des pratiques boulangères

2.2.6.1. L'indice glycémique et les fibres :

La boulangerie industrielle propose des pains raffinés (pain blanc) manquant de fibres, de minéraux et de vitamines. Ils sont fabriqués sur base d'une farine issue d'une mouture sur cylindre. Ces pains raffinés ont un indice glycémique haut. Un indice glycémique haut signifie que les glucides (sucres) présents dans le pain sont digérés rapidement par le corps ce qui peut provoquer des pics d'hyperglycémie (augmentation soudaine du taux de sucre dans le sang). Le corps produit dans ce cas de l'insuline qui favorise le stockage des sucres. Ceci peut amener à une prise de poids, de la fatigue ou à favoriser le diabète (trouble de l'utilisation du sucre dans l'organisme). Consommer des produits riches en fibres permet la prévention de pathologies dues aux pics d'hyperglycémie, comme le diabète mais aussi les maladies cardiovasculaires ou certains cancers (Rémésy Christian & Leenhardt Fanny, 2009).

2.2.6.1.1. Fermentation courte ou longue

Comme expliqué, la présence de fibres dans les pains amène un avantage nutritionnel.

Les boulangers travaillant avec des farines issues de moutures meules de pierre retrouvent ces fibres qui sont intrinsèquement incorporées par le procédé de mouture (comme expliqué au §2.2.5). La boulangerie industrielle propose également des farines contenant des fibres qui sont recomposées en mélangeant de la farine raffinée issue de la mouture sur cylindre (donc blanche) dans laquelle sont rajoutées des fibres issues de résidus de mouture (Rémésy Christian & Leenhardt Fanny, 2009).

Pour offrir les avantages de ces fibres, le procédé de fermentation lors de la panification a son importance. Une fermentation trop courte et un manque d'hydratation des fibres, pratiques courantes en boulangerie industrielles, ne permettent pas la mise à disposition adéquate des fibres pour le corps. Des pratiques de panification plus lentes donnent des résultats satisfaisants du point de vue nutritionnel. Une fermentation longue à la levure (Rémésy Christian & Leenhardt Fanny, 2009) ou une panification au levain permettent aux fibres de devenir plus solubles et d'améliorer leur digestibilité (Marc Dewalque, 2021).

Le levain et la fermentation longue apporte également d'autres avantages. La fermentation du levain est la combinaison de la fermentation lactique effectuée par des bactéries et de la fermentation alcoolique effectuée par un champignon, alors que la levure ne provoque d'une fermentation alcoolique. Le levain, grâce aux bactéries lactiques, permet d'avoir un pain plus digeste car elles prédigèrent certains nutriments (sucres, protéines, fibres) en les divisant en éléments plus simples à digérer. Elles détruisent également une partie des pathogènes présents dans la pâte. L'acide lactique permet aussi de mettre à disposition de la vitamine B, du calcium et du magnésium qui ne le serait pas en son absence (Marc Dewalque, 2021; Plateau Lou et al., 2016).

2.2.6.1.2. Oxydation de la farine

Le plancher est « *Temps de repos des farines entre la mouture et la fabrication du pain* » (Roussel Philippe et al., 2020). Le plancher est le temps de repos de la farine lui permettant l'oxydation des pigments caroténoïdes pour permettre que la farine blanchisse et l'oxydation des protéines, ce qui augmente la qualité boulangère de la farine. L'oxydation se passe principalement dans les 48h après la mouture, puis continue progressivement jusqu'au 7^{ième} jour. Le temps de plancher d'une semaine est dès lors conseillé pour permettre à la farine de prendre de la force (Roussel Philippe et al., 2020).

L'oxydation de la farine s'active juste après la mouture du grain, en contact avec l'air, par des enzymes présentes intrinsèquement dans le grain, les lipoxygénases. Ces lipoxygénases sont principalement présentes dans le germe et dans les enveloppes du grain, donc sont en plus grande quantité dans la farine issue d'une mouture sur meule de pierre. Les lipides de la farine (graisses) vont s'oxyder sous l'action des lipoxygénases. Cela va permettre à la farine d'acquérir des propriétés qui vont donner aux pâtes plus de force (c'est-à-dire une meilleure qualité boulangère), donc plus de résistance au travail lors de la panification. Mais l'oxydation des lipides peut amener à une perte de la qualité nutritionnelle des farines par la perte d'acides gras essentiels. L'activité des lipoxygénases mène également à la perte de caroténoïdes et de vitamines E (Doblado-Maldonado et al., 2012), éléments intéressants nutritionnellement.

Certains boulangers artisanaux considérant la qualité nutritionnelle des pains comme une priorité, tentent de fabriquer les pains le plus vite possible après la mouture, pour éviter la perte de ces nutriments par oxydation. (Marc Dewalque, 2021).

3. Objectifs de la recherche

L'évolution historique de la filière céréales panifiables montre que tous les maillons de la filière sont organisés dans l'approche productiviste de la boulangerie mécanisée. Cela se traduit dans le choix des variétés de céréales, dans le choix de techniques de mouture et dans les pratiques boulangères.

Cette filière est organisée à tous les étages pour complaire à des critères de qualité définis pour la boulangerie industrielle, sans tenir compte de la qualité nutritionnelle des pains. Ecologiquement la culture des céréales préoccupe la société et les institutions. L'opacité de la provenance et de la qualité des produits, sur le plan nutritionnel entre autres, questionne sur notre alimentation de manière générale, le pain étant un aliment de base. Les problèmes d'intolérance et de maladies liées au gluten, alertent sur les bienfaits des produits en contenant.

La recherche scientifique s'intéresse à la problématique de la panification industrielle et à la perte de la qualité nutritionnelle. Certains chercheurs testent la qualité nutritionnelle de variétés modernes ou anciennes de céréales panifiables, et d'autres comparent les techniques de mouture. Des recherches montrent que les céréales de variétés anciennes seraient une solution pour pratiquer une agriculture plus écologique. Les techniques de transformation adaptées aux variétés anciennes permettent de donner accès des pains plus nutritifs et cultivés écologiquement.

En parallèle, certains paysans et artisans, conscients de ces problématiques, travaillent ensemble, également sous forme de recherche mais basée sur la pratique, pour trouver des moyens de production et de transformation des céréales panifiables de variétés anciennes. La culture de céréales anciennes panifiables, la mouture sur meule de pierre et la fabrication artisanale des pains sont les pratiques choisies par les acteurs de la filière céréales panifiables en circuit-court en Wallonie. Elles ne sont encore fort répandues en Belgique (Parizel Dominique, 2017).

Mon travail s'intègre dans le projet EPICENE (FNRS-PDR), porté par Kevin Maréchal et Marjolein Visser, des chercheuses du Laboratoire d'Économie et Développement Rural (Gembloux Agro Bio-Tech, ULiège) et de l'Agroecology Lab (ULB). Le projet, qui dure 4 ans, étudie les dispositifs socio-techniques et organisationnels pour relocaliser les filières céréales panifiables en circuit-court en Belgique.

Mon travail a pour but de comparer des variétés de céréales modernes et anciennes dans le cadre théorique en s'appuyant sur les articles scientifiques existants. Il compare également les variétés dans un cadre expérimental en observant la pratique d'une boulangerie artisanale et en proposant une dégustation des pains fabriqués. L'objectif est de voir si, pendant la panification, la boulangerie ressent les faiblesses et les forces de qualité boulangère des pâtes des différentes variétés, celles annoncées par des analyses en laboratoire. Lors de la dégustation, il sera observé si ces différences de qualité boulangère sont encore perceptibles.

Ceci amène à la première question de recherche :

En boulangerie artisanale, est-ce que les contrastes variétaux basés sur les critères industriels, se retrouvent dans les différences sensibles lors de la panification et lors de la dégustation ?

Le but de cette comparaison est également d'amener la réflexion sur l'utilité, pour la boulangerie artisanale, des critères de qualité boulangère définis pour la boulangerie industrielle (voir critères au §2.1.1). Ce qui nous amène à la seconde question :

Est-ce que les critères de la boulangerie industrielle sont utiles mais doivent être adaptés à la boulangerie artisanale ou est-ce que la boulangerie artisanale a besoin d'autres critères ?

4. Méthodologie des expérimentations :

4.1 Introduction

Mon travail s'inscrit dans la continuité du travail de fin d'étude de Florian Bajot présenté en 2021 dans le cadre du Master Interuniversitaire en Agroécologie (Gembloux Agro Bio-Tech, ULiège / ULB) (Bajot Florian, 2021). Le but de ce travail, effectué à la demande de l'asbl Farm For Good (*FARM FOR GOOD !*, s. d.), était de comparer des variétés anciennes de blé et de les classer sur base de leurs qualités boulangères et gustatives. La comparaison a été effectuée lors d'une panification artisanale faite par 3 boulangers et une dégustation faite par un panel de dégustateurs. Plusieurs faiblesses ont été relevées dans la méthodologie de cette étude :

- Les céréales ne provenaient pas toutes du même champ et étaient, dans certains cas, des mélanges variétaux plutôt que de variétés
- Les expérimentations ont été effectuées avec plusieurs boulangers et tous les boulangers n'ont pas pu tester toutes les variétés.
- Les boulangers n'ont pas pu panifier toutes les variétés testées lors de la même séance de panification et de cuisson. La fabrication n'a pas été effectuée dans des conditions similaires
- Florian Bajot n'a pas pu assister à la panification des pains dégustés car son mémoire a été effectué pendant la période du Covid.

Il conclut essentiellement à deux choses :

- L'appréciation des variétés pour leur qualité boulangère, pendant la panification, était différente pour les différents boulangers : certains ont apprécié travailler une farine alors que d'autres non.
- Lors de la dégustation, les pains de l'expérimentation ont été classifiés comme similaires car venant du même boulanger, plutôt que par leur type de variété. Des extraits issus du travail de Florian Bajot l'illustrent (Bajot Florian, 2021): « *Les dégustateurs ont perçu et mis en commun les pains [c'est-à-dire qu'ils ont regroupé les pains sur la feuille expérimentale du Napping®, voir définition §4.3.4] qui étaient issus d'un même boulanger* »...« *Ce résultat incombe en grande partie aussi à la méthodologie suivie dans la réalisation de cette dégustation. En effet, si un seul boulanger avait produit divers pains sous le même processus de panification, les farines auraient eu plus la possibilité de montrer leurs distinctions respectives [...]* Finalement, l'analyse du Napping® montre que ce sont les pratiques du

boulangers qui ont une influence prédominante dans l'appréciation organoleptique des pains ».

Dans la partie discussion il ajoute : « *Afin de respecter au mieux une démarche permettant de souligner des différences entre variétés, il aurait fallu travailler avec un seul boulanger et fixer un diagramme de panification soulignant les caractéristiques apportées par la variété* ».

La variabilité de la méthodologie a donc influencé les résultats.

Un nouveau sujet de travail de fin d'étude a été alors proposé par mes promoteurs. La méthodologie choisie consiste à réduire la variabilité des résultats, pour combler les faiblesses rencontrées lors du travail de Florian Bajjot. Les choix ont été faits :

- De prendre des variétés cultivées dans le même champ, la même année ;
- De travailler avec le même moulin, le même jour, avec le même meunier
- De faire fabriquer les pains avec une boulangère unique, le même jour : les expérimentations ont été effectuées avec Fazia Smail (ci-après Fazia), boulangère artisanale à l'Atelier du Pain Vivant à Bruxelles

Les détails de cette méthodologie seront décrits dans ce chapitre.

Les expérimentations de mon travail vont donc consister, comme pour le travail de Florian Bajjot, à tester des variétés de céréales lors de la fabrication et la dégustation de pains, dans le but de comparer les différentes variétés.

4.2 Recherche action participative

Nos expérimentations s'inscriront dans une démarche de Recherche Action Participative (RAP), les acteurs participants aux expérimentations étant des acteurs déjà impliqués dans l'amélioration de la filière céréales panifiables en circuit-court.

La RAP est une méthode qui amène à expérimenter, avec les acteurs de terrain, des éléments de recherche qui sont déjà mis en pratique par ces acteurs et de les observer pour en comprendre les avantages, les contraintes, les enjeux et les spécificités. Les citoyens sont parties prenantes dans cette recherche qui est guidée par une démarche scientifique. La RAP permet de transférer les connaissances du savoir profane aux scientifiques et inversement. Elle met leurs activités en valeur et les légitimise (Camden & Poncet, 2014).

La RAP se définit comme suit (Camden & Poncet, 2014) :

- la « *Recherche implique une démarche scientifique où des questions de recherche sont identifiées, une collecte de données et des analyses sont réalisées et des résultats sont produits* »
- l'« *Action : la démarche vise à changer une situation problématique et conduit à un changement social* »
- « *Participative : les personnes impliquées dans la situation problématique sont parties prenantes de la démarche de recherche et sont considérées comme des co-chercheurs.* »

Dans ce mémoire, la partie **recherche** s'inscrit dans la compréhension des critères de qualité qui sont appliquées en boulangerie artisanale pour transformer des farines de froment et d'épeautre. Elle observe si, lors des expérimentations (lors de la mouture, la panification et de la dégustation), des différences sont perceptibles entre des variétés de céréales. La compréhension des pratiques artisanales s'ajoute à cette recherche.

L'**action** de cette étude est de comprendre les enjeux sociétaux et difficultés que les artisans rencontrent en transformant des farines de céréales anciennes ou issues de variétés cultivées selon les pratiques agroécologiques.

Cette recherche est **participative** puisqu'elle est faite en collaboration avec des acteurs de terrain qui sont une boulangère, les dégustateurs, le représentant du laboratoire du CRA-W, les céréales, la machinerie d'expérimentation en laboratoire, le moulin.

La RAP inclut enfin la documentation scientifique, une recherche bibliographique au sein de la littérature existante autour de la problématique, ainsi que la documentation non publiée dans des journaux scientifiques.

4.3 Outils utilisés pour l'expérimentation

4.3.1 Analyses effectuées par le CRA-W

Les variétés de céréales choisies pour l'expérimentation ont été soumises à une caractérisation de leur qualité boulangère par le laboratoire de technologie et de tri des céréales au sein du Centre Wallon de recherches agronomiques (CRA-W). Les trois types d'analyses effectuées sont la mesure par proche-infrarouge sur farine, le temps de Chute d'Hagberg et l'Alvéographe de Chopin. Un premier lot d'analyses a été effectué en 2022 dans le cadre d'autres études en cours au CRA-W (voir détails au §4.4), sur base de farines moulues avec le moulin sur cylindre du laboratoire. Un second lot d'analyses a été effectué juste après les expérimentations de ce travail en janvier 2023.

Mesures par proche-infrarouge sur farine :

La technique de mesure de proche-infrarouge mesure la lumière réfléchi à la surface du matériau analysé, soit la différence de longueur d'onde entre le signal aller et retour. Elle utilise les spectres de réflexion dans une gamme de longueur d'onde entre 0,78 et 2,5 μ m (Wikipedia, 2023). Ces mesures, par conversion, permettent de définir différents paramètres dont le taux de protéines de la farine, le taux de cendre, qui sont des paramètres intéressants dans le cadre de ce travail.

La mesure par proche-infrarouge est effectuée par une machine qui détermine les paramètres grâce à un instrument qui analyse un grain entier ou de la farine fraîche. Cette machine est fréquemment employée par les négociants ou coopératives qui veulent tester la qualité boulangère des grains avant l'achat aux agriculteurs (FOSS, s. d.).

Le taux de protéines est la quantité de protéines présente dans la farine, mesurée en % de matière sèche. Le taux de cendres est déterminé par le dosage des minéraux dans la farine, qui augmente avec la quantité d'enveloppes du grain présente dans la farine. Cette mesure permet de classer les farines selon le niveau de blancheur. Cette classification va de la farine blanche T45 à la farine complète qui est T150.

Temps de chute d'Hagberg

Le test du temps de chute d'Hagberg permet de juger de l'activité amylasique de la variété testée. L'activité amylasique est l'activité enzymatique qui dégrade l'amidon présent l'albumen. Elle vient de la (pré)germination du grain de céréale. Elle peut augmenter dans des périodes humides pré ou post récolte et créer un risque de germination du grain (Oger, R. et al., 2003).

L'excès d'activité amylasique peut causer des problèmes lors de la panification : une pâte trop collante, une fermentation excessive, une couleur rougeâtre de la croûte des pains après la cuisson et un volume pains insuffisant (Buche, 2011).

Le test du temps de chute d'Hagberg est défini par la norme ISO3093 :2009, consiste à mesurer la viscosité d'un mélange formé par gélatinisation d'une suspension aqueuse de farine placée dans un bain d'eau bouillante. Un agitateur traverse le mélange en un laps de temps mesuré en seconde, sous son poids propre. Plus l'agitateur tombe vite dans l'échantillon, plus le mélange est liquide, plus l'activité amylasique est importante. Une céréale qui a une faible activité amylasique a un temps de chute d'Hagberg élevé. Selon les critères et normes de qualité de la meunerie belge pour la boulangerie : le temps de chute d'Hagberg doit être supérieur ou égal à 220 secondes pour satisfaire à la transformation industrielle : farine permettant de fournir une pâte qui « *se laisser travailler normalement, fermentant bien, possédant une capacité d'absorption d'eau suffisante et qui, après cuisson, donne un pain de bon volume, à belle croûte, à bonne structure de mie et à saveur et odeur agréable* » (Oger, R. et al., 2003).

Une valeur excessive du temps de chute d'Hagberg implique une activité enzymatique insuffisante pour la panification, la valeur de 350 secondes est annoncée. Cette d'activité amylasique pauvre peut amener à une fermentation insuffisante. Néanmoins ce problème peut être facilement résolu en ajoutant de la farine maltée au mélange (Technomitron, s. d.). Il n'est donc pas un problème en pratique.

Alvéographe de Chopin

L'alvéographe de Chopin est un instrument qui mesure notamment : la force boulangère, la ténacité et l'extensibilité de la pâte.

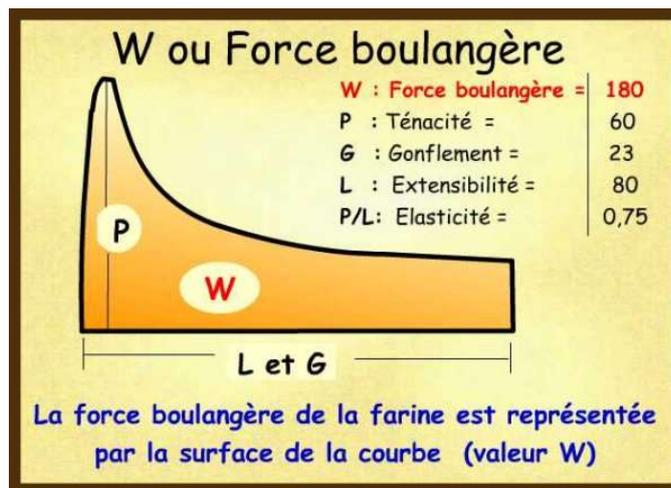


Figure 6: Alvéographe de Chopin - Courbe type, reproduit depuis (Technomitron, s. d.)

Un échantillon de pâte standardisé est mis dans la machine. On injecte de l'air sous pression, pour faire gonfler la pâte. La ténacité P de la pâte (voir Figure 6) est la pression nécessaire pour que la pâte commence à se déformer suffisamment pour former une bulle. Elle est mesurée en mmH₂O, donc par une unité de pression. Plus P est élevé, plus la pâte a une capacité à gonfler. Après le pic de pression équivalent à la valeur P, la pression diminue car la bulle gonfle.

Le test continue, la bulle s'étend puis éclate : la valeur L représente la longueur du graphique (voir Figure 6) enregistré lors de l'essai jusqu'à l'explosion de la bulle. L est l'extensibilité de la pâte, exprimé en mm et représente l'extension maximale de la bulle pour l'échantillon de pâte (selon la procédure normée).

W la force boulangère représente la surface sous la courbe du graphique enregistré lors de l'essai (voir Figure 6). W est exprimée en 10⁻⁴ Joules. Elle représente le travail de déformation qu'il a fallu exercer sur la pâte pour l'amener jusqu'à la rupture.

Le gonflement G est la racine carrée du volume d'air nécessaire pour briser une bulle de pâte, il représente la capacité à briser la bulle de la pâte.

La valeur P/L représente l'élasticité de la pâte, c'est le rapport entre la ténacité et l'extensibilité.

Le W et le rapport P/L sont les principaux critères issus du test de l'Alvéographe de Chopin, employés par la boulangerie industrielle pour juger la qualité boulangère des farines.

4.3.2 L'observation participante et entretiens semi-directifs

L'observation participante est « *l'observation direct (in situ ou in vivo) des agissements et des interactions d'individus dans leur quotidien par un chercheur, qui devient l'observateur* » (Tétreault, 2014). Cette technique permet de documenter, par l'observation, la réalité du quotidien de groupes sociaux ou de métiers, en vivant avec eux leurs activités pendant le temps de l'observation.

L'observation participante de mon travail, a été faite sous forme d'observation des manipulations de la boulangère pendant la mouture et la panification, de discussions informelles et d'entretien semi-directifs avec la boulangère, les dégustateurs et les experts du CRA-W. Les discussions informelles sont « *des observations qui se font au hasard des interactions avec les membres du groupe* ». (Tétreault, 2014). Les discussions informelles m'ont amené à comprendre les enjeux de la boulangère Fazia, ses motivations à faire ce métier avec des techniques artisanales spécifiques. Elles m'ont aussi aidée à comprendre l'approche qu'elle défend. La discussion et l'observation m'ont permis de mieux approcher la technique de panification, de découvrir des sons, des touchers, des odeurs qui ne sont que perceptibles dans ce genre d'expérimentation.

La prise de photo, d'enregistrement et de vidéo entrent également dans le cadre de l'observation participante. Les vidéos et enregistrements m'ont permis de revivre certains moments de l'expérimentation et de mieux comprendre la manière de travailler de Fazia.

Par ailleurs, un entretien semi-directif consiste à préparer sous forme de guide d'entretien, des questions que l'interviewer veut poser à la personne interviewée. Cette interview se présente sous forme de discussion et les questions sont posées dans l'ordre logique de la discussion (Sauvayre, 2013). Des entretiens semi-directifs avaient été préparé pour des sujets plus spécifiques comme la problématique du choix du moulin, ses conséquences sur les amidons endommagés, les farines que Fazia préfère panifier et les problèmes d'oxydation des farines.

Les données recueillies peuvent ensuite être exploitées sous plusieurs formes :

- Extraits d'interviews pouvant illustrer une problématique ou un avis de Fazia.
- Explications pouvant aider à comprendre les termes spécifiques à la boulangerie
- Expérience personnelle vécue pour m'imprégner du métier de boulangère artisanale

La plus-value de ce mode d'observation est que la personne interviewée peut librement expliquer et s'exprimer sur tous les sujets qui lui paraissaient important pour elle.

Un interview semi-directif a enfin été effectué avec Bruno Godin du CRA-W (responsable du laboratoire de technologie et de tri des céréales au sein du Centre Wallon de recherches

agronomiques) à la fin du processus d'analyse de mon travail, après production des résultats. Dans la même démarche, des sujets ont été abordés sous forme de discussions, tout en analysant les résultats des analyses que le CRA-W avaient effectuées. La discussion avait également pour but d'aborder des sujets déjà débattus avec Fazia, pour recevoir l'avis d'un responsable de laboratoire et en observer les éventuelles contradictions.

4.3.3 Grille d'appréciation

La grille d'appréciation consiste à évaluer, pour les différentes étapes de la panification, les caractéristiques des pâtes.

Une grille d'appréciation avait été testée par Florian Bajot, lors de son mémoire en 2021 (Bajot Florian, 2021). Cette grille est issue à l'origine des travaux de Roussel et al, développée en 2010, qui offrent un glossaire terminologique proposant une harmonisation des termes employés en boulangerie. Dans leur glossaire, Roussel et Chiron et al reprennent et définissent différentes caractéristiques de la farine et des pâtes, qui sont employés dans le langage courant des boulangers. Ils décrivent un système d'évaluation sous forme de grille d'appréciation basée sur la norme AFNOR V03-716, pour juger les pâtes issues de farines de blé, lors de la fabrication des pains. Cette méthode d'évaluation est majoritairement adaptée à la boulangerie industrielle. Elle emploie des techniques de mesure et des modes d'appréciation qui sont déterminés suivant les exigences de qualité de la mécanisation de la panification (Roussel Philippe et al., 2010).

La Figure 7 montre un tableau pour l'appréciation de la farine avant la panification et de la pâte pendant le frasage (étape de mélange de la farine, de l'eau, du sel et du levain). On voit que le principe est de juger normales, insuffisantes ou excessives, avec des variations dans l'intensité, les caractéristiques des pâtes.

	Insuffisant			Neutre	Excessif		
	---	--	-		+	++	+++
Avant le travail de la farine							
Couleur	■	■	■			■	■
Odeur	■	■	■			■	■
Impressions au toucher	■	■	■			■	■
Le frasage							
Vitesse d'hydratation	■	■	■			■	■
Fermeté	■	■	■			■	■
Résistance élastique	■	■	■			■	■

Figure 7: grille d'appréciation - extrait repris du travail de Florian Bajot [Bajot, 2021]

Dans le cadre de l'observation participante de mon travail, j'ai utilisé la grille de Florian Bajot lors de la panification des variétés de céréales. Après les expérimentations, une nouvelle grille d'appréciation a été établie sur base des résultats constatés, celle-ci se voulant plus proche de ce qui

est faisable au cours du suivi d'une panification manuelle et de la pratique manuelle de la boulangère Fazia. La nouvelle grille a pu être testée dans un second temps, lors de la panification de variétés qui sont habituellement panifiées par Fazia, le 24 avril, en vue de l'améliorer encore.

Il existe par ailleurs une grille d'expérimentation développée et employée par Triptolème pour leurs expérimentations sur les variétés de blé, qui est également basée sur la grille d'appréciation de Roussel et al. Elle est mieux adaptée à la panification manuelle ; les critères d'appréciation étant décrit majoritairement pour le travail manuel. Triptolème est une association de paysans et artisans qui œuvrent, entre autres, pour le maintien de la biodiversité cultivée. Cette association fait de la recherche participative sur plusieurs sujets dont le projet PaysBlé, qui a pour but de développer un réseau régional d'acteurs autour de la céréale. Ils expérimentent la diversité cultivée des blés de terroir bretons en agriculture biologique. Dans leurs travaux comme celui nommé : Descripteurs, évaluations et notation des essais de panification des expérimentations Triptolème (Triptolème, 2014), ils comparent des variétés lors de la panification. Ils emploient l'échelle d'appréciation pour décrire les différentes caractéristiques à considérer lors de la panification manuelle.

La grille d'appréciation version employée par Florian Baijot figure en Annexe 2 et la nouvelle version établie dans le cadre de ce travail peut être retrouvée en Annexe 3.

4.3.4 Napping®

La méthode expérimentale pour la dégustation a dû être choisie parmi les méthodes qui ne demandent pas d'entraînement spécifique pour sa mise en place, faute de temps des dégustateurs et de la durée de mon travail. Le choix a été de recourir à une méthode simple à exécuter similaire à la méthodologie que Florian Baijot (Baijot Florian, 2021) avait employée pour son mémoire en 2021.

La méthode choisie est inspirée du protocole de dégustation Napping® développé par Pagès en 2003 qui est destiné à la dégustation de vin, adaptée à un nombre limité de vins. Dans le protocole de Pagès, les données sont collectées sur une grande feuille blanche (taille non prescrite par Pagès). Cette méthode de dégustation est basée sur l'importance relative entre les caractéristiques des vins comparés. Les vins sont placés proches l'un de l'autre sur la feuille quand ils paraissent semblables aux dégustateurs et éloignés s'ils ne présentent pas de similarités. Aucun critère de comparaison n'est défini au préalable. Des caractéristiques des vins sont notées sur la feuille, soit des mots qui viennent à l'esprit des dégustateurs quand ils goutent les vins (Pagès J., 2003). Ce protocole donne une multitude de caractéristiques qui permet de juger les aliments/vins, ce qui amène une grande hétérogénéité dans les critères de jugement.

Cette technique de dégustation a été choisie pour notre expérimentation pour comparer les neuf pains issus des différentes variétés (voir liste paragraphe suivant : § 4.4), goûtés par neuf dégustateurs et les classer. Florian Baijot avait proposé aux dégustateurs, dans son protocole, de classer les pains sans indiquer de critères à suivre. Pour essayer de caractériser les pains et les comparer sur des critères limités, nous avons proposé aux dégustateurs de classer les pains selon 3 critères : le goût, la texture et l'acidité. Ces critères ont été définis principalement par notre boulangère Fazia, pour qui ces critères sont prédominants quand un pain est dégusté. Ce choix a été conforté par la thèse de Camille Vindras-Fouillet en 2014 qui confirme que les arômes et la texture sont, pour les consommateurs, les critères de qualité les plus importants (Vindras-Fouillet, 2014).

Sur chaque feuille de test de taille A1, 2 espaces ont été définis. Un premier espace est dédié au test 1 (voir encadré en bas à gauche sur la Figure 8). Celui-ci est présenté sous forme de graphique avec un axe horizontal et un axe vertical. L'axe horizontal représente le goût et est destiné à classer les pains selon la préférence de goût : les pains au meilleur goût sont placés à droite. L'axe vertical représente la texture. La texture la plus appréciée est placée en haut. L'espace mesurait 60cm horizontalement et 40cm verticalement.



Figure 8: Feuille de tests pour les dégustations

Des papiers autocollants (type post-it) sont proposés aux dégustateurs avec les numéros des pains, pour pouvoir les classer et les bouger au fur et à mesure de la dégustation. Un fois la dégustation terminée, il a été demandé aux dégustateurs de réécrire le numéro des pains sur la feuille pour ne pas perdre l'information.

Un panneau avec des adjectifs représentant les différents critères était affiché pour guider les dégustateurs (voir Figure 9); Ceux-ci ont été proposé en collaboration avec Fazia.

Les dégustateurs avaient accès à volonté aux morceaux des différents pains, pour affiner leur dégustation.

Les morceaux avaient tous constitués de croûte et de mie.

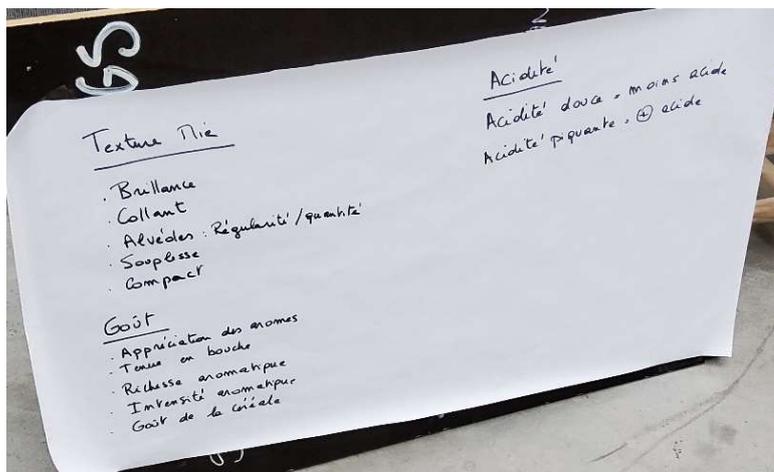


Figure 9: panneau avec adjectifs

Les données collectées ont été ensuite converties sous forme de valeur en pourcentage. Considérant que la longueur complète des axes dessinés sur la feuille représente 100%, la position de chaque pain sur les axes goût et texture ont été mesurés. Comme montré en exemple sur la Figure 10, la croix représente la position du pain de la variété x. Le goût est jugé pour cet exemple, valant 80% et la texture 50%.

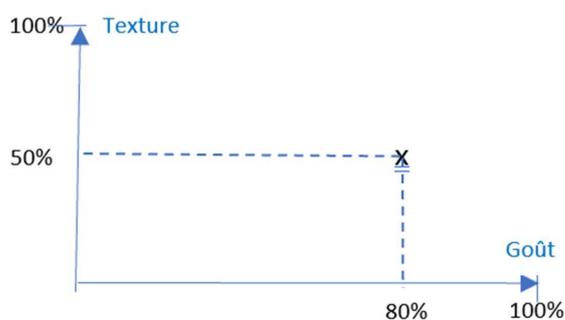


Figure 10: technique de mesure des données

Les données ont été collectées pour les neuf variétés et les neuf dégustateurs.

Un deuxième espace (voir encadré en bas à droite sur la Figure 8) était dédié au test 2 qui consistait à classer les pains en fonction de leur acidité : du moins acide au plus acide (en haut les moins acides et en bas les plus acides).

Lors de l'interprétation des résultats, le mode de cotation de Triptolème a été emprunté (Triptolème, 2014) pour donner une cotation à l'acidité des pains. Si deux ou plusieurs pains étaient positionnés à la même hauteur, ils avaient la même cotation.

Pain le plus acide	1 point
Pain le 2ième plus acide	2 points
Pain le 3ième plus acide	3 points
Milieu	4 points
Pain le 3ième moins acide	5 points
Pain le 2ième moins acide	6 points
Pain le moins acide	7 points

Tableau 4: Cotation proposée par Triptolème pour l'acidité des pains (Triptolème, 2014)

4.4 Variétés choisies et leurs contrastes

Neuf variétés de froment et d'épeautre ont été choisies pour les expérimentations. Les froments ont été cultivés dans le cadre d'un essai effectué par le CRA-W, au sein de la thèse de Amaury Beaugendre, chercheur à l'Agroécologie Lab de l'ULB. Les variétés modernes et anciennes de cet essai ont été cultivées en agriculture biologique, côte à côte sous forme de micro-parcelles de 15m², essai répété trois années successives. Les céréales ont été toutes cultivées dans le même type de sol, la même année, donc dans les mêmes conditions pédoclimatiques. Nous avons eu accès, pour une des variétés, le froment Redon Sixt/Aff 346, a deux années de récolte différentes : une dont le climat a été sec et chaud (2022) et l'autre dont le climat a été fort pluvieux et froid (2021). Les variétés choisies ont été sélectionnées sur base d'analyses effectuées en 2022 au CRA-W : Infrarouge sur farine, Alvéographe de Chopin et temps de chute d'Hagberg. Elles ont été choisies pour leurs contrastes, l'une par rapport à l'autre, c'est-à-dire des variétés modernes avec une bonne ou mauvaise qualité boulangère, des variétés anciennes avec des bonnes et mauvaises qualités boulangères, suivant les valeurs mesurées.

Notons que les micro-parcelles ne donnant que quelques kilogrammes de grains par variété, la quantité de grains reçues pour les expérimentations de ce travail était limitée, soit autour des 4,5kg.

Les variétés choisies sont :

- 1 variété de froment issue de croisement de 20 variétés modernes, soit une « composite cross population » : CCPEN
- 2 variétés modernes de froment : Imperator et Renan
- 2 variétés anciennes de froment, supposées homogènes : Rouge de St Laud et Redon Sixt/Aff 346. Pour cette dernière, deux années consécutives ont été testées : récoltes de 2021 et de 2022

Numéro de la variété	Type de variété	Année de récolte	W (10-4J)	P/L	Temps de chute d'Hagberg (s)
CCP EN	Variétés modernes	2022	127	0,62	229
Imperator	Variété moderne	2022	142	1,61	355
Rouge de St Laud	Variété ancienne	2022	33	0,23	247
Renan	Variété moderne	2022	233	0,75	387
Redon Sixt/Aff 346	Variété ancienne	2021	140	0,44	82
Redon Sixt/Aff 346	Variété ancienne	2022	120	0,25	323

Tableau 5: froments employés pour l'expérimentation - contrastes des caractéristiques des variétés – mouture sur cylindre

Sans rentrer dans les détails de l'analyse des valeurs, le Tableau 5 montre les contrastes en mettant en vert les valeurs qui satisfont les critères de la boulangerie industrielle bio définis au Tableau 2 du §2.1.1, en orange ceux qui sont proches de la limite acceptable et en rouge ceux qui sont très éloignés:

- Sur les valeurs de la force boulangère W : la variété moderne Renan a une meilleure force boulangère que les variétés modernes Imperator et CCPEN, et que la variété ancienne Redon Sixt/Aff 346 (récolte 2021 et 2022). La valeur de la force boulangère de la variété ancienne Rouge de St Laud est très en-dessous des valeurs acceptables en panification.
- Les valeurs de P/L montre que la variété moderne Renan a une bonne élasticité. Par contre, les variétés anciennes Rouge de St Laud, Redon Sixt/Aff 346 récolté en 2022 et la variété moderne Imperator en ont une mauvaise.
- Le temps de chute d'Hagberg de la variété Redon Sixt/Aff 346, récolté en 2021 est très bas, ce qui veut dire que l'activité amylasique est importante. Le comparer à la même variété récoltée en 2022, qui a un temps de chute d'Hagberg convenable, est intéressant.

Des variétés d'épeautre ont été ajoutés à l'expérimentation dans le but d'étaler la gamme des valeurs et des contrastes. Elles sont issues d'une étude effectuée au CRA-W par Dominique Mingeot, Département sciences du Vivant, unité génie biologique. Les variétés ont été cultivées dans le même champ, la même année, en parcelles de 30m² avec 4 répétitions en blocs aléatoires. Les grains ont été prélevés des récoltes des 4 répétitions en mélange (mélange de quantités équivalentes en poids des 4 répétitions). Nous avons reçu pour l'expérimentation +/- 2,5kg de grains de chaque variété.

Les variétés sont :

- 1 variété d'épeautre issue de croisement de 8 variétés population collectées dans les années 1950 par un ingénieur du CRA-W : CCP2.
- 1 variété d'épeautre moderne, très cultivée en Belgique, qui sert de témoin comme variété moderne pour l'étude du CRA-W : Cosmos

- 1 variété d'épeautre issue de croisement de 8 variétés modernes, dont la variété Cosmos : CCP1

Numéro de la variété	Type de variété	Année de récolte	W (10-4J)	P/L	Temps de chute d'Hagberg (s)
CCP2	Variétés anciennes	2022	67	0,22	318
Cosmos	Variété moderne	2022	65	0,18	354
CCP1	Variétés modernes	2022	87	0,2	293

Tableau 6 : épeautres employés pour l'expérimentation - contrastes des caractéristiques des variétés – mouture sur cylindre

Il apparaît à travers ces valeurs que les contrastes entre les épeautres, eu- mêmes, ne sont pas très importants. Cependant, ils peuvent être considérés comme ayant une force boulangère basse et une élasticité basse par rapport à la plupart des froments choisis pour l'expérimentation.

4.5 Choix méthodologique d'anonymiser les variétés pendant le test

Les expérimentations ont été faites en anonymisant les variétés de manière qu'elles soient appréhendées sans a priori par la boulangère et les dégustateurs. Le but était également de voir si la boulangère ou les dégustateurs reconnaissaient les types de variétés.

Chaque variété a reçu un numéro de 1 à 9, distribué de manière aléatoire.

Numéro de la variété	Nom de la variété	Espèce	Type de variété	Année de récolte
1	CCP EN	Froment	Variétés modernes	2022
2	CCP2	Epeautre	Variétés anciennes	2022
3	Imperator	Froment	Variété moderne	2022
4	Cosmos	Epeautre	Variété moderne	2022
5	Rouge de St Laud	Froment	Variété ancienne	2022
6	Renan	Froment	Variété moderne	2022
7	CCP1	Epeautre	Variétés modernes	2022
8	Redon Sixt/Aff 346	Froment	Variété ancienne	2021
9	Redon Sixt/Aff 346	Froment	Variété ancienne	2022

Tableau 7: Numérotation des variétés afin de les anonymiser

La variété 9 a été ajoutée par après pour pouvoir la comparer à la même variété qui porte le nr 8. Les numéros étant déjà attribués avant de récupérer la 9, la numérotation a été conservée et la même variété a deux numéros qui se suivent.

4.6 Choix méthodologique d'employer 1 boulangère

Le choix méthodologique de travailler avec une boulangère a été fait, comme expliqué au §4.1, pour éviter la variabilité observée dans le travail de fin d'étude de Florian Baijot (Baijot Florian, 2021).

Des retours d'autres études ont motivé le choix de travailler avec une boulangère. Une expérimentation faite par Initiatives Paysannes, montre qu'avec plusieurs boulangers, le résultat n'était pas concluant. Les recettes pour la fabrication des pains avaient été choisies à l'avance pour coordonner les boulangers à la panification de la même farine. La conclusion était que la recette n'était pas toujours adaptée à la farine (Initiatives Paysannes, 2022). D'autres expérimentations de Vindras-Fouillet et al de 2014 qui consistaient à comparer des variétés, confirment que le procédé de panification exerce une influence sur le classement sensoriel des pains lors d'une dégustation de Napping®. La panification doit être alors effectuée par le même boulanger, dans les mêmes conditions (Vindras-Fouillet et al., 2014), pour pouvoir comparer les pains.

L'unique boulangère peut adapter la recette et les pratiques en cours de panification selon son ressenti pour permettre de fabriquer des pains avec des farines plus complexes à panifier. Ceci est une des observations les plus importantes qui est intéressante pour mon travail. C'est de comprendre et observer comment la pratique artisanale et individuelle permet de panifier des variétés de céréales dites difficilement panifiables dans des pratiques mécanisées du secteur industriel. La volonté est d'enregistrer les contraintes et les impressions lors de la panification tout au long du processus et de voir comment la pratique s'adapte aux caractéristiques des pâtes, grâce au savoir-faire artisanal.

En conclusion, pour essayer de diminuer la variabilité des résultats en évitant la classification des pains comme similaires car fabriqué par le même boulanger (voir description du travail de Florian Baijot, § 4.1), le choix méthodologique de travailler avec une boulangère a été confirmé pour mes expérimentations.

4.7 Qualité de la mouture de la Ferme du Hayon

La meule sur pierre peut endommager plus les amidons de la farine que la meule sur cylindre, comme expliqué au §2.2.5.2. Ce taux d'amidons peut varier aussi selon le réglage de l'écartement des meules de pierre. Bruno Godin a conseillé dès lors, de vérifier le taux d'amidons endommagé sur une farine issues du moulin de la ferme du Hayon, pour en vérifier le réglage.

Un kilogramme de farine Jafayon a été testée le 26/10/2022 au laboratoire de technologie et de tri des céréales du CRA-W. Les tests effectuées sur cette farine sont un Alvéographe de Chopin (décrits au §4.3.1) et un Mixolab+ (Chopin Technologies, s. d.).

Le Mixolab permet de mesurer de nombreux paramètres lors d'une simulation de panification faite dans la machine. Différents paramètres mesurés permettent d'observer si les amidons sont forts endommagés comme la courbe d'hydratation de la pâte ou la réaction de la pâte pendant la cuisson.

Selon Bruno Godin, l'Alvéographe a montré une valeur de L (autour de 100mm), l'extensibilité et de P/L (de 0,39), l'élasticité, encore acceptables selon les critères de la boulangerie bio (Tableau 2). Le Mixolab a également montré des résultats acceptables. L'hydratation de la farine n'est pas excessive et le pain gagne suffisamment en volume, selon l'analyse des courbes de la farine de Jafayon.

4.8 Time line : du labo au labo

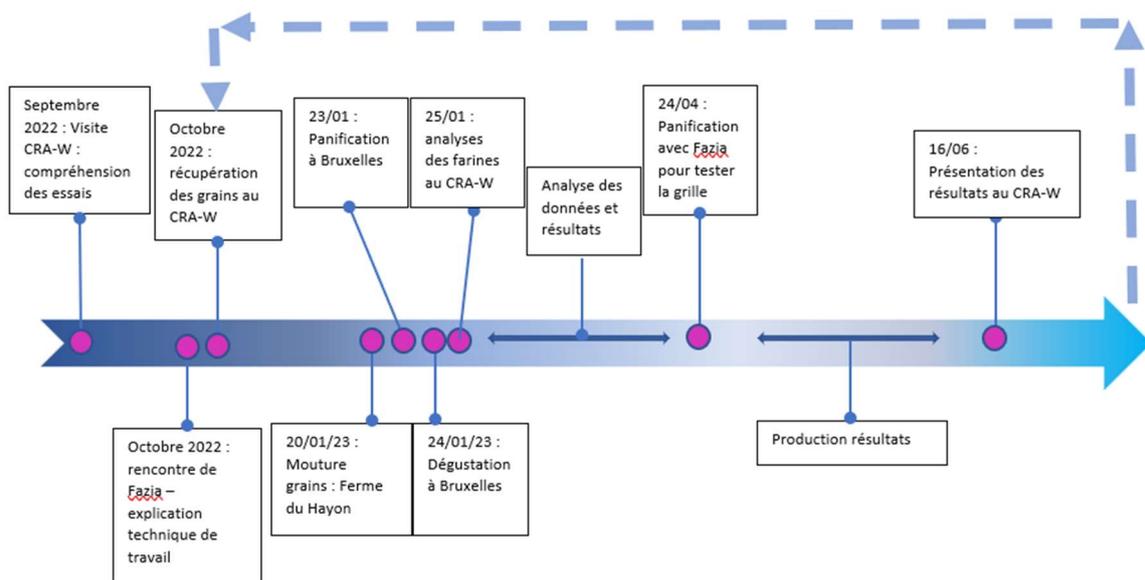


Figure 11: Ligne du temps du travail de fin d'étude

Septembre 2022 : visite du laboratoire de technologie céréalière et de tri des céréales au sein du Centre Wallon de recherches agronomiques (CRA-W), par le responsable du laboratoire Bruno Godin. Les différentes méthodologies d'analyses disponibles pour tester la qualité boulangère des céréales sont expliquées. Les grains des différentes céréales qui seront employées pour les expérimentations, y sont stockés.

Octobre 2022 : Rencontre avec Fazia notre boulangère artisanale à l'Atelier du Pain Vivant à Bruxelles. Elle travaille principalement avec des variétés anciennes de céréales qu'elle achète en circuit-court à la Ferme du Hayon. Le rendez-vous du mois d'octobre sert à discuter du déroulement de son procédé de production et à organiser les expérimentations.

Octobre 2022 : Récupération des grains qui vont être employés pour l'expérimentation au laboratoire du CRA-W. Dépôt également d'un sac de 1kg de farine de Jafayon produite à la ferme du Hayon. Le but est de tester au sein du laboratoire, si les amidons de la farine ne sont pas trop endommagés par

le moulin choisi. Bruno Godin nous confirme que les quantités d'amidons endommagés sont raisonnables le 28 octobre.

20 janvier 2023 : Mouture des grains des 9 variétés de céréales sur le moulin à meule de pierre Astrié à la ferme du Hayon par Fazia.

22 janvier : Nourrissage du levain au petit son (résidus de mouture, voir description §4.9.1) des 9 variétés de céréales par Fazia.

23 janvier : panification des 9 variétés de céréales par Fazia à l'Atelier du Pain Vivant

24 janvier 2023 : Dégustation des pains des 9 variétés de céréales par 9 dégustateurs à l'Atelier du Pain Vivant

25 janvier 2023 : Analyse sur les farines des 9 variétés de céréales utilisées pour les expérimentations au CRA-W : Infrarouge sur farine, Alvéographe de Chopin, Temps de chute d'Hagberg.

Analyse des données et résultats (voir Figure 11): des fiches d'expérimentation des différentes variétés ont été rédigées. Celles-ci contiennent toutes les informations collectées lors des expérimentations pour chaque variété. Une proposition de la nouvelle grille d'appréciation a été effectuée. Une comparaison entre les observations de Fazia et les résultats du CRA-W a été faite.

24 avril : Suivi de panification de Fazia pour tester la nouvelle grille d'appréciation : la volonté est de vérifier la bonne compréhension de la technique de panification de Fazia et de vérifier également si la nouvelle grille d'appréciation et la description des critères est en phase avec la pratique.

Production de résultats : étude statistique et création de graphiques mettant en avant les différents résultats : dégustation, panification et analyses du CRA-W des 9 variétés de céréales.

16 juin 2023 : Interview de Bruno Godin au CRA-W dans le but d'analyser et discuter les résultats des analyses effectuées au laboratoire sur les farines des 9 variétés. La discussion s'est focalisée sur un premier lot de farines analysées en 2022 (mouture cylindre du laboratoire) et un second lot de farines issues des expérimentations (mouture sur meule de pierre), dont les analyses se sont effectuées le 25 janvier 2023.

4.9 Déroulé des expérimentations

Récapitulons les 3 phases des expérimentations :

- La mouture et la panification : comparaison des 9 variétés anonymisées et étude du mode de mouture et de panification d'une boulangerie artisanale : observation des techniques de Fazia et des adaptations qu'elle y apporte en fonction des farines
- La dégustation des pains fabriqués avec les 9 variétés anonymisées, pour en comparer leur appréciation organoleptique et texturale

- L'étude des contrastes entre les résultats notés lors de la mouture, la panification et la dégustation d'une part et les résultats des analyses faites au CRA-W sur les farines des expérimentations (donc après la mouture sur meule de pierre) d'autre part. Toutes ces données sont alors comparées et analysées pour comprendre si ces critères artisanaux suivent la logique des critères industriels mesurés.

4.9.1 Mouture et type de moulin

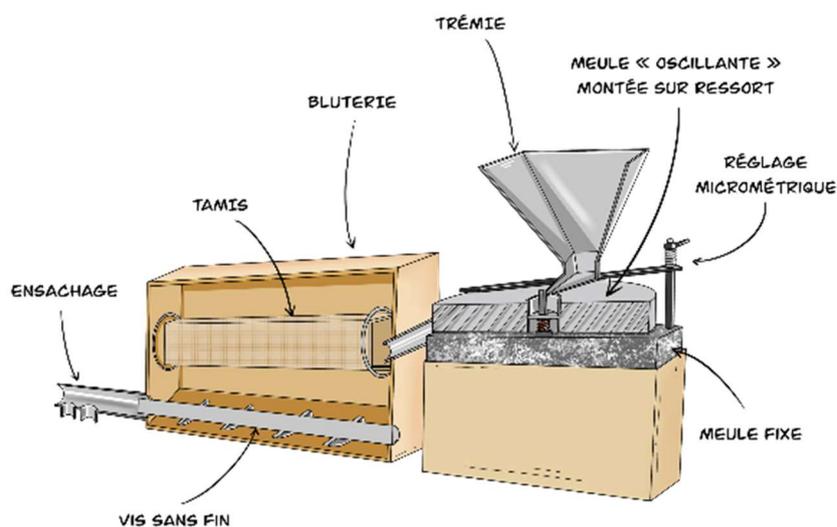


Figure 12: Schéma du moulin Astrié – Reproduit de [Astreïa, nd].

La mouture des céréales a été faite dans le même moulin, le même jour, par la même personne. La mouture a été effectuée à la Ferme du Hayon, le 20 janvier 2023, par notre boulangère Fazia, habituée à moudre le grain avec ce moulin. Le moulin utilisé est un moulin Astrié sur meule de pierre de petite taille. Selon l'Association Moulin, les avantages de ce type de moulin résident dans le fait que la mouture se fait en un seul passage du grain. Les meules pressent le grain, ce qui permet d'absorber le germe et d'extraire l'assise protéique dans la farine (Association Moulin Astrié, s. d.). Les grains nous ont été livrés nettoyés. Les pailles et autres impuretés ont été triés au CRA-W avant la mouture.



Figure 13: photo du tamis situé dans la bluterie

Pour notre expérimentation, le choix a été fait de mettre dans la bluterie, un tamis de 300 μ m pour avoir une farine T70-75 en sortie de tamis (voir Figure 13).

Le gros son est l'ensemble des particules de grande taille issues de l'enveloppe externe du grain, qui ressort du centre du tamis (ce qui sort à l'extrémité du petit tamis – voir Figure 14). Le petit tamis supplémentaire permet de récupérer le petit son, c'est-à-dire les particules d'enveloppe externes de petite taille (voir Figure 14 – le petit son tombe dans la caisse en carton).

Le réglage du moulin se fait par l'observation du gros son : s'il y a peu de farine sur les paillettes de gros son, le réglage est bon. S'il n'y a pas de farine sur le gros son, c'est que le grain est trop sec. Si les grains sont trop secs, il est possible, selon Fazia, de les mouiller avant la mouture. L'inconvénient d'un grain trop sec est une perte sous forme de semoule dans le petit son, ce qui est dommageable pour le rendement meunier (c'est-à-dire la fraction



Figure 14: Tamis pour le gros son et extraction du petit son



Figure 15: paillettes de gros son avec farine collée

du grain que l'on peut récupérer sous forme de farine). Cette perte est significative surtout lorsqu'une quantité importante de grain est moulue. Selon Marc Dewalque, le taux d'humidité des grains peut varier selon la région de culture. Les grains cultivés dans le Nord ou dans les pays à pluviométrie forte, atteignent plus facilement le bon taux d'humidité. Ces grains ne nécessitent pas d'être mouillés avant la mouture pour avoir un bon rendement meunier (Marc Dewalque, 2021).

Selon Fazia, il existe un risque aussi si les grains sont trop humides. La farine colle au gros son et se compacte dans le moulin, qui risque de se boucher. Pour tester l'humidité de la farine, Fazia fait le test de la main en faisant un boudin avec la farine : si elle arrive à faire un boudin qui tient sous cette forme dans la main, la farine est humide. Habituellement, Fazia explique que le meunier fait ce test de la main sur les premiers kilogrammes qui sortent du moulin. Si le test n'est pas concluant, il est toujours possible de mouiller les grains. Elle n'explique pas comment régler l'excès d'humidité et aucune information n'a été trouvée dans la littérature.

Nous avons effectué la mouture des grains des différentes variétés, les unes après les autres. Il était compliqué de nettoyer complètement le moulin entre deux variétés pour être sûr que les farines des deux variétés ne se mélangent pas. La transition entre deux variétés sortant du moulin s'est faite au toucher et à l'aspect visuel.



Figure 16: visse sans fin dans la bluterie après brossage des parois

Quand tous les grains d'une variété sont passés à travers la trémie (voir Figure 12), le moulin s'arrête automatiquement. Les parois obliques de la bluterie sont alors brossées pour faire tomber toute la farine sur la visse sans fin (voir Figure 16). Les grains de la variété suivant sont versés dans le moulin par la trémie (voir Figure 12), le moulin est remis en route et on voit apparaître en sortie de tamis dans la bluterie (voir Figure 16), une farine d'une différente couleur. Fazia se place alors en bout de vis sans fin (dans la zone d'ensachage, voir Figure 12), où tombe la farine dans un seau, pour surveiller la transition d'une farine à l'autre. La transition est visible en fonction de la couleur et se sent à la texture de la farine donc au toucher. Fazia laisse sortir la farine de la variété précédente et la laisse tomber dans le seau, jusqu'au moment où elle voit que la texture et la couleur changent. A ce moment-là, le moulin est arrêté et le seau est vidé pour récupérer toute la farine de la variété précédente et on peut commencer à récolter la variété suivante.

La mouture d'une variété dure en moyenne 15-20min pour environ 4,5kg de grains.

A chaque variété différente, l'humidité de la farine et la couleur sont observées. Le poids des grains est pesé avant mouture et le poids de la farine après.

Pour chaque variété, les observations du petit son et du gros son peuvent être retrouvées sur les fiches des différentes variétés (voir Annexe 2).

Lorsque toute la farine d'une variété est sortie du moulin, deux sachets sont préparés :

- Pour les froments, nous avons reçu environ 4,5kg de grains. Nous avons fait un sachet de 1kg de farine pour les analyses du CRA-W et le reste de la farine pour la panification.
- Pour les épeautres, nous avons reçu environ 2,5kg de grains. Nous avons fait un sachet de 0,5kg de farine pour les analyses du CRA-W et le reste de la farine pour la panification.

4.9.2 Préparation du levain et de la tisane

Le petit son de la mouture est récupéré pour nourrir le levain qui sert à fabriquer les pains. Le petit son de chaque variété est employé pour nourrir le levain utilisé pour cette même variété. 9 levains ont donc été préparés avec les différents petits sons correspondants.

Cette manipulation sert à augmenter le goût de la variété et à augmenter la qualité de son dans le pain pour obtenir une farine plus complète (autour du T80 au lieu de T75 juste après mouture). Fazia met en œuvre cette pratique uniquement pour des séances de dégustations pour accentuer le goût ; aucune preuve de l'avantage nutritionnel n'a été mesuré dans ce travail.

Pour obtenir la quantité de levain nécessaire, il faut le multiplier en le nourrissant. Celui-ci a été prélevé sur une pâte d'un autre pain.

Nous étions en possession de 1.5kg de farine au minimum par variétés. Fazia a décidé de fabriquer les pains en mélangeant 1,5kg de farine (max), 1litre d'eau et 240gr de levain nourris pendant 12h.

Pour obtenir les 240gr de levain prêt à panifier après 12h, il faut nourrir le levain prélevé en le mélangeant selon les proportions :

- 0.133 litre d'eau
- 0.66 kg de petit son
- 40gr de levain prélevé

La température du mélange eau + petit son, doit être idéalement à 27°C au moment de l'incorporation du levain. Pour ce faire, la somme des températures des différents composés soit T° eau + t° ambiante + t° petit son doit être entre 72 et 76 °C. Cette formule provient de formation que Fazia a suivie avec Nicolas Supiot, de la ferme Barandouar (*Barandouar – Produits Fermiers*, s. d.). Nicolas Supiot est un paysan-boulangier, qui cultive et transforme ses céréales pour en faire du pain. Il est une référence pour la boulangerie artisanale en France.

On tamise le petit son pour enlever la part éventuelle de gros son pour éviter que des particules trop grosses se retrouvent dans le levain (voir Figure 17). On mélange d'abord le petit son et l'eau, on vérifie si la température est bien en dessous de 40°C pour ne pas endommager le levain (idéalement aux alentours de 27°C). Puis on ajoute le levain (40gr).



Figure 17: tamisage du petit son

Un levain chef est un levain issu d'un mélange d'eau et de farine qui comporte des bactéries et des levures. Certains boulangers emploient ce levain chef. Ils prennent un morceau de celui-ci pour faire leurs différents pains. Le reste est conservé et nourris à la farine et à l'eau pour le garder vivant et le multiplier, afin de produire tous les pains.

Fazia préfère travailler avec un levain prélevé d'une autre pâte plutôt qu'un levain chef. Ce levain est plus riche en bactéries lactiques (il sent l'acide lactique), donc une fermentation lactique y est prioritaire. Le levain chef amène plutôt une fermentation alcoolique. Il est plus riche en levure qu'en bactéries lactiques. Fazia m'explique pendant la panification du 23 janvier 2023 : « *Quelqu'un qui travaille et qui veut favoriser les levures sauvages ou quelqu'un qui travaille à la levure et qui veut favoriser ses levures, ne travaille pas dans la même optique. Les levures ont besoin d'oxygène. Si tu travailles avec du levain mais que tu pétris beaucoup en fait tu vas favoriser plus les levures sauvages dans ta pâte que les bactéries lactiques qui sont [plutôt] anaérobiques [...] Une fermentation lactique est beaucoup plus intéressante qu'une fermentation lévurienne, qui est juste une fermentation alcoolique, tu vois. Les levures font certaines formations qui apportent du goût, des arômes dans la pâte. Elles ont quand même un rôle à jouer ; mais tout le travail de pré digestion des glutens, des peptides¹ et des amidons, des chaînes de sucre complexes... d'aller inhiber l'acide phytique pour libérer les minéraux² ; les levures ne savent pas faire ça. Il y a que les bactéries lactiques qui savent faire ça. Et la fermentation lactique est beaucoup plus intéressante »*

Le levain est donc un mélange de bactéries lactiques et de levures. Les bactéries lactiques sont plus petites que les levures, qui sont des champignons. Avec le temps, certaines bactéries lactiques disparaissent et d'autres partagent le levain avec les levures. Le levain chef est plus riche en levure qu'en bactéries lactiques. La fermentation lactique dans un levain prélevé, amène des avantages nutritionnels par sa fermentation lactique plus active qu'un levain chef. Les bactéries lactiques détruisent une partie de pathogènes présents dans la pâte et prédigèrent certains nutriments (sucres, protéines, fibres)(Marc Dewalque, 2021).

Le gros son servira à faire une tisane qui remplacera l'eau dans la recette des pains lors de la panification. Fazia fabrique une tisane de gros son en mélangeant du gros son et de l'eau bouillante. Chaque tisane est faite pour 1 variété avec son gros son.

4.9.3 Panification manuelle

La panification manuelle selon le schéma proposé par Roussel et al en 2020 (Roussel Philippe et al., 2020), se décompose en plusieurs étapes (voir Figure 18).

La première étape est la pesée des ingrédients (farine, eau, levain et sel) et la mesure de la température de chacun d'eux.

La deuxième étape est la formation de la pâte. Elle inclut :

- Le frasage : le mélange progressif des ingrédients.

¹ protéines de petite taille constitués de chaînes d'acides aminés [Wikipedia]

² l'acide phytique est décomposé en partie par l'acide lactique

- L'autolyse : le temps de repos du mélange avant le pétrissage.
- Le pétrissage : consiste à appliquer des forces de compression et de cisaillement à la pâte. Il permet la formation du réseau de gluten (réseau tri-dimensionnel) et également d'incorporer de l'air dans la pâte.

Une troisième étape est la 1^{er} fermentation : c'est un temps de repos de la pâte pour qu'elle fermente. Cette phase peut être entrecoupé d'action de rabats : soit une extension de la pâte et un rabat de la pâte sur elle-même.

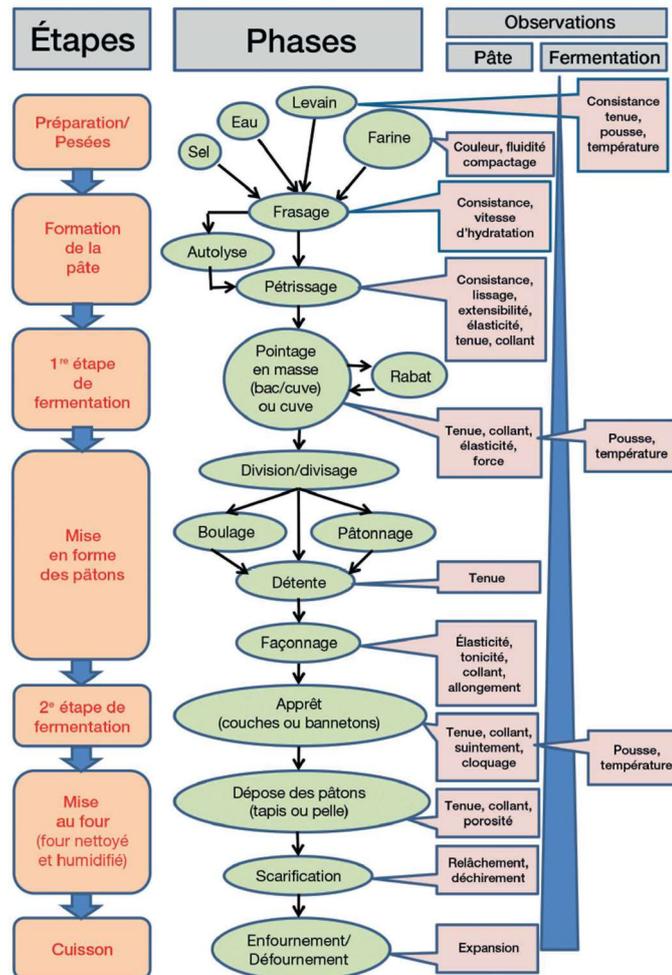


Figure 18: Etapes de la panification - source (Roussel Philippe et al., 2020)

La quatrième étape est la division de la pâte en pâtons, qui auront le poids nécessaire pour obtenir un pain. Ces pâtons sont façonnés en forme de boule. A la fin du façonnage, les boules seront placées dans des paniers où se déroule la cinquième étape, appelée l'apprêt, c'est la fermentation des pâtons. Une fois les pâtons fermentés, la sixième étape consiste à retourner les pâtons sur une plaque en bois recouverte d'un tapis ou sur une pelle d'enfournement et à les scarifier, par des entailles faites sur le

dessus du pain. Ces entailles permettent lors de la cuisson, que le pain s'ouvre et que le gonflement du pain soit facilité. Les pâtons sont mis au four.

La dernière étape consiste à cuire les pains dans un four humidifié.

Dans sa pratique de panification des variétés de céréales anciennes, Fazia explique le 23 janvier 2023 ne pas effectuer la phase de pétrissage (deuxième étape): « *Alors du coup on fait des rabats au lieu du pétrissage. En fait, pour les variétés anciennes, j'ai appris chez Nicolas Supiot, que ce sont des glutens moins puissants que dans les variétés modernes. Si on leur fait subir le pétrissage qu'on fait subir aux variétés modernes, la pâte se déchire. Il faut alors vraiment travailler les pâtes de variétés anciennes tout en douceur pour leur permettre de développer leur réseau de gluten mais sans apporter une force mécanique puissante. Tu vois, c'est vraiment manuel et tout en douceur parce que plus on pétrit en fait, plus on développe les ponts des sulfures dans les liaisons des protéines entres elles et plus ton réseau gluten est puissant, tu vois et ça gonfle plus oui³. Moi ce n'est pas ça que je recherche. Je ne cherche pas à avoir des alvéoles énormes ou un pain qui gonfle beaucoup. Je cherche quelque chose qui soit le plus équilibré possible d'un point de vue nutritionnel mais aussi d'un point de vue technique boulangère. Je ne veux pas non plus sortir des galettes du four, je veux quand même faire du pain qui lève. Du coup, c'est cette technique de faire des rabats tout en douceur qui nous permet de développer le réseau de gluten sans aller très loin dans l'oxydation de la pâte⁴ [...] Parce que le pétrissage mécanique c'est ça qu'il fait d'un côté, il renforce le réseau de gluten mais pour renforcer ce réseau de gluten, il faut oxyder la pâte. Plus tu incorpores l'oxygène en le manipulant plus tu augmentes le contact avec oxygène. Ouais exactement la technique des rabats est beaucoup plus douce que le pétrissage mécanique [...] Quand je fais une grande quantité de pâte et que j'utilise un pétrin mécanique, je fais juste le mélange donc c'est en une fois que je sors la pâte avant que toute la farine soit incorporée, tu vois, de sorte que ça soit juste le mélange qui est fait de manière mécanique ; et puis après les rabats et la suite, je la fais manuellement. »*

Détaillons maintenant plus spécifiquement la pratique de Fazia.

Frasage

Pour le frasage, la température du mélange ne doit pas être trop haute lors de l'incorporation du levain, comme lorsqu'on le nourrit. Pour cela, la règle $T^{\circ} \text{ eau (tisane)} + t^{\circ} \text{ air} + t^{\circ} \text{ farine} = 72-76^{\circ} \text{c}$ (entre ces deux t°) est employée.

Le but est d'avoir la pâte à 27°C au moment de l'incorporation du levain. En janvier, la température des ateliers avoisinait 13°c . La farine était à 12°C . C'est donc la température de l'eau qui devait

³ la pâte faite à base de céréales anciennes risque de se déchirer si elle gonfle trop du fait du pétrissage

⁴ incorporer de l'air en pétrissant, oxyde la pâte car le contact pâte/air est plus grand, ce qui est défavorable à la valeur nutritionnelle des pains

équilibrer la température. L'eau ou ici la tisane doit être chauffée pour être au moment du mélange à environ : $74-12-13 = 49^{\circ}\text{C}$.

Pour adapter le rapport farine/eau en fonction de la consistance et la fragilité de la pâte, Fazia choisit d'employer une quantité d'eau, de sel et de levain fixent, c'est la quantité de farine qui varie. Pour une farine sèche (ce qui peut se sentir au toucher), la quantité de farine ajoutée sera moindre que pour une farine humide ou soyeuse, car la farine sèche absorbe plus l'eau. Cela se vérifie en regardant la quantité de farine restante après la panification pour chaque variété (voir fiches des variétés en Annexe 2). Le reste de farine du froment Imperator qui était une farine très sèche, était de 180gr après panification. Pour l'épeautre Cosmos qui a une farine plus soyeuse, il restait 45gr. Plus de farine a été ajoutée dans le mélange pour une farine soyeuse au toucher.

Pour le frasage, Fazia part de 1 litre de tisane, additionné de 30gr de gros sel. C'est un sel de mer qui vient de Bretagne, choisi chez un petit paludier.

Le mélange tisane / sel est mise dans un bac rectangulaire avec 750gr de farine (1/2 de la farine présumée, tout ne sera peut-être pas employé), voir Figure 19. Puis une fois que c'est mélangé, le



levain est ajouté. Il est mis plus tard pour éviter que l'eau ne soit trop chaude quand on le mélange. Fazia mélange à la main. Le reste de la farine est ajouté au fur et à mesure. Pour l'incorporer progressivement, Fazia met la farine sur les bords du bac. Tant que la consistance ne lui plait pas, elle rajoute de la farine. S'il y a des grumeaux, le travail à la main sait les faire disparaître. Une fois la bonne consistance atteinte Fazia laisse reposer la pâte dans un bol pour que la pâte soit tenue sur les côtés.

Figure 19: étape du frasage - mélange des ingrédients

Première fermentation

Entre la fin du frasage et la 1^{ière} reprise de la pâte avec des rabats, on respecte un temps de fermentation de minimum 20 à 30min. Au cours des expérimentations, le temps a été plus long car il y avait 9 variétés. On pourra voir après fermentation, s'il y a du ressuage ou pas ; si la pâte gonfle fort ou pas (si le réseau de gluten est fort). Le ressuage peut amener à ce que la pâte soit sensible au déchirement mais Fazia sait pas expliquer pourquoi.

Première reprise avec des rabats

La première reprise avec des rabats se déroule comme suit : la pâte est mise sur le plan de travail enfariné et aplatie en un rectangle de 1/2cm d'épaisseur. Un peu de farine est mise sur le pourtour et au-dessus en poussant avec ses mains sur le dessus de la pâte (voir Figure 20). La pâte est pliée en deux (ce qui équivaut à un rabat) puis enfariné sur le dessus. Les rabats donnent du corps et de la force à la pâte. Il permet d'incorporer de l'air et ainsi activer le réseau de gluten mais pas trop, pour ne pas déchirer la pâte quand elle va gonfler sous de la fermentation. En faisant les



Figure 20: Fazia incorpore la farine en tapotant à la surface

rabats, la pâte peut être tirée vers le haut pour renforcer le réseau de gluten (lui donner de la force) (voir Figure 21). Si la pâte est tirée trop fort ou trop souvent, la pâte dit à Fazia en se déchirant : « *arrête, arrête* »



Figure 21: Fazia tire et plie en deux la pâte

Minimum 2 rabats sont effectués. Il pourrait y avoir un 3^{ième} rabat ou un 4^{ième}. Fazia sent si la pâte a de la force. Si elle n'est pas sujette au

déchirement, elle décide alors de rajouter des rabats. On arrête de rajouter de la farine quand on sent qu'en tapotant, la farine ne rentre plus, donc c'est au toucher.

Fazia brosse alors l'excès de farine avec une brosse douce (type balayette). Si certains endroits sont encore collants, de la farine est ajoutée dessus. Cela indique de manière générale que la pâte peut encore absorber un peu de farine. A la fin de la manipulation, une boule est formée et remise dans un bol.

Deuxième fermentation

Il faut un temps de pose d'environ 1h. Ce temps varie en fonction de la température car la fermentation est plus rapide quand il fait plus chaud.

Pendant la fermentation, la pâte gonfle : Fazia dit (le 23 janvier 2023) : « *Après la fermentation, si on vient tapoter la pâte et qu'elle fait glouglouglou, c'est que la fermentation se passe bien. C'est une autre manière de mesurer* »

2^{ème} reprise avec des rabats

Fazia reprend la pâte et effectue une deuxième série de rabats. La seconde série de rabats consiste à plier la pâte en 2 (1 à 2 fois) et vérifier si la fermentation a bien pris. Après cette manipulation, il est préférable de mettre la pâte dans un petit bol pour la serrer, pour soutenir la pâte, comme ça le réseau de gluten est soutenu. La pâte ne va pas avoir tendance à s'étaler.

Troisième fermentation

Cette troisième fermentation dure environ 30 minutes. Ce temps de fermentation n'est pas indispensable. Fazia passe parfois directement à la phase suivante si elle estime que la fermentation est déjà suffisante.

Division et façonnage

La pâte est pesée dans son ensemble, pour vérifier le nombre de pains qui seront fabriqués. Elle est divisée en autant de pâton que de pains. La division se fait à l'œil et les pâtons sont pesés pour vérification. La pâte est légèrement travaillée sous forme de petits rabats, ce qui équivaut au façonnage. Fazia fait une boule de chaque pâton et les met dans un panier. Plus le panier est petit, plus la pâte est soutenue et mieux c'est.



Figure 22: les pâtes sont mises dans des paniers pour l'apprêt

L'apprêt

La fermentation dite l'apprêt (temps de levé dans les paniers) dure environ 1.5h (cela dépend de la température ambiante). Pendant l'expérimentation, les pains sont restés 2h environs dans les paniers. Pour savoir si les pâtons ont assez fermenté, on pousse avec ses doigts sur la pâte : « *quand ça reste imprimé, ça me dit que ça doit fermenter encore un peu* », nous dit Fazia (le 23 janvier 2023).

Selon Fazia, il y a un pic de fermentation. Après ce pic la pâte va s'affaisser. Il faut donc surveiller ce pic. Ce n'est pas juste une question de laps de temps, mais ça dépend aussi de la température ambiante et de la variété de céréales. Le boulanger doit se fier à son œil expert.

Mise au four

L'enfournement se fait environ après 6h de panification (entre le frasage et la mise au four). Si on



Figure 23: retournement des pâtes sur la feuille de cuisson

attend trop, la fermentation risque d'être trop longue et réseau de gluten se liquéfier. On risque alors d'avoir des galettes à la place de pains.

Avant d'enfourner, les pâtes sont sorties et placées sur une plaque en bois sur laquelle est posée une feuille cuisson. Cette manipulation

doit être relativement rapide pour éviter que les pains démoulés ne s'affaissent sur la plaque.

La feuille cuisson et les pains sont glissés dans le four, composé de pierres chauffantes. Fazia asperge un peu d'eau dans le four pour humidifier les parois.

Cuisson

A l'enfournement, le four doit être à 250°C et après 10min, on le baisse à 230°C (Figure 24) . Cette température est gardée jusqu'à la fin de la cuisson d'une totale de 30min environs. La cuisson est terminée quand le pain sonne creux, quand on toque sur la face inférieure.

Ils sont ensuite rangés sur un râtelier pour refroidir (Figure 25)



Figure 25: les pains refroidissent sur le râtelier



Figure 24: Pains en cours de cuisson

4.9.4 Dégustation

4.9.4.1 Napping®

La dégustation s'est déroulée le 24 janvier à 15h dans le hall de Be Here, lieu d'accueil pour des entreprises à économie sociale et durable, qui héberge l'atelier de Fazia. De longues tables ont été installées et des grandes feuilles blanches, taille A1, ont été placées sur celles-ci. Les annotations pour les différents tests y sont déjà indiquées.

Le panel de dégustateurs étaient variés mais tous initiés aux problématiques de la réintroduction des variétés de céréales anciennes, cultivables en agriculture biologique : 3 personnes du laboratoire d'Agroécologie de l'ULB, 3 boulangers artisanaux, 1 généticienne Dominique Mingeot, gérante des CCP d'épeautre au CRA-W, 1 représentant du laboratoire de technologie et de tri des céréales au sein du CRA-W et le responsable céréales de la Brasserie Drie Fontainen.

La dégustation a duré environ 1h. Les dégustateurs avaient la possibilité de goûter les pains à volonté. Les morceaux étaient relativement petits, pour que la dégustation ne soit pas trop nourrissante. Les morceaux étaient coupés à la demande et étaient composés chacun de mie et de croûte.

Cette dégustation a permis notamment des échanges entre les personnes présentes sur les habitudes et pratiques de chacun.

4.9.4.2 Traitement des données

Après la dégustation, les données des 9 dégustateurs ont été évalué pour les 9 pains pour découvrir si certains pains se démarquaient des autres au goût, à la texture et à l'acidité.

Deux types d'analyse ont été effectués :

- Des analyses graphiques à l'aide de boîtes à moustache (avec Excel)
- Des analyses statistiques avec la méthode de Kruskal Wallis (calcul effectué avec Excel).

Boîtes à moustache

Les boîtes à moustache sont employées pour analyser les résultats avec clarté, car permettent d'afficher 6 valeurs issues des résultats des différents dégustateurs obtenus pour chaque variété en 1 élément (voir Figure 26) :

- Le minimum se trouvant à l'extrémité de la jambe inférieur
- Le premier quartile se trouvant en face inférieure de la boîte
- La valeur **médiane** : trait traversant la boîte
- La croix correspond à la moyenne
- Le 3^{ième} quartile : face supérieure de la boîte
- La valeur maximale : se trouvant à l'extrémité supérieure de la jambe

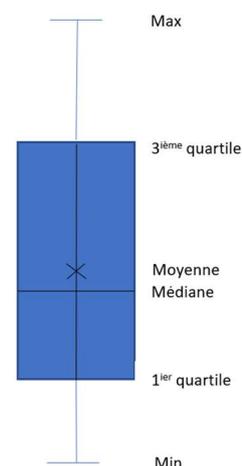


Figure 26: Boîte à moustache : spécifications

La médiane est une valeur qui sépare la moitié inférieure et la moitié supérieure des données d'une série statistique quantitative (Wikipedia - la médiane, 2023).

Les quartiles sont les 3 valeurs qui partagent les données en 4 parts égales : le premier sépare les 25% inférieur des données ; le troisième sépare les 75% inférieur des données (Wikipedia - Le Quartile, 2022).

Sur les graphiques présentant les résultats, les boîtes sont positionnées de gauche à droite en fonction de la valeur de la **médiane** des résultats pour chaque variété : la boîte dont la médiane est la plus élevée à gauche et les plus bas (à droite). La médiane est choisie comme valeur plutôt que la moyenne car elle partage les valeurs des résultats en deux parts égales plutôt que de considérer le nombre de

valeurs, donc la distribution des valeurs. Elle est également le paramètre de la population choisi par le test de Kruskal-Wallis.

Les médianes des boîtes à moustache et l'étendue des résultats vont être observés pour pouvoir comparer les résultats des cotations données par les différents dégustateurs, sur le goût, la texture et l'acidité des différentes variétés.

Kruskal Wallis

Le choix a été fait d'employer une étude statistique non paramétrique car la distribution des variables employées pour le test n'est pas connue, soit la distribution des cotations des dégustateurs. Chaque dégustateur a sa logique de juger les variétés. Les valeurs des cotations des dégustateurs sont donc incertaines, il est préférable dès lors de partir sur une méthode qui emploie le rang (le classement des valeurs l'une par rapport à l'autre) plutôt que la valeur elle-même.

Kruskal-Wallis est une étude statistique non paramétrique qui teste des échantillons indépendants. Elle est utilisée pour tester si les médianes des valeurs (les valeurs étant ici les cotations de chaque dégustateur, celles-ci par variété) de k populations (avec $k = 9$ pour ce cas-ci = nombre de variétés) trouvent leur origine dans une distribution relativement similaire. Cette méthode ayant une population supérieure à 2, nous partons sur celle-ci plutôt que sur la méthode de Mann-Whitney qui considère le cas de 2 échantillons indépendants (Desgraupes, 2019).

Pour chaque valeur, un rang est attribué. Si des valeurs sont similaires, la moyenne des rangs est calculée pour ces valeurs. La moyenne des rangs est ensuite employée comme valeur du rang. Par exemple si 3 dégustateurs ont donné une appréciation valant 90% pour le goût à 3 variétés différentes et que les rangs de ces 3 valeurs valent 75, 76 et 77 ; la moyenne des rangs de ces 3 valeurs équivalentes sera 76. Cette valeur 76 sera dès lors attribuée comme rangs à ces 3 valeurs, comme le montre le Tableau 8 :

Nr de la variété	Cotation pour le goût	Rang initial du calcul	Rang final du calcul
Variété 5	90% donné par dégustateur 1	75	76
Variété 3	90% donné par dégustateur 7	76	76
Variété 1	90% donné par dégustateur 9	77	76

Tableau 8: illustration du calcul du rangs pour des cotations similaires

La somme des rangs pour chaque population (ici chaque variété) est calculée, ainsi que sa moyenne (mean rank sum in group i) = somme des rangs divisé par le nombre de rangs (soit 9 car 9 dégustateurs).

La valeur H est ensuite calculée (Datatab _kruskal wallis, n.d.):

$$H = \frac{n-1}{n} \cdot \sum_{i=1}^k \frac{n_i \cdot (\bar{R}_i - E_R)^2}{\sigma^2}$$

Total sample size
Number of cases in group i
Mean rank sum in group i
Expected value of the rankings
Rank variance

Avec

$$\sigma^2 = \frac{n^2 - 1}{12}$$

Total sample size
Rank variance

$$E_R = \frac{n+1}{2}$$

Total sample size
Expected value of the rankings

Où n = nombre de données = 81 = 9 variétés x 9 dégustateurs.

$$E_R = (81+1) / 2 = 41$$

$$\alpha^2 = (81^2-1)/12 = 546.7$$

Tableau de distribution du chi-deux

Significance level Alpha	0.995	0.975	0.2	0.1	0.05	0.025	0.02	0.0
Degrés de liberté								
1	0	0.001	1.642	2.706	3.841	5.024	5.412	6.6
2	0.01	0.051	3.219	4.605	5.991	7.378	7.824	9.2
3	0.072	0.216	4.642	6.251	7.815	9.348	9.837	11.
4	0.207	0.484	5.989	7.779	9.488	11.143	11.668	13.
5	0.412	0.831	7.289	9.236	11.07	12.833	13.388	15.
6	0.676	1.237	8.558	10.645	12.592	14.449	15.033	16.
7	0.989	1.69	9.803	12.017	14.067	16.013	16.622	18.
8	1.344	2.18	11.03	13.362	15.507	17.535	18.168	20.
9	1.735	2.7	12.242	14.684	16.919	19.023	19.679	21.
10	2.156	3.247	13.442	15.987	18.307	20.483	21.161	23.

Un risque de 5% est considéré pour ce test étant la valeur conseillée pour les différentes références consultées à ce sujet. Elle représente le risque qu'une différence existe entre la valeur réelle et la valeur considérée.

Le degré de liberté = (9 = nbre population = nombre de variété) - 1) = 8

La valeur de H est ensuite calculée et comparée avec la valeur trouvée dans le tableau du chi-deux pour le risque et le degré de liberté considéré ; soit avec la valeur **15,507** (valeur entourée dans le Tableau 9).

Tableau 9: Tableau de distribution du Khi-deux - Reproduit depuis (Datatab _chi-deux, n,d)

L'hypothèse nulle testée est que les médianes des valeurs des k populations n'ont pas de différences significatives. Si la valeur de H est inférieure à la valeur du tableau du chi-deux, l'hypothèse nulle est respectée, soit il n'y a pas de différences significatives entre les médianes des valeurs testées.

4.10 Contribution personnelle au déroulement de la méthodologie

Avant les expérimentations, j'ai récupéré les grains des variétés et je les ai anonymisé. J'ai voulu donné les numéros des variétés de manière à les répartir pour que deux variétés ayant les mêmes caractéristiques ne soient pas l'une après l'autre dans l'ordre de mouture ou de panification. Il fallait que Fazia puisse bien les distinguer les unes des autres. Ceci a été décidé de manière très théorique, sur base des résultats des analyses faite au CRA-W en 2022.

J'ai eu la chance pendant 4 jours de pouvoir m'immerger dans la vie d'une boulangère artisanale très engagée, qu'est Fazia. Etant presque en constance avec elle, nous avons pu discuter de ses motivations

à travailler comme boulangère artisanale. J'ai perçu également l'importance de l'engagement des paysans à suivre leur éthique. Fazia travaille avec Marc Van Overschelde de la Ferme du Hayon, qui cultive les céréales qu'elle panifie. Ils sont tous deux actifs dans la culture de ces céréales, qu'ils observent, chérissent et soignent d'années en années. Ils réfléchissent ensemble à améliorer la qualité de leur travail surtout sur le plan nutritionnel. Ils sont engagés dans une vraie mission de vie au profit de l'amélioration de l'alimentation.

Mon intervention pendant les expérimentations a été d'observer les pratiques, de les comprendre, de noter mes observations, de filmer, de photographier et d'enregistrer certains moments clés.

Lors de la mouture, j'ai assisté Fazia dans le processus en l'aidant dans les manipulations. J'ai observé avec elle les farines des 9 variétés, les paillettes de gros son et le petit son de chacune d'elles. Au fil des discussions et des observations, j'ai pu progressivement mieux cibler et intégrer comment observer les différences. J'ai pesé les farines, les petits et gros sons. J'ai ensaché ces derniers et classifié les variétés pour éviter qu'elles ne soient confondues ou mélangées pendant le trajet entre le moulin et l'atelier de boulangerie. Plus tard, j'ai pu retranscrire mes observations générales et celles par variétés et les compiler dans des fiches (voir Annexe 2).

Lors de la panification, j'ai observé toutes les manipulations de Fazia. J'eus la chance de recevoir beaucoup d'informations afin d'affiner ma compréhension de la pratique de sa panification et poser toutes mes questions. J'ai dû également comprendre comment remplir la grille d'appréciation ainsi que les différents caractéristiques reprises dans cette grille, celles-ci devant être évaluées tout au long de la panification. En fonction de ce que me disait Fazia, je devais apposer l'appréciation adéquate à chaque caractéristique, pour chaque variété et noter correctement ce qui justifiait la cotation. Cela m'a permis de comprendre et de prendre des notes sur le comportement des différentes pâtes. J'ai filmé et enregistré les explications et photographié les gestes de Fazia. J'ai vu et entendu comment elle différenciait les variétés. J'ai ensuite retranscrit toutes ces informations dans les fiches établies par variétés (voir Annexe 2). J'ai retranscrit également les interviews, utiles pour la rédaction de mon rapport. J'ai retravaillé les grilles d'appréciation après les expérimentations et retranscris la définition des caractéristiques de la grille pour faire un guide d'utilisation afin de proposer une nouvelle version de la grille, adaptée aux pratiques manuelles de Fazia.

J'ai choisi les dégustateurs en collaboration avec ma promotrice de mémoire et Fazia. J'ai également invité un boulanger que personne ne connaissait et que j'avais rencontré par l'intermédiaire d'amis impliqués dans son projet.

J'ai préparé la dégustation en collaboration avec Fazia. Nous avons discuté des critères à proposer aux dégustateurs pour classer les pains. J'ai préparé aussi les feuilles A1 sur lequel le Napping® a été effectué, pour les différents dégustateurs : j'ai choisi la disposition des cadrans et réfléchi à la

logique du déroulement de l'activité. Lors de la dégustation, j'ai expliqué le processus et guidé les dégustateurs pour les aider à la bonne compréhension de la procédure.

J'ai interviewé Bruno Godin, ce qui m'a permis de mieux comprendre comment interpréter les résultats des analyses faites au CRA-W sur les 9 variétés. J'ai pu aussi voir avec lui les différences qui apparaissent dans les caractéristiques entre les farines après mouture sur cylindre et mouture sur meule de pierre. J'ai pu également percevoir la manière de travailler de Bruno, comment il aborde les filières céréales panifiables (industrielles et artisanales). J'ai ensuite retranscrit l'interview et en ai extrait les éléments qui apportent une plus-value à mon travail.

5. Résultats

5.1. Critères de qualité boulangère pour l'évaluation de l'expérimentation

Le §2.1.1 décrit les différentes valeurs de critères utilisées pour définir la qualité boulangère des céréales. Le premier tableau établi dans le dossier de Requasud propose en 2003 les valeurs limites acceptables pour des pains industriels (Oger, R. et al., 2003):

<u>Critère de qualité boulangère</u>	<u>Valeurs limites</u>
Teneur en protéines (% de matière sèche)	≥ 11.5
W : force boulangère (unité : (10^{-4}) Joule)	≥ 220
P/L = élasticité = (ténacité (mmH ₂ O) / extensibilité (mm))	Entre 0,3 et 0,7
Temps de chute d'Hagberg (seconde)	≥ 220

Tableau 10: critères de qualité de la meunerie belge pour la boulangerie industrielle – production de pains (Oger, R. et al., 2003).

D'autres valeurs sont proposées par le CRA-W pour les pains bio industriels belges

<u>Critère de qualité boulangère</u>	<u>Valeurs limites</u>	<u>Aptitude à la panification</u>
W : force boulangère (unité : (10^{-4}) Joule)	W < 150	Mauvaise qualité panifiable
	$150 \leq W < 200$	Médiocre qualité panifiable
	$200 \leq W < 250$	Bonne qualité panifiable
	W ≥ 250	Très bonne qualité panifiable
P/L = élasticité = (ténacité (mmH ₂ O) / extensibilité (mm))	$0,8 < P/L < 1,2$	Bonne valeur panifiable
L : extensibilité en mm	L < 75	Peu extensible
	$75 \leq L < 110$	Bonne valeur panifiable
	L ≥ 110	Pâte collante

Tableau 11 : critères de la boulangerie biologique industrielle belge – valeurs actuels employées par le CRA-W

Le CRA-W nous a fourni également des valeurs limites valables avant 1960 pour les variétés anciennes de froment (l'origine des critères n'a pas été spécifiée):

Critère de qualité boulangère	Valeurs limites	Aptitude à la panification
W : force boulangère (unité : (10 ⁻⁴) Joule)	W < 50	Qualité panifiable mauvaise
	50 ≤ W < 75	Qualité panifiable médiocre
	75 ≤ W < 100	Qualité panifiable bonne
	W ≥ 100	Qualité panifiable très bonne

Tableau 12: Critères de panification des anciennes variétés de froment avant 1960, reçu du CRA-W

Bruno Godin conseillé des meuniers, négociants et boulangers sur le choix de variétés explique, lors de la restitution des résultats le 16 juin 2023, qu'il ne regarde pas qu'une caractéristique définissant la qualité boulangère mais les caractéristiques dans leur ensemble. Le but de son analyse est de regrouper les variétés en fonction de caractéristiques similaires. Il prodigue un conseil sur l'approche à avoir pour chaque groupe de variétés. Il adapte son analyse aux acteurs concernés : il ne conseille pas de la même manière un acteur du secteur industriel ou artisanal. Il dit : « *Il faut faire des méthodes d'analyse multivariées, comme les analyses en composantes principales. On peut mettre toutes les variétés et on peut regrouper les variétés selon leurs caractéristiques car si on regarde critères par critères, on met des feux rouges* ».

Si nous comparons la qualité boulangère des différentes variétés de nos expérimentations en fonction des critères industriels définies comme limites pour les pains bio

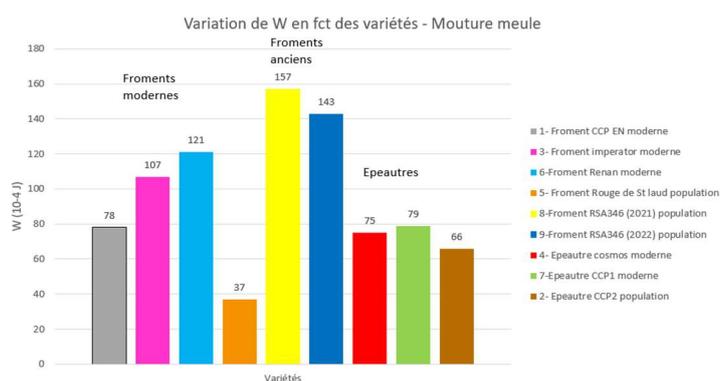


Figure 27: Vision globale des valeurs de W

industriels : (voir Tableau 11), toutes les variétés ont des valeurs de W considérées comme ayant aptitude à la panification médiocre ou mauvaise car inférieures à 200 10⁻⁴J. Les variétés seraient toutes disqualifiées, le W le plus élevé étant de 157 10⁻⁴J (voir Figure 27). Un meunier ou un négociant ne voudrait pas acheter ces céréales pour les transformer et les revendre à la boulangerie industrielle bio ; et cela même pour les variétés modernes. Si dans une démarche de méthode d'analyse multivarié, nous étendons les valeurs limites des critères le plus largement possible étant donné les valeurs de W faibles, les critères pourraient s'aligner sur ceux de la panification artisanale d'avant 1960 définies au Tableau 12, qui propose des valeurs limites de W plus basses.

Pour les P/L et L, considérons les limites définies pour les pains bio au Tableau 11 combinées avec les valeurs du Tableau 10. Ce choix est fait faute d'avoir d'autres indications plus étendues à des variétés panifiées manuellement. Les taux de protéines et le temps de chute d'Hagberg minimales peuvent être pris dans le Tableau 10.

Donc en résumé, considérons pour juger la qualité boulangère de nos 9 variétés, les critères seraient :

<p>Taux de protéines $\geq 11,5\%$ $W < 50$: mauvaise qualité panifiable $50 \leq W < 75$: qualité panifiable médiocre $75 \leq W < 100$: Bonne qualité panifiable $W \geq 100$: Très bonne qualité panifiable</p>	<p>$0,3 < P/L < 1,2$: valeur panifiable acceptable $L < 75$: Peu extensible $75 < L < 110$ Bonne valeur panifiable $L > 110$: Pâte collante Temps de chute d'Hagberg ≥ 220 sec</p>
--	---

5.2. Comparaison des variétés

Nous allons observer dans ce chapitre les valeurs des analyses faites au CRA-W sur les farines après mouture par le moulin sur cylindre du laboratoire (analyses de 2022) et sur les farines après mouture sur meule de pierre de la ferme du Hayon (analyses de 2023). Le tableau reprenant toutes les valeurs discutées ci-dessous, ainsi que les figures en plus grand format, se retrouvent en Annexe 1

Taux de protéines

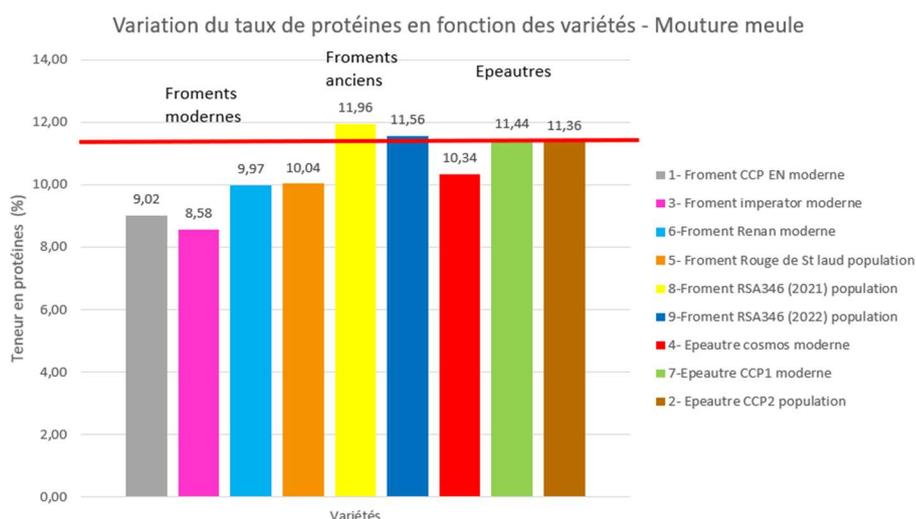


Figure 28: Variation de la teneur en protéines en fonction de la variété - mouture meule de pierre

Le taux de protéines des différentes variétés tourne autour de la valeur limite de 11,5% ou sont inférieures (voir Figure 28). Ceux-ci sont bas par rapport aux critères de l'industrie, sans doute parce que les variétés ont été cultivées sans fertilisants de synthèse. Les 3 variétés modernes de froment : CCPEN, Imperator et Renan sont tous les 3 inférieurs à 10% donc un peu plus bas que les autres variétés. Le type de mouture ne fait pas varier le taux de protéine de manière significative, il le fait parfois diminuer et parfois augmenter en fonction des variétés (valeurs disponibles en Annexe 1).

Temps de chute d'Hagberg

Le temps de chute d'Hargberg présente des valeurs supérieures à 220 secondes (valeur limite définie au Tableau 10) pour toutes les variétés sauf pour la variété Redon Sixt/Aff 346 de froment récolté en 2021 (nr 8) dans des conditions humides (voir Figure 30). Sa valeur est de 82 secondes pour la farine après mouture sur cylindre et de 122 pour la farine après mouture sur meule de pierre. La mouture sur meule de pierre augmente donc sa valeur du temps de chute d'Hagberg de 49% mais reste toujours fort inférieure à la limite définie pour la boulangerie industrielle (voir Figure 30). Nous le verrons à travers les différentes analyses,



Figure 29: Pains même variété, 2021 & 2022

cette variété a gagné en qualité grâce à la mouture sur meule de pierre. La pâte de cette variété, lors de la panification, était peu collante et se déchirait vite, selon le ressenti de Fazia, ce qui n'était pas le cas de la même variété récoltée en 2022. Le pain obtenu avait une consistance à celle du pain de la même variété de 2022, dont le temps de chute d'Hagberg était bon. La couleur et le volume était également similaire (voir Figure 29). Par la pratique des rabats et des manipulations douces et limitées de la pâte, Fazia a pu faire un pain sans lacunes apparentes. La sensibilité remarquée lors de la panification ne correspond cependant pas à ce qui est annoncé dans la littérature pour un temps de chute d'Hagberg insuffisant c'est à dire une fermentation excessive et une pâte très collante en cas d'activité amylasique trop importante (Buche, 2011).

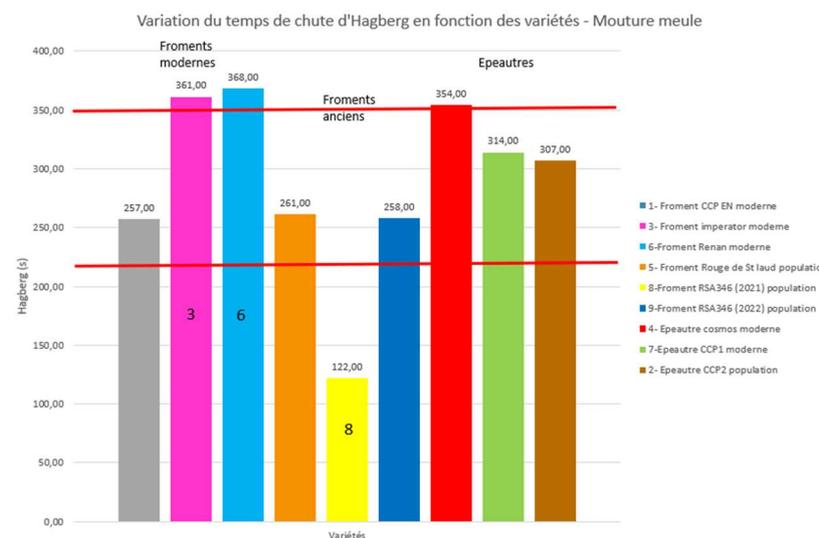


Figure 30: Variation du temps de chute d'Hagberg en fonction des variétés - mouture sur meule de pierre

Les variétés Renan et Imperator montrent des valeurs de chute d'Hagberg supérieures à 350 sec, ce qui, en théorie, les rend plus compliquées à panifier du fait de la faible activité amylasique. La conséquence annoncée par la littérature est une fermentation insuffisante (Mercier & Colas, 1967). Dans la pratique, les farines sont senties rêches à l'impression au toucher mais Fazia n'a pas remarqué

de problème de fermentation et les pains issus de ces variétés avaient un volume équivalent aux autres (voir variétés 3 et 6 sur la Figure 31). Nous remarquons sur la Figure 31 que les pains 8 et 9 sont plus hauts. L'apprêt de ces pains a été fait dans un panier ovale au lieu d'un panier rond.

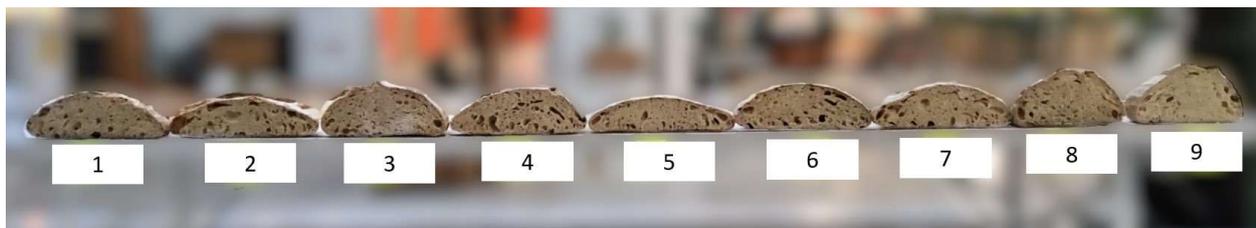


Figure 31: Photo des pains lors de la dégustation

Taux de cendres et valeur de l'extensibilité L

Nom variété / année récolte		Cendre meule/ cendre cylindre	L mouture meule / L mouture cylindre
1- Froment CCP EN moderne	2022	1,66	0,84
3- Froment imperator moderne	2022	1,59	0,78
6-Froment Renan moderne	2022	1,70	0,65
4- Epeautre cosmos moderne	2022	1,50	0,81
7-Epeautre CCP1 moderne	2022	1,40	0,59
2- Epeautre CCP2 moderne	2022	1,63	0,77
8-Froment RSA346 (2021) ancienne	2021	1,46	1,01
9-Froment RSA346 (2022) ancienne	2022	1,20	0,85
5- Froment Rouge de St Laud ancienne	2022	1,39	0,74

Tableau 13: Comparaison taux de cendre et valeurs de l'extensibilité L

Le Tableau 13 montre l'augmentation du taux de cendres pour toutes les variétés à la suite de la mouture sur meule de pierre par rapport à la mouture sur cylindre. Ceci confirme que la part de son dans la farine (quantité de résidus d'enveloppes du grain), augmente dans la farine grâce à la mouture sur meule de pierre.

Le Tableau 13 montre également une diminution généralisée de la valeur de l'extensibilité L pour toutes les variétés dans le cas de la mouture sur meule de pierre par rapport à la mouture sur cylindre. La farine issue du moulin sur meule de pierre ayant un taux de cendres supérieur à celle de la mouture sur cylindre, elle perd pour cette raison également un peu d'extensibilité (Cappelli Alessio et al., 2020). L'extensibilité L de la variété de froment Renan (nr 6) et de la variété d'épeautre CCP1 (nr 7) a cependant fortement diminué entre la mouture meule sur pierre et celle de la mouture sur cylindre (voir Tableau 13).

Nous voyons également à la Figure 32, une valeur très basse de l'extensibilité L pour la variété Imperator (nr 3 en rose). Elle est nettement inférieure à la valeur limite de 75mm, du Tableau 11 qui définit la pâte comme peu extensible. Cette faiblesse se retrouve dans le ressenti de Fazia lors de la panification : elle dit que la pâte se déchire vite.

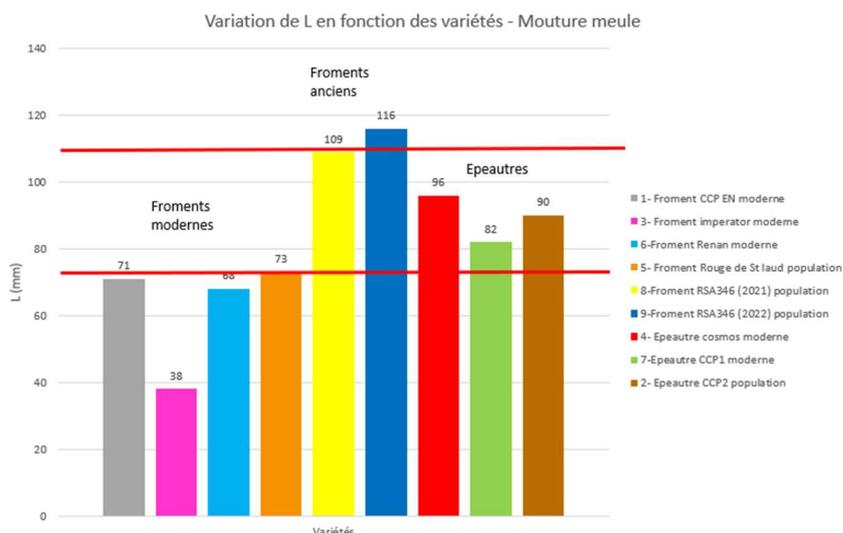


Figure 32: valeurs de L pour les différentes variétés - mouture meule

Selon Bruno Godin, les variétés de blé « hard » avec un grain plus dur, ne réagissent pas bien à la mouture sur meule de pierre : « Typiquement ce sont les grains les plus durs qui vont avoir le plus d'amidons endommagés, soit ici Renan et Imperator. Il ne faut pas leur conseiller la mouture meule. Le L se raccourcit plus que pour les autres variétés... ». Ceci est confirmé par la Figure 32, les 3 variétés modernes ont un L inférieur à la valeur limite.

Pour la variété Redon Sixt/Aff 346, la valeur de L diminue peu ou pas (pour le lot récolté en 2021): « Redon réagit très bien à la mouture meule car elle ne perd pratiquement pas de L, c'est un grain tendre. Idem pour les épeautres » explique Bruno Godin le 16 juin 2023. Bruno explique donc que les variétés avec un grain tendre ont bien réagi à la mouture meule sur pierre.

Valeurs de W et P/L

Nom variété / année récolte		W meule / W cylindre	P/L meule / P/L cylindre
1- Froment CCP EN moderne	2022	0,61	1,06
3- Froment imperator moderne	2022	0,75	1,29
6-Froment Renan moderne	2022	0,52	1,32
4- Epeautre cosmos moderne	2022	1,15	2,17
2- Epeautre CCP2 anciennes	2022	0,99	1,86
7-Epeautre CCP1 modernes	2022	0,91	2,60
8-Froment RSA346 (2021) ancienne	2021	1,12	1,25
9-Froment RSA346 (2022) ancienne	2022	1,19	1,81
5- Froment Rouge de St Laud ancienne	2022	1,12	1,94

Tableau 14: Comparaison W et P/L des moutures meule et cylindre

Les valeurs de W des 3 variétés modernes de froment diminuent significativement avec la mouture sur meule de pierre en comparaison avec la mouture cylindre (voir Tableau 14). Cela confirme que la mouture sur meule de pierre n'est pas favorable pour ces variétés modernes, qui ont ce caractère « hard ». Les valeurs de la ténacité P diminuent un peu ou reste équivalentes (voir Annexe 1) et L diminuant fort, la valeur de P/L n'augmente pas beaucoup pour ces 3 variétés.

Les variétés d'épeautre et les variétés anciennes gardent ou augmentent leur valeur de W. La valeur la plus élevée de W est celle de Redon Sixt/Aff 346 récolé en 2021 (voir figure Figure 33), celle qui a une valeur du temps de chute d'Hagberg sous les valeurs acceptables.

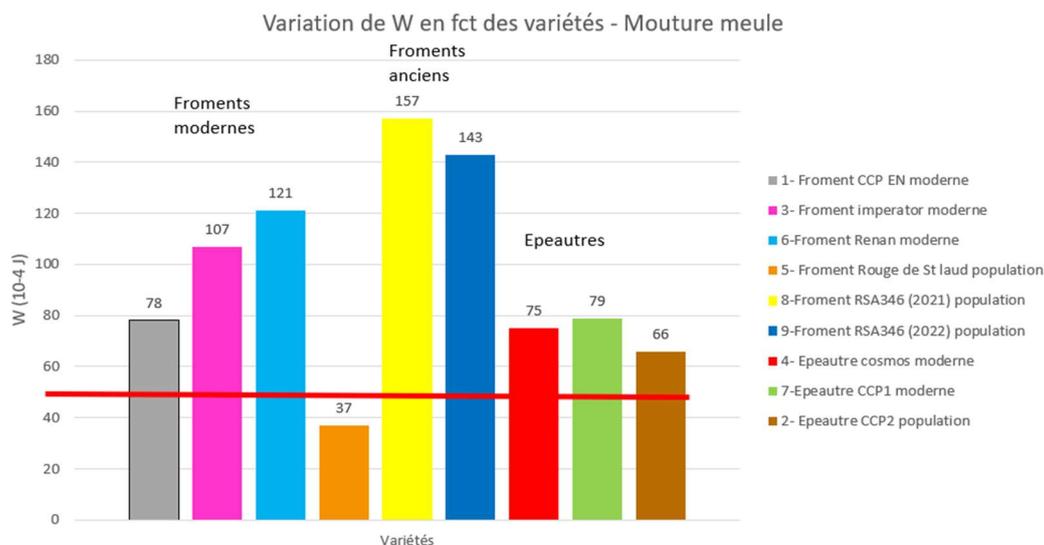


Figure 33: Valeurs de W pour les différentes variétés - meule de pierre

Les valeurs de P/L des variétés d'épeautre et les variétés anciennes augmentent de manière variables (peu ou beaucoup) selon que le P augmente fort ou pas. Elles restent dans l'intervalle acceptable de valeurs définies au Tableau 11.

La Figure 33 montre également que les valeurs de W pour la variété d'épeautre CCP2 (nr 2 en brun) et la variété de froment Rouge de St Laud (nr 5 en orange) sont basses. Selon les critères définis au Tableau 12, la CCP2 a une qualité panifiable médiocre et le Rouge de St Laud a une mauvaise qualité panifiable. Fazia le remarque également lors de la panification car les pâtes sont collantes et ont une mauvaise tenue (elles s'affaissent). Les pains de ces variétés étaient plus plats que les autres pains (voir Figure 34).

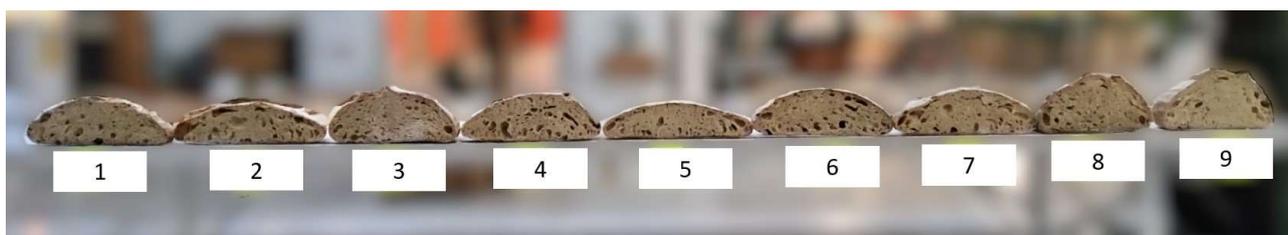


Figure 34: Photo des pains des 9 variétés

Bruno dit du Rouge de St Laud le 16 juin 2023: « *lui c'est vraiment très mauvais, il est exécration. Même en artisanale, je dirais : tu as autre chose à faire de ta vie que de panifier ça. Ne perd pas ton temps à panifier ça, si tu as une variété un peu meilleure à cultiver et qui donne les mêmes rendements, c'est mieux de le choisir. En dessous de 50 [valeur du W] faut oublier* ».

Fazia a porté un intérêt à cette variété Rouge de St Laud. Après avoir dévoilé les noms des variétés, elle m'a dit être intéressée de refaire des tests sur cette variété car c'est une variété colorée qui pourrait présenter un avantage nutritionnel. Les faiblesses rencontrées en panification ne semblent pas l'arrêter à vouloir renouveler l'expérience avec cette variété.

La Figure 35 montre que les valeurs de P/L sont dans les valeurs acceptables, sauf la variété Imperator dont la valeur est nettement supérieure à la limite définie au Tableau 11. Ceci est dû au fait que la valeur de L de cette variété est très basse.

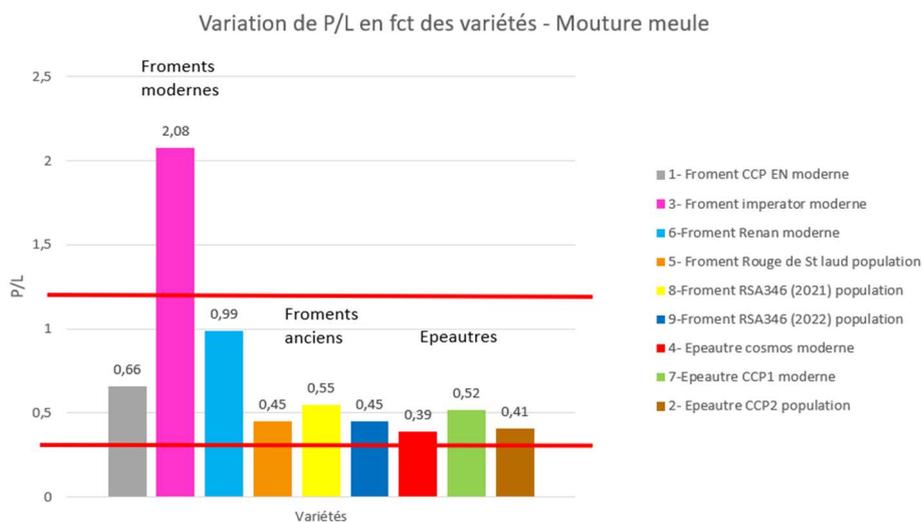


Figure 35: Valeurs de P/L des différentes variétés - mouture meule

5.3. Grille d'appréciation – classement des variétés lors de la panification

Comme expliqué dans la méthodologie au § 4.3.3, les expérimentations se sont déroulées en essayant de capter, à différentes étapes de la panification, les appréciations que Fazia a eues, sur les propriétés de la pâte.

Les expérimentations ont été effectuées avec la grille proposée par Florian Baijot [Baijot, 2021] lors de son mémoire. Sur base de cette grille, différentes fiches ont été établies pour chaque variété (voir grille des expérimentations en Annexe 2). La grille ne reflétant que partiellement la pratique de Fazia, une nouvelle grille adaptée est proposée dans ce travail ainsi qu'un document descriptif (voir Annexe 3). Les fiches ont alors été mises à jour sur base de la nouvelle grille (voir Annexe 4)

5.3.1. Observations qui ont mené à la nouvelle grille d'appréciation

Mes réflexions en employant la grille de Florian Bajiot (Bajiot Florian, 2021) m'ont menée à une nouvelle grille qui reflète plus la pratique de Fazia.

Les différences significatives sont :

- La grille du travail de Florian Bajiot considère l'étape du pétrissage, alors que la pratique de Fazia ne l'inclut pas. Fazia remplace ce pétrissage par 2 phases de reprise de la pâte avec des rabats.
- Le relevé des températures pendant l'essai et les quantités des ingrédients ne sont pas notés dans la grille du travail de Florian Bajiot. Ils ont été ajoutés dans la nouvelle grille pour informer sur les conditions dans lesquelles la panification a été effectuée. Ces informations permettent également de vérifier après l'expérimentation, si une erreur n'a pas été commise sur les températures ou la quantité d'ingrédients. Les quantités employées de farine dans la pâte reflètent par exemple l'humidité ou la sécheresse, comme expliqué au §4.9.3. Avoir ces informations permet de trouver aussi des corrélations entre ce qui est observé pendant la panification et les résultats des analyses faites sur les différentes variétés au CRA-W.
- Pendant les phases de fermentation, la grille de Florian Bajiot invitait à faire certaines observations. La nouvelle grille propose plutôt de ne faire qu'une partie de celles-ci et de les faire avant la reprise de la pâte de la phase suivante : développement et suintement de la pâte. Faire ces observations pendant la fermentation représente beaucoup de travail, surtout quand plusieurs variétés doivent être panifiées en même temps.
- L'appréciation de la couleur ou du toucher de la farine dépend du boulanger. Un boulanger peut aimer panifier des variétés un peu rêches et jaunes alors que d'autres préfèrent panifier des farines humides et oranges. Les appréciations : insuffisante, normal ou excessif sont compliquées à définir. Dans la nouvelle grille, je me plie aux habitudes de Fazia pour noter ces appréciations.
- La mise en pratique de tests précis, comme spécifié par Roussel et Chiron et al (Roussel Philippe et al., 2010) est difficile à mettre en œuvre pour un boulanger qui panifie plusieurs variétés en même temps, ceci par manque de temps dans une expérimentation comme la nôtre. Les détails sur la façon de mesurer ne sont pas non plus assez précis dans le dossier de Roussel et Chiron et al pour être sûr de les exécuter correctement.
- Les critères d'appréciations intéressants lors des reprises par des rabats ou le façonnage des pâtons sont, selon mes observations : le collant de la pâte, la tenue, l'extensibilité et la fermeté. Ils s'intègrent facilement dans l'exercice de la grille d'appréciation car notables tout en travaillant la pâte.

La grille a été modifiée en grande partie tout au long de de l'expérimentation. Les appréciations intéressantes et mesurables ont, au fur et à mesure, été inscrite sur la grille.

5.3.2. Comparaison des variétés à l'aide de la nouvelle grille d'appréciation lors de la panification

Pour pouvoir comparer les variétés, Roussel et Chiron et al (Roussel Philippe et al., 2010) proposent d'attribuer aux appréciations de la grille, un cotation, comme décrit au Tableau 15 ci-dessous.

Insuffisant			Normal	Excessif		
---	--	-		+	++	+++
1	4	7	10	7	4	1

Tableau 15: Conversion des critères d'appréciation en cotations

Lorsque toutes les appréciations sont transformées en cotations pour chaque critère d'appréciation, celles-ci peuvent être additionnées pour obtenir un score final par variété. Ces sont ces scores finaux par variétés qui peuvent être comparés. Après avoir adapté la grille d'appréciation de Florian Bajot et enlevé les appréciations qui ne pouvaient pas être mesurées en pratiques à différentes étapes de la panification, j'ai repris les appréciations collectées pendant l'expérimentation pour les remettre, par variété dans la nouvelle grille et apposé une cotation comme explicité au *Tableau 15*. Le *Tableau 16* montre, à titre d'exemple, comment attribuer une cotation en fonction des appréciations, de la variété de froment CCPEN, pour les premières étapes de panification. Les tableaux complétés pour les différentes variétés peuvent se retrouver en Annexe 4 :

	Insuffisant			Neutre	Excessif			Cotation
	---	--	-		+	++	+++	
Avant le travail de la farine								
Couleur				x				10
Odeur				x				10
Impressions au toucher					x			7
Le frasage								
Vitesse d'hydratation					x			7
Collant de la pâte				x				10
Extensibilité			x					7
La tenue				x				10
L'expansion au four				x				10

Tableau 16: Illustration de la manière de calculer la cotation - CCPEN

Le calcul de la cotation finale se fait en additionnant toutes les cotations de la dernière colonne (voir *Tableau 16*).

Pour chaque variété, la somme des cotations montre les résultats suivants ordonnés par valeur score final dans le Tableau 17:

N° variété	Nom	Espèce	Type de variété	Année de récolte	Résultat grille
4	Cosmos	Epeautre	moderne	2022	251
9	Redon Sixt/Aff 346	Froment	ancienne	2022	248
7	CCP1	Epeautre	modernes	2022	236
6	Renan	Froment	moderne	2022	230
1	CCP EN	Froment	modernes	2022	230
8	Redon Sixt/Aff 346	Froment	ancienne	2021	224
2	CCP2	Epeautre	ancienne	2022	218
5	Rouge de St Laud	Froment	ancienne	2022	203
3	Imperator	Froment	ancienne	2022	191

Tableau 17: Classement des variétés en fonction des résultats des grilles d'appréciation.

Selon la grille d'appréciation, le classement est donc : **4, 9, 7, 6, 1, 8, 2, 5, 3**

Après la panification des 9 variétés, Fazia avait comme exercice de classier les variétés en fonction de la facilité qu'elle a eue à les panifier, uniquement basé sur son ressenti.

Le résultat est le suivant, de la variété la plus facile à la moins facile : **9, 4, 7, 1, 6, 2, 5, 8, 3.**

Le classement de Fazia et le résultat de la grille d'appréciation sont comparés en les remettant sur un graphique pour plus de clarté, voir Figure 36.

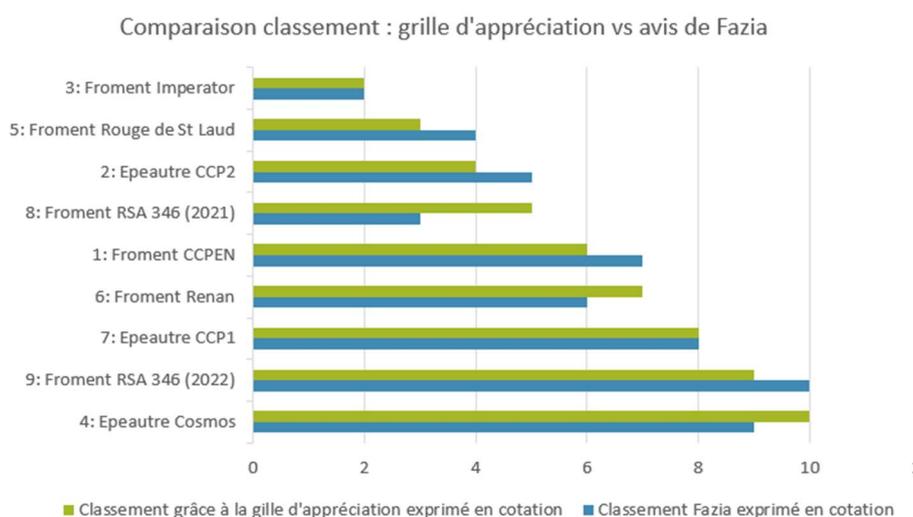


Figure 36: Panification - comparaison du classement des variétés par Fazia et la grille d'appréciation

Pour les mettre en parallèle, 10 points ont été attribués à la variété la plus facile à panifier pour Fazia, ainsi qu'à la variété la mieux classée selon la grille d'appréciation, 9 points à la seconde, etc.

Les variétés 4, 9 et 7 sont les mieux classées pour les deux classements et les variétés 5 et 3 se retrouvent dans le bas de ceux-ci. Il existe une légère disparité sur la variété 8 qui est classée par Fazia dans les moins faciles à panifier alors que la grille la place dans les variétés moyennement appréciées. Les cotations totales données par la grille d'appréciation ont des résultats très proches les unes des autres. Il suffit d'une appréciation qui change pour que les cotations totales se valent. Néanmoins ce classement de Fazia venait du fait que la pâte de cette variété se déchirait pas mal lors de la panification.

Cette comparaison montre que Fazia a senti les caractéristiques extrêmes et que la grille d'appréciation les a mis également en exergue. Le classement de Fazia suit la même logique que celui de la grille d'appréciation.

Le classement de Fazia ne suit par contre pas la logique de la valeur de la force boulangère W, qui représente la force du réseau de gluten. La Figure 37 montre que le classement : variété la mieux classée à gauche et la moins bien classée à droite, ne suit pas du tout la logique de la valeur de W : les valeurs de W les plus hautes sont dispersées sur la figure.

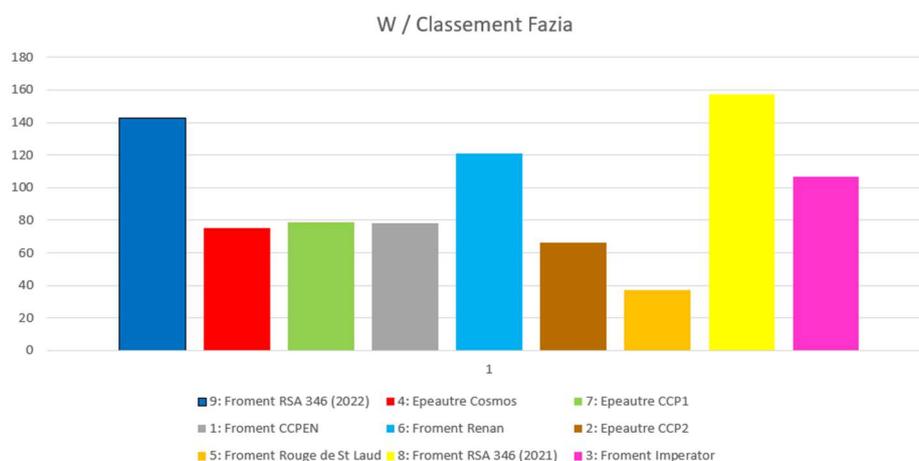


Figure 37: Valeur de la force boulangère W en fonction du classement de Fazia

Selon mon observation pendant la panification, le fait que les appréciations soient bonnes ou mauvaises, ne perturbait pas Fazia. Pour elle, toutes les pâtes étaient panifiables sans souci. Elle disait s'adapter facilement à tous les manquements ou excès des pâtes.

En prenant un peu de recul sur la facilité que Fazia a à panifier toutes les variétés et sa volonté de pouvoir tout panifier, la grille d'appréciation montre différentes faiblesses de plusieurs variétés pendant la panification, comme les conclusions de l'interprétation des analyses du CRA-W au §5.2:

- Les variétés de froment Rouge de St-Laud (nr 5) et d'épeautre CCP2 (nr 2) pourraient être des variétés plus ou trop sensibles à panifier, du fait de leur manque de tenue. La pâte s'étalait fort aux différents stades de la panification. Au sujet de l'épeautre, Fazia a très vite senti que la variété 2 était de l'épeautre. Elle explique alors que le 23 janvier 2023 : *« si j'avais su que c'était de l'épeautre, j'aurais mis moins d'eau ou je l'aurais fait passer par le froid. Je fais toutes les étapes de la même manière jusqu'à la division et après je le mets au froid et je le cuis seulement le lendemain. Il a alors une bonne tenue parce qu'il est froid. Et on a un meilleur résultat au niveau visuel, parce que ça ne s'étale pas comme ça. Ce n'est pas que le pain est mauvais. Il ne va pas être plus compact à l'intérieur non plus »*.
- Les variétés Imperator (nr 3) et Redon Sixt/Aff 346 récoltée en 2021 (nr 8) présentaient elle, une faiblesse significative au déchirement. Ces variétés pourraient ne pas résister au travail de la pâte car elle est trop peu extensible ; un travail comme le pétrissage qui amène plus de force dans les pâtes.

5.4. Contrastes variétaux lors de la dégustation.

La dégustation reflète une appréciation globale de dégustateurs représentant un panel de consommateurs. Elle a permis de voir si une ou plusieurs variétés se démarquent des autres et sont considérées comme très appréciées ou non des consommateurs au niveau gustatif et de la texture.

Les méthodes d'analyse des résultats comparent ceux-ci grâce aux boîtes à moustache et l'étude statistique de Kruskal-Wallis comme explicité au §4.9.4.2 de la méthodologie.

Les résultats détaillés des dégustations et les boîtes à moustaches se retrouvent en Annexe 5.

Le détail des calculs statistiques selon la méthode de Kruskal-Wallis effectués avec Excel se retrouvent en Annexe 6.

5.4.1.1. Analyse du critère Goût.

Boîtes à moustaches

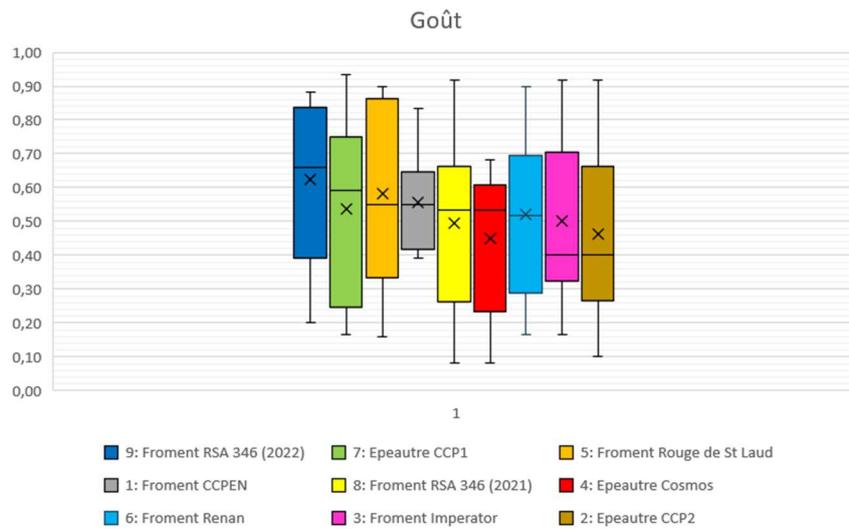


Figure 38: Boîtes à moustache des résultats des appréciations du goût

Il résulte de la Figure 38 que les boîtes à moustaches se recouvrent toutes c'est-à-dire que le bas de certaines boîtes n'est pas plus haut que le haut d'autres. Une boîte ne se différencie pas significativement des autres.

Kruskal-Wallis

$H = 3,81 \ll 15,507$ selon le tableau de distribution du chi-deux pour un degré de liberté de 8 et un risque de 5%

→ L'hypothèse nulle est respectée, soit il n'y a pas de différences significatives entre les médianes des valeurs testées

Aucune variété ne se distingue en goût par rapport aux autres.

5.4.1.2. Analyse du critère Texture

Boîtes à moustaches

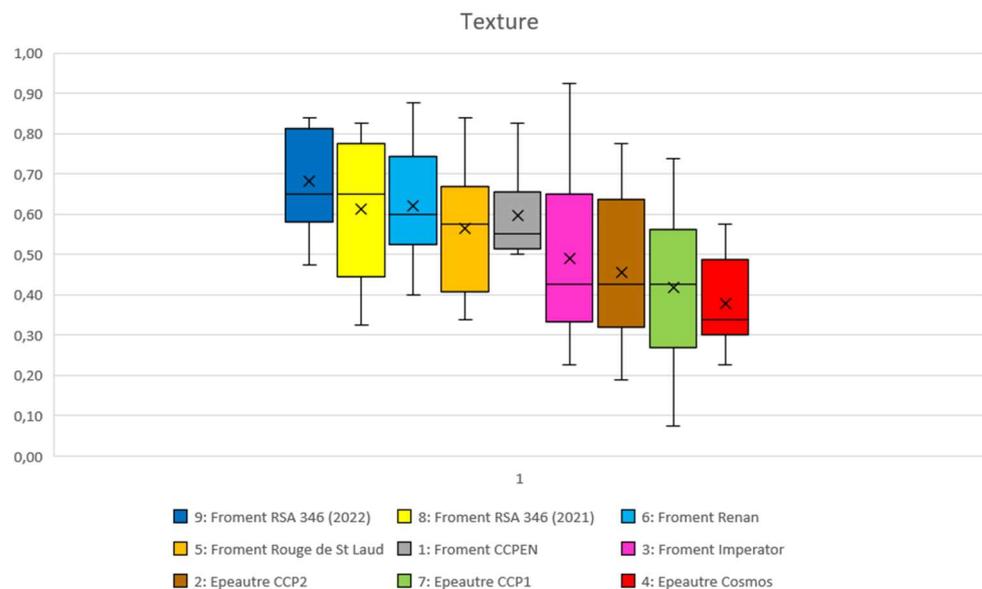


Figure 39: Boîte à moustache des résultats des appréciations de la texture

La Figure 39 montre que certaines boîtes à moustaches ne se recouvrent pas (le bas de certaines boîtes est plus haut que le haut d'autres) : les boîtes du froment Redon Sixt/Aff 346 (2022) (nr 9-bleu foncé), du froment Renan (nr 6-bleu clair) et du froment CCPEN (nr 1-gris) sont supérieures à celle de l'épeautre cosmos (nr 4-rouge). La texture de ces 3 variétés est alors meilleure que la texture de l'épeautre Cosmos. Cette variété était pourtant la meilleure en panification selon le classement de la grille d'appréciation (voir Tableau 17) et dans les meilleurs pour Fazia. Il est intéressant de voir avec la photo de la Figure 40, que ce n'est pas le pain le plus plat qui a la texture légèrement moins appréciée par les dégustateurs.

Le pain de la variété ancienne de froment Rouge de St Laud (nr 5 – orange), qui avait été jugé comme ayant une mauvaise tenue lors de la panification, est plus plat que les autres froments (qui sont les nr 1, 3, 6, 8 et 9 – voir Figure 40). Il est cependant jugé comme n'ayant pas la moins bonne texture.

Les boîtes à moustache des variétés Cosmos, CCP1 et CCP2 se recouvrent. La variété CCP2 avait pourtant été décrite, lors de la panification, comme une variété manquant de tenue et elle a une valeur de W relativement basse.

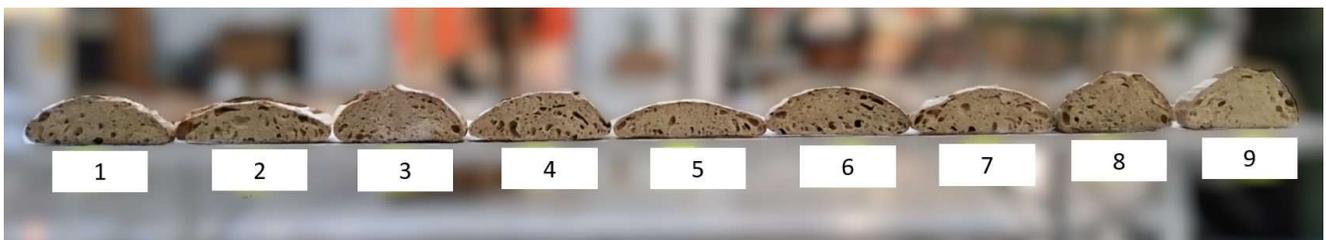


Figure 40: Photo des pains lors de la dégustation

Kruskal-Wallis

$H = 23,19 \gg 15,507$ selon le tableau de distribution du chi-deux pour un degré de liberté de 8 et un risque de 0.05%

- L'hypothèse nulle n'est pas respectée, c'est-à-dire qu'il y a des différences significatives entre les médianes des valeurs testées : ce qui confirme que certaines variétés ont une médiane plus haute que d'autres.

5.4.1.3. Analyse du critère Acidité

Boites à moustaches

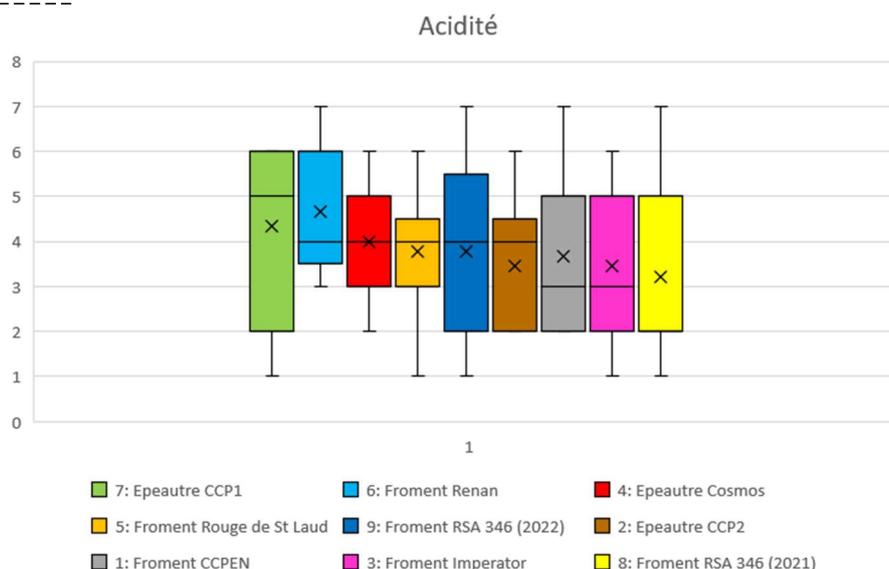


Figure 41: Boites à moustache des résultats des appréciations de l'acidité

Il ressort de la Figure 41 que les boites se recouvrent toutes c'est-à-dire que le bas de certaines boites n'est pas plus haut que le haut d'autres. Une boîte ne se différencie pas des autres.

Kruskal-Wallis

$H = 9.21 \ll 15.507$ selon le tableau de distribution du chi-deux pour un degré de liberté de 8 et un risque de 0.05%

→ L'hypothèse nulle est respectée, soit il n'y a pas de différences significatives entre les médianes des valeurs testées

L'appréciation des différents dégustateurs est tellement disparate qu'aucune variété ne sort du lot, sauf pour la texture, où Cosmos apparait avoir une texture un peu moins bonne que certaines variétés.

Pour conclure ce chapitre, suivons le déroulé des résultats obtenus pour deux variétés contrastées de froment et essayons de faire l'exercice de juger ces variétés selon l'approche multicritères proposée par Bruno Godin:

La variété Redon Sixt/Aff 346 récoltée en 2021 (nr 8 - jaune):

- Les analyses du CRA-W montrent une valeur de W très bonne selon les critères des variétés anciennes avant 1960, un P/L acceptable, un taux de protéines et un L acceptables également. Sa seule faiblesse est un temps de chute d'Hagberg très bas, qui reflète une activité enzymatique trop importante. La conséquence, selon la littérature, que la pâte peut être trop collante et la fermentation trop importante.

- La panification a montré une pâte sensible au déchirement, qui n'est pas collante et dont la fermentation n'appelle pas de remarque.
- Il est classé par Fazia dans les variétés peu agréables à panifier et la grille d'appréciation la juge de qualité moyenne en panification
- La dégustation démontre que la variété est équivalente en goût, en texture et en acidité à la majorité des autres variétés.
- Le volume du pain est équivalent à celui du pain de la même variété, n'ayant pas de valeurs de temps de chute d'Hagberg en dessous des critères acceptés

La variété Rouge de St-Laud (nr 5 - orange):

- Les analyses du CRA-W montrent une valeur de W très mauvaise selon les critères des variétés anciennes avant 1960, une valeur de L basse, un P/L acceptable. Ses faiblesses viennent alors de sa force boulangère et de son extensibilité.
- La panification a montré une pâte très collante, une tenue faible mais pas de sensibilité au déchirement : Fazia l'a classée pour ces raisons dans les variétés peu agréables à panifier ainsi que le classement fait avec la grille d'appréciation
- La dégustation démontre que la variété est équivalente en goût, en texture et en acidité à la majorité des autres variétés.
- Le volume du pain est faible

Le récapitulatif des résultats de ces deux variétés montre, malgré des caractéristiques très différentes mesurées lors des analyses au CRA-W et les critères relevés pendant l'expérimentation, qu'en final les dégustateurs n'ont pas jugé une de ces variétés comme meilleures ou moins bonnes en goût, texture ou acidité et ce malgré la différence de volume du pain.

6. Discussion

6.1. Justification de la méthodologie centrée sur une seule boulangère et spécificités des boulangers artisanaux

Dans le cadre de la discussion, revenons sur le choix méthodologique de travailler avec une boulangère au lieu de plusieurs pour limiter la variabilité des résultats.

Comme expliqué au §4.1, le travail de Florian Bajiot avait montré une faiblesse dans sa méthodologie (Bajiot Florian, 2021). La principale venait du choix de travailler avec plusieurs boulangers. Lors de la dégustation, les pains avaient été classifiés comme similaires car venant du même boulanger, plutôt que par leur type de variété.

Dans le cadre de mon mémoire, la méthodologie a été adaptée et il a été proposé de limiter au maximum les paramètres qui pouvaient venir influencer la variabilité des résultats pour pouvoir en final, ne comparer que les variétés elles-mêmes. Comme explicité dans le §2 au travers la description des différentes études à ce sujet, tout le procédé de production et de transformation du grain influence la qualité boulangère de la farine et le pain sortant de ce processus : le mode de culture et le milieu dans lequel la céréale est cultivée influencent le taux de protéines et de minéraux dans le grain (Arncken Christine M et al., 2012; Chaurand Marc et al., 2005), la mouture influence le taux de fibres, de vitamines et de minéraux dans la farine (Cappelli Alessio et al., 2020; Chaurand Marc et al., 2005; Rémésy Christian & Leenhardt Fanny, 2009), le procédé de panification influence le type de pain qui sera produit (pratique manuelle ou mécanique, pain au levain ou à la levure,...)(Rémésy Christian et al., 2014). Aligner les pratiques à tous les niveaux de production et transformation de la céréale est donc indispensable pour que ces facteurs ne rentrent pas en compte dans la comparaison des variétés. Coordonner le travail de plusieurs boulangers pour qu'ils panifient en même temps les différentes variétés aurait amené à définir la recette au préalable. La recette s'adaptant en cours de panification, elle n'aurait pas été adaptée. Nous avons constaté par exemple que la quantité de farine employée par variété est difficilement prévisible car varie en fonction de la sécheresse du grain et s'adapte en fonction du toucher de la pâte. Ceci aurait également empêché de comprendre comment adapter la pratique à la spécificité de la variété, surtout que notre panification se faisait sur des variétés anonymisées.

La dégustation a montré que les pains ont pu être comparés donc différenciés puisqu'ils ont pu être classés par les dégustateurs en fonction de leur goût, leur texture et leur acidité.

Les différents arguments confirmant qu'il est préférable de travailler avec une boulangère pour comparer des variétés sont appuyés par l'étude de Vindras et al en 2014 (Vindras-Fouillet et al., 2014) qui explique que le procédé de panification exerce une influence sur le classement sensoriel des pains

lors d'une dégustation de Napping® et donc qu'il est préférable de travailler avec une boulangère, dans les mêmes conditions, au même moment.

Ces réflexions ont été partagées avec Bruno Godin, responsable du laboratoire de technologie et de tri des céréales du CRA-W, le 16 juin 2023. Il confirme que : « *pour pouvoir comparer le goût des variétés, il faut neutraliser tous les facteurs : pas avoir d'effet année, pas avoir d'effet parcelle [dans les mêmes conditions pédoclimatiques et le même agriculteur], pas avoir d'effet boulanger [donc n'en avoir qu'un], pas avoir d'effet levure ; pour refaire sortir le goût* ». Il confirme donc que la méthodologie choisie va dans le bon sens. En supplément à la liste que Bruno énumère, le choix de faire la mouture sur le même moulin par la même personne pourrait y être ajouté.

Quand Bruno parle d'effet levure, il dit qu'il utiliserait de la levure à la place du levain. Selon lui, le goût du levain est fortement présent dans le goût du pain et complique la comparaison du goût des variétés uniquement : « *Si une étude de goût veut être faite, c'est compliqué avec une recette au levain car son goût est bien présent. Les tests auraient dû être fait avec de la levure qui a moins de goût pour être sûr de neutraliser ce paramètre* ». Cette remarque appelle à se poser la question de la part du goût qui est induit par le levain. La levure prend-elle si peu de part dans le goût des pains ou le levain ne permet-il pas d'accentuer la différence de goût entre les variétés ? Ou faudrait-il ne pas mettre de sel ? Il serait intéressant d'expérimenter ces différentes configurations pour en conclure les spécificités.

Cependant travailler avec du levain lors de nos expérimentations a tout son sens, puisque qu'une part du travail s'intéresse à comprendre si les pratiques de panification permettent de panifier la majorité des variétés de céréales malgré leur mauvaise qualité boulangère, en partie grâce au levain.

Pour mieux comprendre le choix d'employer des pratiques artisanales et le métier en particulier, attardons-nous sur notre boulangère Fazia. Le but premier de Fazia est de produire des pains avec un bon goût et de haute qualité nutritionnelle. Elle s'implique dans ce projet à tous les niveaux de la filière. Elle choisit, développe et cultive des variétés de céréales anciennes avec Marc Van Overschelde, agriculteur engagé dans la mission de production, de multiplication et de conservation de ces céréales anciennes, à la Ferme du Hayon. Fazia participe à la mouture de celles-ci et les panifie d'une manière spécifique, dans le but de garder la meilleure qualité nutritionnelle. Elle adapte sa pratique boulangère aux variétés présentant des faiblesses de qualité boulangère et travaille avec du levain pour son avantage nutritionnel et technologique.

Dans son idéal, Fazia aimerait :

- Employer des variétés sélectionnées pour leur haute qualité nutritionnelle, comme des céréales colorées dont les qualités sont reconnues pour leur richesse en anti-oxydants ((Leenhardt Fanny et al., 2006; Padhy et al., 2022).

- Moudre son grain avec un moulin sur meule de pierre et le panifier dans les meilleurs délais pour limiter l'oxydation de la farine. Elle ajoute à cela une panification avec des rabats, sans pétrissage : « *Du coup pour une boulangère qui travaille de manière artisanale comme moi, le plancher⁵ n'a pas d'importance. Mon objectif est de lancer la mouture la veille et de panifier le lendemain [...] par exemple si tu as une farine jaune ou orange, tu l'oxydes en faisant subir à ta pâte un pétrissage mécanique puissant qui oxyde tes caroténoïdes et tu perds en vitamines qui sont sensibles à la chaleur et à l'oxygène. Tu oxydes les lipides, enfin les nutriments quoi. Donc ça, c'est pas du tout intéressant parce que tu perds énormément de choses. [...] S'ils sont oxydés, ils ne sont pas sous la bonne forme en tout cas, pour être assimilés par le corps* » (interview du 23 janvier 2023). Par ce choix, Fazia préfère assurer une qualité nutritionnelle plutôt que gagner en force de travail de la pâte, en oxydant la pâte. Ceci est possible grâce à sa technique de panification qui n'emploie que des rabats. Elle doit également travailler en circuit très court ou moudre elle-même son grain. Cela complique la logistique, alourdit son travail et demande des connaissances supplémentaires
- Multiplier son choix de céréales, même celles de mauvaise qualité boulangère, car elle n'a pas de freins, de limites grâce à sa pratique.

Toutes ces pratiques montrent que Fazia va très loin dans sa recherche de la panification idéale. Il est intéressant de l'observer et de décrire son travail pour en comprendre les avantages et les difficultés. Elle tend vers un métier qui est celui de paysan-boulangier, qui cultive, multiplie, moud et panifie ses propres céréales. Ce métier n'est pas encore fort présent en Belgique (Plateau Lou et al., 2016).

Les avantages pour le paysan-boulangier de produire et transformer les céréales est que le seul produit vendu est le pain. Il n'y a pas d'échanges commerciaux ni de transport. Le paysan-boulangier garde le bénéfice du travail et ne dépend pas d'intermédiaires prenant leur part sur le prix de vente final du pain. Cependant la menace de ce métier est de faire 3 métiers en même temps, ce qui est lourd en charge de travail et présente des risques. En premier lieu, il faut investir dans les infrastructures pour faire les 3 métiers : machines agricoles, matériel de stockage et de tri du grain, moulin et atelier de boulangerie. Les paysans-boulangiers ne sont pas reconnus en Belgique. Ils sont soit reconnus comme agriculteurs soit comme meuniers soit comme boulangiers et donc ne sont pas éligibles pour des subsides pour les 3 métiers (Plateau Lou et al., 2016).

Ensuite si un maillon de la chaîne s'arrête (la production du grain est mauvaise, le moulin est cassé,...), tout s'arrête. Et enfin il faut être qualifié pour les trois métiers et suivre les réglementations associées. Pour rendre ce métier moins risqué et moins lourd en charge de travail, une option est de

⁵ « *Temps de repos des farines entre la mouture et la fabrication du pain* » (Roussel Philippe et al., 2020)

créer, au sein de la même ferme les trois activités exercées par deux ou 3 personnes (Plateau Lou et al., 2016; RTBF Info, 2023).

D'autres modèles existent également dans la filière circuit-court : la culture, le stockage et la mouture au sein de la même ferme ou la mouture et la boulangerie au sein de la même structure. Ces modèles nécessitent de trier et de stocker des grains et/ou de stocker la farine (Plateau Lou et al., 2016).

Nous voyons que l'organisation de la filière circuit-court est multiple et riche. Elle ouvre à un potentiel de création de produits de qualité façonnés avec de la matière première de qualité, valorisable grâce aux pratiques de ses artisans.

6.2. Les contrastes variétaux lors de la panification et lors de la dégustation sont-ils perceptibles ?

Les acteurs de la filière artisanale recherchent ensemble des techniques culturelles, de mouture et de panification qui peuvent s'adapter à des céréales qui ne répondent pas aux contraintes de qualité boulangère imposés par l'industrie mais qui ont l'avantage de se cultiver avec des pratiques culturelles plus écologiques, comme les variétés de céréales anciennes. (Plateau Lou et al., 2016). Pour soutenir cette recherche, nos expérimentations ont tenté de répondre à la première question qui était : *En boulangerie artisanale, est-ce que les contrastes variétaux basés sur les critères industriels, se retrouvent dans des différences sensibles lors de la panification et lors de la dégustation ?*

La panification a amené à classifier les neuf variétés. Les résultats ont montré que le classement des variétés par Fazia en fonction de sa facilité de les panifier, suit la même logique que les analyses faites par le CRA-W sur les 9 variétés, **si celles-ci sont extrêmes**. Elle a senti les pâtes qui avaient une meilleure qualité boulangère et celles qui avaient des manquements. Les contrastes variétaux basés sur les critères industriels se retrouvent donc lors de la panification.

Cependant, en récapitulant les résultats, il est possible de constater que des prédictions des analyses du CRA-W sont parfois contradictoires avec ce qu'a ressenti Fazia en panifiant, surtout sur les observations des valeurs du temps de chute d'Hagberg : comme la prédiction qui parle de pâte collante pour un temps de chute d'Hagberg bas alors qu'elle ne l'est pas du tout. La faiblesse ne sont parfois pas en ligne avec les symptômes de mauvaise qualité que l'industrie annonce. Il serait intéressant de comprendre par des essais supplémentaires, ce qui influence ces faiblesses. On pourrait se demander quelle part de responsabilité la mouture sur meule de pierre prend dans la variation de ces symptômes et si elle peut aider à les améliorer.

Fazia n'a cependant jamais dit qu'aucune variété était très difficile à panifier ou était impanifiable. Elle considère savoir tout panifier. Fazia explique pendant les expérimentations du 23 janvier qu'elle n'est pas perturbée par les faiblesses de pâtes, celles-ci ne semblant pas lui donner plus de travail, elle adapte sa pratique. Elle n'a pas de préférence à panifier l'une ou l'autre pâte : *« En fait, je ne dirais pas que j'ai une préférence. Ce que je fais, c'est que je m'adapte à chaque céréale. J'ai déjà panifié des variétés très collantes mais j'ai réussi à en faire quelque chose, tu vois. C'est vraiment de sentir les choses et de s'adapter à chaque variété ; et il n'est pas impossible de s'adapter. En fait quand on a un savoir-faire pour panifier, il est possible de s'adapter à chaque variété. [...] Ce qui m'intéresse plutôt c'est la diversité du type de travail »*.

Lors de la dégustation de notre expérimentation, les résultats ont montré que les contrastes de qualité boulangère décelés par les analyses du CRA-W et la panification ne se retrouvent pas dans les différences observées entre les pains. Selon l'analyse des résultats, les dégustateurs n'ont pas perçu de pains qui étaient bien meilleurs ou bien moins bons au niveau de leur goût, de leur texture et de leur acidité. Fazia a donc, par sa pratique, lissé les contrastes de qualité boulangère entre les variétés. Nous pouvons donc dire en résumé que les contrastes variétaux en termes de critères industriels sont lissés par la panification pour en final ne pas se retrouver lors de la dégustation des pains.

6.3. Les critères industriels de qualité boulangère sont-ils adaptés à la boulangerie artisanale ?

Pour comprendre si les critères de qualité boulangères sont applicables à la boulangerie artisanale, commençons premièrement par comprendre ce qui freine l'emploi de certaines variétés comme les variétés anciennes sur le marché de la céréale panifiable.

Bruno explique lors du debriefing des analyses du CRA-W le 16 juin 2023, comment les critères sont employés en fonction des filières : *« il faut vraiment approprier ces critères à son produit [les critères changent si on parle de pain, de viennoiserie ou de biscuits) et son process [procédé industriel ou artisanal] pour trouver des limites adaptées [soit les critères adaptés]. Il faut en proposer en regardant la littérature et ne pas prendre les limites standards industriels sinon c'est mal interprété, ce n'est pas adapté. Sinon du coup on fait des conclusions faciles du genre : nous, on a réussi à faire des pains alors que les critères industriels disaient que ce n'était pas possible. Ben non ce n'était pas le bon produit, ce n'était pas la même panif...c'est un message facile, ce n'est pas comme ça qu'il faut mettre en avant la meule et la panification artisanale »*. Ceci montre que Bruno trouve les critères utiles et qu'ils peuvent être revus en fonction de la filière. On perçoit également qu'il trouve que les boulangers artisanaux ne comprennent pas correctement le but des critères et qu'ils les utilisent trop

facilement comme arguments de discrimination de ceux-ci. Selon lui, il existe des critères adaptés à la panification manuelle en se basant sur une littérature adaptée.

Bruno explique également comment fonctionne la filière industrielle et la négociation de la vente des grains : « *Les négociants connaissent les variétés, ils vont regarder le rendement et la teneur en protéines et le W est remplacé par le fait qu'ils connaissent la variété. Ils rassemblent des variétés qui ont des W communs. En fait ils le font dans leur tête. Le stockeur est négociant, en tout cas en Belgique, [en Belgique, le négociant achète les grains aux agriculteurs et les stock] et c'est lui qui est mandataire des variétés, c'est lui qui vend les variétés [le négociant vend les semences aux agriculteurs avant la culture][...] Le classement des variétés reste constant si c'est une bonne ou une mauvaise année, c'est donc les groupes de variétés de même classement qui restent dans les mêmes attentes et resteront toujours meilleurs que le groupe qui est moins bien classé [...] La transformation s'adapte à ça [à la perte de qualité du fait d'une mauvaise année culturale] et peut perdre un peu en rentabilité mais ce sont des grands volumes donc c'est moins impactant que si ce sont des petits volumes. C'est du commerce, les négociants ne vont pas chercher les grains ailleurs mais négocient, car ils doivent maintenir leurs relations commerciales. Ils ne font pas de la science mais du commerce. La science sert à adapter les process aux variétés et leurs caractéristiques. Il y a quand même un seuil en dessous duquel ils ne peuvent pas aller mais ils font des mélanges.* ». Ce message explique principalement que les critères appliqués au commerce des céréales panifiables sont variables en fonction des conditions de culture (années favorables ou pas) et que la boulangerie industrielle s'adapte à cette variation. Selon Bruno, les groupes de variétés ne varient pas beaucoup puisque ce sont les négociants qui vendent les semences aux agriculteurs, qu'ils les rachètent après culture et les stockent en grande quantité. Une limitation du nombre de variétés cultivées en Belgique est la conséquence de ce système car les négociants choisissent des variétés qui garantissent une qualité minimum et un rendement minimum. Pour des variétés anciennes qui ne rentrent pas dans ces groupements de « bonnes variétés » selon les négociants, il est donc compliqué qu'elles se fassent une place sur le marché. On perçoit également dans ce message que les négociants et la boulangerie industriel ont beaucoup de pouvoir et qu'ils semblent changer les règles si le marché suit et que la boulangerie industrielle sait adapter ses procédés de fabrication. Les agriculteurs ne semblent pas avoir de marge de négociation sur ce système.

Le risque de déclassement à destination de l'alimentation animale ou de chute des prix du grain par la filière industrielle s'ajoute également pour les variétés qui ne font pas partie des « bonnes variétés ». Une mauvaise qualité boulangère due à une année de culture défavorable ou une force boulangère basse font que les agriculteurs sont frileux de les employer (Plateau Lou et al., 2016).

Nous voyons donc que le marché de la céréale panifiable ne laisse pas de place aux variétés de basse qualité boulangère, comme les variétés anciennes. Il ne laisse pas de place à une boulangerie artisanale et ne se préoccupe pas de la nutrition ou des problèmes de santé des consommateurs.

Revenons à la seconde question de recherche de ce travail qui était : *Est-ce que les critères de la boulangerie industrielle sont utiles mais doivent être adaptés à la boulangerie artisanale ou est-ce que la boulangerie artisanale a besoin d'autres critères ?*

Pour répondre à cette question, reprenons le cas de nos deux variétés de froment anciennes : Redon Sixt/Aff 346 et Rouge de St Laud.

La variété Redon Sixt/Aff 346, récoltée en 2021, a montré une activité amylasique très haute, une pâte fragile au déchirement lors de la panification mais en final le pain était relativement similaire au pain de la même variété récolté en 2022, qui a une bonne qualité boulangère. La pratique de panification de Fazia a pu dissiper la faiblesse venant d'une mauvaise année de récolte. Si les grains que nous avons panifiés, avaient été à destination de la boulangerie industrielle, le lot de cette année-là aurait pu être déclassé, alors qu'en final, notre pain fabriqué artisanalement était de bonne qualité. La panification artisanale sait s'adapter aux céréales qui montrent des faiblesses du fait d'une météo humide.

La variété Rouge de St-Laud présentait également des faiblesses. Fazia a senti une pâte très collante et une mauvaise tenue mais elle a réussi à produire un pain qui était bon et qui ne présentait pas de problème de texture selon les dégustateurs. Pour Bruno, cette même variété était dite trop mauvaise, vu sa force boulangère W beaucoup trop basse (inférieure à $50 \cdot 10^{-4}J$) : *« lui c'est vraiment très mauvais, il est exécrable. Même en artisanale, je dirais : tu as autre chose à faire de ta vie que de panifier ça. Ne perds pas ton temps à panifier ça, si tu as une variété un peu meilleure à cultiver et qui donne les mêmes rendements, c'est mieux de le choisir. En dessous de 50 [W] faut oublier »* (interview du 16 juin 2023). Bruno montre par ce message que le critère de la force boulangère discrimine cette variété.

Demandons-nous alors s'il est intéressant pour tous les boulangers artisanaux de panifier des variétés qui sont compliquées à travailler ? Est-ce faisable de panifier le Rouge St Laud au quotidien ou quels en seraient les avantages ? Si le seul intérêt à cette variété sa facilité à la panifier, peut-être aucun. Mais cette variété colorée a un avantage nutritionnel, car elle contient des anti-oxydants (Padhy et al., 2022). Elle contient également un gluten dont les gluténines ont un poids moléculaire bas, étant un froment de variété ancienne, donc plus adapté aux personnes ayant des hypersensibilités ou des allergies au gluten (Biesiekierski, 2017; Vindras-Fouillet, Camille, 2020). La variété présenterait également des avantages agronomiques pour les agriculteurs car les pailles sont dures et courtes, ce

qui évite qu'elles ne plient et que les grains se retrouvent au sol et germent. En mélange avec d'autres variétés, elles pourraient servir de support aux variétés ayant des pailles plus hautes (Moulin de Chauffour, n.d).

Les critères de qualité boulangère établis par la filière industrielle sont trop exigeants et non adaptés à la panification artisanale. La filière céréales panifiables en circuit-court sort donc la logique de ces critères car les boulangers artisanaux de la filière n'en ont pas besoin. Ils sont capables panifier des variétés ayant des qualités boulangères faibles avec leurs pratiques, comme Fazia a panifié sans problème la variété Rouge de St-Laud lors des expérimentations. La préoccupation de la filière n'est pas la qualité boulangère des variétés mais la production de pains de haute qualité nutritionnelle avec des céréales qui peuvent se cultiver avec des pratiques agricoles respectueuses de l'environnement. Elle n'est donc pas de satisfaire aux critères de qualité boulangère de l'industrie.

6.4. D'autres critères à proposer à la boulangerie artisanale ?

Comment est-ce que Fazia s'assure de vendre des pains avec une bonne qualité nutritive à ses consommateurs ? Et comment une institution comme le CRA-W peut aider les artisans à s'assurer de la qualité nutritionnelle des pains ?

Fazia suit des pratiques qui permettent de mieux conserver les nutriments du grain et choisit des variétés qui sont riches en nutriments en travaillant avec des variétés anciennes de céréales. Elle réfléchit aux variétés qu'elle panifie et recherche, avec Marc Van Overschelde, des variétés intéressantes pour leurs valeurs nutritives, dont les variétés colorées. Les critères de qualité nutritionnelle seraient alors le critère de sélection des variétés pour la boulangerie artisanale vu que la nutrition est l'une des préoccupations centrales des acteurs de la filière circuit-court.

Pour appuyer les choix de variétés et vérifier leur valeur nutritive, des institutions comme le CRA-W ou autres centres de recherches pourraient tester la valeur nutritive des céréales anciennes cultivées dans les fermes comme celle du Hayon. Les variétés ayant chacune des spécificités et des teneurs en nutriments différentes (Murphy Kevin et al., 2008), des analyses sur leurs teneurs en minéraux pourraient être faite pour les variétés choisies par les fermes. Les conditions pédoclimatiques et la santé des sols influençant les taux de minéraux dans les grains (Chaurand Marc et al., 2005), chaque terroir et chaque projet pourraient trouver des variétés multiples à développer. Comme les institutions conseillent aujourd'hui des négociants sur les céréales aptes pour la boulangerie industrielle, elles pourraient conforter la filière céréales panifiables artisanale dans leurs choix de céréales intéressantes nutritivement et cultivées en Belgique.

Cette idée que la variété elle-même peut avoir un bénéfice sur son apport en nutriment n'est pas partagée par tous. Bruno soutient que si on veut augmenter la qualité nutritionnelle, cela est très peu dépendant de la variété elle-même. Pour lui, elle vient principalement du type de mouture et de l'environnement dans lequel la variété a été cultivée. Une variété ou une autre est approximativement équivalente nutritionnellement si elles sont cultivées dans le même pédoclimat. Ce sont ses caractéristiques (W, P/L, taux de protéines) qui les différencient. Bruno conseille de choisir les variétés selon la logique du rendement à l'hectare de la céréale dans le mode de culture que l'agriculteur veut suivre, la force boulangère W et ce que le boulanger veut en faire.

Nous voyons donc ici un manque de persuasion de certaines recherches scientifiques qui démontrent que la valeur nutritionnelle des variétés anciennes est en moyenne supérieure à celle des variétés modernes. Le rendement agricole à l'hectare reste également le facteur majeur déterminant de choix des variétés de céréales.

6.5. Comment faire évoluer la filière CC ?

La filière circuit-court de céréales panifiables s'attèle quotidiennement à proposer des produits plus respectueux de l'environnement qui offrent de la nourriture de qualité aux consommateurs. Pour promouvoir cette filière et les variétés anciennes qui y sont employées, des expérimentations au champs et dans les ateliers de transformation, devraient se multiplier. Quand celles-ci sont observées et décrites afin de mieux les comprendre au travers d'études, elles sont mises en valeur. Ces études soutiennent le plaidoyer de la filière circuit-court. (Plateau Lou et al., 2016). Mon travail participe à cette production de données et à promouvoir ces artisans et leurs pratiques.

Tester la qualité des pains au sein de projets scientifiques de sélection variétale comme celui de Amaury Beaugendre et de Dominique Mingeot, a son importance. Dominique a apprécié lors de la dégustation pouvoir goûter les pains fabriqués avec les CCP d'épeautres issus de ses recherches et de mettre en valeur le fruit de son travail.

Hors de la recherche scientifique, des journées d'activités autour du pain sont organisées en Belgique par la filière circuit-court au sein du Réseau d'Action Boulangère, pour promouvoir les pratiques des boulangers et les échanges entre professionnels. Ils panifient ensemble et testent leurs pâtes et pains dans un but de partage des ressentis et des expériences. Ce réseau informel est composé majoritairement de professionnels qui s'intéressent au pain et à la panification artisanale.

Le réseau Triptolème, rappelons-le, qui est une association de paysans et artisans qui œuvrent, entre autres, pour le maintien de la biodiversité cultivée, effectue en France des journées d'action et de tests de variétés anciennes. Ils observent le comportement du grain au pain, suivant un dispositif expérimental développé en recherche participative avec l'INRA (Triptolème, 2014). Ils emploient à

cette occasion une grille d'appréciation du même type que celle utilisée lors des expérimentations de ce travail.

Ces rassemblements entre professionnels créent, de manière générale, un lien social entre les acteurs remplis de beaux projets et les motivent. Ils leur évitent de se retrouver isolés dans leur démarche, leur permettent de recevoir une reconnaissance de leurs projets, d'échanger et créer de la solidarité entre eux.

Un message promotionnel qui communiquerait au grand public les bienfaits des pains artisanaux de variétés anciennes devrait être réfléchi entre acteurs de la filière. Lors de la vente de leurs pains sur les marchés, sur les sites internet, dans les foires ou dans les magasins bio, un discours coordonné pourrait informer et sensibiliser le consommateur sur :

- Les bénéfices de consommer des pains issus de variétés anciennes de céréales pour leur apport plus important en protéines, en minéraux et en vitamines (Murphy Kevin et al., 2008),
- La réponse aux problématiques de personnes hypersensibles ou allergiques au gluten grâce aux variétés moins riches en gluténines à haut poids moléculaire,
- L'avantage de la mouture sur meule de pierre pour mettre à disposition le potentiel maximum que le grain peut offrir (Rémésy Christian et al., 2014).

Ces messages sont encore peu visibles dans les lieux de vente. Ils pourraient se retrouver sous forme de sigle ou de label pour premièrement amener les gens à s'interroger sur ce qu'il représente. Ils serviraient ensuite de repère au consommateur lors de son achat. La prise de conscience citoyenne et l'intérêt pour le combat de cette filière doivent grandir afin d'intéresser un maximum d'acteurs à s'engager dans la voie de l'artisanat. Si c'est le cas, la classe politique pourrait être amenée à soutenir d'avantage une agriculture plus écologique et une alimentation plus saine.

Aujourd'hui, les boulangers sachant panifier les variétés anciennes grâce à leurs pratiques sont encore peu nombreux en Belgique. Les formations professionnelles proposées à ce jour dispensent des programmes qui favorisent les boulangers à suivre la voie industrielle soit mécanisée plutôt que la voie artisanale. Les formations sur le levain sont, par exemple, encore limitées ou hors de certains cursus alors qu'en boulangerie artisanale, le levain est un ingrédient essentiel pour produire un pain digeste et nutritif. Etant également un métier en pénurie, les boulangeries industrielles sollicitent déjà les étudiants aux cours de leur formation (Plateau Lou et al., 2016). Promouvoir et former les jeunes au métier de boulanger artisanal serait un tremplin pour les motiver à l'installation au sein de la filière circuit-court. Déjà au stade des études, le réseau d'acteurs motivés par cette filière pourrait se créer, accélérer son expansion et l'intérêt pour les variétés anciennes.

Des propositions de formations commencent doucement à émerger. Le site internet de la stratégie Good Food 2 à Bruxelles propose une formation en boulangerie artisanale et durable (Good Food 2, s. d.). Après prise de renseignements, cette formation est encore au stade de projet et ne sera pas

donnée avant 2024. Une formation de 4h organisée par l'EFP : « *Initiation aux levain* » existe mais est relativement cher (75€) pour un boulanger isolé (EFP, s. d.).

BioWallonie propose, de son côté, un programme d'accompagnement des filières. Il soutient les acteurs des filières dans leurs expansions : mise en contact d'acteurs, mise à disposition d'informations administratives et aide à la formation dans le secteur bio (BioWallonie, s. d.).

La filière circuit-court doit vivre grâce à ses acteurs et son expansion : en augmentant le nombre de boulangers artisanaux, de meuniers et cultivateurs, en faisant la promotion de ses métiers au travers différents canaux de communication : formations, marketing, événements. Le soutien entre acteurs doit être grandissant et les collaborations se multiplier sous toutes les formes, à tous les niveaux. Les consommateurs prendront alors conscience des enjeux se cachant derrière l'aliment constituant la base de leur alimentation : le pain !

7. Conclusion

Après la Seconde Guerre mondiale, la sélection variétale des céréales panifiables se tourne vers des variétés plus productives se combinant aux pesticides et engrais de synthèse (Consales, Jean-Noël & Legris Bernard, 2007; Pichon, 2013). L'évolution de la boulangerie et de la meunerie amène à des pratiques industrialisées (Doussinault G. et al., 1995; Jarrige François, 2010). Les céréales adaptées à cette industrie doivent résister à la force mécanique des machines (Doussinault G. et al., 1995). Les variétés modernes qui sont adaptées au mode de culture chimisé et à la transformation industrielle remplacent progressivement les variétés anciennes. Une des conséquences de ces choix sur la santé humaine est l'apparition d'hypersensibilité ou d'allergie au gluten et de maladies auto-immunes, dues à un gluten plus difficile à digérer, présent dans les variétés modernes (Biesiekierski, 2017; Rémésy Christian et al., 2014).

Mais pour favoriser des pratiques culturelles moins polluantes et produire des pains plus digestes et nutritifs, les céréales anciennes peuvent faire partie de la solution. Elles n'arrivent cependant pas à se frayer une place sur le marché de la céréale panifiable car elles sont disqualifiées par leur qualité boulangère inférieure aux critères employés par l'industrie et n'intéressent pas les agriculteurs (Baltazar Sofia et al., 2018). Parallèlement à la filière conventionnelle, une filière en circuit-court s'organise pour proposer des pains de meilleure qualité nutritionnelle. Les variétés anciennes de céréales en sont la matière première principale car pouvant être cultivées avec des pratiques écologiques. La filière est composée d'agriculteurs, de meuniers, employant des meules sur pierre, et de boulangers artisanaux (ou d'acteurs pratiquant 2 ou 3 de ces métiers) (Baltazar Sofia et al., 2018;

La Spina, Sylvie & Roda, Mathilde, 2019). Les variétés anciennes apportent également, à mode de culture équivalent, une céréale avec un meilleur taux de protéines et de minéraux que les variétés modernes (Murphy Kevin et al., 2008; Shewry P.R et al., 2020). Grâce à une mouture sur meule de pierre, la qualité nutritionnelle de la farine est également améliorée car elle permet de garder le germe et une partie des enveloppes du grain (Rémésy Christian & Leenhardt Fanny, 2009). La fermentation longue au levain amène une meilleure digestibilité des pains (Dewalque, Marc, 2021; Rémésy Christian et al., 2014).

Le projet de recherche faisant l'objet de ce travail a été effectué sous forme de recherche action participative en collaboration avec une boulangère, le laboratoire de technologie et de tri des céréales du CRA-W, les différentes variétés de céréales et le moulin. Neuf variétés modernes et anciennes de froment et d'épeautre ont été choisies pour leurs qualités boulangères contrastées. Certaines sont donc de bonne qualité et d'autres de mauvaise. Le but des expérimentations est de comparer ces variétés et d'en observer les contrastes. La méthodologie prévoit une mouture meule sur pierre, une panification artisanale par une boulangère et une dégustation selon la méthode du Napping® (Pagès J., 2003) sur les 9 variétés ayant été anonymisées. En parallèle, les 9 farines ont été analysées sur leur qualité boulangère au CRA-W : Alvéographe de Chopin, Temps de chute d'Hagberg et Infrarouge sur farine. Ces analyses ont dévoilé des contrastes entre les variétés, des valeurs acceptables selon les critères de l'industrie (élargis à des critères employés pour les variétés anciennes avant 1960) et d'autres démontrant une mauvaise qualité panifiable, mais pas spécialement ciblées sur les variétés anciennes.

Nous avons choisi la méthode de l'observation participante afin de décrire la pratique de la boulangère qui a la particularité principale de remplacer le pétrissage de la pâte par des rabats afin de ne pas la déchirer. Une grille d'appréciation issus des travaux de Roussel et al de 2010 (Roussel Philippe et al., 2010) a été employée pour classifier les variétés. Une autre classification a été faite par la boulangère sur base de la facilité de panification des pâtes des différentes variétés. Les deux classifications montrent des similitudes de classement des variétés les plus faciles et les plus difficiles à panifier. Ensuite une dégustation par 9 personnes a montré que les dégustateurs n'ont pas jugé une des variétés comme meilleures en goût, en texture ou en acidité, ni une bien moins bonne que les autres.

La réponse à la première question de recherche qui est : *En boulangerie artisanale, est-ce que les contrastes variétaux basés sur les critères industriels, se retrouvent dans les différences sensibles lors de la panification et lors de la dégustation ?* est la suivante : pendant la panification, la boulangère a perçu des faiblesses marquées pour certaines variétés qui avaient été également mesurées par les analyses du CRA-W. Elle en a donc senti les contrastes lorsque ceux-ci étaient

extrêmes. Cependant, par sa pratique artisanale, la boulangère a pu lisser les faiblesses perceptibles lors de la panification. Elles n'ont pas été décelées par la dégustation. La pratique artisanale permet donc de panifier des variétés de céréales ayant une qualité boulangère n'atteignant pas celle requise pour la filière industrielle et de donner des pains de qualité.

La seconde question de recherche se pose alors : *Est-ce que les critères de la boulangerie industrielle sont utiles mais doivent être adaptés à la boulangerie artisanale ou est-ce que la boulangerie artisanale a besoin d'autres critères ?*

La filière circuit-court sachant panifier toutes les variétés, même celles dont la qualité boulangère est mauvaise, n'est pas soumise aux critères définis par la filière industrielle et sort de ce système. Cela lui permet de cultiver et transformer les variétés anciennes de céréales, en cherchant à proposer aux consommateurs des pains de haute qualité nutritionnelle et gustative, qui ne sont pas enclin à provoquer des hypersensibilités ou des allergies au gluten. Les critères de sélection des variétés et les pratiques de transformation pour cette filière, seraient alors axés sur la qualité nutritionnelle des pains, tout en les cultivant avec des pratiques écologiques.

Une voie d'expansion de cette filière circuit-court pourrait être d'obtenir le support d'institutions qui cibleraient avec les acteurs, les variétés ayant de bons apports nutritionnels et qui seraient adaptées au terroir où elles sont cultivées. La filière devrait également s'étendre autour de ses acteurs et de leurs convictions. La création de formations à la boulangerie artisanale permettrait la promotion de ses pratiques et la rencontre des acteurs engagés dans cette voie. Une communication simple et cohérente lors de rassemblements, conférences et par divers outils de marketing devrait être réfléchi pour promouvoir la filière et ses atouts le plus largement possible. Les consommateurs dès lors informés pourront choisir de se nourrir en pleine conscience avec des produits de qualité. Les pouvoirs publics qui entendront l'engouement de la société pourront également venir promouvoir les différentes formes de collaborations entre acteurs de la filière circuit-court.

Plus la filière grandira par le nombre de ses acteurs, par les différentes formes d'organisations, par les expériences vécues en son sein, par le soutien des consommateurs et des pouvoirs publics, plus grande sera la place qu'elle occupera dans le marché des céréales panifiables et de la boulangerie.

8. Liste des références bibliographiques

- Annet Sylvie. (2016, février). Dossier : « Transformation des céréales ». *Itinéraire Bio - BioWallonie*, 26, 6-35.
- Arncken Christine M, Mäder Paul, Mayer Jochen, & Weibel Franco. (2012). Sensory, yield and quality differences between organically and conventionally grown winter wheat†. *Wiley Online Library*. <https://doi.org/DOI 10.1002/jsfa.5784>
- Association Moulin Astrié. (s. d.). *Moulin Astrié Qualités Techniques & Nutritionnelles*. Consulté 31 juillet 2023, à l'adresse <https://www.moulinastrie.fr/moulin-astrie-qualites-technique-nutritionnelles.html>
- Baijot Florian. (2021). *Caractérisation de la diversité et convergence d'appréciations de la valeur boulangère de variétés de blés anciens- Une recherche-Action avec le réseau Farm For Good*.
- Baltazar Sofia, Visser Marjolein, & Dendoncker Nicolas. (2018). Au-delà des idées reçues L'exemple de Li Mestère, réseau de semences wallon. *Etudes rurales*, 202, 18-35.
- Barandouar – Produits fermiers. (s. d.). Consulté 1 août 2023, à l'adresse <http://supiot-barandouar.bzh/>
- Biesiekierski, J. R. (2017). What is gluten? *Journal of Gastroenterology and Hepatology*, 32(S1), 78-81. <https://doi.org/10.1111/jgh.13703>
- Buche, F. (2011). *Influence de la formulation de pâtes de farine de blé sur leur consommation d'oxygène et leur production de dioxyde de carbone au cours du pétrissage et de la fermentation : Conséquences biochimiques et rhéologiques* [AgroParisTech]. <https://pastel.archives-ouvertes.fr/tel-01127574/document>
- Camden, C., & Poncet, F. (2014). Recherche-action participative : Nouvelles perspectives. In *Guide pratique de recherche en réadaptation* (p. 383-422). De Boeck Supérieur. <https://doi.org/10.3917/dbu.guill.2014.01.0383>

- Cappelli Alessio, Oliva Noémie, & Cini Enrico. (2020, mars). Stone milling versus roller milling : A systematic review of the effects on wheat flour quality, dough rheology, and bread characteristics. *Elsevier*, 147-155.
- Chaurand Marc, Rémésy Christian, Fardet Anthony, Leenhardt Fanny, Bar-l'helgouach Christine, & Taupier-Letage Bruno. (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. *Industrie des Céréales*, 142, 3-11.
- Chopin Technologies. (s. d.). *Mixolab 2 : Mesure des caractéristiques de la pâte pendant le pétrissage ainsi que la qualité des protéines et de l'amidon*. https://assets-global.website-files.com/60248b8cec3ecd4ab5d61984/606bbc515a047aea10c77c2f_MIXOLAB2_leaflet_FR_20170510.pdf
- Consales, Jean-Noël & Legris Bernard. (2007). *INSEE/Statistique Publique, L'agriculture, nouveaux défis*. INSEE Références. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/1372309>
- Datatab_kruskal wallis. (n.d.). *T-Test, khi-deux, ANOVA, Régression, Corrélation...* <https://datatab.fr/tutorial/kruskal-wallis-test>
- Delcour, A., Stilmant, D., Burny, P., Rabier, F., Louppe, H., & Goffart, J.-P. (2014). État des lieux des flux céréaliers en Wallonie selon différentes filières d'utilisation. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*
- Desgraupes. (2019). *Méthodes statistiques—Chapitre 12 : Tests non-paramétriques*. Université Paris ouest Nanterre la Défense. <https://www.zotero.org/user/login/>
- Doblado-Maldonado, A. F., Pike, O. A., Sweley, J. C., & Rose, D. J. (2012). Key issues and challenges in whole wheat flour milling and storage. *Journal of Cereal Science*, 56(2), 119-126. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2012.02.015>
- Doussinault G., Chiffolleau Yuna, Goulet Frédéric, Temple Ludovic, & Touzard Jean-Marc. (1995). *Cent ans de sélection du blé en France et Belgique*. 3-8.
- Dubat, Arnaud. (2004, mai). Importance de l'endommagement de l'amidon et évolution des méthodes de mesure. *Industrie des Céréales*, 137, 2-8.

FARM FOR GOOD! (s. d.). Consulté 1 août 2023, à l'adresse <https://www.farmforgood.org/>

Faure, G., Chiffolleau, Y., Goulet, F., Temple, L., & Touzard, J.-M. (2018). *Innovation et développement dans les systèmes agricoles et alimentaires*. éditions Quae.

<https://doi.org/10.35690/978-2-7592-2813-3>

Feillet Pierre. (2000). *Le grain de Blé : Composition et utilisation* (INRA).

https://books.google.be/books?id=H8YiCwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=fr&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

FOSS. (s. d.). *Infratec™ 1241 whole grain analyser—FOSS - Catalogue PDF | Documentation technique | Brochure*. Consulté 28 juillet 2023, à l'adresse

<https://pdf.agriexpo.online/fr/pdf/foss/infratec-1241-whole-grain-analyser/171680-3385.html#open14900>

Gélinas, Pierre, Dessureault, Karine, & Beauchemin Robert. (2004). *Stones adjustment and the quality of stone-ground wheat flour*. 459-463.

IFé. (2017). In *Institut Français de l'éducation*. [http://acces.ens-](http://acces.ens-lyon.fr/acces/thematiques/biodiversite/dossiers-thematiques/poacees/la-domestication-du-ble/des-propositions-dactivites-pour-ce-theme/comparaison-des-bles-actuels/le-gluten-des-farines#:~:text=Le%20gluten%20est%20constitu%C3%A9%20des,responsables%20des%20allergies%20au%20gluten)

[lyon.fr/acces/thematiques/biodiversite/dossiers-thematiques/poacees/la-domestication-du-ble/des-propositions-dactivites-pour-ce-theme/comparaison-des-bles-actuels/le-gluten-des-farines#:~:text=Le%20gluten%20est%20constitu%C3%A9%20des,responsables%20des%20allergies%20au%20gluten](http://acces.ens-lyon.fr/acces/thematiques/biodiversite/dossiers-thematiques/poacees/la-domestication-du-ble/des-propositions-dactivites-pour-ce-theme/comparaison-des-bles-actuels/le-gluten-des-farines#:~:text=Le%20gluten%20est%20constitu%C3%A9%20des,responsables%20des%20allergies%20au%20gluten).

Initiatives Paysannes. (2022). *Bilan de la journée de boulange—Avril 2022*.

https://www.agriculturepaysanne.org/IMG/pdf/bilan_essais_panification_2022_compressed.pdf

Jarrige François. (2010). Le travail de la routine : Autour d'une controverse sociotechnique dans la boulangerie française du XIXe siècle. *Annales. Histoire, Sciences sociales*, 3, 645-677.

La Spina, Sylvie & Roda, Mathilde. (2019). *Développer les filières céréales alimentaires en Wallonie*. Nature & Progrès Belgique. https://www.natpro.be/wp-content/uploads/2023/03/echangeons-sur-notre-agriculture__cereales.pdf

- Marc Dewalque. (2021). *Levains—Un voyage historique, technique et critique pour ne pas nourrir idiot! (Seconde Mouture)*.
- Mercier, C., & Colas, A. (1967). Les Amylases En Panification. *Annales de la nutrition et de l'alimentation*, 21, B299-B336.
- Murphy Kevin, Reeves Philip G, & Jones Stephen S. (2008). Relationship between yield and mineral nutrient concentration in historical and modern spring wheat cultivars. *Euphytica*.
- Oger, R., Sinnaeve, G., Anceau, C., Goffaux M-J, & Dardenne, P. (2003). *Qualité du froment d'hiver en Région Wallonne* (p. 34) [Publication]. Requasud.
- Padhy, A. K., Kaur, P., Singh, S., Kashyap, L., & Sharma, A. (2022). Colored wheat and derived products : Key to global nutritional security. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 0(0), 1-17. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2119366>
- Pagès J. (2003). Recueil direct de distances sensorielles : Application à l'évaluation de dix vins blancs du Val-de-Loire. *Recueil direct de distances sensorielles : application à l'évaluation de dix vins blancs du Val-de-Loire*, 23(1), 679-688.
- Parizel Dominique. (2017). Li Mestère : Des céréales anciennes à la base d'une nouvelle sélection adaptée. *Revue Valériane*, 126, 11-14.
- Pichon, M. (2013). *Étude de la diversité génétique de blés paysans sur la hauteur et la biomasse* (p. 58 p.). Université d'Angers. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01210074>
- Plateau Lou, Holzemer Laurence, Nyssens Thiago, & Maréchal Kévin. (2016). *Analyse dynamique de la durabilité vécue et mise en oeuvre par les acteurs des circuits courts*. Centre d'Études Économiques et Sociales de l'Environnement de l'Université Libre de Bruxelles. <https://ideas.repec.org/p/ulb/ulbeco/2013-336724.html>
- Raisiere, Y. (2021, juin 15). Meunerie wallonne : Un vent enthousiaste mais pas assez de pros. *Tchak !* <https://tchak.be/index.php/2021/06/15/meunerie-wallonne-meunier-marc-vanoverschelde/>
- Reboud, S., & Tanguy, C. (2021). L'innovation ordinaire d'un produit du quotidien : L'exemple du pain. *Technologie et innovation*, 7(1). <https://doi.org/10.21494/ISTE.OP.2021.0770>

- Rémésy Christian & Leenhardt Fanny. (2009). L'amélioration de la valeur nutritionnelle des pains bio. *Unité de Nutrition, INRA*, 1-14.
- Rémésy Christian, Leenhardt Fanny, & Fardet Anthony. (2014). Donner un nouvel avenir au pain dans le cadre d'une alimentation durable et préventive. *Cahier de nutrition et de diététique*, 50, 39-46.
- Roussel Philippe, Chiron Hubert, Della valle Guy, & Ndiaye Amadou. (2010). *Recueil de connaissances sur les descripteurs de qualité des pâtes et des pains ou variables d'état pour la panification française. Glossaire terminologique appliqué aux pains français*.
- Roussel Philippe, Onno, Bernard, Michel, Elisa, & Sicard Delphine. (2020). *La panification au levain naturel. Glossaire des savoirs*. Quae.
- SAPEA. (2020). *A sustainable food system for the European Union* (1^{re} éd.). SAPEA.
<https://doi.org/10.26356/sustainablefood>
- Sauvayre, R. (2013). Chapitre 1. La préparation à l'entretien. In *Les méthodes de l'entretien en sciences sociales* (p. 1-47). Dunod. <https://doi.org/10.3917/dunod.sauva.2013.01.0003>
- Serpolay-Besson Estelle. (2020). *PaysBlé : Développement d'un réseau régional pour expérimenter, maintenir et promouvoir la diversité cultivée des blés de terroir bretons en agriculture biologique*. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01458611>
- Shewry P.R, Hassall K.L., Grausgruber H., Andersson A.A.M., Lampi A-M., Piironen V., Rakszegi M., Ward J.L., & Lovegrove A. (2020). Do modern types of wheat have lower quality for human health? *Nutrition Bulletin*, 45, 362–373, 45, 362-373.
<https://doi.org/10.1111/nbu.12461>
- Silvestre Patrick. (2021, 12). Changer les critères de sélection du panifiable. Pourquoi est-ce un enjeu? *Itinéraire Bio - Biowallonie*, 61, 10-13.
- Technomitron. (s. d.). *Temps de chute d'Hagberg*.
<http://technomitron.aainb.com/vocabulaire/vocabulaire-professionnel-g-h-i-j/>

- Tétreault, S. (2014). Observation participante (Participative observation). In *Guide pratique de recherche en réadaptation* (p. 317-325). De Boeck Supérieur.
<https://doi.org/10.3917/dbu.guill.2014.01.0317>
- Triptolème. (2014). *Descripteurs, évaluations et notation des essais de panification des expérimentations Triptolème*. <http://www.triptoleme.org/wp-content/uploads/2022/01/Experimentation/Descripteurs,%20%C3%A9valuations%20et%20notation%20des%20essais%20de%20panification%20des%20exp%C3%A9rimentations%20Triptol%C3%A8me,%202014.pdf>
- Vindras-Fouillet, C. (2014). *Evaluation de la qualité sensorielle de produits pour la sélection participative en Agriculture Biologique : Cas du Blé et du Brocoli*. Université Européenne de Bretagne.
- Vindras-Fouillet, C., Ranke, O., Anglade, J.-P., Taupier-Letage, B., Véronique, C., & Goldringer, I. (2014). Sensory Analyses and Nutritional Qualities of Hand-Made Breads with Organic Grown Wheat Bread Populations. *Food and Nutrition Sciences*, 05(19), 1860-1874.
<https://doi.org/10.4236/fns.2014.519199>
- Vindras-Fouillet, Camille. (2020). *QUALIBLEBIO ANALYSES DES FRACTIONS PROTEIQUES DE VARIETE DE BLE POUR L'AB,20* (Organic eprints).
- Wikipedia. (2023). Spectroscopie dans l'infrarouge proche. In *Wikipédia*.
https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Spectroscopie_dans_l%27infrarouge_proche&oldid=204006491
- Wikipedia - la médiane. (2023). Médiane (statistiques). In *Wikipédia—La médiane*.
[https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=M%C3%A9diane_\(statistiques\)&oldid=203484467](https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=M%C3%A9diane_(statistiques)&oldid=203484467)
- Wikipedia - Le Quartile. (2022). Quartile. In *Wikipédia*.
<https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Quartile&oldid=198891496>
- Wiktionnaire. (2020). Sélection massale. In *Wiktionnaire*.
https://fr.wiktionary.org/w/index.php?title=s%C3%A9lection_massale&oldid=28472755
- Wiktionary. (2020). In *Wiktionary*. https://fr.wiktionary.org/wiki/s%C3%A9lection_massale