



PROJET FARWAL

VADE MECUM SUR LA CRÉATION D'UNE FILIÈRE CÉRÉALIÈRE COMPLÈTE

Avec le soutien de la **Wallonie**





INTRODUCTION

Le projet FARWAL, initié le 1^{er} juillet 2021, est axé sur deux volets.

Il porte, pour commencer, sur l'élaboration d'un *vade mecum* relatif aux étapes nécessaires à la création d'une filière céréalière complète, destinée à l'alimentation humaine.

Il envisage ensuite les étapes du développement d'une unité de mouture à façon destinée aux agriculteurs ou aux artisans désireux de valoriser leur production, par la transformation de céréales en farine.

La présente étude expose les conclusions de trois années d'expérience et de pratique de terrain, en laboratoire, sur le champ, tant dans les fermes que dans les moulins.

REMERCIEMENTS

Les porteurs du projet FARWAL tiennent à remercier les acteurs et intervenants qui leur ont permis de mener à bien ce projet. Leurs vifs remerciements s'adressent tout particulièrement aux personnes et organismes suivants :

- Aux collaborateurs du CRA-W dont le travail de laboratoire constitue un précieux soutien pour comprendre les préceptes d'une agriculture saine, durable et de qualité ;
- Aux agriculteurs qui développent, sans relâche, leur savoir-faire sur le champ et qui portent sur leurs épaules ce rôle primaire et nourricier ;
- Aux meuniers qui nous ont aidés à appréhender le métier de meunier ;
- À toutes les personnes qui nous ont aidés directement ou indirectement à la réalisation de ce projet ;
- Au Cabinet de la Ministre de l'Environnement, de la Nature, de la Ruralité et du Bien-être animal, en charge du Développement durable.

SOMMAIRE

14

CÉRÉALES

18

PSEUDO-CÉRÉALES

20

PÉDOCLIMATIE
EN BELGIQUE

22

C'EST QUOI UN BON GRAIN ?

24

ANALYSE
TECHNOLOGIQUE

28

VALEURS ANALYSÉES

32

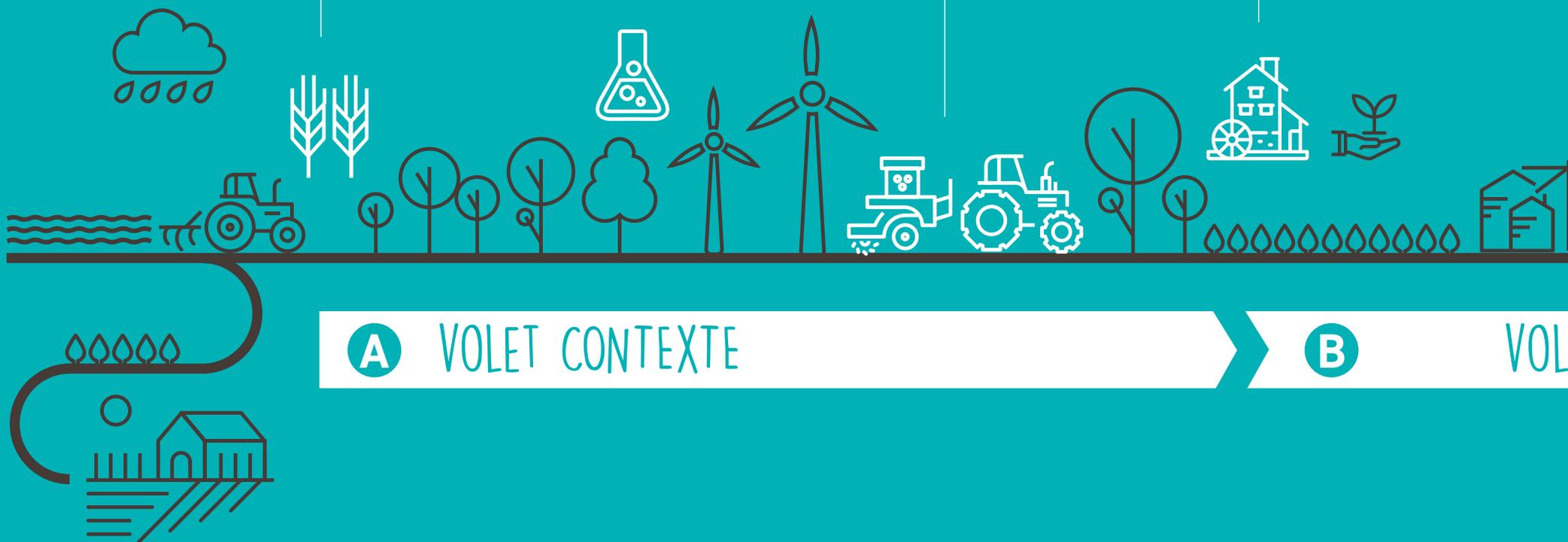
CONCLUSIONS

42

QUELQUES CHIFFRES

44

PHYTOTECHNIE
ET FUMURE AZOTÉE



A

VOLET CONTEXTE

B

VOLET

46
NETTOYAGE ET
TRI DES GRAINS

50
ALLOTEMENT,
ÉCHANTILLONNAGE
ET ANALYSES

52
STOCKAGE
EN FERME

54
TRANSPORT

58
TYPES DE
MEUNERIES

62
TYPES DE
FARINES

64
AUTRES ASPECTS
À CONSIDÉRER

68
MOUTURE À FAÇON

72
EXEMPLE
DE STORY



AGRONOMIQUE

C VOLET MEUNERIE / FARINE

CRA-W

CENTRE WALLON DE RECHERCHES AGRONOMIQUES (CRA-W)

Le Centre wallon de Recherches Agronomiques (CRA-W) combine des fonctions de recherche scientifique, de service et de support au bénéfice des agriculteurs, éleveurs, horticulteurs, sylviculteurs wallons et des opérateurs du secteur agro-alimentaire. Le CRA-W est un acteur au service des citoyens, de l'économie et de la transition vers une agriculture locale plus durable.

Le CRA-W mène environ 130 projets scientifiques dont les objectifs sont les suivants :

- Renforcer la rentabilité de la production et ainsi assurer un revenu décent aux agriculteurs wallons ;
- Aider à la valorisation des productions agricoles dans les filières conventionnelles ou locales, biologiques ou non ;
- Produire de manière plus durable des produits de qualité en conservant la qualité de vie des agriculteurs tout en veillant au bien-être animal et à la protection de l'environnement et de la biodiversité ;
- Réduire l'usage des intrants de synthèse et maîtriser les effets de l'agriculture sur le changement climatique.

De l'amont à l'aval, le CRA-W intervient au niveau de chaque maillon de la filière céréalière : activités de service, projets de recherche, à court et à long terme, que ce soit en production biologique ou conventionnelle, le CRA-W est actif dans la création variétale, la fertilisation, la protection des cultures, la mécanisation, l'évaluation de la qualité des productions, la transformation, le tri...

Le projet FARWAL a été porté par Bruno GODIN pour la CRA-W



Au moment de la récolte, le CRA-W analyse la qualité du grain provenant d'essais menés dans toute la Wallonie. Avant même les semis, les variétés et les fumures sont étudiées, afin de conseiller les acteurs de la filière sur les grains qui correspondent le mieux à leurs besoins. Le CRA-W les accompagne à la mise en œuvre des bonnes pratiques de stockage, d'allotement et de tri.

Les produits finis, ainsi que les transformations permettant de les obtenir, ont nécessité des critères de qualité spécifiques de leur matière première. Au CRA-W, l'aptitude des céréales à la transformation, c'est à dire la manière dont la céréale va réagir en meunerie-boulangerie, biscuiterie, malterie-brasserie, semoulerie-pastification est définie et caractérisée par de nombreuses méthodes physico-chimiques, rhéologiques et spectroscopiques. Dès lors, le CRA-W accompagne les filières céréalières existantes ou nouvelles.

L'expertise du CRA-W, grâce à ses laboratoires d'analyse, répond à de nombreux enjeux pour garantir des aliments sains et de qualité :

- l'authentification des productions ;
- la lutte contre les fraudes ;
- la traçabilité ;
- la qualité dans la chaîne alimentaire.

Ce vade mecum a été réalisé en collaboration avec le projet ValCerWal. Un projet du plan de relance de la Wallonie.





-  **440** COLLABORATEURS
-  **120** SCIENTIFIQUES
-  **60** SERVICES
-  **23** LABORATOIRES
-  **15** COLLECTIONS
-  **3** IMPLANTATIONS
-  **230** HECTARES DE CULTURE
-  **83** HECTARES EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE



MOULIN DE VENCIMONT

Le Moulin de Vencimont est l'un des derniers moulins artisanaux en activité en Wallonie.

Construit en 1723, il a traversé 3 siècles d'histoire de la meunerie. En 2016, après une rénovation complète, son histoire connaît un nouveau tournant avec le redémarrage de son activité meunière, en sommeil depuis 1974. Depuis lors, Ambroise DE GREIFT et son équipe de 4 personnes s'attèlent à y développer l'activité meunière, boulangère et touristique.

La meunerie sur meule y est relancée et sa boulangerie artisanale attenante en devient le laboratoire. Il se spécialise d'abord dans la mouture d'épeautre intégrale avant de construire sa propre minoterie, un moulin à cylindres avec 4 passages de broyage et 4 convertisseurs. Le Moulin de Vencimont devient alors capable d'assurer la production de farines blanches de première qualité.

En 2020, le Moulin de Vencimont rénove une deuxième paire de meules ce qui lui permet d'étendre sa production de farines.

En tissant des liens forts avec les acteurs de la filière, les sciences agronomiques, les agriculteurs, le Moulin de Vencimont est devenu le pionnier en matière de farines naturelles en Wallonie.

Le projet FARWAL a été porté par Ambroise DE GREIFT pour le Moulin de Vencimont



Selon le Moulin de Vencimont, les farines naturelles combinent deux familles d'engagements essentiels :

Aux champs :

- Agriculture 100% locale wallonne
- Agriculture raisonnée de conservation des sols, particulièrement adaptée aux grandes cultures de céréales en Belgique

Au moulin :

- Installation meunière complète
- Maîtrise des énergies avec trois installations hydro-électriques et une installation photovoltaïque
- Absence totale d'utilisation d'additifs, d'améliorants ou d'enzymes de synthèse dans les farines

Le Moulin de Vencimont décide alors de réhabiliter l'activité historique, qu'est la mouture à façon. Longtemps délaissée par la profession, cette activité permet d'écraser des céréales pour le compte d'autrui et de les transformer en farines, lesquelles sont ensuite restituées au client. Un série d'aménagements sont entrepris afin d'écarter les obstacles qui ont conduit à l'abandon de cette activité par la meunerie.





LA FERME DE LA MOTTE

La Ferme de la Motte est établie à Velroux, en Wallonie, au cœur de la Hesbaye.

Elle est tenue par la famille GRUTMAN, depuis 4 générations, et son histoire remonte à plus d'un siècle.

Pierre-Yves, 41 ans, est monté sur le tracteur il y a 3 décennies. Il n'en est jamais descendu. C'est à l'âge de 10 ans qu'il commence à se poser des questions sur l'agriculture raisonnée. La graine a germé depuis lors et il a pu développer sa propre expertise en la matière, dans sa ferme.

Il a fait le choix de se diversifier et cultive aujourd'hui tant la pomme de terre que le colza, l'orge, la betterave, le maïs, les pois, le froment, l'épeautre, le seigle, etc.

La taille de son exploitation lui offre la possibilité d'effectuer de judicieuses rotations de cultures, ce qui s'avère notamment intéressant dans ses recherches et dans le développement d'une agriculture plus saine et durable.

Le projet FARWAL a été porté par Pierre-Yves GRUTMAN pour la Ferme de la Motte



En 2018, il se spécialise dans la culture de céréales panifiables destinées au Moulin de Vencimont.

Il réalise, depuis lors, des investissements majeurs dans sa ferme en construisant un hangar et des loges lego spécifiquement dédiés au stockage des céréales. Il acquiert sa propre moissonneuse-batteuse en 2021.

En 2021, il se tourne vers l'ASBL Greenotec, afin de développer ses connaissances en matière d'agroécologie et d'agriculture de conservation des sols. Il est épaulé par Francois DESSART, ingénieur agronome et chargé de recherches chez Greenotec.









VOLET

CONTEXTE



CÉRÉALES

Les céréales font partie de la famille des graminées. Leurs grains peuvent être transformés en farine et servir d'aliment pour l'homme et le bétail.

Les 5 principales céréales sont le maïs, le blé, le riz, l'orge et le sorgho.

Le blé est le terme générique qui regroupe les principales céréales panifiables suivantes :

1. Le blé tendre (aussi appelé « froment ») *Triticum aestivum*

Il s'agit du blé panifiable le plus cultivé sous nos latitudes, mais également chez nos voisins français, en Amérique du Nord, et plus à l'est, en Ukraine et en Russie. Il couvre plus de 90 % des surfaces mondiales de blé et nourrit plus d'un tiers de la population mondiale. Sa mouture produit essentiellement de la farine utilisée en boulangerie.





Froment



Blé dur



Amidonnier



Engrain



Grand Epeautre



Kamut



Seigle

2. Le blé dur

Triticum durum

Né en Mésopotamie de l'hybridation de l'amidonnier et d'une plante sauvage (*Aegilops*), ce blé résiste mal au froid, ce qui a limité sa propagation géographique au bassin méditerranéen, dans un premier temps. Aidé par l'homme, il remonte petit à petit vers nos contrées bien qu'il soit relativement cantonné au sud de la Loire. Sa mouture produit essentiellement de la semoule, utilisée pour la production de pâtes et couscous.

3. L'amidonnier

Triticum dicoccum

Cultivée dès le néolithique, l'amidonnier est une céréales les plus anciennes, initialement utilisée dans la confection des galettes et plus tard en panification en France au XIX^{ème} siècle. Sa culture est très limitée aujourd'hui et se cantonne dans certaines parties d'Europe ou d'Asie.



4. L'engrain (aussi appelé « petit épeautre ») *Triticum monococcum*

Blé primitif comme l'est l'amidonniér, l'engrain fut domestiqué au néolithique dans le Croissant fertile (en Irak et en Syrie) ; il a ensuite migré vers la Méditerranée où il est encore cultivé, notamment en Provence. Il s'agit d'un blé vêtu qui doit être décortiqué avant mouture. Riche en caroténoïdes, il peut être utilisé, généralement marié à du froment, en panification et fournit une jolie farine jaunâtre attestant des vertus anti-oxydantes naturelles de cette céréale.

5. Le grand épeautre *Triticum aestivum ssp. Spelta*

Le grand épeautre est probablement l'ancêtre du froment. Il est né de l'hybridation de l'amidonniér avec deux Aegilops. Contrairement au blé dur, il dispose du génome qui lui confère la résistance au froid ce qui lui a permis de migrer jusque chez nous. Blé vêtu et disposant d'un enracinement très profond, il s'est particulièrement bien implanté dans nos régions et notamment en Ardennes belges. Sa haute teneur en sels minéraux et acides aminés en font un partenaire de choix en panification. Ses arômes de fruits secs et sa teneur prononcée en lipides en font une farine très appréciée aujourd'hui en mélange avec du blé tendre.

6. Le kamut ou khorasan *Triticum turgidum ssp turanicum*

Le mot Kamut vient probablement d'un terme égyptien désignant le mot « blé ». Il est originaire du Khorasan, région d'Iran. Sa farine peut être utilisée en panification avec du blé tendre, mais sa fraction étant plutôt semouleuse, il est privilégié dans la production de boulgour et couscous.

7. Le seigle *Secale cereale*

Le seigle, issu du Proche-Orient également, serait une céréale dont la présence était particulièrement bien tolérée au milieu des champs de petit épeautre. Très résistant au froid, il s'est particulièrement bien acclimaté au nord et à l'est de l'Europe, sur des sols assez pauvres. Il est utilisé en panification, notamment en Allemagne où ce pain, avec une mie assez sombre et dense, est toujours très apprécié aujourd'hui. Du point de vue nutritionnel, cette céréale est intéressante et donne au pain une note florale assez connue.





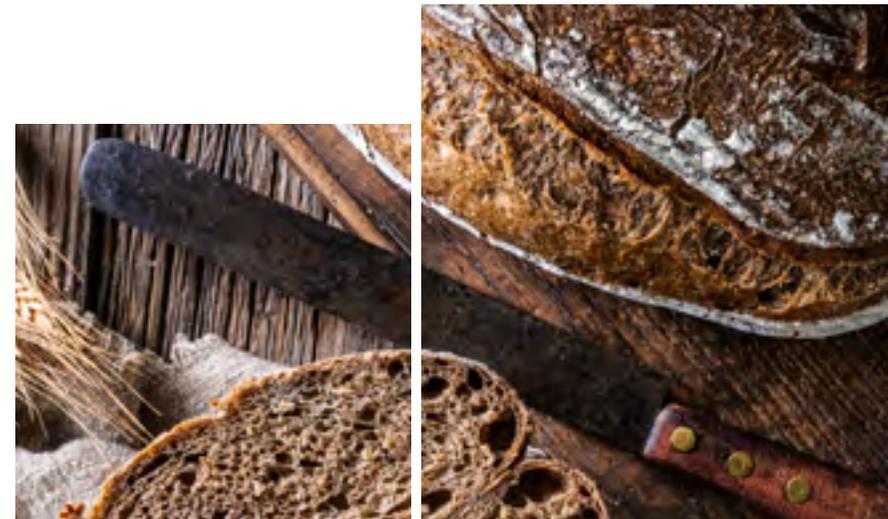
Témoignage

« QUAND ON PARLE DE CÉRÉALES LOCALES PANIFIABLES, C'EST SOUVENT AU FROMENT ET AU GRAND ÉPEAUTRE QU'ON PENSE. 90% DES DEMANDES D'ANALYSES QUE NOUS RECEVONS Y FONT D'AILLEURS RÉFÉRENCE »

Bruno GODIN

...et au Moulin de Vencimont

Nous adhérons totalement à ce témoignage. D'ailleurs, nous avons développé, au cours des dernières années, l'essentiel de notre savoir-faire sur la culture du froment et du grand épeautre. Ces deux céréales sont des alliés de choix en boulangerie.



PSEUDO- CÉRÉALES

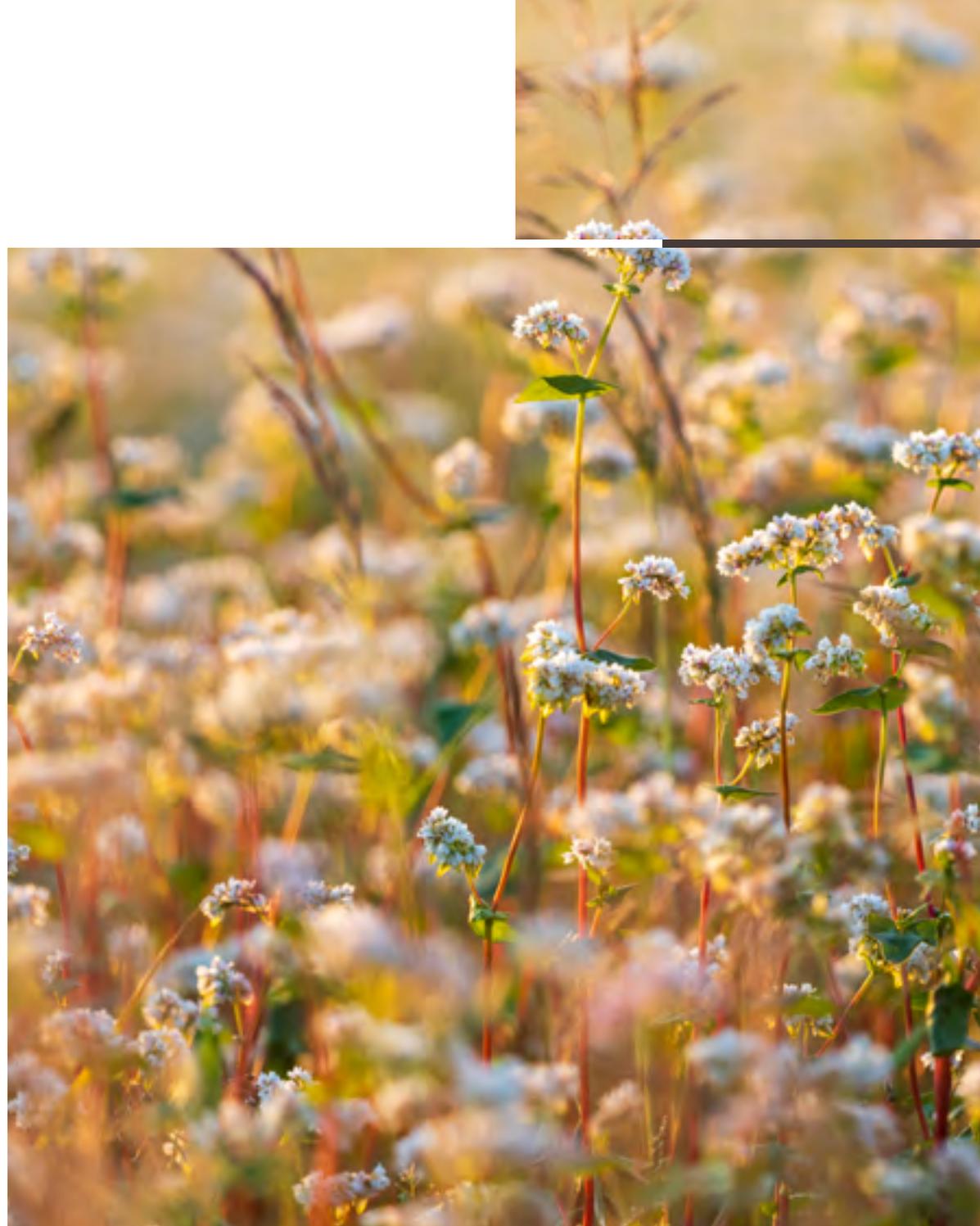
Les pseudo-céréales sont, comme leur nom l'indique, des grains généralement riches en amidon, produits par des plantes issues de familles botaniques différentes de celles des graminées.

Par exemple:

1. LE SARRASIN

Fagopyrum esculentum

Le sarrasin est originaire de Sibérie et appartient à la famille de polygonacées. Il convient particulièrement aux terres pauvres et acides. Les grains de sarrasin constituent une excellente source de fibres et de protéines végétales. Il contient également des minéraux essentiels comme le phosphore, le calcium et le magnésium. Le fruit du sarrasin s'appelle l'akène et ne contient qu'une graine. Celle-ci peut être écrasée en farine. Le sarrasin ne contient pas de gluten. Transformé en farine, il est particulièrement apprécié dans la préparation de crêpes.





Sarrasin



Quinoa



Amarante

2. Le quinoa

Chenopodium quinoa

Le quinoa est une plante herbacée de la famille de Amaranthaceae issue des plateaux d'Amérique du Sud. Elle servait historiquement d'alimentation aux population précolombiennes. Le quinoa est une excellente source de protéines végétales et est très riche en fibres. Sans gluten, il contient aussi des sels minéraux, tels le calcium, le cuivre, le fer et le magnésium. Le quinoa se consomme sous forme de graines cuites et se broie également en une farine qui présente un petit goût subtilement amer, aux touches de noisettes.

3. L'amarante

Amaranthaceae

L'amarante, ou « le blé des Incas » est une plante herbacée, de la famille de Amaranthaceae, issue des plateaux d'Amérique Latine. Elle apprécie et résiste bien aux grosses chaleurs. La graine d'amarante ressemble très fort au quinoa. Ayant un fort taux de protéines, elle est également une bonne source d'acides aminés. Elle se consomme sous forme de graines cuites ou se transforme en farine. Elle ne contient pas de gluten.

PÉDOCLIMATIE EN BELGIQUE

LA PÉDOCLIMATIE EN BELGIQUE, GRANDES TENDANCES?

Les **céréales** produisent des **graines servant à l'alimentation humaine ou animale et à la production de biocarburant**. Elles sont le plus souvent transformées en farines ou semoules, avant d'être consommées.

Le **climat tempéré de la Belgique** et ses hivers peu rigoureux sont particulièrement favorables à l'implantation de **céréales d'hiver, comme le froment et l'épeautre d'hiver**. Une céréale semée à l'automne permet d'obtenir un rendement de 50 % supérieur à la même espèce implantée au printemps. L'avantage des céréales d'hiver est de développer un système racinaire en profondeur. Cela leur donne accès à l'eau, même lors de printemps secs, et garantit un rendement en grain élevé, moins variable d'une année à l'autre. Par contre, les semis de céréales de printemps peuvent se trouver fort retardés lors de fins d'hivers et de débuts de printemps pluvieux. Cela a un impact négatif important sur le rendement en grain.

Les **céréales d'hiver sont incontournables dans une rotation de culture**, car elles permettent d'alterner culture de printemps et d'hiver. Les céréales sont moins exigeantes en matières organiques, exportent moins de minéraux et permettent d'améliorer la qualité des sols, contrairement aux têtes de rotation (comme la pomme de terre et la betterave).





Les sols belges permettent d'obtenir des rendements très élevés en céréales d'hiver, avec une moyenne de 9 t/ha en froment et 7 t/ha en épeautre. Ce sont les rendements les plus élevés en Europe. Bien que les rendements sont bien meilleurs au nord du sillon Sambre-Meuse, la culture de l'épeautre est nettement plus répandue au sud. L'épeautre est adapté aux sols moins fertiles et aux hivers plus rigoureux de cette zone. Les rendements des céréales d'hiver sont plus importants que celles de printemps. Il y a tout de même pour les céréales d'hiver une certaine variabilité en fonction de l'année, du type de sol et de la parcelle. La période des moissons en Belgique peut être une période pluvieuse. Les épisodes pluvieux au moment de la moisson dégradent la quantité et qualité (prégermination physiologique) du grain.

Moins de 10% de la production céréalière belge est destinée à l'alimentation humaine. La Wallonie est le grenier à grain du Benelux. Il existe de nombreux débouchés alimentaires et de nombreuses entreprises actives en Belgique dans ce domaine, telles que la meunerie, la boulangerie, la pâtisserie, la tarterie, la gaufrierie, la biscuiterie, la malterie, la brasserie. Le problème est **l'absence d'un marché organisé pour les céréales alimentaires.** La France et l'Allemagne ont un référentiel de qualité alimentaire pour les céréales où ils constituent des lots de différentes qualités alimentaires. La **Belgique a une vision productiviste et non qualitative des cultures céréalières**, avec son marché uniquement tourné vers des usages non-alimentaires, tels que l'amidonnerie et la production de biocarburant ainsi que son usage à destination de l'alimentation animale.



Cependant, ce système de production de quantités très importantes de céréales, en minimisant les risques de déclassement, est peu résilient. Pour la partie amidonnerie-éthanol, il dépend de seulement 2 transformateurs en Belgique. La qualité standard du marché belge est inférieure au marché standard européen. Les crises mondiales successives, depuis 2020, montrent l'importance de relocaliser la production et la transformation pour s'assurer une alimentation en matières premières adaptée aux besoins des nombreuses entreprises alimentaires. Il est donc **primordial de redévelopper la production de céréales alimentaires en Belgique pour y garantir la résilience de ce secteur prépondérant et de ceux qui en dépendent.** Différentes petites filières locales de céréales alimentaires se sont récemment développées avec succès en Wallonie dont celle du Moulin de Vencimont.

C'EST QUOI UN BON GRAIN?

L'aptitude à la panification d'un blé, c'est-à-dire sa qualité technologique, peut être définie comme la possibilité pour **une farine** de fournir une pâte qui se laisse travailler normalement, fermentant bien, possédant une capacité d'eau suffisante et qui, après cuisson, donne un pain avec un volume, une structure de mie, une croûte, une saveur et une odeur **adaptés aux attentes du procédé de transformation, du produit et du consommateur spécifique visé.**

Les critères d'aptitude à la panification sont donc spécifiques à chaque filière. **Il faut définir, pour ces critères, des seuils limites stricts** pour les années avec une moisson de qualité habituelle **et des seuils souples** pour celles qui sont critiques. **C'est nécessaire pour assurer l'approvisionnement de la filière locale et garantir un débouché aux producteurs.** L'ordre d'importance critères technologiques est également critique :

1. **Le critère le plus important est la qualité des constituants chimiques** - comme la force et la nature du gluten - fonction du choix de la variété;
2. **Ensuite la quantité des constituants chimiques** - comme la teneur en protéines;
3. **Enfin, les paramètres physiques du grain,** comme le poids à l'hectolitre.

Généralement, cet ordre d'importance est appliqué de manière inversée. Cela aboutit à des lots de qualité technologique standard élevée. Cet excès n'est pas nécessaire. Une matière de moindre qualité technologique et moins chère aurait été suffisante. Parfois la panification de ces lots de qualité standard sera problématique, alors que le cahier des charges aura été respecté. Cela aura également un coût.

Un lot de grains présentant une moindre aptitude à la panification peut être utilisé pour la production de pain en adaptant la transformation. Cela consiste en un pétrissage plus lent, des techniques de fermentation plus lente et/ou l'utilisation de levain. A petite échelle, il est plus aisé d'ajuster le procédé de transformation à la variabilité de la qualité technologique d'un lot à l'autre. Pour la panification, cela exige tout de même un savoir-faire particulier et du temps de la part du boulanger. Au plus le lot est déviant au niveau qualité, au plus cela prendra du temps pour s'y adapter.





Témoignage

« LES MÉTHODES DE PANIFICATION LES PLUS ARTISANALES SONT AUSSI LES PLUS RÉSILIENTES AU NIVEAU TECHNOLOGIQUE. ELLES POURRONT FACILEMENT ET RAPIDEMENT S'ADAPTER AU PASSAGE DE QUALITÉ TECHNOLOGIQUE, BIEN DIFFÉRENT D'UN LOT À L'AUTRE, COMME EN PASSANT D'UNE ANNÉE À L'AUTRE OU D'UNE RÉGION À UNE AUTRE. IL NE FAUT PAS POUR AUTANT PENSER QUE N'IMPORTE QUELLE QUALITÉ TECHNOLOGIQUE PEUT CONVENIR. AU PLUS LA QUALITÉ TECHNOLOGIQUE DE GRAIN EST DÉVIANTE, AU PLUS CELA PREND DE TEMPS POUR EN CORRIGER LES DÉFAUTS. CERTAINS DÉFAUTS SONT MÊMES IMPOSSIBLES À CORRIGER COMME UN TEMPS DE CHUTE DE HAGBERG TROP BAS ».

Bruno GODIN

LA BONNE PRATIQUE

- Il faut connaître le profil de qualité technologique dont la filière de panification a besoin et donc les variétés qui lui conviennent le mieux. Pour définir ce profil, le mieux est d'analyser, par différentes méthodes d'évaluations technologiques, des échantillons de matières brutes (grains ou farines) qui fonctionnent ou qui ne fonctionnent pas pour la filière en question.

ANALYSE TECHNOLOGIQUE

Les grains de blé sont principalement constitués d'amidon (70%) et de protéines (12%). L'aptitude à la panification est en grande partie liée à la qualité rhéologique de ceux-ci. Il faut ajouter à cela une autre qualité technologique essentielle, à savoir la qualité fermentaire.

Les qualités rhéologiques (au pétrissage, à la levée et à la cuisson) sont définies par l'aptitude de la farine à s'hydrater et de la pâte à se développer, grâce à la formation d'un réseau protéique (gluten formé à partir des gluténines et gliadines, lors du pétrissage) capable tant de retenir le CO₂ produit lors de la fermentation, que de maintenir le volume et la forme de la pâte à la cuisson. Ce réseau protéique se caractérise par ses propriétés de force boulangère, de ténacité, d'extensibilité et d'élasticité. L'alvéographe de Chopin et le Mixolab Chopin + sont des méthodes élaborées pour évaluer la qualité rhéologique.

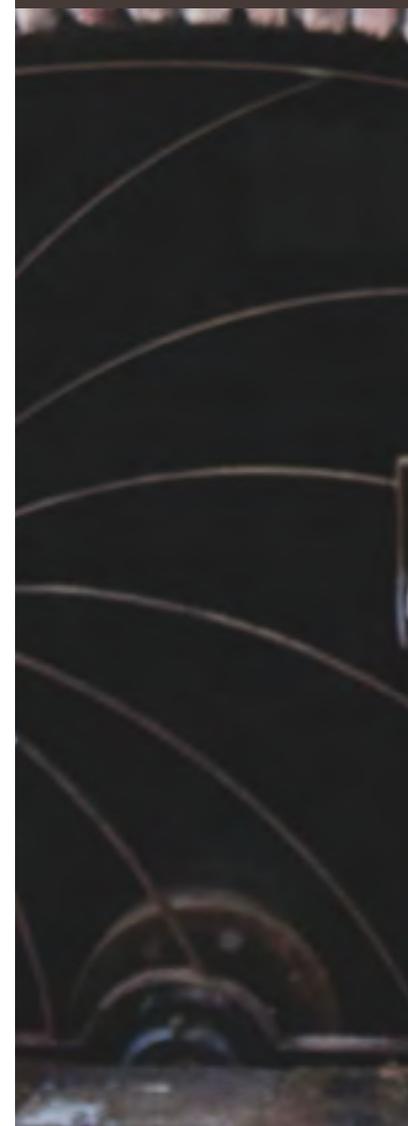
La qualité fermentaire est liée à un composé mineur ayant un impact majeur, à savoir l'activité en alpha-amylases. Cette activité est mesurée par le temps de chute de Hagberg. Les alpha-amylases permettent la libération de sucres qui seront transformés en gaz carbonique (CO₂) lors de la fermentation, pour permettre la levée et former les alvéoles du pain. La qualité fermentaire est également impactée par l'amidon endommagé dans la farine après sa mouture. Celle-ci dépend du type de moulin (cylindres ou meules), de sa configuration et de son réglage.

La couleur de la farine influence la coloration finale de la mie. Cette couleur dépend de la variété utilisée. La couleur crème est souvent recherchée en panification.

La teneur en cendres, c'est-à-dire en minéraux, après mouture, est en lien avec la teneur en son - et donc en fibres - présents dans la farine. Ils sont tous deux présents en périphérie du grain. La détermination de la teneur en cendres permet d'orienter l'utilisation de la farine qui est classiquement la suivante : pâtisserie T45, pain blanc T55, pain de campagne T65, semi-complet T80, semi-complet T110 ou intégral T150. Cette teneur en cendres dépend du type de moulin (cylindres ou meules), de sa configuration et de son réglage.

L'évaluation de la qualité technologique est à réaliser en étapes successives, par ensembles d'analyses :

1. Très rapides sur les grains comme celles de la teneur en protéines, en humidité et le poids à l'hectolitre qui servent de garde-fous ;
2. Basiques sur une mouture rapide comme le temps de chute de Hagberg (qualité fermentaire) et l'indice de sédimentation de Zélény (qualité rhéologique très approximative du gluten) ;
3. Élaborées sur une mouture blanche comme l'alvéographe de Chopin et Mixolab Chopin + (qualité rhéologique du gluten et de l'amidon) ;
4. Test de panification standardisé.





Témoignage

« IL EST TOUJOURS ESSENTIEL DE CONNAÎTRE LE NOM DE LA VARIÉTÉ ANALYSÉE POUR INTERPRÉTER AU MIEUX LES RÉSULTATS, SURTOUT AVEC LES MÉTHODES TRÈS RAPIDES.

L'INDICE DE SÉDIMENTATION DE ZÉLÉNY EST UNE MÉTHODE QUI SERT AU SCREENING DES ÉCHANTILLONS POUR TROUVER CEUX QUI POURRAIENT AVOIR LA MEILLEURE APTITUDE À LA PANIFICATION. IL NE FAUT PAS LIMITER LES ANALYSES TECHNOLOGIQUES POUR ÉVALUER LA QUALITÉ DU GLUTEN À CETTE MÉTHODE. AVEC LES MEILLEURS ÉCHANTILLONS, IL FAUT ENSUITE CONTINUER LES ANALYSES NOTAMMENT AVEC L'ALVÉOGRAPHE DE CHOPIN ET LE MIXOLAB+.

LA PRÉDICTION DE L'INDICE DE SÉDIMENTATION DE ZÉLÉNY PAR ÉQUATION INFRAROUGE GLOBALE (COMME FOURNIE PAR LES APPAREILS DE DÉPÔT) SONT À PROSCRIRE, CAR ELLES SONT TROP MÉDIOCRES. »

Bruno GODIN

LES PRINCIPALES MÉTHODES D'ANALYSES TECHNOLOGIQUES

• Temps de chute de Hagberg

L'objectif du temps de chute de Hagberg est d'**estimer l'activité alpha-amylasique** d'une farine de céréales (froment, épeautre, seigle, orge, triticale). La méthode repose sur la mesure du temps de chute d'un agitateur au travers d'un gel obtenu à partir d'une suspension de farine. Les amylases réduisant l'amidon, il y a liquéfaction du gel et diminution de la viscosité. **Plus il y a d'activité alpha-amylasique, plus le temps de chute de Hagberg est bas.**

Lorsque les blés sont récoltés **après la date optimale de récolte** et qu'il a plu depuis cette date, le phénomène de **prégermination physiologique du grain** va apparaître. Celle-ci peut aller plus ou moins vite en fonction de l'année, de la localisation, de la verse, de la variété et de la date de récolte. Ce phénomène va fortement **diminuer la valeur du temps de chute de Hagberg**. Il suffit que de **quelques pour-cent de grains** avec une prégermination physiologique élevée pour une baisse importante du temps de chute de Hagberg. Il n'est pas possible de faire remonter cette valeur, avec des additifs par exemple. **Le temps de chute de Hagberg est donc couramment contrôlé**, car des valeurs critiques trop basses **empêchent le pain de cuire**. Le seuil strict est de 220s et le seuil souple est de 180s sur mouture intégrale. Ce dernier est appliqué lors de mauvaises années pour ce paramètre. Il ne faut jamais travailler un lot avec une valeur inférieure à 150s.

• Indice de sédimentation de Zélény

L'objectif de l'indice de sédimentation de Zélény est d'**estimer rapidement**, avec l'aide d'un moulin spécifique, **la force boulangère du gluten** (W de l'Alvéographe Chopin) sur une farine blanche (froment et épeautre) en milieu acide.

Le principe est le suivant : la farine va être mélangée dans un milieu acide. Ensuite, elle est mise au repos. La manipulation consiste à observer la réaction de la protéine dans ce milieu. Plus les protéines sont de bonne qualité panifiable, plus elles absorbent de l'eau. Cela entraîne deux effets en cascade : d'une part, le volume de sédimentation - c'est-à-dire le volume de dépôt - de ces protéines sera élevé, et, d'autre part, plus la protéine absorbe de l'eau, plus son poids spécifique sera faible lors du gonflement, entraînant une vitesse de sédimentation plus lente.

Notons que **la prédiction de l'indice de sédimentation de Zélény par équation infrarouge globale** (comme fournie par les appareils de dépôt) **est trop médiocre et non pertinente**. Cette manière de mesurer l'indice de sédimentation de Zélény est absolument à proscrire pour les blés qui ne sont pas des froments modernes, c'est-à-dire les anciennes variétés, l'engrain et l'épeautre par exemple.

• Alvéographe de Chopin

L'objectif de l'alvéographe de Chopin est de **déterminer la force du gluten (W) ainsi que sa ténacité (P), son extensibilité (L) et son élasticité (Ie)**. Des disques de pâte de froment ou d'épeautre, obtenus dans des conditions standards, sont soumis à une pression d'air. Ils vont se déformer et se gonfler en formant une bulle de pâte dont le volume et la résistance au gonflement sont liés aux propriétés rhéologiques du gluten.





- **Mixolab Chopin +**

Le Mixolab est un appareil qui permet de mesurer le comportement rhéologique des pâtes en appliquant à celles-ci une contrainte de température, par un système de chauffage-refroidissement progressif, dans un pétrin dynamométrique.

La particularité du Mixolab réside dans la modularité complète de son cycle de température. Il permet d'évaluer **plusieurs facteurs** : **l'hydratation optimale de la pâte, la formation du gluten, la stabilité du gluten à 30°C et à la chauffe, le comportement de l'amidon** (volume et structure de la mie ainsi que sa durée de conservation) **à la chauffe puis au refroidissement et enfin l'activité alpha-amylasique de la pâte.**

- **Test de panification standardisé**

L'objectif du test de panification standardisé est de **déterminer, de la manière la plus objective et reproductible, la qualité du pain au niveau de différentes qualités spécifiques** : le volume et la forme du pain, la texture et l'alvéolage de la mie, la couleur de la mie et la croûte ainsi que l'analyse sensorielle du pain. Il existe différentes méthodes standardisées de panification dont, pour la Belgique, la norme NBN V12-001 «Test standard belge de panification de farine de froment».



LA BONNE PRATIQUE

Il faut prendre la précaution d'évaluer chaque lot, avant sa transformation, pour s'épargner les frais et les problèmes évitables, afin de garantir la viabilité de la filière. **Les analyses sont à réaliser en étapes successives, par ensembles d'analyses** : très rapides, basiques, élaborées et test de panification standard. Au plus les analyses sont élaborées, au plus elles utilisent de ressources et prennent du temps pour obtenir les résultats.

VALEURS ANALYSÉES

LA QUALITÉ TECHNOLOGIQUE AU COURS DU PROJET FARWAL

La **qualité technologique des céréales est affectée par les conditions météorologiques (température et précipitations)** tout comme le rendement à l'hectare. Il y a 3 périodes distinctes qui ont des impacts significatifs sur la qualité technologique :

- du **redressement à l'épiaison**. Il s'agit d'une phase essentielle au cours de laquelle la plante **mobilise déjà environ 80 % de la matière azotée** qui sera remobilisée pour la formation du grain. Il ne faut ni des températures ni des précipitations excessives pour qu'elle puisse capter l'azote minéral sans qu'il soit rendu indisponible.
- de **l'épiaison au stade grain pâteux**. Lors de cette phase primordiale, le **grain se forme et se remplit**. Il faut également une température et des précipitations modérées pour garantir tant la **formation d'amidon grâce à la photosynthèse** que de la **protéine par la remobilisation et mobilisation de l'azote**. Un excès de rayonnement lumineux engendre une production importante d'amidon qui diluera la teneur en protéines. Un ou plusieurs épisodes orageux peuvent faire verser la plante en fin de cycle de la plante. La sensibilité à la verse dépend de l'intensité de l'orage, de la sensibilité variétale et de la quantité d'azote absorbée. La verse empêche le remplissage du grain. Au plus la verse apparaît tôt, au plus le remplissage sera affecté. Un épisode d'humidité intense couplé à une température élevée - ayant lieu de 1 semaine avant à 1 semaine après la floraison - permet aux Fusarium de s'installer sur le grain en formation. Cet épisode sera responsable de la production de la **mycotoxine DON**.



- de la **date de maturité optimale à la récolte**. Lorsque les récoltes sont retardées à cause de la pluie, le phénomène de **prégermination physiologique** du grain se met en route. Il apparaît plus ou vite en fonction de l'année, de la localisation (précipitation et température), de la verse, de la variété et de la date de récolte. Si les Fusarium se sont installés au niveau de l'épi au moment de la floraison, alors il y a un risque que ces agents produisent la **mycotoxine ZEA**. Celle-ci apparaît en récolte tardive.





Le projet FARWAL a couvert les moissons de 2021, 2022 et 2023 pour le froment et l'épeautre d'hiver. Les conditions climatiques ces années de culture et de moisson ont été très extrêmes et variables de :

- **En 2021**, le potentiel de rendement à l'hectare et la qualité technologique étaient très bons jusqu'aux **orages successifs, à partir du 20/06/21**. Cela a engendré une **verse généralisée** affectant surtout le nord du sillon Sambre-Meuse. Cette zone est plus sensible à la verse, car les sols y sont plus fertiles. La verse est apparue au pire moment, c'est-à-dire, en début du remplissage du grain. Cela a entraîné **des poids de 1000 grains les plus faibles** jamais vus. Cependant, **la quantité et la qualité de la protéine étaient proches des valeurs les plus élevées** de ces 10 dernières années. La pluie a également empêché la moisson à la date optimale de récolte. Toutefois, les lots récoltés avant le 15/08/21 au nord du sillon Sambre-Meuse et avant le 22/08/21 au sud, n'avaient généralement **pas de problème de prégermination physiologique**. **L'humidité des grains moissonnés était souvent élevée. Les rendements à l'hectare ont été très mauvais.**
- **En 2022**, le **printemps très sec a fortement limité l'absorption d'azote par la plante**. Cela réduit l'azote pouvant être remobilisé pour produire de la protéine lors du remplissage du grain. De l'épiaison au stade grain laiteux, il y a des épisodes pluvieux qui ont permis in extremis à la plante de mobiliser plus d'azote en direct à partir sol que d'habitude, limitant ainsi le déficit en teneur en protéines dans le grain. **Le rayonnement lumineux très important** a engendré une production très élevée d'amidon débouchant sur des **poids de 1000 grains, les plus haut** jamais vus. La moisson a été précoce. Elle a eu lieu pendant le 3^{ème} décennie de juillet. **Les grains moissonnés étaient très secs** et à une date de maturité optimale. La teneur en protéines et sa qualité étaient fort faibles. Les rendements à l'hectare ont été très bons.

• En 2023, l'hiver doux combiné au début de printemps plutôt frais et pluvieux correspond aux conditions idéales de compétition pour la lumière, de sorte que les tiges se concentrent sur une hauteur plutôt élevées qu'épaisses. Cela est un **facteur à risque important, responsable de la verse** si des orages se présentent en fin de cycle de la plante, ce qui s'est concrétisé avec l'intense orage du 22/06/23. Il a fait verser les parcelles les plus exposées à ce risque (variété sensible à la verse, parcelle très fertile, apport d'azote minéral trop important). Ce type de **printemps a permis de bien mieux absorber l'azote** que lors du printemps 2022. **Du stade dernière feuille au stade grain pâteux, le rayonnement lumineux très important** a permis, comme en 2022, de produire des quantités importantes d'amidon avec des **poids de 1000 grains élevés**, mais diluant la teneur en protéines. Malheureusement, juste quand les grains arrivaient à maturité optimale, il y a eu de la **pluie pendant 20 jours à partir du 23/07/24**.

Cela a empêché leur moisson. Les pluies ont été tellement nombreuses pendant cette période qu'elles ont été responsables de verse dans les situations les plus exposées à ce risque. Les **rendements sont passés de potentiellement élevés** (moisson avant le 23/07/24) **à moyen**. Avec de telles pluies et un tel retard de la moisson, la prégermination physiologique a été très intense, tandis que la **teneur en protéines et la qualité étaient moyennes**. Les **grains moissonnés étaient secs**. Il n'y a pas eu de **problème de production de la mycotoxine ZEA**, car les conditions météorologiques étaient très défavorables à son développement à la floraison.

Qualité technologique des froments
- principalement destinés à l'amidonnerie-glutenerie-éthanolerie et à l'alimentation animale -
réceptionnés par les stockeurs wallons avant nettoyage et tri

Année de récolte	Teneur en humidité (%)	Teneur en protéines (N*5,7 ; % MS)	Z/P (Zélény/ Protéines)	Indice de sédimentation de Zélény par infrarouge (ml)	Temps de chute de Hagberg (s)	Poids à l'hectolitre brut (kg/hl)
2011-2020	14.3	11.5	3.1	35	279	77.3
2021	14.7	11.7	3.3	38	202	71.4
2022	13.1	10.7	2.8	30	345	79.5
2023 Juillet / Août	14.1 14.7 / 13.7	11.2 11.1 / 11.3	3.1 2.9 / 3.2	35 33 / 36	164 256 / 98	74.5 77.6 / 72.3





Le projet FARWAL a permis d'évaluer la qualité technologique d'échantillons tant de céréales (froment, épeautre, petit épeautre et seigle), cultivées par les agriculteurs en lien avec la filière du Moulin de Vencimont, que d'échantillons de farine blanche du Moulin de Vencimont ou provenant de la prospection annuelle de variétés par le CRA-W. Ces échantillons ont toujours présenté une **excellente aptitude à la panification, grâce au choix judicieux de variétés, préférant la bonne qualité panifiable** aux variétés orientées uniquement vers le rendement à l'hectare. Il s'agit notamment des variétés **Adamus, Alessio, Christoph, Montalbano** et **Moschus** en froment panifiable ainsi que les variétés **Sérénité** et **Franckentop** en panification 100% épeautre et **Cosmos** en panification 1/3 d'épeautre et 2/3 de froment. Cette aptitude optimale à la panification est obtenue en suivant les **bonnes pratiques visant la qualité technologique et sanitaire**, telles que présentées dans ce Vade mecum.

Soulignons que le petit épeautre et le seigle ont toujours besoin d'une panification très artisanale, comportant pétrissage moins énergique, levée plus longue, utilisation de levain.

Les analyses technologiques réalisées portent sur la teneur en protéines, la dureté du grain, le poids à l'hectolitre, le temps de chute de Hagberg, l'indice de sédimentation de Zélény, l'alvéographe Chopin, le Mixolab +, le Rapid Visco Analyzer, la couleur L*/a*/b* et la granulométrie de la farine blanche.



Échantillons analysés pour leur qualité technologique par le projet FARWAL

Origine	Froment	Épeautre	Petit épeautre	Seigle
Agriculteurs en lien avec la filière du Moulin de Vencimont	5 + 2 BIO	5 + 2 BIO	2 BIO	2 BIO
Farine blanche du Moulin de Vencimont	6	2 + 1 BIO	/	/
Prospection annuelle de variétés par le CRA-W	5 + 5 BIO	3 + 3 BIO	/	/

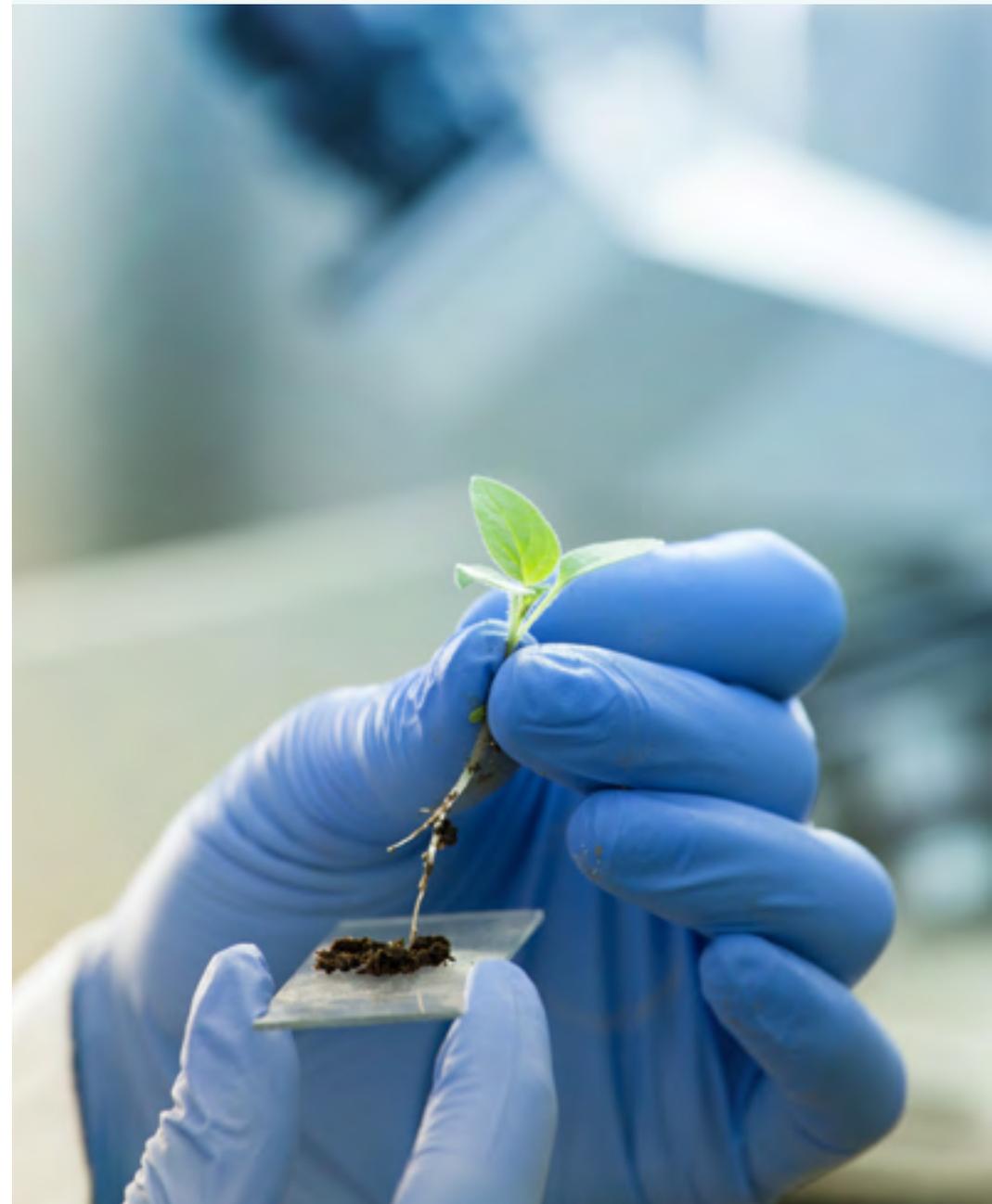
CONCLUSION

ENSEIGNEMENTS DU PROJET FARWAL POUR OBTENIR UNE **BONNE QUALITÉ TECHNOLOGIQUE**

Les conditions climatiques des dernières années de culture et de moisson ont été très extrêmes et variables. Il n'y a pas d'année climatique moyenne. Il est donc primordial de **cultiver des variétés panifiables robustes, tant au niveau agronomique que technologique, eu égard aux aléas climatiques**. Il faut opter plutôt pour des variétés robustes, ayant un peu moins de rendement à l'hectare, que pour des variétés très productives en conditions normales, mais dont le potentiel chute significativement à cause d'un accident climatique. En Belgique, ces **variétés panifiables robustes sont souvent issues d'essais en agriculture biologique**.

Pour les moissons 2021, 2022 et 2023, les problèmes de qualité technologique ont été les suivants :

- une **faible teneur en protéines** à cause de la **sécheresse au moment du printemps** où la plante doit mobiliser son azote ;
- la **prégermination physiologique** associée à des temps de chute de Hagberg trop bas à cause de **moissons retardées par la pluie** ;
- la **verse** à cause d'un ou plusieurs **orages en fin cycle de la plante** au moment du remplissage du grain.





Les **variétés panifiables robustes** (qualité Q1 BIO) ont été sélectionnées pour pallier le mieux ces problématiques. De plus, ces variétés sont également **bien résistantes aux Fusarium**, responsables de la production de mycotoxine comme le DON.

En termes de **bonnes pratiques** pour obtenir la qualité technologique et sanitaire panifiable nécessaire, il s'est avéré que certaines étaient particulièrement importantes :

- la **pré-récolte pour contrôler la teneur en protéines et en humidité** (ainsi que Hagberg et mycotoxine DON en cas d'année problématique). Elle permet d'**anticiper la stratégie d'allotement** ainsi que d'**identifier des cas ponctuels ou généraux de variétés ou de microclimats problématiques** dont les parcelles sont à déclasser. Si le grain de la pré-récolte est assez sec et qu'il y a un risque important de blocage de la moisson par plusieurs jours de pluie, alors il vaut mieux moissonner quelques jours avant la date optimale de maturité ;
- le **nettoyage des grains dès la moisson** (surtout en agriculture peu intensive et biologique) pour **retirer les nombreuses adventices encore vertes**. Elles sont responsables de zones d'humidité à l'origine du développement de moisissures produisant des mycotoxines. Il permet aussi de **lutter contre la présence d'insectes des grains**. La ventilation des lots de grains nettoyés est **plus rapide** et nécessite **moins d'énergie** ;
- la **constitution d'un échantillon représentatif de chaque lot** outre l'échantillonnage de chaque benne formant le lot,
- **l'analyse technologique du lot avant sa transformation.**



Tant le choix variétal de plusieurs variétés de qualité technologique appropriées à la culture dans différents pédoclimats wallons que l'application des bonnes pratiques pour assurer la qualité technologique et sanitaire sont primordiaux pour répondre aux besoins spécifiques de sa filière et pour faire face à la variabilité climatique.

Notons, qu'il s'avère très **difficile d'obtenir, en Belgique, des semences des variétés les plus panifiables** Q1A, Q1A BIO, Q1, Q1 BIO et même Q2 BIO. Il faut prendre les contacts pour les commandes des semences de variétés spécifiques très longtemps avant les semis. Si elle n'est pas disponible en Belgique, alors il faut s'adresser aux mandataires de ces variétés en France ou en Allemagne. **La durée de vie commerciale des variétés étant de plus en plus courte** (moins de 5 ans), il est essentiel d'anticiper le remplacement de variétés en fin de vie commerciale en **menant des essais avec des nouvelles variétés.**

FROMENT

Critères et valeurs de qualité technologique à obtenir pour l'utilisation en panification standard belge du froment.
(Source : CRA-W)

Qualité panifiable belge du froment	Améliorant	Premium	Supérieur
Variété	Q1A	Q1	Q2
Humidité (%)	≤ 14,5 (≤ 15,5)		
Hagberg(s)	≥ 220 (≥ 180)		
Alvéographe Chopin : W Force boulangère (10-4 J)	≥ 275 (≥ 250)	≥ 225 (≥ 200)	≥ 175 (≥ 150)
Alvéographe Chopin : P/L Rapport Ténacité/Extensibilité	≤ 1,5 (≤ 2,0)		
Stabilité du gluten au Mixolab + (min)	≥ 10	≥ 9	≥ 8
Zélény (ml)	≥ 40	≥ 35	≥ 30
Protéines (N*5,7 ; %MS)	≥ 12,0 (≥ 11,5) BIO : ≥ 11,5 (≥ 11,0)	≥ 11,5 (≥ 11,0) BIO : ≥ 11,0 (≥ 10,5)	≥ 11,0 (≥ 10,5) BIO : ≥ 10,5 (≥ 10,0)
Poids à l'hectolitre brut (kg/hl)	≥ 76,0 (≥ 73,0)		

Les valeurs entre parenthèses correspondent au seuil limite souple.





Conventionnel

Catégories de qualité technologique 2024 pour la panification de **variétés de froment cultivées en agriculture conventionnelle en Wallonie**.
(Source : CRA-W)

Q1 Panifiable premium belge	Q2 Panifiable supérieur belge	Q3 Autres usages Amidonnerie	Q4 Basique belge Fourrager
Alessio*, ^A	Chevignon	Campesino	Champion
Arminius ^A	Hyacinth	Celebrity	Debian
Christoph ^A	Hyking	Crossway	Gleam
Kerubino ^A	Irun	Garfield	Johnson
Montalbano ^A	Informer	Geluck	KWS Keitum
Moschus ^A	Intensity	Hyntact	KWS Smart ^B
Tillexus*, ^A	KWS Donovan	KWS Sverre	LG Audace
Cubitus	KWS Extase	LG Apollo	LG Farrier
KWS Dag	RGT Perkussio	Positiv	LG Skyscraper ^B
KWS Emerick	SY Revolution	Winner	SU Ecusson ^B
LG Keramik	WPB Montfort	WPB Calgary	SY Admiration*

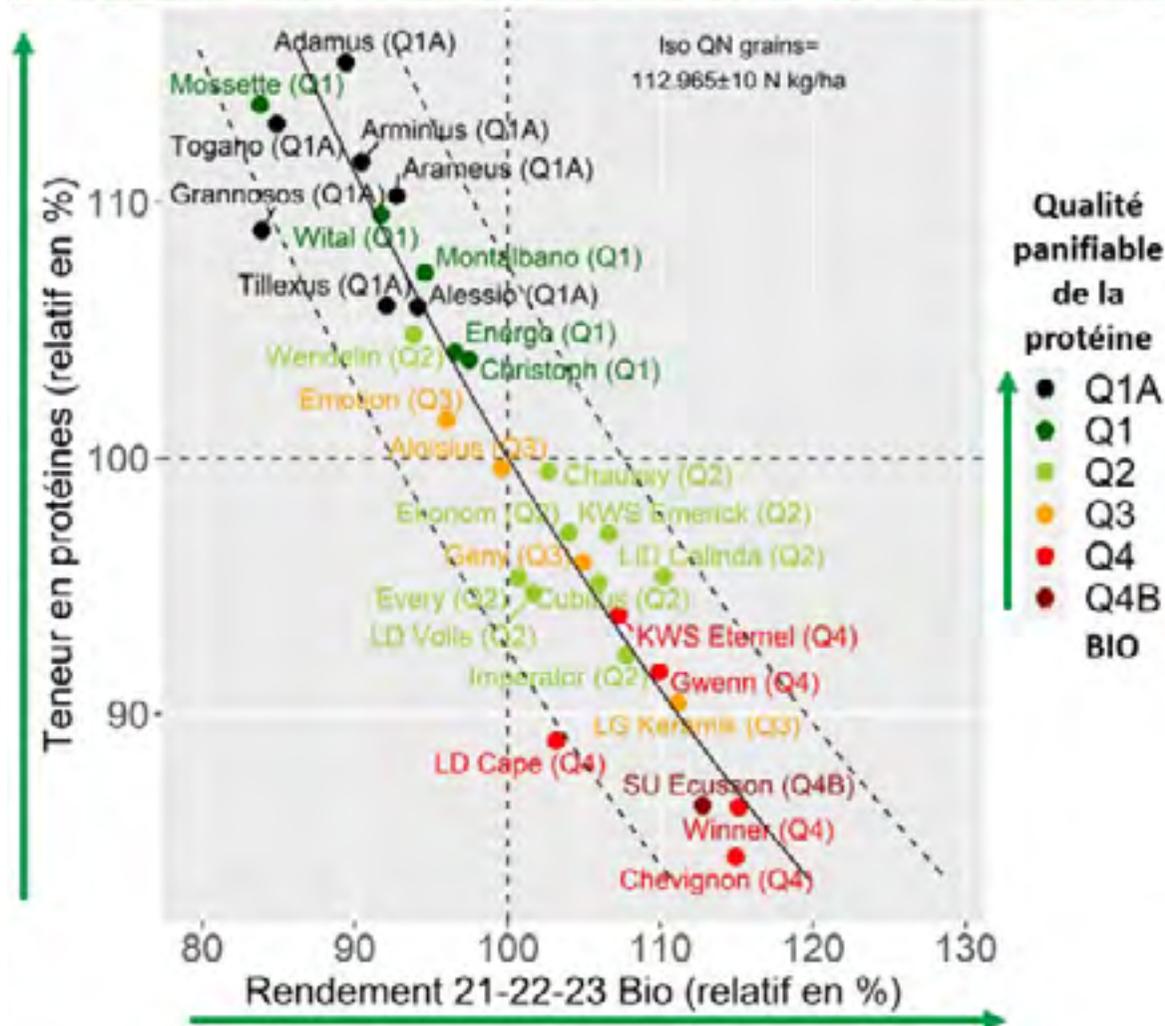
Biologique

Catégories de qualité technologique 2024 pour la panification de **variétés de froment cultivées en agriculture biologique en Wallonie**.
(Source : CRA-W)

Q1 BIO Panifiable premium belge		Q2 BIO Panifiable supérieur belge	Q3 BIO Autres usages Amidonnerie	Q4 BIO Basique belge Fourrager
Adamus ^A	Christoph	Chaussy	Aloisius*	Chevignon
Alessio ^A	Energo	Cubitus	Campesino*	Gwenn
Arameus ^{A*}	Montalbano	Ekonom	Emotion	KWS Eternel*
Arminius ^A	Moschus	Every	Geny	LD Cape
Grannosos ^{A*}	Mossette	Imperator	KWS Extase*	Winner
Tillexus ^A	Renan	KWS Emerick*	LD Chaîne*	SU Ecusson ^B
Togano ^A	Wital	Wendelin	LG Keramik	

* : données limitées
^A : variété améliorante
^B : variété biscuitière

Compromis entre rendement à l'hectare-protéines-qualité



Compromis entre le rendement à l'hectare, la quantité de protéines et la qualité panifiable pour des variétés de froment cultivées en agriculture biologique sur le territoire wallon. (Source : CRA-W)





ÉPEAUTRE

Critères et valeurs de qualité technologique à obtenir pour l'utilisation en panification standard belge de l'épeautre.
(Source : CRA-W)

Qualité panifiable belge de l'épeautre	Panifiable en pur 100% épeautre	Panifiable en mélange 1/3 Epeautre - 2/3 Froment Q1
Variété	Q1e	Q2e et Q3e
Humidité des grains nus (%)	≤14,5 (≤15,5)	
Hagberg(s)	≥220 (≥180)	
Alvéographe Chopin : W Force boulangère (10-4 J)	≥125 (≥100)	≥100 (≥75)
Alvéographe Chopin : P/L Rapport Ténacité/Extensibilité	≤0,5 (≤1,0)	
Stabilité du gluten au Mixolab + (min)	≥8	≥8
Zélény (ml)	≥25	≥20
Protéines (N*5,7 ; %MS)	≥13,0 (≥12,5) BIO : ≥12,5 (≥12,0)	≥12,5 (≥12,0) BIO : ≥12,0 (≥11,5)

Les valeurs entre parenthèses correspondent au seuil limite souple.

Conventionnel

Catégories de qualité technologique 2024 pour la panification de **variétés d'épeautre cultivées en agriculture conventionnelle cultivées en Wallonie.**
(Source : CRA-W)

Qe1 Épeautre panifiable en pur	Qe2 Épeautre panifiable avec 30-50% de froment panifiable Q1	Qe3 Épeautre panifiable avec 30-50% de froment panifiable Q1	Qe4 Épeautre panifiable avec 50-70% de froment panifiable Q1
Convoitise	Cosmos	Alboretto*	Badensonne
Copper*	Franckenkorn	Lucky	Ebners Rotkorn
Franckentop	Holdlander	Zollernspelz	Gletscher
Sérénité	Vif		Lignée 24
Zollernfit	Zollernperle		Oberkulmer
Zor			Steiners Roter Tyroler

* : données limitées

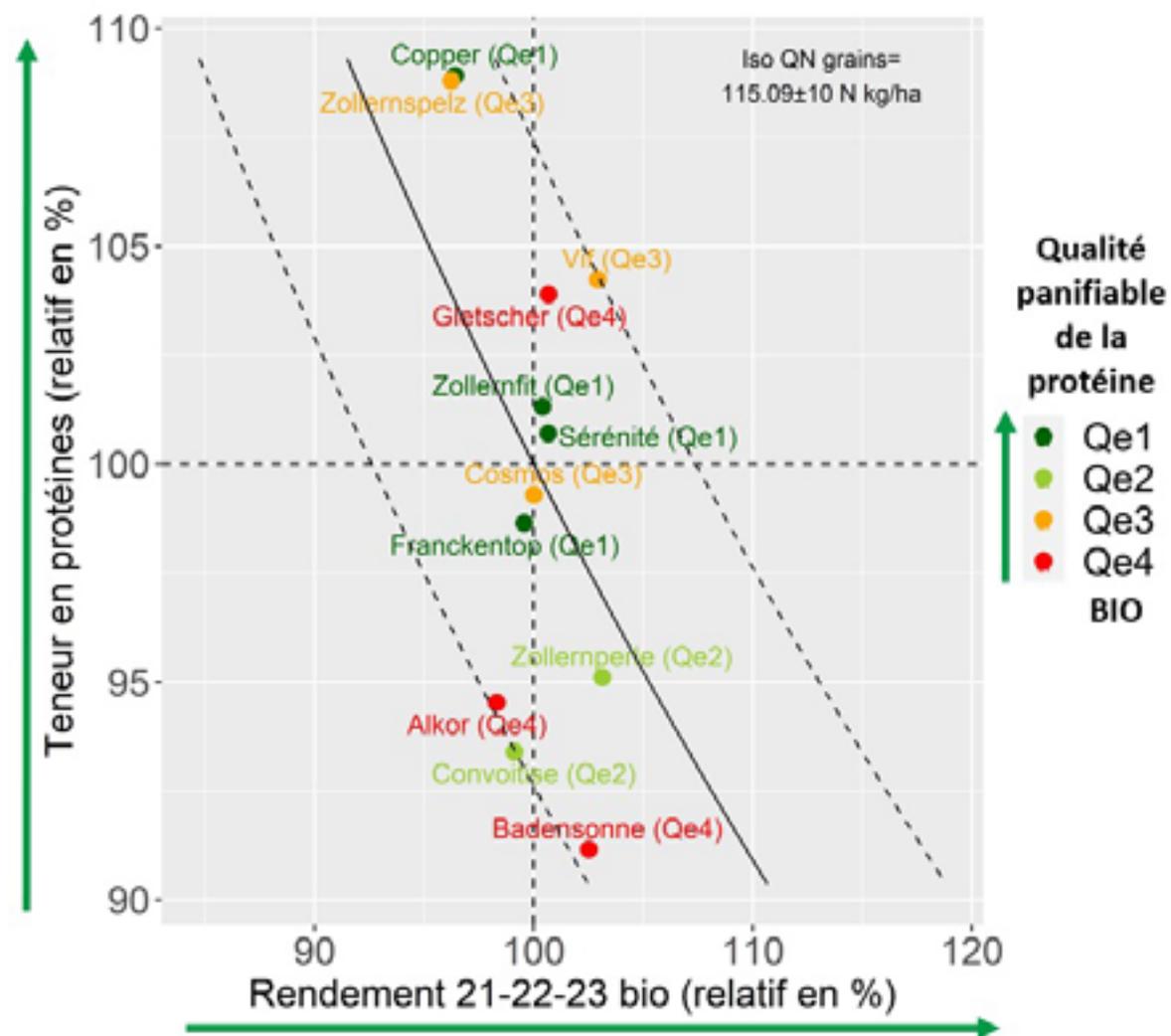
Biologique

Catégories de qualité technologique 2024 pour la panification de **variétés d'épeautre cultivées en agriculture biologique cultivées en Wallonie.**
(Source : CRA-W)

Qe1 BIO Épeautre panifiable en pur	Qe2 BIO Épeautre panifiable avec 30-50% de froment panifiable Q1 BIO	Qe3 BIO Épeautre panifiable avec 30-50% de froment panifiable Q1 BIO	Qe4 BIO Épeautre panifiable avec 50-70% de froment panifiable Q1 BIO
Copper*	Convoitise	Cosmos	Badensonne
Franckentop	Zollernperle	Franckenkorn	Ebners Rotkorn
Sérénité		Holdlander	Gletscher
Zollernfit		Lucky	Lignée 24
Zor		Vif	Oberkulmer
		Zollernspelz	Steiners Roter Tyroler

* : données limitées

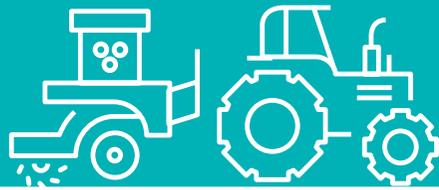
Compromis entre rendement à l'hectare-protéines-qualité



Compromis entre le rendement à l'hectare, la quantité de protéines et la qualité panifiable pour des variétés d'épeautre cultivées en agriculture biologique sur le territoire wallon. (Source : CRA-W)





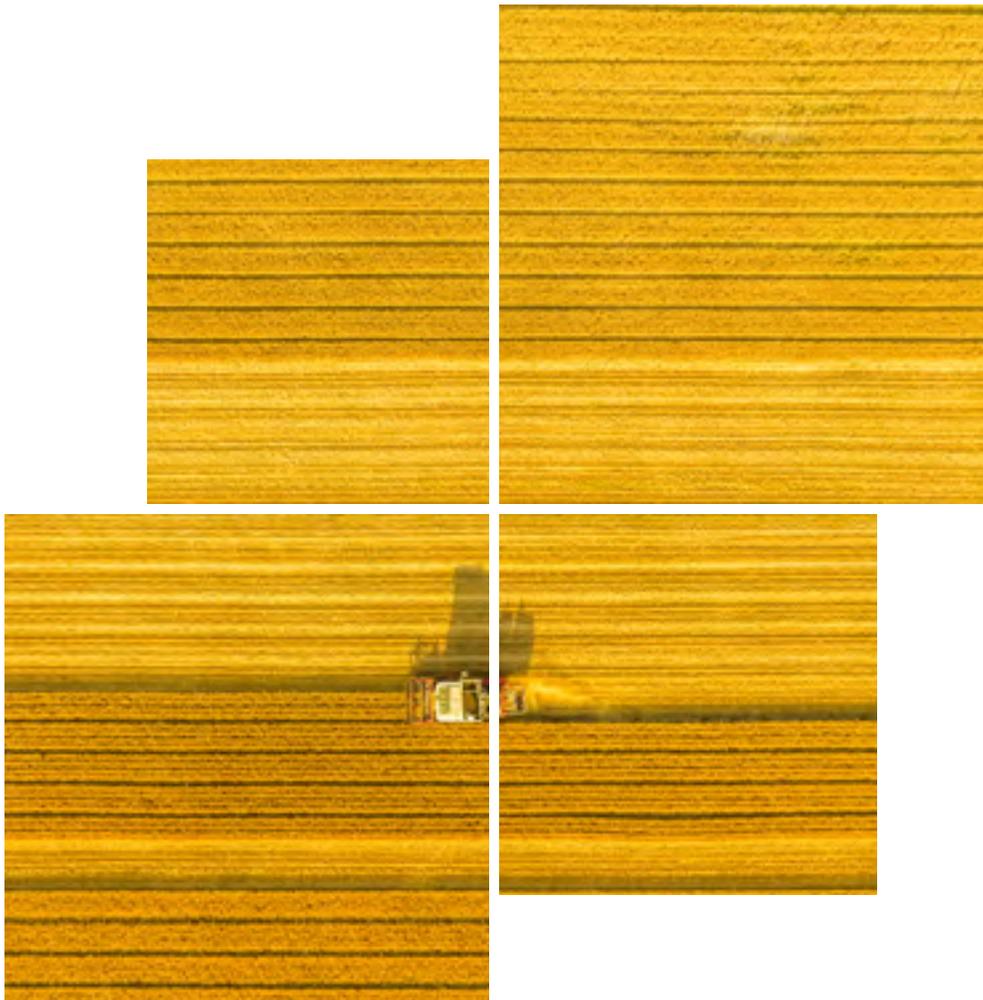


VOLET



AGRONOMIQUE

QUELQUES CHIFFRES



QUELQUES CHIFFRES GÉNÉRAUX SUR L'AGRICULTURE CÉRÉALIÈRE EN BELGIQUE

En Belgique, nous avons 36 000 exploitations céréalières dont 55 % cultivent les céréales pour les grains.

En Wallonie, le nombre d'exploitations céréalières est de 12 500 dont 60% produisant les céréales pour les grains. Ces exploitations céréalières représentent un peu plus de 45% des exploitations céréalières belges, pour 60% de la superficie céréalière du Royaume. Les exploitations wallonnes sont plus étendues avec de nombreuses exploitations de plus de 80 ha.

Le nombre d'exploitations céréalières diminue avec le temps, tout comme d'ailleurs la surface totale cultivées de céréales pour le grain. Cependant, les exploitations spécialisées en grandes cultures (71 ha/ exploitation) ont augmenté de 12% depuis de 1990.

En termes de surface, 305 000 ha (2 600 000 tonnes) en Belgique dont 190 000 ha (1 500 000 tonnes) en Wallonie sont utilisés pour la culture de céréales pour le grain. A cela vient s'ajouter, au niveau belge des céréales pour le grain, une importation de 8 600 000 tonnes et une exportation de 1 400 000 tonnes, soit un solde négatif en céréales de 4 600 000 tonnes. **Le taux d'auto-provisionnement en céréales à grains n'est que de 36% en Belgique.**

Les principales zones céréalières en Wallonie sont la région limoneuse et sablo-limoneuse qui représente 60% de la production céréalière belge. Les principales céréales qui y sont cultivées sont des céréales d'hiver, notamment le froment, l'orge d'hiver et le maïs grain.

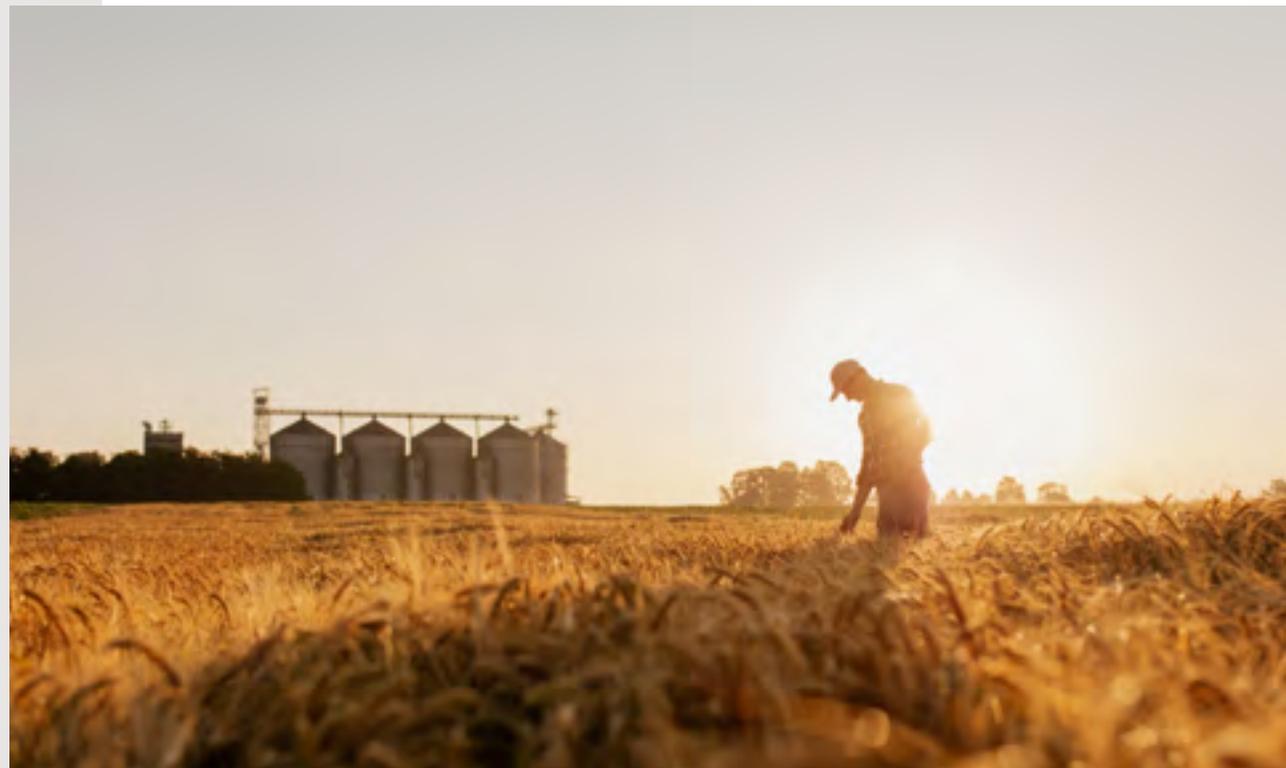
Au sud du sillon Sambre-Meuse, le profil en céréales cultivées est plus diversifié avec notamment la présence d'épeautre et de triticale. La culture en céréales y est proportionnellement moins importante par rapport aux maïs fourrager et aux prairies.

La principale céréale cultivée en Belgique est le froment d'hiver, ce qui représente 180 000 ha (1 600 000 tonnes pour 13 500 exploitations), dont 120 000 ha (1 000 000 tonnes pour 6 000 exploitations) en Wallonie. La production de froment d'hiver est conséquente, mais elle n'accuse que 43 % d'auto-provisionnement. Les principales utilisations du froment sont non-alimentaires, comme l'amidonnerie et la production de biocarburant, outre l'alimentation animale.

Dans les années 80-90, plus de 900 000 tonnes de froment belge étaient utilisées en alimentation humaine, la totalité étant produite par la meunerie belge. La Belgique importe 95 000 tonnes et en exporte 325 000 tonnes, de sorte qu'il y a une surproduction de farine de froment par rapport au marché interne.

L'épeautre est la 4^{ième} céréale la plus importante cultivée pour le grain en Belgique. En Wallonie, elle se positionne en 3^{ième} place. Les surfaces cultivées d'épeautre sont très fluctuantes (de 10 000 à 20 000 ha) en fonction de son prix volatil d'une année à l'autre. En 2020, la culture d'épeautre représentait 15 000 ha (107 000 tonnes pour 2 850 exploitations) et dont 14 000 ha (97 000 tonnes pour 2 400 exploitations) en Wallonie. La Belgique est le deuxième producteur européen d'épeautre après l'Allemagne. En Wallonie, l'épeautre est principalement destiné à l'alimentation animale.

Source des données Statbel-INS 2022.



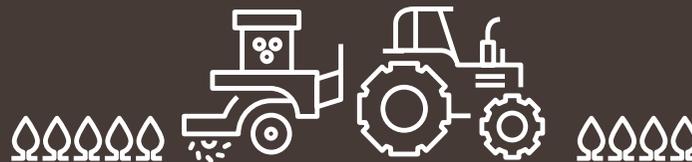
PHYTOTECHNIQUE ET FUMURE AZOTÉE

La fertilisation azotée est essentielle pour qu'une variété panifiable puisse atteindre sa qualité technologique. Il faut appliquer une fumure favorisant la qualité plutôt que le rendement à l'hectare. Ces 2 stratégies s'opposent. Afin de suivre de manière optimale les besoins azotés des variétés panifiables, **il faut apporter l'azote en 3 fractions : tallage 40 uN, redressement 60 uN, dernière feuille 85 uN** ou, mieux pour cette dernière fraction, en la divisant en une sous-fraction au stade 2 nœuds 45 uN et une autre au stade dernière feuille 40 uN. **Il faut éviter un apport d'azote trop important au début du développement de la plante** (correspondant au tallage) et **favoriser un apport d'azote important avant l'épiaison** (correspondant au stade 2 nœuds et dernière feuille). Cette pratique pour les variétés panifiables est à l'opposé de celle qui est recommandée pour les variétés fourragères.



Les recommandations pour la fertilisation azotée des variétés panifiables sont basées sur des essais agronomiques et des analyses technologiques, menés en Wallonie et communiqués par le Livre Blanc Céréales de Février, il faut toujours adapter la stratégie de fumure azotée recommandée par les facteurs de corrections qui y sont mentionnés.

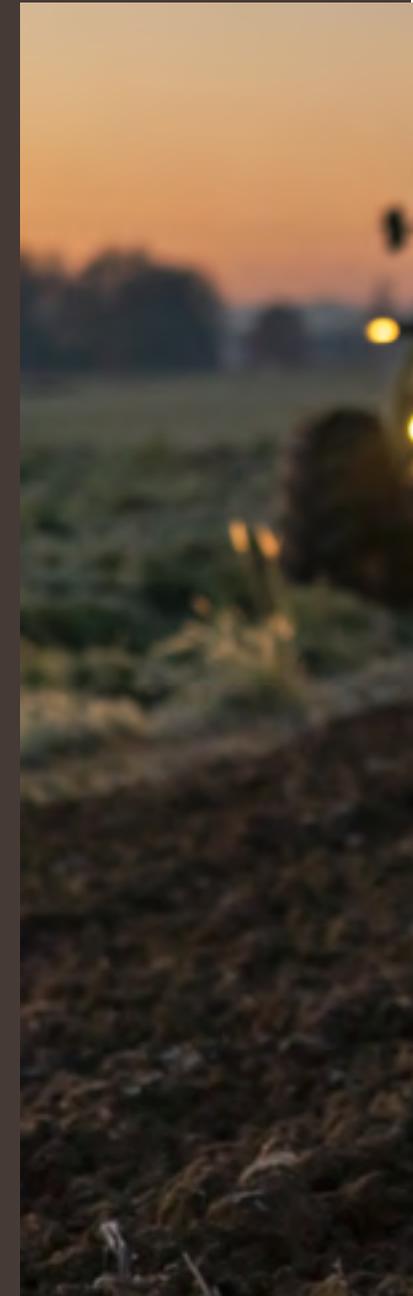
L'apport en deux fractions pour une même quantité totale d'azote donne des teneurs en protéines plus faible que l'apport en 3 fractions. **L'apport d'azote sous forme solide** (ammonitrate/urée avec inhibiteur) permet d'obtenir une teneur en protéines plus élevée que celle sous forme liquide (solution azotée), surtout pour les apports après le stade redressement.



D'autres précautions à prendre pour obtenir une bonne qualité technologique consistent à **privilégier les parcelles fertiles avec de bonnes structures et de bons reliquats azotés dans le sol**. Il faut, par exemple, éviter des précédents comme la chicorée.

Il faut **modérer la densité de semis** par rapport à la recommandation habituelle relative aux variétés fourragères.

Pour prévenir les phénomènes de verse (ainsi que la prégermination physiologique qui peut en découler), **il faut éviter des variétés trop sensibles à la verse et des parcelles excessivement fertilisées** (avec une fertilisation totale de plus de 200 uN) et fertiles. **Le précédent maïs, le non-enfouissement de résidus de pailles de céréales et les variétés sensibles à la fusariose de l'épi sont à exclure**, afin de prévenir la production de mycotoxines par cette moisissure.





Témoignage

« IL FAUT COMPLÈTEMENT CHANGER SON ÉTAT D'ESPRIT POUR LA FUMURE DES VARIÉTÉS PANIFIABLES PAR RAPPORT AUX RECOMMANDATIONS HABITUELLES DESTINÉES AUX VARIÉTÉS FOURRAGÈRES. CES DERNIÈRES VISENT UNIQUEMENT À OPTIMISER LE RENDEMENT SANS PRENDRE EN COMPTE LA QUALITÉ TECHNOLOGIQUE. CELA VA MÊME SOUVENT À L'ENCONTRE DE LA QUALITÉ TECHNOLOGIQUE ».

Bruno GODIN

LA BONNE PRATIQUE

- Il est important de bien connaître **la fertilité de ses parcelles** (par une analyse périodique du sol), le **reliquat azoté des parcelles** (par une analyse de sol à la sortie de l'hiver) et **d'appliquer aussi les autres facteurs de correction** (notamment le précédent cultural) à la recommandation fumure azotée du Livre Blanc Céréales. Cela permet de limiter les problématiques liées au déficit ou excès d'azote.

NETTOYAGE ET TRI DES GRAINS

Le tri est nécessaire pour amener un lot de grains aux objectifs de qualité (normes ou engagement contractuel) visés. Les systèmes de tri se redéplient pour pallier les problématiques de lutte contre les adventices et les maladies des grains. En agriculture biologique, les leviers sont limités pour la gestion de ces problématiques.

Le trieur parfait n'existe pas. Il faut donc choisir une combinaison de trieurs et de réglages en fonction des défauts rencontrés dans le lot. Le déclassement d'un lot peut être dû à de très petites quantités de grains fortement déviants au niveau de leur qualité.

Le tri est appliqué pour atteindre différents objectifs de qualité qui vont du plus basique au plus élaboré :



- 1. Obtenir une qualité sanitaire** en éliminant, avec un pré-nettoyeur et un trieur basique (nettoyeur-séparateur), les grains contaminés et les impuretés, notamment les particules indésirables et toxiques, les grains cassés et malsains, les débris végétaux, les cailloux, les graines d'adventices et les insectes.
- 2. Produire de la semence** en utilisant des trieurs plus élaborés (comme un trieur alvéolaire, densimétrique et/ou optique) pour obtenir une très grande pureté spécifique, afin d'éviter la présence d'adventices et le développement de moisissures. Cela permet aussi de disposer de grains d'un calibre élevé pour s'assurer un bon pouvoir germinatif. Le broyage des grains est intéressant pour améliorer leur qualité sanitaire par rapport à la présence de moisissures, comme la carie. Ce broyage ne doit pas être trop intense, afin de ne pas affecter le pouvoir germinatif des grains.
- 3. Séparer avec des trieurs élaborés les grains de cultures associés** pour leur valorisation en alimentation humaine. Il faudra souvent utiliser du tri optique pour réussir à atteindre une très grande pureté finale, car la séparation sur base de caractéristiques morphologiques par les trieurs physiques ne sera pas suffisante.
- 4. Améliorer la qualité technologique** de la teneur d'un constituant chimique et/ou de sa qualité (comme la protéine et sa force boulangère) nécessitera, en plus du tri physique, un tri optique infrarouge permettant de séparer sur cette base. Les caractéristiques physiques d'un lot de grains (poids de mille grains et/ou poids à l'hectolitre) peuvent être améliorées plus simplement avec des trieurs physiques comme pour la production de semence.





LES DIFFÉRENTES ÉTAPES DE TRI : DU PLUS SIMPLE AU PLUS ÉLABORÉ

1. Moissonneuse-batteuse

Le tri des grains se déroule en plusieurs étapes. **Le premier tri a lieu dans la moissonneuse-batteuse** où il faut éviter de perdre trop de grains et de les casser. Les fragments de grains sont propices au développement d'insectes et de moisissures. Ils sont très difficiles à retirer au tri.

2. Nettoyage

Le **nettoyage est une étape préliminaire à celle du tri pour en assurer le bon déroulement** ainsi que pour diminuer l'humidité d'un lot, limiter l'échauffement des grains, faciliter leur ventilation et diminuer le développement d'une contamination. Ce nettoyage est réalisé par un système de flux d'air, afin de retirer une partie importante des impuretés et de contaminants. Il permet d'améliorer les caractéristiques physiques du lot comme son poids de mille grains et son poids à l'hectolitre. Il peut traiter des débits très importants (35-400 tonnes/h). Le pré-nettoyeur est souvent combiné à un nettoyeur-séparateur.

3. Trieurs

Les grains doivent être secs et nettoyés pour leur tri. **Le tri est basé sur des caractéristiques physiques** (forme, densité, vélocité aérodynamique, texture du tégument et/ou perméabilité du tégument) **et/ou optiques** (forme, couleur, réflectivité du tégument et/ou propriétés biochimiques).

Les différents types de trieurs complémentaires sont utilisés dans l'ordre suivant :

- a. **Nettoyeur-séparateur qui sépare les grains sur base de leur largeur/épaisseur** en combinant des grilles à trous allongés et ronds. Il affine l'élimination des déchets légers et graines d'adventices (comme la vesce, le gaillet et la folle avoine). Il améliore les caractéristiques physiques des grains (comme leur taille). Il sert pour la séparation de grains de cultures associées comme le froment-pois et féverole-orge ;
- b. **Alvéolaire qui sépare, sur base de la longueur**, les grains ovales, longs ou ronds dont la largeur/épaisseur sont identiques. Ce trieur affine encore plus l'élimination d'impuretés comme la vesce, le gaillet et la folle avoine. Il permet de retirer les grains cassés et améliore les caractéristiques physiques des grains (comme leur taille). Il sépare des grains de cultures associées comme l'orge-lentille ;
- c. **Densimétrique qui sépare les grains de densité différente indépendamment de la forme des grains**. Il élimine les éléments moins denses comme les grains vêtus, malsains, fusariés et (pré-)germés ainsi que les plus denses comme la terre. Son réglage et son utilisation ne sont pas faciles et exigent du personnel qualifié à cet effet ;
- d. **Optique visible qui sépare finement sur base de critères qualités spécifiques visibles** comme l'apparence et ce même pour des grains de même dimension. Cela permet un tri très ciblé des grains malsains tout en limitant les freintes (comme avec l'ergot) ;
- e. **Optique infrarouge qui sépare très finement sur base de critères qualités spécifiques, souvent invisibles**, comme les constituants chimiques et ce même pour des grains de même dimension. Il permet, par exemple, de distinguer les grains sur base de leur contenu en quantité et qualité de protéines.



Soulignons que le tri optique visible est envisageable pour remplacer le tri alvéolaire et densimétrique pour retirer les impuretés, mais il ne distingue pas les grains de densités différentes (comme les prégermés) et problématiques qui ont la même apparence.

La technologie de tri optique apporte également une plus-value pour la caractérisation approfondie des lots afin d'en évaluer la qualité. En plus, de donner une valeur moyenne pour les paramètres mesurés, il en donne également toute la distribution. Cela permet de décider de l'intérêt de trier un lot et de la stratégie de tri à mettre en place pour atteindre la qualité visée.





Témoignage

« UN NETTOYEUR-SÉPARATEUR MOBILE PARTAGÉ SUR UNE MÊME LOCALITÉ EST L'IDÉAL POUR POUVOIR NETTOYER DIRECTEMENT LES GRAINS LORS DE LA MOISSON. CELA DEMANDE PEU D'INVESTISSEMENT. EN PLUS, IL PEUT ÊTRE UTILISÉ À PLUS FAIBLE DÉBIT APRÈS LA MOISSON POUR TRIER LES LOTS. ».

Bruno GODIN

LES BONNES PRATIQUES

- **Le nettoyage des grains juste lors de la moisson est essentiel pour les lots à vocation alimentaire afin d'en garantir la qualité sanitaire.** C'est encore plus le cas en agriculture biologique où les adventices sont les plus nombreuses. Elles sont la source de poches de développement de moisissures produisant des mycotoxines.
- **Le nettoyage permet aussi de lutter contre la présence d'insectes des grains.**
- Les lots de **grains nettoyés** nécessiteront **moins d'énergie** pour être ventilés et seront aussi **plus rapides à être ventilés.**



ALLOTEMENT, ÉCHANTILLONNAGE ET ANALYSES

Pour maintenir les différences entre les qualités technologiques des variétés, il est essentiel, au stockage, de les regrouper par groupe de qualité panifiable de la variété, voire par variété pour celles qui seraient très spécifiques. Il est possible également d'ajouter la teneur en protéines pour distinguer les sous-qualités par groupe de qualité panifiable. C'est la pratique habituelle en Allemagne. Cela permet à une filière de ne pas déclasser trop vite des lots et de disposer de ses propres lots lors d'une année critique.

Il faut peu de grains malsains (p. ex. avec mycotoxines) ou avec un problème technologique critique (p. ex. prégermés physiologiquement) pour être responsables du déclassement de tout un silo. Des poids à l'hectolitre très bas par rapport à la moyenne de l'année indiquent souvent une anomalie de ce type, mais des grains avec des poids à l'hectolitre normaux peuvent aussi être problématiques. Les analyses de pré-récoltes et une visite des parcelles avant la moisson permettent d'anticiper les parcelles qui sont à déclasser.

Pour connaître la qualité d'un silo, il faut disposer d'un échantillon représentatif de celui-ci. À cet effet, il faut prendre un échantillon supplémentaire lors de l'échantillonnage de chaque benne constituant le silo pour regrouper les échantillons au fil de la moisson. Une fois la moisson terminée, environ 1 kg de cet échantillon est nécessaire pour en analyser la qualité. Cette analyse est primordiale avant d'envisager la transformation du lot.





Témoignage

« IL EST QUASIMENT IMPOSSIBLE D'OBTENIR UN ÉCHANTILLON REPRÉSENTATIF D'UN SILO DÉJÀ CONSTITUÉ. DE PLUS, LA PRISE D'ÉCHANTILLON D'UN SILO SE FAIT TROP SOUVENT EN PRENANT SIMPLEMENT UN ÉCHANTILLON DU FRONT DU SILO. CELA NE REPRÉSENTE QUE LA DERNIÈRE BENNE DE LA FIN DE RÉCOLTE D'UNE PARCELLE. EN ROUTINE, CHAQUE BENNE EST ÉCHANTILLONNÉE À LA RÉCEPTION POUR CONSTITUER 2 SOUS-ÉCHANTILLONS. IL SUFFIT DE FRACTIONNER L'ÉCHANTILLON EN 3 AU LIEU DE 2 PUIS DE REGROUPER LES ÉCHANTILLONS REPRÉSENTANT CHAQUE SILO AU FIL DE LA MOISSON »

Bruno GODIN

LA BONNE PRATIQUE

- **L'allotement par groupe de qualité panifiable de la variété** avec un niveau minimum de protéines à atteindre par groupe est essentiel pour obtenir la qualité technologique visée. Certaines variétés produisent de la protéine en quantité sans être de bonne qualité technologique.

STOCKAGE EN FERME

Le stockage des grains dans la durée est un métier délicat nécessitant des installations adéquates. **Les grains doivent être secs et ensuite avoir été ventilés en plusieurs étapes pour les refroidir.** Cela afin de pouvoir les conserver dans des bonnes conditions de stockage pour **éviter la production de mycotoxines par des moisissures et le développement d'insectes.** Un vide sanitaire et l'application de terre de diatomée sur la zone de stockage permet une meilleure lutte contre les insectes.

Lors de la moisson, les grains atteignent des températures qui avoisinent parfois les 40 degrés. A cette température, les grains risquent de chauffer au stockage et de germer, même s'ils sont secs. Il est primordial d'abaisser la température des céréales le plus tôt possible sous une valeur de 10 degrés. Une approche structurée par palier est nécessaire. Elle peut se résumer comme suit :

- La moisson doit être idéalement effectuée fin de journée, entre 18h00 et 24h00, là où la température baisse et où le pic de rosée n'est pas encore atteint ;
- Une fois stockée, la récolte doit être impérativement ventilée :
 - La nuit quand les températures baissent sous les 20 degrés. Une température consigne de 18-19 degrés doit être atteinte ;
 - Dès l'arrivée du mois de septembre, il convient de baisser la température du tas sous les 15 degrés. Il est important de viser une consigne de 12 degré pour l'arrivée de l'automne ;
 - Le plus tôt possible en automne et en profitant des nuits les plus froides, il faut descendre le tas à 5 degrés à cœur.

Cette ventilation se fait soit en utilisant un plancher de silo perforé, des gaines rampantes de ventilation ou des cônes de ventilation.

Il convient en tout état de cause d'éviter, même pour les plus petits lots, de les stocker en big bag. Ceux-ci ne permettent pas une ventilation efficace.

En termes d'humidité, la moisson peut s'envisager à partir d'un taux d'humidité des grains de 15%. Trop secs, ils ont tendance à se casser. Trop humides, le risque de développement de mycotoxines est important. Dans l'hypothèse d'une année humide, il est nécessaire de réserver des créneaux de séchage, afin de diminuer le taux d'humidité du grain, lequel est stabilisé lors de sa mise au sec. Il est illusoire de sécher le grain au stockage, même en remuant le lot de temps à autre.

Un nettoyage des grains à la récolte et leur tri un peu après la récolte sont également un levier primordial pour éviter le développement d'insectes et de moisissures. Les lots de grains nettoyés permettent une ventilation plus rapide, utilisant moins d'énergie. Au plus les grains sont propres, au plus leur conservation sera bonne et longue.

Pour s'assurer **de la qualité sanitaire des grains**, il faut que leur teneur en mycotoxines ne passe pas les seuils repris dans la législation. Les mycotoxines se trouvent souvent **en périphérie du grain**, là où les moisissures se sont développées. En céréales, **les mycotoxines peuvent être produites à deux moments différents :**





1. **Au champ avant la maturité des grains (DON) ou après la maturité des grains (ZEA, HT-2, T2).** Ces mycotoxines sont produites par les Fusarium responsables de la fusariose de l'épi. **Pour empêcher la fusariose de l'épi, il faut éviter les précédents maïs, le non-enfouissement de résidus de pailles de céréales et les variétés sensibles à la fusariose de l'épi.**
2. **Au stockage (OTA, HT-2, T2).** Elles sont produites dans des conditions d'humidité et de température non adaptées à la conservation des grains. De plus, il y a un risque critique de développement d'insectes dans des conditions non idéales.
3. L'analyse du **dosage des mycotoxines** peut être réalisée par 2 types de techniques :
 - **immunologique** simple comme les bandelettes à flux latéral et la méthode ELISA. Elle se limitent souvent à une mycotoxine et elles sont au mieux semi-quantitatives ;
 - **chromatographique** pour l'analyse simultanée des mycotoxines. Cette technique est la référence. Elle est plus coûteuse à la mise en œuvre, mais elle permet de déterminer plusieurs mycotoxines à la fois et de manière quantitative.

Témoignage

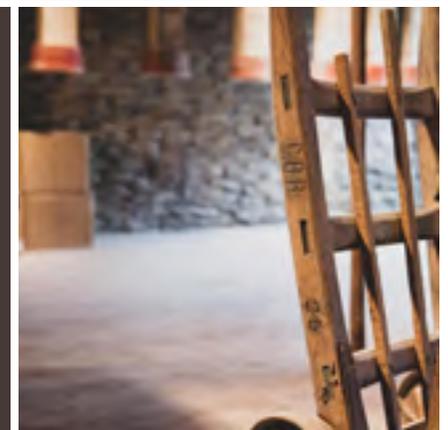
« UN BREF SÉCHAGE PERMET DE STABILISER LES IMPURETÉS HUMIDES. C'EST ESSENTIEL EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE QUI EST RICHE EN ADVENTICES. MÊME LORS D'UNE RÉCOLTE TRÈS SÈCHE, IL FAUT APPLIQUER CE BREF SÉCHAGE ».

Marcel ROSA



LES BONNES PRATIQUES

- Pour conserver la qualité des grains, il faut absolument un **grain sec, refroidi et exempt d'impuretés, surtout celles provenant d'adventices humides**. Celles-ci sont une source importante de vecteurs dégradant rapidement la qualité d'un lot.
- **Le nettoyage et une période de vide sanitaire des zones de stockage des grains** est nécessaire pour la lutte contre le développement des insectes.



TRANSPORT

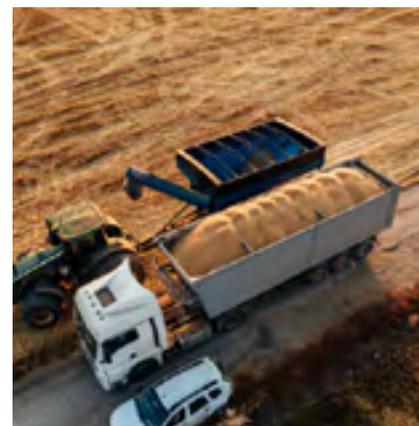
En Belgique, le monde de la meunerie est fractionné en deux pôles distincts.

D'une part, la meunerie du nord du pays, largement industrielle, peut compter sur un approvisionnement par voies fluviales, maritimes ou ferroviaires. Celui-ci permet d'approvisionner les moulins, souvent en blés étrangers, par milliers de tonnes. Le transport routier est également une option.

D'autre part, la meunerie du sud du pays se compose, elle, de moulins industriels de plus petite taille et de quelques moulins artisanaux, tel le Moulin de Vencimont. Ici, c'est le transport routier qui sera le plus souvent envisagé. Ce type de transport permet d'acheminer quelques dizaines de tonnes, voire de centaines, en plusieurs livraisons.

Les petits moulins artisanaux compteront donc uniquement sur le transport routier.

Au cas particulier de la mouture à façon, les lots écrasés sont généralement compris entre 500 kg et 12 tonnes au Moulin de Vencimont. Le transport par remorque de sacs ou big bags est alors une option. Pour les lots plus significatifs, un camion souffleur est adéquat.

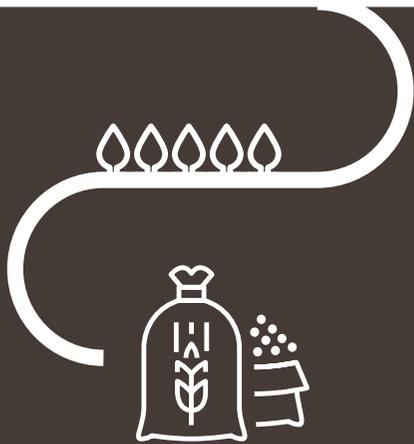








VOLET



MEUNERIE

TYPES DE MEUNERIES

LE MOULIN À MEULES ET LE MOULIN À CYLINDRES : QUELLES DIFFÉRENCES ?

Il existe peu d'études scientifiques pour analyser la différence entre moulins à meules et moulins à cylindres.

Une meunerie est une activité artisanale ou industrielle ayant pour objet de transformer du blé en une autre matière première, la farine, laquelle sera ensuite commercialisée et utilisée par les boulangers, biscuitiers, pâtisseries, etc.

Le procédé meunier se déroule en plusieurs étapes, à savoir :

1. LE NETTOYAGE

Succession d'opérations de dépoussiérage, brossage, triage, mouillage, afin de nettoyer les grains avant mouture.

2. LA DÉTENTE

Après le nettoyage (et le mouillage si l'installation le permet), le blé est détendu dans des boisseaux de détente (ou des silos de repos), durant 24h.

3. LE BROYAGE

Sur cylindres

Le broyage se réalise par passage entre deux cylindres :

- **Les cylindres cannelés** : le grain, et ensuite les sons, passent entre deux cylindres métalliques, tournant à vitesse différente, en sens opposés. Ces cylindres ne se touchent pas. Plusieurs passages successifs sont possibles selon les moulins. On parlera de B1, B2, B3, B4.
- **Les cylindres lisses** : le procédé est le même. Il est destiné au travail des semoules qui passent entre deux cylindres lisses qui, par leur effet de dilatation, vont éclater les semoules lors de leur passage et en libérer la fraction farineuse. Plusieurs passages sont possibles également. On parlera de C1, C2, C3, C4.

Sur meules

Le broyage se réalise par passage entre deux meules en pierre naturelle ou reconstituée :

- **La meule gisante** : à axe horizontale, cette meule n'effectue aucune rotation. Elle est sertie.
- **La meule courante** : posée sur la meule gisante, cette meule est actionnée par un arbre traversant la meule gisante et la rotation de la meule supérieure, dite courante. Un seul passage est effectué et d'autres paires de meules doit être prévues si l'on envisage plusieurs passages.
- **Une meule meunière** fait environ 1.5 m de diamètre et pèse environ 1,5 tonnes. C'est son poids et l'effet de rotation sur sa propre assise qui permet le travail et la production de farines froides. Les meules contraintes par un ressort, de plus petites tailles (parfois 50 cm de diamètre) et pesant parfois moins de 100 kg, ne permettent pas cette réaction. Elles ne sont pas couvertes par cette analyse.





Il est intéressant de noter que :

- La mouture sur cylindres offre plus de possibilités en termes de production de farines. Elle est capable de produire tout type de farine, du T45 à la T150. C'est la longueur des cylindres et le nombre de cylindres qui influent sur le volume écrasé ;
- La mouture sur meules permet la mouture de farine T80 à T150 ;
- Un moulin à meules équipé d'une paire de meules peut écraser de 250 à 300 kg/h. Il faudra plusieurs paires de meules si on veut augmenter le volume ;
- La mouture sur cylindres couvre actuellement plus de 99 % de la production de farines, contre moins d'1 % pour la meunerie sur meules ;
- Contrairement à certaines idées, un moulin à meules ou à cylindres produit toujours une farine froide. Un échauffement de produit peut éventuellement arriver en mouture sur meules lorsque les meules présentent un degré d'usure avancé ou un écartement de meules inadéquat.

En conclusion,

La meunerie sur meules ou sur cylindres sont deux procédés différents. Bien que la mouture sur meules jouisse d'un aura marketing au détriment de la mouture sur cylindres, ces deux procédés doivent être considérés comme protagonistes complémentaires dans le monde de la meunerie.

4. LE BLUTAGE

Lors du broyage, les fractions obtenues sont tamisées selon leurs taille et densité au travers de tamis qui sont regroupés dans un plansichter qui permet, par son effet de rotation excentrée, de tamiser ces produits et d'isoler la fraction farineuse voulue. Les fractions intermédiaires contenant encore de la farine peuvent être repassées plusieurs fois au broyage/convertissage et effectuer des aller-retours avec le plansichter jusqu'à ce que le produit soit épuisé, c'est-à-dire au moment où la farine a été extraite. Ces appareils (tamis, broyeurs, convertisseurs) constituent le diagramme meunier. Tous les moulins étant différents, ils disposent donc chacun d'un diagramme qui lui est propre.

5. LES ISSUS

Les fractions non farineuses sont appelées les issus (déchets de meunerie). Ils sont évacués du moulin par le plansichter.

6. LE SILO À FARINE OU UNITÉ D'ENSACHAGE

La farine produite est stockée dans un silo collecteur ou directement ensachée.

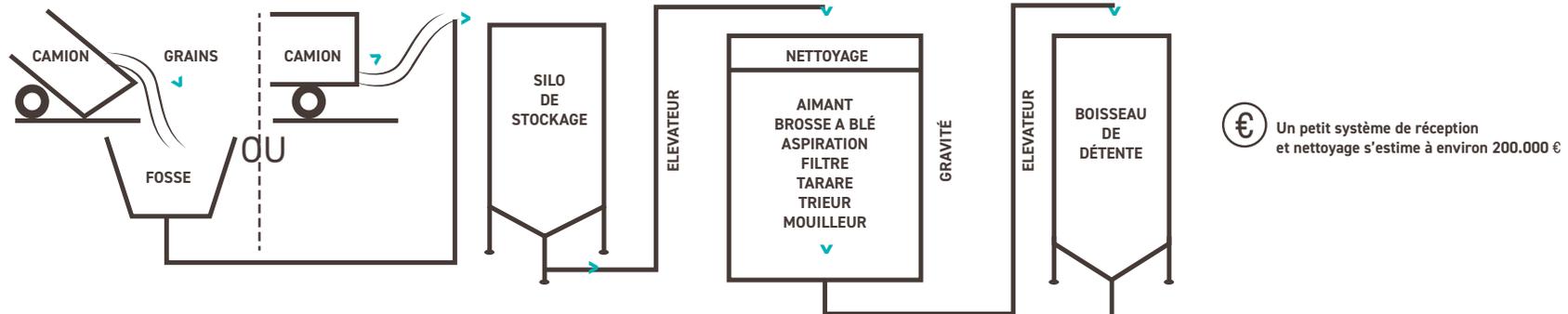
7. AUTRES POINTS :

Le transit des produits : au sein de la meunerie les produits doivent être acheminés entre les différents appareils, au travers de tuyaux ou autres conduits. Cela se fait de différentes manières :

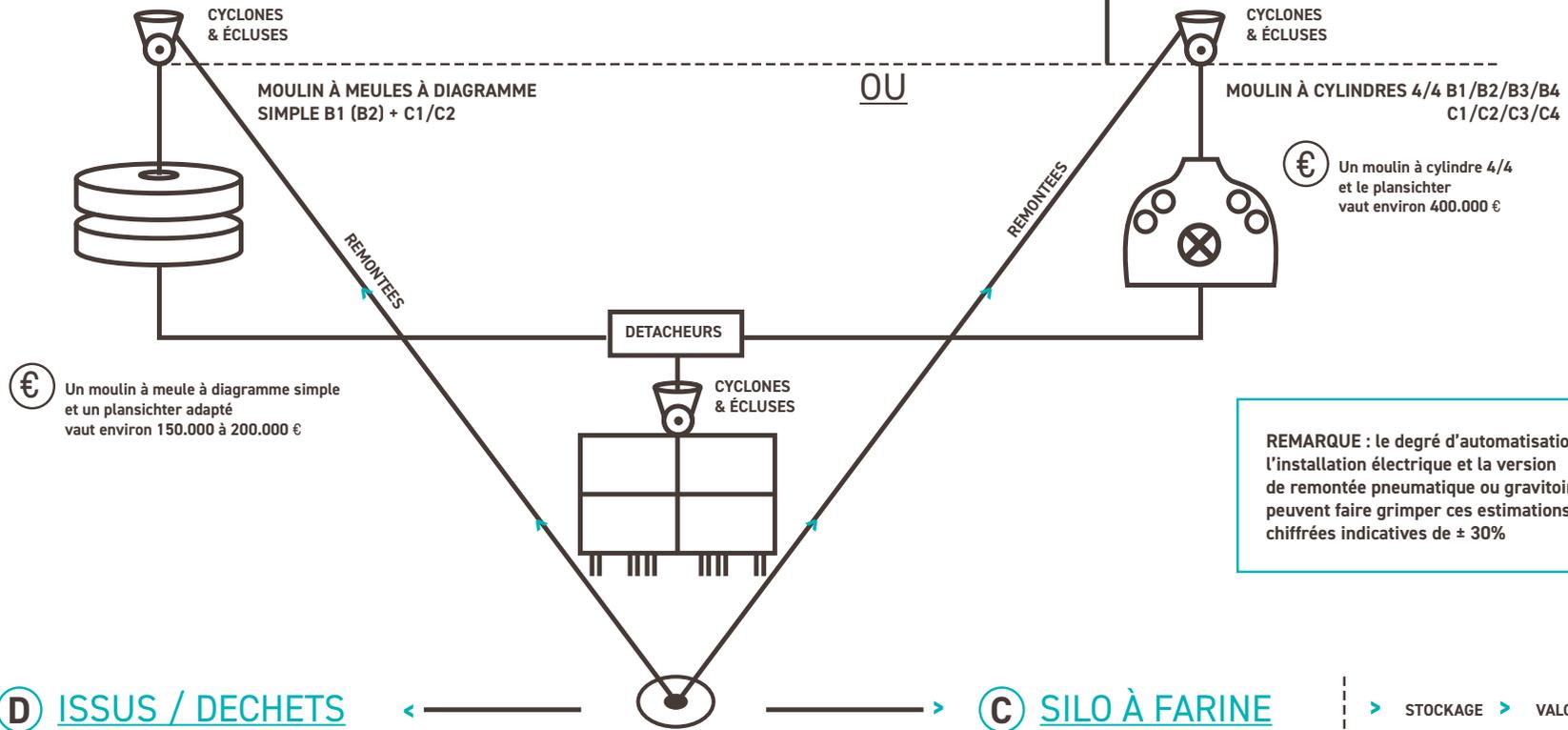
- Gravitaire : transit des produits utilisant la gravité
- Pneumatique : transit des produits par aspiration ou soufflerie
- Mécanique : transit des produits par chaîne à godets ou vis d'Archimède

L'automatisation : les opérations du moulin (comme par exemple le lancement des moteurs d'entraînement) peuvent être automatisées ou effectuées manuellement par le meunier.

A SYSTEME DE RÉCEPTION & NETTOYAGE



B MOULIN et PLANSICHTER

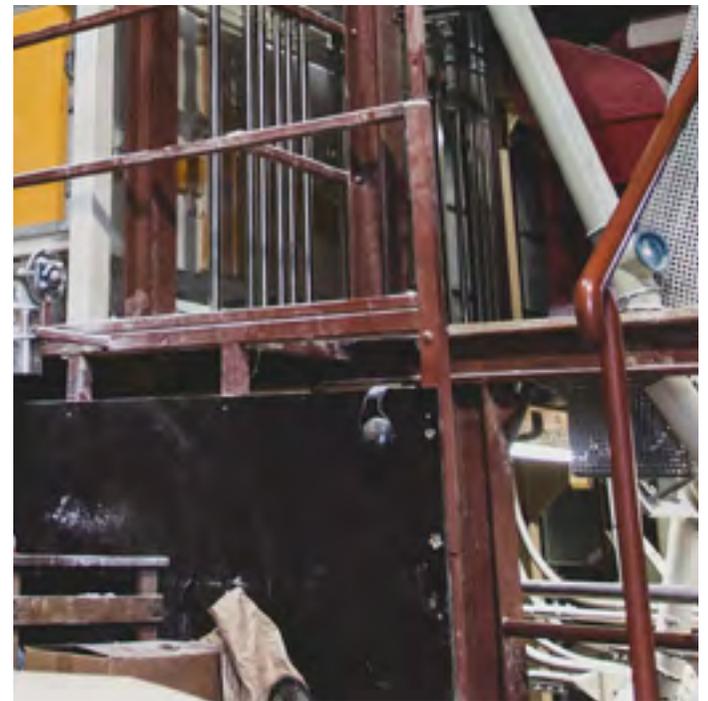
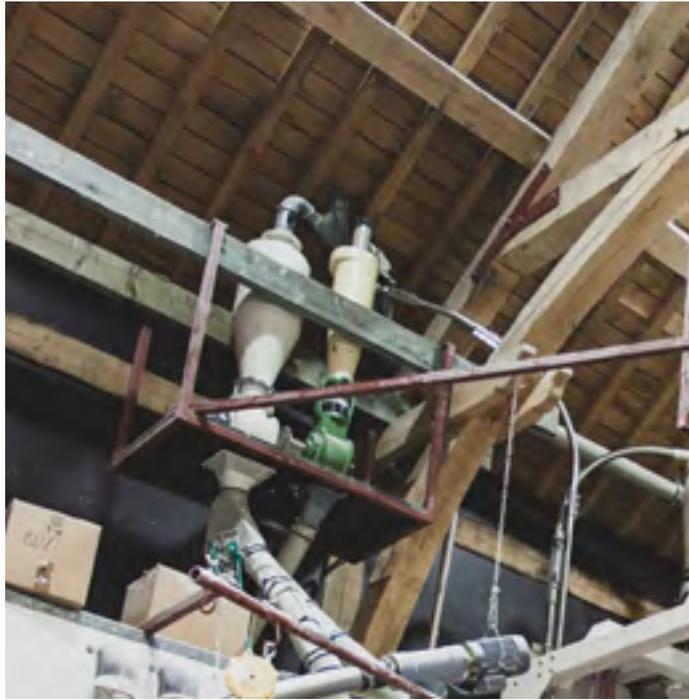


D ISSUS / DECHETS

Un système simple vaut environ 10.000 à 15.000 €

C SILO À FARINE ET/OU UNITÉ D'ENSACHAGE

Un système simple vaut environ 10.000 €
Un système d'ensachage semi ou automatique vaut environ 50.000 € à 100.000 €



TYPES DE FARINES

La classification française a trouvé écho dans un grand nombre de pays. Elle fait référence au taux de cendres et à la blancheur de la farine.

Les farines les plus blanches comportent une infime portion d'enveloppes de la céréale. Ces enveloppes contiennent l'essentiel de la minéralité du grain.

Cette méthode de classification vise à déterminer la teneur en matières minérales en faisant référence au taux de cendres. Un taux de cendres faible indiquera qu'une farine est blanche. A contrario, plus le taux de cendres est élevé, plus la farine sera complète.

Types de farines	Teneur en cendres (en % de la matière sèche)	Farines	A écraser dans
T45	<0,50%	Blanches	Moulin à cylindres
T55	0,50% à 0,60%		Moulin à cylindres
T65	0,62% à 0,75%		Moulin à cylindres
T80	0,75% à 0,90%	Bises	Moulin à meules ou moulin à cylindres
T110	1,00% à 1,20%		Moulin à meules ou moulin à cylindres
T150	>1.40%	Complètes	Moulin à meules ou moulin à cylindres

Il apparaît du tableau ci-dessus que le moulin à cylindres présente plus de choix de moutures que le moulin à meules, dans la mesure où il couvre l'ensemble des types de farines. Il est néanmoins possible de produire des farines blanches à la meule, mais du point de vue opérationnel et économique, les meuniers ne s'y aventurent généralement pas.





ALORS, QUELLE MOUTURE CHOISIR ?

Il ne faut pas présenter la mouture à cylindres et la mouture sur meules comme deux choses comparables. La mouture sur cylindres représente 99 % de l'activité meunière aujourd'hui et permet plus de possibilités et de volumes de production que la mouture sur meules. Si la farine blanche représente l'essentiel de la demande, une farine bise ou complète passée à la meule sera néanmoins particulièrement appréciée au niveau des arômes développés, de ses vertus nutritives et de ses capacités en matière de fermentation. En outre, elle emporte aussi souvent l'avis des clients du point de vue marketing et sera mieux valorisée économiquement qu'une farine blanche.

En conclusion, la mouture sur cylindres et la mouture sur meules sont deux procédés différents qui peuvent être appréhendés de façon complémentaire.



AUTRES ASPECTS À CONSIDÉRER

1. LA PROPRETÉ DES CÉRÉALES

S'il est essentiel de veiller à moissonner des céréales de qualité, leur propreté est un aspect essentiel également.

A. Lors de la moisson

Il est important de maximiser les efforts et attentions, lors de la moisson, afin de récolter le lot le plus proprement possible avant stockage en silos ou loges.

B. Lors de la réception

Un pré-nettoyage, lors de la réception, permet d'éviter les brisures de grains et les trop petits grains.

Les pré-nettoyeurs peuvent être de formes diverses :

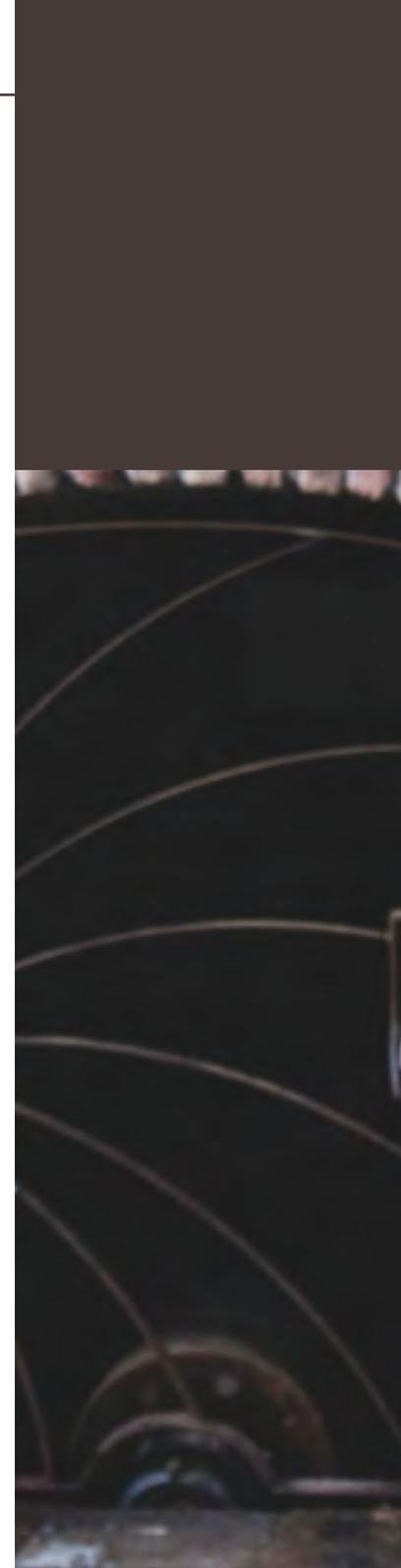
- **Circulaires sans grille** : il permet d'éliminer les déchets (tels les brisures) par aspiration
- **À tambours avec grille de triage** : il permet d'éliminer les résidus de terre
- **À double grille et aspiration** : il permet d'affiner le nettoyage.

C. Avant la mouture

Un passage au nettoyage est impératif. Il est généralement effectué par passage gravitaire en plusieurs étapes :

- **L'aimant** : il vise à extraire toutes les particules métalliques (comme un clou, de la pyrite, etc)
- **La brosse à blé** : elle vise à éliminer la poussière autour des grains
- **Epieurreur** : il vise à écarter les petites pierres qui sont plus lourdes et de densité différente par rapport au grain
- **Tarare** : grâce à son aspiration, il élimine les fractions légères, telles les pailles ou balles

Une fois cette opération effectuée, le grain est propre et prêt à être écrasé. Outre l'aspect qualitatif de la farine, cette étape est indispensable, afin de limiter l'usure du moulin.





2. LE DÉCORTICAGE DES CÉRÉALES

Certaines céréales, comme le grand épeautre ou l'engrain, sont enveloppées dans des glumelles dont elles doivent être extraites avant mouture. Cette étape s'appelle le décorticage. Il s'agit d'un métier annexe à la meunerie qui doit être fait dans les règles de l'art, afin d'obtenir un bon taux de décorticage. Un lot décortiqué ne comporte aucune balle. C'est d'autant plus important, lorsqu'il s'agit d'écraser de la farine complète, car les résidus de balle ne sont pas transformés en farine et peuvent occasionner une gêne lors de leur ingestion.



3. LES NUISIBLES ET INSECTES RAVAGEURS

Certains nuisibles, rongeurs ou insectes, peuvent effectuer des attaques en cours de stockage.

Il est important d'anticiper ce risque et d'avoir les bons réflexes quand il se matérialise.

A. Les rongeurs

Prévention

Des sociétés spécialisées peuvent effectuer le suivi des installations et établir un plan de lutte, afin de limiter le risque d'attaque.

Réaction

Une approche croisée de piégeage, empoisonnement, permet d'enrayer efficacement le phénomène. Il est également important de ne jamais laisser d'accès libre à la farine ou aux grains qui leur servent de nourriture.

B. Les insectes (mites et charançons)

Ce type d'insectes dispose d'un cycle de reproduction lunaire. Leur fonction reproductive est bloquée à partir d'une température de 15 degrés et leur mortalité s'accroît fortement sous une température de 5 degrés

Prévention

Les espaces de stockage doivent être nettoyés avec soins.

Avant la moisson, un vide sanitaire d'un mois permet de limiter fortement la contamination d'une moisson à la suivante. Il existe des solutions à pulvériser permettant de traiter les locaux vides.

Après la moisson, il est primordial de ventiler le stock, afin de descendre la température du tas sous les 5 degrés. Un suivi tout au long de l'année, avec un plan de relevés des températures, est un atout.

Réaction

Pour les mites, les pièges à colle aux phéromones peuvent être une solution.

Pour les charançons, un suivi régulier des stocks de grains permet de réagir tôt en cas d'attaque. Des traitements au Pirigrain bio ou terre de diatomée non calcinée donnent de bons résultats.

4. LE STOCKAGE DE LA FARINE

Le stockage des céréales dans de bonnes conditions est un préalable nécessaire.

Les farines doivent être conservées au frais, au sec et à l'abri de la lumière.

Les dates limites d'utilisation doivent être fixées et justifiables. Une farine blanche disposera d'une DLUO qui ne doit pas excéder 8 mois. Une farine intégrale, comportant encore le germe du grain, peut se conserver au maximum 6 mois.

Si les manutentions d'ensachage se font mécaniquement (plutôt que par l'utilisation de pneumatiques), un soin particulier doit être mis à nettoyer les vis d'Archimède ou les socles de chaînes à godets après chaque mouture.



MOUTURE À FAÇON

QU'EST-CE QUE LE MÉTIER DE FAÇONNIER?

Le travail à façon est une relation de travail dans laquelle un artisan, propriétaire de son outil de production, produit des marchandises, sur les ordres du client qui se charge de leur commercialisation. Si le façonnier est propriétaire de son outil, la matière première travaillée reste la propriété du client pour lequel il rend ce service.

En meunerie, cela revient donc à écraser les céréales d'autrui, à sa demande, et à lui restituer la farine. Le meunier se fait donc rémunérer pour le service de transformation des céréales en farines.

Le travail à façon a, de manière générale, connu son essor au courant du 18-19^{ème} siècle. Il était de pratique commune, dans les villages, que les meuniers écrasent à façon les céréales des villageois.





LE MOULIN DE VENCIMONT

Le Moulin de Vencimont pratiquait à l'époque la mouture à façon à titre exclusif. D'ailleurs, il n'était pas équipé de silo à grains et disposait de peu d'espace de stockage, ce qui laisse supposer que les céréales arrivaient, amenées par les clients du Moulin, et repartaient sous forme de farines, au gré du travail du meunier.

Une fois l'activité de meunerie relancée à Vencimont, en 2016, la mouture à façon fut rapidement envisagée. A la question de savoir pourquoi seul un nombre limité de moulins s'adonnaient à cette activité, il est apparu que les meuniers étaient peu enclins à écraser des céréales provenant de fermes qui leur étaient inconnues, au motif qu'elles étaient à priori relativement mal nettoyées, avec pour conséquence d'user prématurément le moulin, en raison de la possible présence de terre, de pierres, et autres morceaux de métal, voire d'une infestation de nuisibles, tels les charançons.

Il convient de porter l'attention sur les points suivants :

1. Effectuer un triage/nettoyage des céréales après moisson ;
2. Stocker les céréales dans de bonnes conditions de conservation et d'hygiène ;
3. Effectuer un contrôle sanitaire en laboratoire sur les céréales, afin d'éviter tout risque de contamination par les mycotoxines ;
4. Effectuer systématiquement un contrôle préalable au transport des céréales vers le moulin, même visuel, afin de s'assurer que les céréales ne contiennent pas de nuisibles.



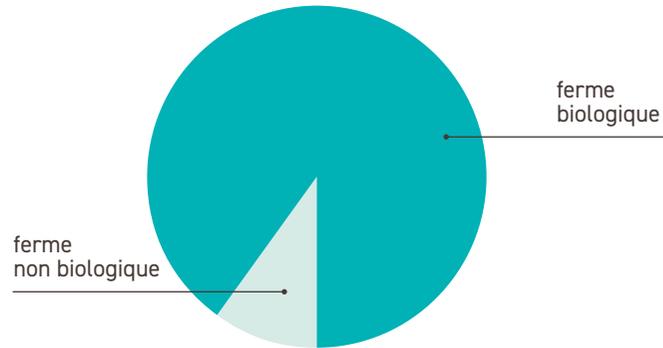
Le Moulin de Vencimont a été segmenté dans l'objectif de garantir trois choses essentielles, à savoir :

1. Premièrement, la nécessité d'éviter que les céréales des clients ne croisent les céréales «maison». C'est ainsi que le flux de transit des céréales «maison» dans le Moulin a été repensé, par l'ajout de silos et de by-pass dans le système de nettoyage ;
2. Ensuite, un nettoyage systématique des céréales à écraser à façon a été organisé, afin de limiter tout risque de dommage au Moulin ;
3. Enfin, le flux de meunerie a été repensé, afin de pouvoir garantir aux clients que la farine produite soit à 100 % issues de leurs propres céréales.

Au Moulin de Vencimont, la mouture à façon a été lancée en 2019, mais n'a réellement démarré qu'en 2021.

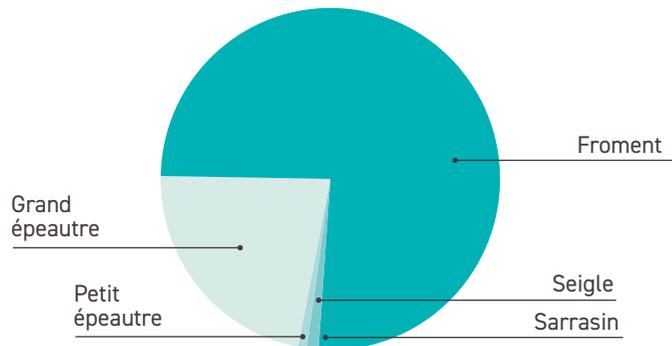
QUELQUES CHIFFRES DE MOUTURE À FAÇON DU PROJET FARWAL

Chart 1 : BIO vs non BIO



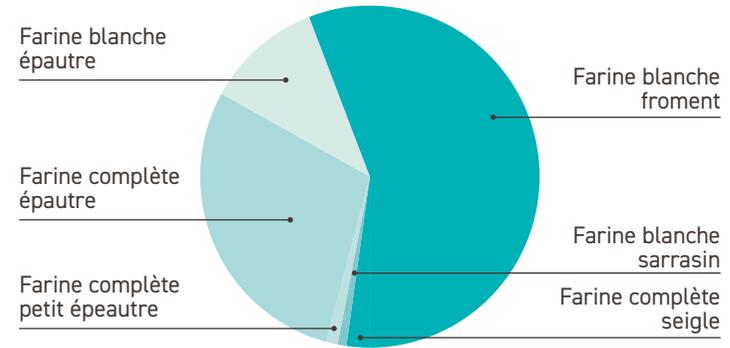
100% des lots écrasés proviennent directement des fermes.
90% sont des fermes en agriculture biologique et 10% en conventionnelle.

Chart 2 : Céréales



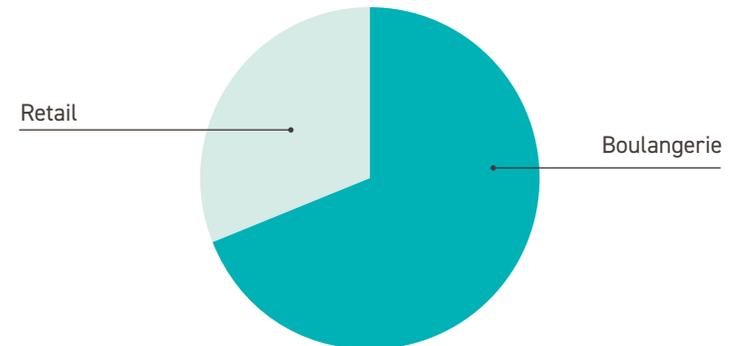
75% des céréales écrasées à façon sont du froment.
Arrivent ensuite le grand épeautre qui représente 22% et les autres céréales qui totalisent 3%

Chart 3 : Farines



La blanche de froment représente 56% de la demande de farine.
L'épeautre blanche représente 11% et l'intégrale d'épeautre 29%.

Chart 4 : Boulangeries vs Retail



Dans 70% des cas, les lots écrasés sont destinés à des boulangeries.
Les lots résiduels sont pour la distribution.



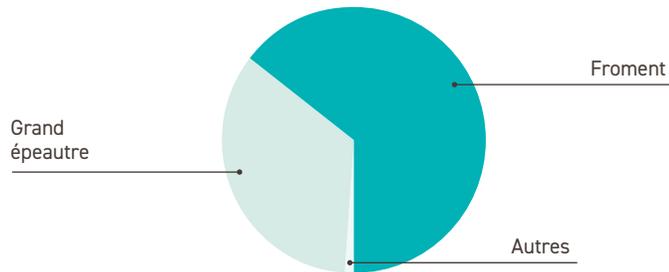
EXEMPLE DE STORY

ET SI NOUS PRENIONS COMME EXEMPLE LE MOULIN DE VENCIMONT ?

Depuis 2016, le Moulin de Vencimont a développé son expertise en meunerie. Ayant démarré son activité de zéro, il est intéressant de voir, d'une part, les segments de clientèle développés et, d'autre part, les tendances suivies en termes d'habitudes d'achats, suivant les différents types de céréales et de farines.

L'illustration ci-dessous porte sur les données de l'année 2023.

Chart 1 : Céréales



Le froment représente 65 % des besoins annuels en céréales du Moulin de Vencimont. Le grand épeautre représente 35 %, les autres céréales ne dépassent pas 1 %.

Témoignage

« LE MEILLEUR DES INVESTISSEMENTS N'EST RIEN SANS UNE BONNE CLIENTÈLE »

Ambroise DE GREIFT



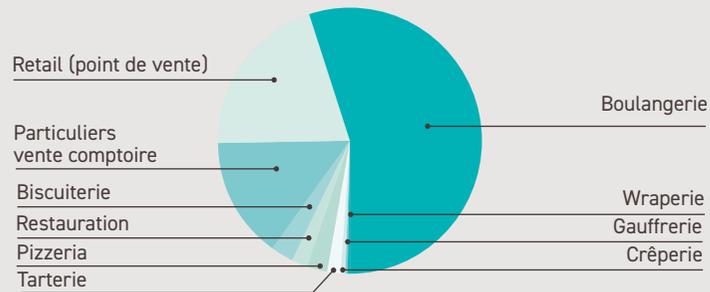


Chart 2: Farines



La répartition des farines suit un ordre d'embaselement logique du point de vue boulanger. La farine blanche de froment représente 60 % des ventes du Moulin de Vencimont. L'épeautre blanche équivaut à 25 % des ventes, suivie par l'intégrale d'épeautre à hauteur de 15 %, tandis que les autres farines ne dépassent pas 1 %.

Chart 3: Boulangeries vs Points de vente



La clientèle du Moulin de Vencimont est surtout axée sur la boulangerie et la vente aux particuliers.

CONCLUSION

Pour se lancer efficacement dans un projet de mouture à façon, à quoi faut-il penser a minima ?

LA BONNE PRATIQUE

- Anticiper les débouchés et trouver les premiers clients avant d'écraser un lot de céréales
- Évaluer vos besoins anticipativement (quantité de farine et fréquence d'approvisionnement) en lien avec les besoins théoriques de la clientèle
- Sauf en cas d'utilisation spécifique, il convient d'éviter d'écraser exclusivement du grand épeautre, car il nécessite généralement d'être mélangé avec du froment pour être panifié

VOUS SOUHAITEZ MOUDRE À FAÇON?
CONTACTEZ-NOUS!

Moulin de Vencimont

Ambroise DE GREIFT

0471 02 32 22

contact@moulindevencimont.be





Moulin de Vencimont
Rue Grande, 95
5575 Vencimont (Gedinne)
T. +32 (0)61 50 12 82
contact@moulindevencimont.be
www.moulindevencimont.be

