

LA CULTURE DE LA MOUTARDE EN BOURGOGNE, C'EST AUSSI UNE HISTOIRE DE GÉNÉTIQUE

JEANDROZ Sylvain

Institut Agro Dijon
26, Bd du Dr Petitjean - 21000 Dijon, France

sylvain.jeandroz@agrosupdijon.fr

GROWING MUSTARD IN BURGUNDY IS ALSO A QUESTION OF GENETICS

ABSTRACT

For over 25 years, Burgundy's mustard paste production has relied on imports of Canadian seeds. In 1990, industrial mustard seed processors asked ENITA (now Institut Agro Dijon) to develop a breeding program. Since then, this program has been one of the cornerstones of a vast project to revive brown mustard growing in Burgundy, involving all the partners in the sector, from growers to manufacturers.

The aim of the breeding program is to provide upstream partners (seed-producing farmers) and downstream partners (industrial processors) with varieties that meet quantitative and qualitative criteria. The aim is to create brown mustard varieties that are productive (yield, cold and insect tolerant) and whose seed quality meets the specifications of the condiment industries (technological and organoleptic suitability for processing into mustard paste). At the same time, a program was launched to create 'winter' cultivars by introducing genes responsible for vernalization into mustard (crosses between brown mustard and winter oilseed rape). Molecular markers have been developed and are now routinely used to assist in the various stages of this program, such as checking crosses and monitoring the genes responsible for vernalization.

More recently, we have started a new project, in collaboration with colleagues from biochemistry and physico-chemistry, which aims to develop criteria for assessing the technological quality of the seed, with a view to the manufacture of mustard. These criteria will enable seed batches to be monitored throughout the selection, production and processing stages

KEY WORDS

Brassica juncea, mustard, breeding program, technological quality

RESUME

Depuis plus de 25 ans, la production bourguignonne de pâte de moutarde repose sur des importations de graines canadiennes. En 1990, les industriels transformateurs de la graine de moutarde ont sollicité l'ENITA (aujourd'hui l'Institut Agro Dijon) afin d'entreprendre un programme d'amélioration génétique. Depuis, ce programme d'amélioration génétique constitue l'une des clés de voûte d'un vaste projet de relance de la culture de moutarde brune en Bourgogne, dans lequel sont impliqués tous les partenaires de la filière, des producteurs aux industriels.

Le programme de sélection génétique a pour objectif de fournir, aux partenaires de la filière, des variétés qui correspondent à des critères quantitatifs et qualitatifs. Il s'agit de créer des variétés de moutarde brune productives (rendement, tolérantes au froid et aux insectes) et dont la qualité des graines répond au cahier des charges des industries condimentaires (aptitude technologique et organoleptique à la transformation en pâte de moutarde). Parallèlement un programme de création de variétés de type « hiver » par introduction chez la moutarde de gènes responsables de la vernalisation a été initié (croisements entre moutarde brune et colza d'hiver). Des marqueurs moléculaires ont été développés et sont maintenant utilisés en routine pour assister les différentes étapes de ce programme comme la vérification des croisements et le suivi des gènes responsables de la vernalisation.

Plus récemment nous avons débuté un nouveau projet, en collaboration avec des collègues de biochimie et physicochimie, qui vise à mettre au point des critères d'évaluation de la qualité technologique de la graine, en vue de la fabrication de moutarde. Ces critères permettront le suivi des lots de graines tout au long de la sélection, de la production et de la transformation.

MOTS CLES

Brassica juncea, moutarde, sélection génétique, qualité technologique

Moutarde et moutarde

Le terme « Moutarde » désigne à la fois le condiment (pâte de moutarde) et une espèce végétale dont les graines sont utilisées pour la transformation en produit alimentaire. L'espèce *Brassica juncea* (L.), appelée communément moutarde brune, est la seule espèce utilisée dans la fabrication des moutardes de Dijon en raison de la forte teneur en sinigrine (glucosinolates) des graines, responsable indirectement de la saveur du condiment (**Figure 1**).

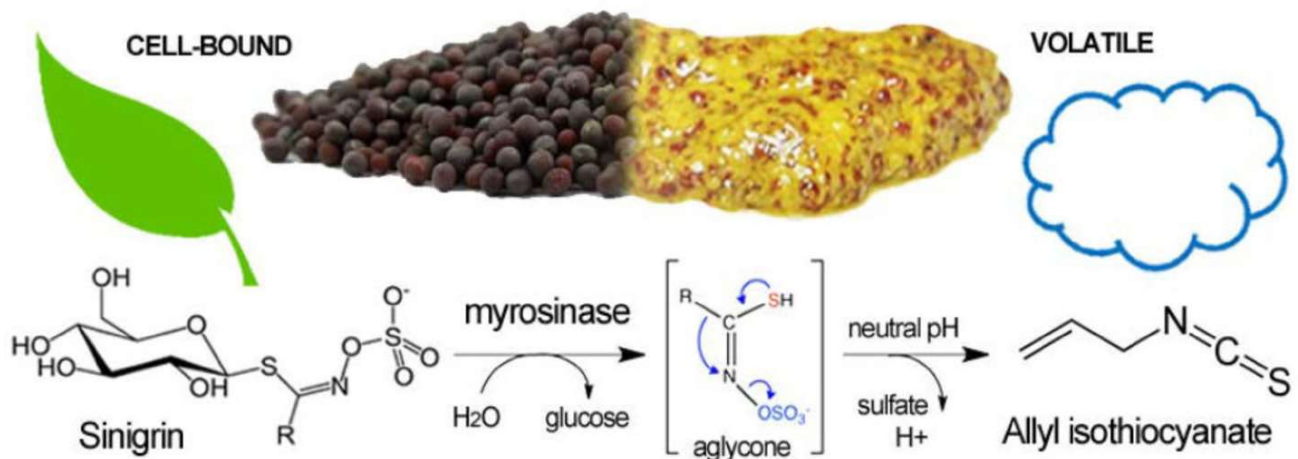


Figure 1 : La sinigrine, présente dans la graine, est une molécule de la famille des glucosinolates (métabolites secondaires soufrés synthétisés chez les Brassicacées). Elle est hydrolysée par la myrosinase (enzyme naturellement présente également dans les graines) lors du broyage des graines en AITC qui sont les composés volatils biologiquement actifs et responsables entre autres du piquant de la moutarde. D'après Papazian [2].

Toutes les variétés de *B. juncea* sont des plantes annuelles. La fécondation résulte généralement d'une autopollinisation, mais la fécondation croisée entre moutarde *via* les insectes pollinisateurs est également possible [1]. Cette plante polyploïde est issue d'un croisement naturel entre *B. nigra* et *B. rapa* et est génétiquement très proche du colza (*B. napus*), avec qui elle partage un parent commun. Elle aurait pour origine géographique l'Est de l'Inde et la Chine, dans une région où les aires de répartition de *B. nigra* et de *B. rapa* se chevauchent [2]. Elle a ensuite certainement été introduite en culture par les romains qui importèrent dans les Gaules l'usage de la moutarde de table. En dehors des variétés dites « condimentaires », *B. juncea* comprend également

des variétés à graines oléagineuses, des variétés cultivées comme légumes ou encore des variétés utilisées comme « plante de service ». En effet, le principal usage de *B. juncea* est la production d'huile dans des pays comme l'Inde où elle représente près d'un tiers des cultures d'oléagineux à graines [3]. La moutarde brune est également utilisée en interculture comme engrais vert ou comme culture intermédiaire piège à nitrates (capturer l'azote minéral pour éviter la pollution des nappes phréatiques). Elle est aussi utilisée pour lutter contre les parasites des cultures puisque les glucosinolates et ses dérivés, libérés dans le sol par la culture, permettent de supprimer certains agents phytopathogènes comme l'oomycète *Aphanomyces euteiches*, responsable de la pourriture racinaire chez le pois [4]. Enfin, la plante de moutarde a la capacité d'extraire, de séquestrer ou de détoxifier les métaux lourds des sols contaminés et ainsi d'être utilisée comme agent de phytoremédiation [5].

La relance de la culture

La culture de moutarde en Bourgogne a été progressivement abandonnée après la deuxième guerre mondiale, au profit de cultures plus rémunératrices ; les industries agroalimentaires continuent cependant à fabriquer de la moutarde à Dijon à partir de graines importées du Canada. Depuis 1990, sous l'impulsion des transformateurs et en collaboration avec l'ENITA (aujourd'hui Institut Agro Dijon), la culture de moutarde brune a été réintroduite en Bourgogne pour répondre au besoin des fabricants français de moutarde de s'approvisionner en graines localement. L'association Moutarde de Bourgogne qui regroupe l'ensemble de la filière (recherche, production et transformation) a été créée avec la mission de répondre aux attentes des producteurs, des industriels, des partenaires et des organismes stockeurs. Ces efforts ont abouti à la création d'un label IGP (Indication Géographique Protégée) : «Moutarde de Bourgogne» enregistré au niveau européen en 2009 et reconnaissant les pâtes de moutarde élaborées et produites en Bourgogne. En 2018, environ 6 000 ha de cultures ont été semées par 300 agriculteurs et 10 000 t de graines ont été récoltées, ce qui représente une part significative des besoins [6].

La création de nouvelles variétés adaptées : La sélection génétique

De nombreux efforts ont été réalisés depuis 1990 pour sélectionner de nouvelles variétés avec l'ambition de fournir aux agriculteurs et aux partenaires industriels des variétés répondant aux critères quantitatifs de production de graines (rendement agronomique) et aux critères qualitatifs de transformation en pâte (aptitude technologique et organoleptique), ces deux critères étant le plus souvent antagonistes. Compte tenu de la nécessité de semer la moutarde brune à l'automne pour augmenter le potentiel de production (plus de 90% des parcelles de moutarde brune sont implantées à l'automne en Bourgogne), les nouvelles variétés sélectionnées depuis le début du programme possèdent, à des degrés divers, une bonne résistance au froid, qui leur permet dans la majorité des cas de subsister pendant les périodes de froid hivernaux. Ces variétés semées à l'automne, sont appelées par commodité « variétés d'hiver ». La sélection génétique porte également sur des critères permettant de maintenir la qualité technologique de la graine (taux de sinigrine, taux de protéines ou de matière grasse, consistance).

Aujourd'hui les travaux menés par une stratégie de sélection généalogique (croisement de lignées puis fixation des caractères par autofécondation des individus sélectionnés) conduisent au suivi de plusieurs centaines de lignées chaque année. Depuis 1993, une dizaine de variétés de type « lignées pures » ont été inscrites au catalogue officiel des espèces et des variétés. Toutes les variétés semées en Bourgogne Franche-Comté sont issues des travaux de sélection menés par l'Institut Agro Dijon dans la filière.

Cependant, la résistance au froid, n'est pas le seul facteur en cause pour avoir une bonne « résistance à l'hiver ». En effet, les moutardes semées actuellement en automne n'ont aucun besoin de vernalisation (besoin de températures basses pour permettre la transition de la phase végétative vers la phase florale) et peuvent être détruites en partie par une induction précoce de la floraison ou un enracinement trop faible. Le caractère de vernalisation étant absent à notre connaissance chez *B. juncea*, il a été introduit par croisement

interspécifique avec un colza d'hiver (*B. napus*). Plusieurs générations de rétrocroisement ont été réalisées avec la moutarde pour créer de nouvelles variétés de moutarde possédant des gènes de vernalisation du colza [7]. La réussite des hybridations interspécifiques et la présence des gènes d'intérêts ont été suivies par sélection assistée par marqueurs moléculaires développés dans le projet (**Figure 2**). Ces nouvelles variétés sont en cours d'évaluation en parcelles.

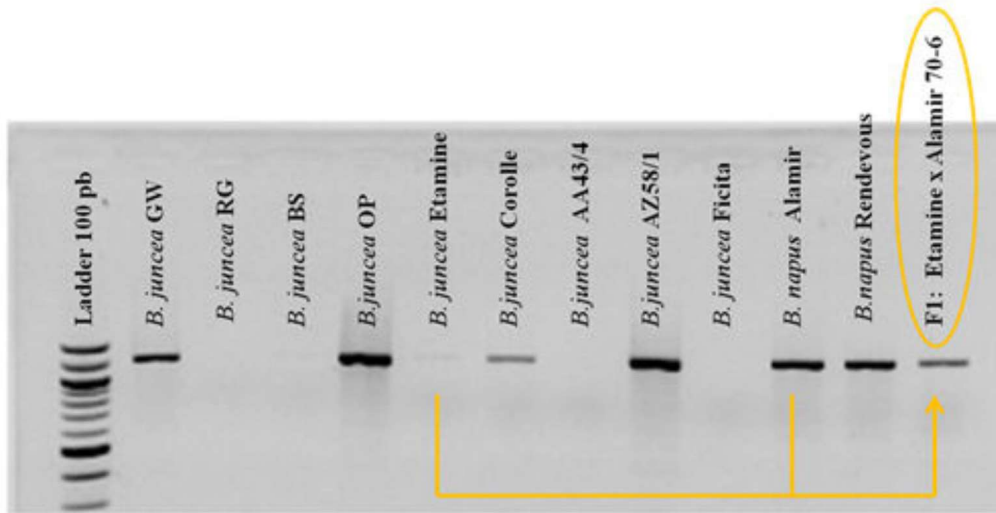


Figure 2 : Génotypage de neuf variétés de moutarde de deux variétés de colza d'hiver (et d'une plante hybride F1 avec le marqueur A7 lié au gène de vernalisation FLC1. Ce marqueur permet de distinguer les hybrides moutarde x colza des autofécondations et de suivre le gène de vernalisation lors des croisements. La plante 70-6 est hybride et possède le gène d'intérêt.

Et la qualité ? La biochimie et la physico-chimie à la rescousse

Malgré les efforts de la sélection génétique, les industriels moutardiers rencontrent des difficultés lors de la transformation des graines bourguignonnes en pâte de moutarde, tant au niveau de leur processus de transformation qu'au niveau de la stabilité, de la viscosité et de la couleur du produit fini qu'est la moutarde. Pour créer des variétés encore mieux adaptées à ces besoins, il est ainsi nécessaire de définir les déterminants moléculaires (protéines, lipides, polysaccharides) responsables de la qualité technologique des graines de moutarde brune telle que définie par les industriels (texture, viscosité, couleur, stabilité ou synérèse...). Dans le cadre du projet « Qualité », une vingtaine de variétés ont été étudiées dans des environnements différents.

Des corrélations entre les paramètres biochimiques, physico-chimiques des lots de graines produits et les caractéristiques rhéologiques des pâtes de moutarde fabriquées à l'aide de ces lots de graines ont été recherchées afin d'identifier des critères de sélection appropriés (**Figure 3**). L'analyse des données nous permettra le suivi des lots de graines tout au long de la sélection, de la production et de la transformation [8, 9].

Aujourd'hui la filière doit faire face à de nouveaux enjeux. En effet le dérèglement climatique, des pressions d'insectes et de maladies plus importantes nous imposent de nouvelles contraintes. La génétique reste un levier important pour relever ces défis.

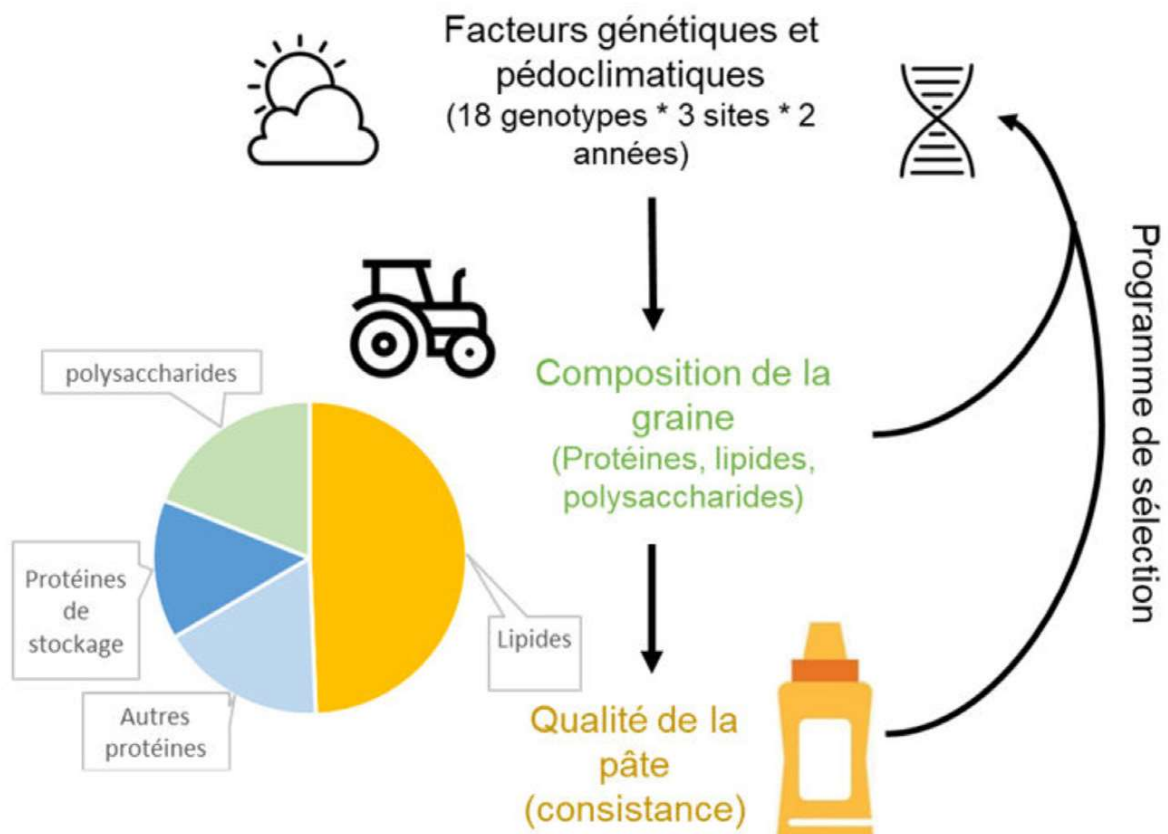


Figure 3 : Organisation du projet FEADER « Qualité ». Différentes variétés de moutarde ont été cultivées pendant deux ans sur trois parcelles différentes. Les composants biochimiques des graines ont été analysés sur l'ensemble des lots de graines produits. Les graines ont été broyées et la consistance a été analysée. En parallèle, certains lots de graines ont été utilisés pour fabriquer de la moutarde. L'ensemble des résultats nous a permis de mieux comprendre les déterminants de la qualité de transformation et de proposer des outils pour faciliter la sélection génétique. D'après [8].

REMERCIEMENTS

Je tenais à remercier :

- les collègues de l'Institut Agro Dijon Marine Nars et Thierry Guinet, sélectionneurs ; Dominique Champion et Philippe Cayot, physicochimistes,
- les acteurs et co-financeurs du projet : l'Association Moutarde de Bourgogne (AMB) et l'Association des Producteurs de Graines de Moutarde de Bourgogne (APGMB),
- pour leur participation au projet FEADER « Qualité » Sophie Le Gall et Véronique Solé de l'INRAE Nantes.

Le programme bénéficie également du soutien financier de la Région Bourgogne Franche Comté et du FEADER (projet "Moutarde de Bourgogne, les défis pour pérenniser une association locale pour un marché international").

NOTE DE LA RÉDACTION

Pour la conférence inaugurale du congrès annuel de l'AFH « Mettez un peu de piquant dans vos recherches histologiques » accueilli à Dijon les 15 et 16 juin 2023, quoi de mieux que de parler de la moutarde ? Sylvain Jeandroz, professeur à l'Institut Agro Dijon, nous a fait l'honneur et le plaisir de nous dresser le portrait historique et scientifique de la moutarde, soulignant les recherches actuelles qui visent à pérenniser la production qualitative de ces précieuses graines, recherches qui doivent aussi tenir compte des pressions imposées par le changement climatique en cours. Au nom des membres de notre association qu'il en soit ici remercié chaleureusement.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. La biologie de *Brassica juncea* : <https://inspection.canada.ca/varietes-vegetales/vegetaux-a-caracteres-nouveaux/demandeurs/directive-94-08/documents-sur-la-biologie/brassica-juncea/fra/1330727837568/1330727899677> (consulté le 25/10/23)
2. PAPAZIAN S. Black mustard and the butterfly effect: metabolomics of plant-insect interactions under multiple stress conditions. Doctoral dissertation, Umeå University 2017.
3. SHEKHAWAT, K., RATHORE, S.S., PREMI, O.P., KANDPAL, B.K. & CHAUHAN, J.S. Advances in Agronomic Management of Indian Mustard (*Brassica juncea* (L.) Czernj. Cosson): An Overview. *International Journal of Agronomy*, 2012, **2012** 1–14.
4. HOSSAIN, S., BERGKVIST, G., GLINWOOD, R., BERGLUND, K., MÅRTENSSON, A., HALLIN, S. & PERSSON, P. Brassicaceae cover crops reduce *Aphanomyces* pea root rot without suppressing genetic potential of microbial nitrogen cycling. *Plant and Soil*, 2015, **1392** (1) 227–238.
5. RATHORE, S.S., SHEKHAWAT, K., DASS, A., KANDPAL, B.K. & SINGH, V.K. Phytoremediation Mechanism in Indian Mustard (*Brassica juncea*) and Its Enhancement Through Agronomic Interventions. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, 2019, **189** (2) 419–27.
6. Tout savoir sur la filière « Moutarde de Bourgogne ». https://bourgognefranche-comte.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Bourgogne-Franche-Comte/061_Inst-Bourgogne-Franche-Comte/CA21/IMAGES_DOCUMENTS/Grandes_cultures/Moutarde/Plaqueette_APGMB.pdf (consulté le 25-01-2024)
7. JEANDROZ S., CHASSERAY M. & GUINET T. Amélioration génétique de la moutarde brune (*Brassica juncea*) : Apports du marquage moléculaire pour la création de géotypes de type hiver. Journée technique. En Mois de l'Innovation en Bourgogne «Génotypage de variétés végétales : un outil pour établir les Filières Plants Sains», Dijon, 2012.

8. LE GALL, S., SOLE-JAMAULT, V., LE GOFF, A., NARS-CHASSERAY, M., LE BOT, L., RENAUD, C., LOLLIER, V., GUINET, T., GERVAIS, J., OHLEYER, L. & JEANDROZ, S. Effect of Cultivars, Environment, and Year on Agronomic Traits, Biochemical Composition of Major Constituents (Lipids, Proteins, and Polysaccharides), and Rheological Properties of Seeds in *Brassica juncea*. *ACS Food Science & Technology*, 2023, **193** (5) 945–54.
9. « Pérenniser la production de graines de Moutarde » https://educagri-editions.fr/notice?id=h%3A%3A71fdc207-d300-4f1a-b798-64da8c1961be&queryId=notice_SousArticle_f92bc45f-daf4-4c06-b1d6-eec6947250b2-draft-data-103&posInSet=1 (consulté le 25/10/23)

