



SÉLECTION DU BROCOLI, *BRASSICA OLERACEA* VAR. *ITALICA*, EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE.

Dossier technique



CENTRE WALLON DE RECHERCHES AGRONOMIQUES

VERSION : AVRIL 2026

AUTEUR : JULIAN MARTENS

RELECTURE : LAURENT JAMAR

Remerciements : l'auteur tient à remercier toutes les personnes ayant participé aux entretiens, les personnes ayant contribué aux réflexions contenues dans ce document et les partenaires du projet.

Financement : Financement : ce projet est financé par l'Union européenne dans le cadre du Plan national pour la reprise et la résilience, avec le soutien de la Wallonie.



Financé par
l'Union européenne
NextGenerationEU



Semences d'Ici est un projet qui a pour but de favoriser la production de semences et la sélection de variétés potagères en Wallonie et en Belgique, avec une affinité pour l'agriculture biologique. Le projet a été initié par l'ASBL Les Marequiers et regroupe aujourd'hui les partenaires suivants : Biowallonie, Hortiforum ASBL (Centre Technique Horticole de Gembloux), le CRA-W, l'ASBL Les Marequiers et Sytra, une équipe de recherche de l'UCLouvain.

Table des matières

1	Introduction	4
2	Espèce et variétés	5
2.1	Description	5
2.2	Exigences culturales pour la Wallonie	6
2.3	Le brocoli en Wallonie	6
2.4	Évaluation du potentiel et des enjeux de la sélection du brocoli en Wallonie	6
2.5	L'intérêt du brocoli à jet en maraîchage sur petite surface	7
3	Objectifs de sélection	8
3.1	Objectifs	8
3.2	Caractères sélectionnables	8
3.3	Exemples d'objectif d'amélioration du brocoli	10
3.3.1	Brocoli calabrais	10
3.3.2	Brocoli à jet	10
4	Sources de diversité génétique	11
4.1	Banques de gènes	12
5	Évaluation variétale	13
6	Techniques de pollinisation/introduction de diversité	14
6.1	Le croisement initial	14
6.1.1	Croisement manuel	14
6.1.2	Production de semences hybrides F1 et CMS	16
6.1.3	Augmenter la diversité de combinaisons génétiques	17
7	Programme de sélection	18
7.1	Méthodes de sélection	18
7.2	Contraintes de sélection	18
7.2.1	Taille de la fleur, croisement manuel et nombre de graines par croisement	19
7.2.2	Isolement	19
7.2.3	Dépression de consanguinité	19
7.2.4	Hivernage	19
7.2.5	Temps de sélection	19
7.3	Plan de sélection	20
7.3.1	Premières années, croisement et population de base	20
7.3.2	Sélection massale	21
7.3.3	Sélection familiale demi-frère (<i>half-sib</i>)	22
8	Conclusion	24
9	Bibliographie	25

1. Introduction

Ce dossier a pour objectif de fournir une synthèse technique et opérationnelle des principes de sélection variétale du brocoli en agriculture biologique, avec un ancrage dans le contexte wallon. Elle s'adresse aux acteur.rice.s de la filière maraîchère souhaitant comprendre les bases biologiques de l'espèce, les objectifs de sélection pertinents, les méthodes de croisement, de création de diversité, et de mise en œuvre des méthodes de sélection adaptées à l'échelle de la ferme ou d'un territoire.

Les approches présentées privilégient des méthodes produisant des variétés populations, reproductibles et compatibles avec les principes de l'agriculture biologique, en valorisant la diversité génétique, l'adaptation locale et la résilience des systèmes de production.

Les sections suivantes présentent l'espèce *Brassica oleracea* var. *italica* en Wallonie :

- une description de spécificités de l'espèce,
- les objectifs de sélection et caractères d'intérêt,
- les sources de diversité et méthodes d'évaluation variétale,
- les méthodes de croisement et de création de diversité,
- un programme temporel de la sélection,
- les contraintes et avantages liés à l'espèce dans un programme de sélection.

Les méthodes de sélection sont précisées avec un programme temporel ainsi qu'une présentation des contraintes et avantages liés à *Brassica oleracea* var. *italica*.

Ces méthodes décrites dans ce dossier s'appliquent à toutes les espèces de la famille des Brassicacées.

2. Espèce et variétés

2.1 Description

Le brocoli, comme le brocoli à jet (*Brassica oleracea* var. *italica*), est une espèce bisannuelle de la famille des brassicacées, à fleur hermaphrodite, principalement allogame entomophile, et dont les semences sont contenues dans des siliques déhiscentes à maturité, figure 1.

Le brocoli fait partie de l'espèce *Brassica oleracea*. Cette espèce contient une grande diversité étant donné que les choux pommés (lisses ou frisés), choux-fleurs, choux de Bruxelles, choux à feuilles (lisses ou frisés) et choux raves en font tous partie, celle-ci est illustrée à la figure 2. Au sein de chaque sous-espèce, une diversité est également observée. Celle-ci peut être morphologique, phénologique (temporelle), agronomique ou d'usage, pour n'en citer que quelques-unes.

L'organe d'intérêt comestible du brocoli est l'inflorescence et les fleurs non ouvertes (fleurons). Ce légume se consomme cru ou cuit de nombreuses façons. Il est également apprécié pour ses qualités nutritionnelles.



Figure 1. Semences de brocoli contenues dans une silique. Photo par craigdietrich sous licence CC BY 2.0.



Figure 2. diversité de l'espèce *Brassica oleracea*. Photo : domaine public, Brocoli à jet : Julian Martens

Il est riche en vitamine C, B5 et B9, contient plusieurs microéléments tels que du calcium, phosphore, potassium et magnésium (ceux-ci sont plus ou moins disponibles selon la méthode de cuisson), ainsi que des glucosinolates, des composés organiques soufrés aux propriétés anti-inflammatoires et antioxydantes. Les glucosinolates sont également responsables du goût et de la sensation piquante caractéristique des choux, radis, moutardes et autres aliments provenant des brassicacées.

2.2 Exigences culturelles pour la Wallonie

En Wallonie, le brocoli est généralement cultivé à l'extérieur, bien qu'il puisse être produit sous abri pour la vente en primeur. Il est principalement divisé en production de printemps, d'été et d'automne avec des cycles de cultures allant de 70 à 95 jours. Le cycle de culture des variétés de brocoli à jets est plus long. Il peut s'étendre jusqu'à 220 jours. Cela provient du fait qu'une partie de son cycle se passe en hiver. Étant implanté avant l'hiver, il peut plus facilement profiter des conditions favorables au début du printemps.

Le brocoli apprécie les sols profonds, riches en matières organiques et capables d'une bonne rétention hydrique sans pour autant supporter l'asphyxie. Un pH proche de la neutralité est idéal. Dans le cas de la fertilisation organique, il est conseillé d'incorporer 30-40 t/ha de fumier décomposé plusieurs mois avant la plantation (CIM 2025). Cette quantité peut être réduite grâce à l'implantation d'engrais verts plusieurs mois avant la plantation. Une rotation culturale d'au moins 5 à 7 ans, en agriculture biologique, est conseillée entre espèces de la famille des brassicacées.

2.3 Le brocoli en Wallonie

Le brocoli est un légume communément consommé en Belgique et en Wallonie. C'est généralement le brocoli calabrais qui est connu et consommé. Celui-ci est cultivé pour sa tête principale. Dans le cas du brocoli à jets, ce sont les tiges axillaires qui sont récoltées de manière étalée.

Les variétés de brocoli conseillées en agriculture biologique sont le Rasmus, Ironman F1 (conventionnel) et Parthénon F1 (conventionnel) (Sallets et al. 2020). D'autres variétés sont référencées dans la base de données belge OrganicXseeds, qui regroupe les variétés disponibles pour l'agriculture biologique. Ces variétés sont Belstar F1, Bobby, Calinaro, Covina F1 et Rasmus. Le nombre de variétés de brocoli semble plus restreint que des espèces telles que le poivron, l'oignon ou la courgette¹, surtout pour l'agriculture biologique. La diversité variétale n'est pas autant valorisée.

Concernant le brocoli à jets, il y a peu de variétés disponibles. Il y a la variété « à jets violet », sans dénomination précise, et deux variétés hybrides F1 : Rioja F1 et Santee F1.

En 2025, 82% des variétés de *Brassica oleracea* var. *italica* enregistrées dans le Catalogue officiel européen des variétés sont des hybrides F1 (484/587). L'importance de cette proportion d'hybrides F1 est liée au gain de vigueur (hétérosis) dont profitent les choux et donc à la dépression de consanguinité qu'ils subissent. Étant donné qu'elles sont inscrites, ceci implique qu'elles ont été soumises aux tests DHS (Distinction, Homogénéité et Stabilité). Ces critères sont un frein à l'inscription et ainsi à la commercialisation de cultivars présentant une plus grande diversité génétique. Il existe pourtant plus de variétés que celles qui sont inscrites dans le Catalogue. Celles-ci peuvent être des landraces non inscrites, des accessions dans des banques de gènes. Il subsiste toutefois la possibilité d'inscrire ce type de variétés en tant que Matériel Hétérogène Biologique.

2.4 Évaluation du potentiel et des enjeux de la sélection du brocoli en Wallonie

La culture du chou, et donc du brocoli, est globalement bien adaptée aux conditions climatiques de la Belgique. Le climat tempéré, caractérisé par des hivers relativement doux et des étés modérément chauds, ainsi que la fertilité des sols, favorisent sa culture. Les variétés d'automne, grâce à leur bonne résistance au froid, permettent une production prolongée jusqu'en hiver, tandis que les variétés de printemps, semées à la fin de l'été, se développent sur un cycle long et sont récoltées au printemps. Cependant, le chou demeure une espèce exigeante en nutriments et sensible à plusieurs maladies et ravageurs, ce qui nécessite une gestion attentive des pratiques culturales.

¹ Voir guides de sélection développés dans le cadre du projet Semences d'Ici.

Le brocoli, comme les autres brassicacées en général, est une culture présente chez les maraîchers wallons de toutes tailles. Il est généralement cultivé en plein air, même si sa culture sous abris est également possible. Il peut être semé directement ou transplanté. Les deux méthodes sont pratiquées, mais la transplantation permet une avance sur le semis et une meilleure gestion de l'enherbement.

Sa superficie de culture, comme pour de nombreux légumes, est nettement plus élevée en Flandre qu'en Wallonie (235 ha et 3 ha respectivement en 2021, selon Statbel). Une part importante de la production belge est transformée en produits préparés ou surgelés. De nombreux brocolis sont néanmoins importés d'Italie, d'Espagne, de France (notamment de Bretagne) ainsi que des Pays-Bas. Les données de consommation sont peu disponibles, mais le brocoli reste un légume largement présent dans les magasins alimentaires pendant toute sa saison de production, et même hors-saison dans le cas d'importations.

La majorité des variétés disponibles sont des hybrides F1. Bien que des variétés populations performantes existent, les variétés hybrides F1 sont privilégiées pour leur rendement ainsi que pour leur uniformité de calibre et de maturité. La récolte se fait généralement en un nombre limité de passages.

Selon Myers et al. (2012), le brocoli est une espèce idéale pour la sélection variétale participative car elle se prête bien à la sélection massale, qui est une méthode intuitive et simple à mettre en place. Elle ne demande pas de suivi généalogique précis, elle combine la sélection naturelle et la sélection humaine.

Les brocolis et les choux sont des cultures exigeantes en nutriments. Le développement de variétés capables de bien produire en mode de production biologique ou en mode bas intrants représente donc un enjeu important pour les systèmes de production alternatifs.

En effet, les systèmes bio n'ont pas les mêmes outils qu'en culture conventionnelle pour pallier aux variations de conditions de fertilité (dans l'espace et dans le temps) car celles-ci dépendent des conditions dynamiques de l'environnement. La sélection directe en mode de production biologique représente donc un intérêt particulier car la plupart des variétés sont sélectionnées en mode de production conventionnelle. Plus globalement, il est intéressant de sélectionner chaque espèce dans ses conditions de culture spécifiques afin de développer des variétés populations mieux adaptées à celles-ci.

2.5 L'intérêt du brocoli à jet en maraîchage sur petite surface

Le brocoli à jet est encore peu présent sur les étals wallons mais peut représenter une opportunité. De manière similaire à celle décrite par McKenzie et Colley (2021) de « Organic Seed Alliance », le brocoli à jet violet se distingue par sa couleur et par son aspect différent du brocoli calabrais classique. Il présente aussi un intérêt par rapport à sa temporalité et sa robustesse. La récolte a lieu à la sortie de l'hiver, en mars et avril, quand peu de légumes sont disponibles.

3. Objectifs de sélection

Un programme de sélection commence par la définition des objectifs. Atteindre ceux-ci se traduira en travail de sélection sur certains caractères contribuant aux objectifs. « L'introduction à la sélection variétale biologique à la ferme » de Navazio et Zystro (2014) est une ressource importante pour quiconque voudrait mettre en place de la sélection à la ferme. Les auteurs recommandent de se limiter à 5 ou 6 caractères maximum.

3.1 Objectifs

Les objectifs d'un programme de sélection peuvent être très variés. Ils dépendent du contexte climatique, agronomique, économique, social et culturel.

- L'idéal est d'obtenir des cultivars dont les plantes sont :
- adaptées aux conditions pédoclimatiques spécifiques d'une ferme ou d'un territoire (région, biorégion),
- frugales dans leurs besoins hydrique et nutritif,
- tolérantes aux maladies et ravageurs,
- compétitives face aux adventices,
- adaptées aux techniques culturales et d'irrigation,
- adaptées aux méthodes de fertilisation utilisées,
- capables de s'adapter aux conditions changeantes notamment grâce à une diversité génétique intra-variétale.

L'idéal est aussi d'obtenir un produit commercialisable ayant :

- une apparence désirable (couleur, forme, taille, texture, ...),
- une bonne capacité de conservation en champ et post récolte (résistance aux maladies et aux chocs),
- un goût et des saveurs appréciables,
- une utilisation spécifique ou générale dans la transformation des aliments liée aux habitudes socioculturelles d'un territoire/région/communauté,
- une bonne qualité nutritive (fibres, vitamines, antioxydants et autres micronutriments).

3.2 Caractères sélectionnables

Lors du choix des caractères sur lesquels sélectionner, deux questions sont essentielles (White et Connolly 2011):

- Ce caractère est-il mesurable aisément ? Cela permettra d'évaluer le progrès du programme et l'atteinte des objectifs.
- Ce caractère est-il héritable ? Ceci déterminera si la sélection aura effectivement un effet sur les générations suivantes.

Les caractères généraux sur lesquels la sélection est possible sont par exemple :

- La taille des plants,
- La structure des plants,
- La vigueur initiale et générale,
- La résistance et tolérance aux ravageurs,
- La résistance et tolérance aux maladies,
- La tolérance à la sécheresse, à l'humidité.
- La précocité de la levée et de la production (le nombre de jours nécessaires pour la première récolte)
- La productivité,
- La couleur,
- Le goût,

- La texture,
- La conservation.

Le Tableau 1 présente une liste réduite des caractères d'intérêt pour la sélection du brocoli.

Tableau 1. Caractères d'intérêt pour la sélection variétale du brocoli et brocoli à jets (*Brassica oleracea*).

Catégorie de caractères	Caractères
Agronomique (croissance, développement)	
Semence et plantule	Température de germination
	Vigueur initiale
Plant et feuillage	Vigueur
	Structure du plant
	Développement de la canopée
	Type de feuillage
	Couleur du feuillage
Racine	NUE (Nutrient Use Efficiency)
	WUE (Water Use Efficiency)
	Diamètre
	Profondeur
	Ramification
Production	Précocité de la production
	Durée de la production
	Nombre de jets
	Longueur des jets
	Résistance à la montaison
Défensif	
Plant et légume (la tête)	Résistance à la maladie X
	Tolérance à la maladie X
	Tolérance aux ravageurs
Qualité du légume	
Taille et forme du légume	Largeur minimale et maximale de la tête
	Longueur minimale maximale de la tige
	Forme de la tête
	Poids de la tête
	Densité de la tête
	Taille des boutons floraux
Couleur de la tête	Couleur de la tête à maturité de récolte
Récoltabilité du légume	Proéminence de la tête
Productivité	Rendement
	Nombre de (re)jets
Qualité organoleptique et nutritionnelle	Goût
	Glucosinolates
	Quantité micronutriments (vitamine C, ...)
	Brix
	Texture (tendre)
Conservation	Conservation post récolte
Transformation	Influence sur le profil nutritionnel et organoleptique

3.3 Exemple d'objectif d'amélioration du brocoli

3.3.1 Brocoli calabrais

Un programme de sélection pourrait avoir comme objectif d'obtenir un brocoli de type calabrais, figure 3, de variété population, adapté à la production d'automne en condition d'agriculture biologique, car cela n'existe pas. Cette population viserait une bonne production, une implantation homogène et une bonne vigueur générale des plants dans des conditions à faibles intrants. L'objectif serait également d'améliorer l'uniformité des têtes et de leur maturité, un besoin important pour les variétés populations. À ces critères s'ajoute la résistance au froid pour faciliter la production de semences à la saison suivante et soutenir la sélection massale. L'hivernage de brocoli peut recourir à des protections physiques.

Le produit commercialisable recherché serait une tête principale d'environ 400 g, de diamètre de 10-15 cm, compacte, bien formée et de couleur attractive. Un accent est mis sur la qualité organoleptique avec la recherche de bon goût, de texture agréable et de faible amertume.



Figure 3. Brocoli calabrais. Photo: domaine public

3.3.2 Brocoli à jet

Un autre programme d'amélioration serait axé sur la productivité du brocoli à jet produisant à la sortie de l'hiver (figure 4). Ceci constitue une opportunité en termes de créneau de production et de différenciation par rapport aux types variétaux généralement proposés. L'amélioration de la productivité porterait sur le nombre de jets produits, la régularité d'apparition et la quantité totale récoltable. Les jets recherchés devraient présenter une bonne qualité commerciale, avec une taille adaptée à la vente en botte, et une couleur violette intense. Enfin, la qualité gustative reste prioritaire, avec un bon goût et une texture tendre.



Figure 4. Brocoli à jet. Photo Iofaesofa sous licence CC BY-NC 2.0.

4. Sources de diversité génétique

Un programme de sélection démarre d'une population contenant de la diversité génétique. Si une population ne présente pas de diversité, la sélection n'aura pas d'impact sur celle-ci. Il convient alors de créer de la diversité, généralement par croisement de « cultivars ».

Le matériel génétique (les semences) de départ peut provenir de plusieurs sources :

- de variétés « anciennes », traditionnelles ou « landraces », en particulier lorsqu'elles relèvent du domaine public.
- d'accessions conservées en banque de gènes (banque de graines),
- de variétés disponibles sur le marché, hybride F1 ou population, sous réserve de vérifier leur statut juridique (voir encart « limites juridiques » ci-dessous).

Ces différentes sources n'ont pas le même intérêt et peuvent répondre à différents besoins. Les variétés « anciennes », paysannes et autres variétés anciennes du domaine public constituent un point de départ pour la sélection en ferme. Elles peuvent déjà présenter une diversité intra-variétale sur laquelle une sélection massale et adaptatrice peut être appliquée. Les accessions de banques de gènes sont utiles lors de la recherche de caractères spécifiques ou afin d'élargir fortement la base génétique d'une population. Les variétés commerciales peuvent présenter des qualités agronomiques et de résistances intéressantes ayant généralement été sélectionnées plus récemment. Cependant, leur usage demande davantage de vigilance juridique car elles peuvent être protégées par le Certificat d'Obtention Végétale (COV), les conditions sont précisées dans la Convention internationale pour la protection des obtentions végétales (UPOV 1991)².

Bien que les variétés en tant que telles ne puissent pas être protégées par des brevets, certains gènes, traits et procédés techniques ou microbiologiques le peuvent bien. Les variétés contenant des innovations brevetées sont reprises dans la base de données PINTO³.

Limites juridiques

Dans le cadre de la sélection, toute personne peut utiliser une variété protégée par un droit d'obtenteur pour créer une nouvelle variété en vertu de l'exception du sélectionneur explicitée dans la convention internationale pour la protection des obtentions végétales (UPOV 1991). Cependant, trois limites importantes existent, une variété protégée par le droit d'obtenteur ne peut pas être utilisée dans la sélection si :

- la nouvelle variété nécessite l'utilisation répétée de la variété protégée pour sa production (cas de production d'hybrides F1),
- la nouvelle variété ne se distingue pas suffisamment de la variété protégée,
- la nouvelle variété est « essentiellement dérivée » de la variété initiale, dans ce cas l'autorisation de l'obtenteur est nécessaire pour la commercialisation.

² https://www.upov.int/edocs/pubdocs/en/upov_pub_221.pdf

³ <https://euroseeds.eu/pinto-patent-information-and-transparency-on-line/pinto-database>

4.1 Banques de gènes

Le portail Genesys-PGR⁴ constitue la principale porte d'entrée globale vers les accessions conservées dans de nombreuses banques de gènes. Cependant il ne couvre pas l'ensemble des collections mondiales. D'autres bases de données peuvent également être consultées, telles que les bases : Germplasm Resources Information Network⁵ (GRIN), European Cooperative Programme for Plant Genetic Resources⁶ (ECPGR) et banque de gènes nationales, ou encore les collections de semences citoyennes et d'ASBL ou réseaux tels que la « European coordination – Let's liberate diversity »⁷, « Rete Semi Rurali »⁸, ProSpecieRara⁹ et l'Arche Noah¹⁰ ou le « Seed Savers Exchange » aux États-Unis¹¹ souvent utilisé dans les programmes de sélection variétale participative (Deppe 2021).

Concernant l'espèce *Brassica oleracea* var. *italica*, elle englobe différents types variétaux. La base de données Genesys-PGR contient plus de 900 accessions distribuées dans le monde. Environ 9 % de celles-ci correspondent au brocoli à jets. Les banques de gènes en Europe se trouvent principalement au Royaume-Uni, en Italie, en Allemagne et en Espagne. Les collections mondiales les plus importantes se trouvent aux États-Unis et à Taïwan.

⁴ <https://www.genesys-pgr.org/>

⁵ <https://www.grin-global.org/>

⁶ <https://www.ecpgr.org/>

⁷ <https://liberatediversity.org/>

⁸ <https://rsr.bio/banca-dati/>

⁹ <https://www.prospecierara.ch/fr>

¹⁰ <https://www.arche-noah.at/>

¹¹ <https://seedsavers.org/>

5. Evaluation variétale

Une fois que les objectifs de sélection variétale sont clairement identifiés, ceux-ci guideront le choix des variétés à évaluer.

L'évaluation et la comparaison variétale afin de choisir les variétés qui constitueront les parents est déterminante et impactera la qualité de sélection ultérieure. Cette étape permet également de gagner de l'expérience avec les variétés concernées et surtout d'évaluer leur homogénéité. Si une variété présente beaucoup de variabilité pour les caractères d'intérêt en fonction des objectifs, il est déjà possible d'appliquer la sélection. Les variétés parentales devraient présenter en partie les caractères d'intérêt (goût, résistance, productivité, couleur, structure du plant, ...). Ceux-ci seront combinés grâce aux futurs croisements.

Les variétés à inclure dans l'essai peuvent être celles qui sont couramment cultivées dans la région, des variétés anciennes, des variétés venant d'autres régions ayant des caractères d'intérêt. Il est également essentiel d'inclure une « variété témoin », celle-ci est la variété de « référence » couramment cultivée et avec laquelle les producteurs sont familiers. Cela permet un point de comparaison et aide à la communication des résultats.

Les méthodes d'évaluation variétale sont présentées dans le document « Évaluation variétale, étape clé de la sélection variétale - méthodes et protocoles »¹².

¹² <https://www.biowallonie.com/accompagnement/production/semences-et-plants-bio/semences-dici/#itk-production-de-semences>

6. Techniques de pollinisation/ introduction de diversité

Les techniques d'induction de variabilité génétique présentées dans cette fiche s'appliquent à l'échelle de la plante ou de la population. Etant donné que l'objectif de ce dossier est de proposer des méthodes directement applicables à l'échelle des fermes, des collectifs ou des territoires, les approches intervenant au niveau cellulaire, tissulaire ou moléculaire (ADN) n'y sont pas prises en compte.

6.1 Le croisement initial

Dans le cas où une population ne présente pas assez de variabilité génétique, il est alors nécessaire d'introduire de la diversité. Ceci peut être fait par un croisement de deux variétés ou populations différentes.

La floraison des brassicacées a lieu lors de sa deuxième année de culture, après une période de vernalisation, au printemps. Les plants sont généralement auto-incompatibles et ce sont les insectes qui pollinisent les fleurs ouvertes. Le mécanisme d'auto-incompatibilité est plus fort à partir du jour précédent l'éclosion de la fleur, cependant le stigmate est réceptif à partir de trois à quatre jours avant l'ouverture. Les anthères s'ouvrent quelques heures après l'éclosion de la fleur (Bassett 1986).

6.1.1 Croisement manuel

Dans le cas des brassicacées, la pollinisation manuelle entre deux variétés, A et B, est plus difficile que pour d'autres espèces, comme par exemple chez les cucurbitacées. Les fleurs de brassicacées sont hermaphrodites et de petite taille, environ 1 cm de diamètre, figure 5.



Figure 5. Fleurs et boutons floraux de brocoli. Photo: domaine public

Les fleurs commencent leur éclosion pendant l'après-midi et sont entièrement ouvertes le matin suivant. Le croisement manuel de fleurs de brocoli, ou d'autres espèces de *Brassica oleracea*, se fait au stade du bouton floral, avant son ouverture.

Pour effectuer un croisement manuel, il faut premièrement sélectionner une inflorescence, le racème, de la variété qui sera la mère (variété A). Ensuite étiqueter le racème et noter le croisement (AxB). Les fleurs ouvertes et le méristème apical sont éliminés.

Le pollen de la variété A est collecté dans un petit récipient, où les fleurs sur le point de s'ouvrir ou récemment ouvertes sont récoltées. Afin de s'assurer qu'il n'y a pas d'autre pollen présent sur la fleur, celle-ci peut être isolée à l'aide d'un filet la veille du croisement.

Ensuite les pétales des boutons floraux sélectionnés sont retirés à l'aide d'une pince. Les étamines peuvent être également retirées, cependant l'auto-incompatibilité ne devrait pas permettre l'autopollinisation. Le pollen collecté est mis en contact soit en effleurant les fleurs de la variété B sur le stigmate de la variété A, soit à l'aide d'un pinceau. Finalement les boutons floraux sont isolés à l'aide d'un sac en filet pour éviter toute « contamination » ultérieure par les insectes (Deppe 2000; Swegarden 2021).

En comptant sur le mécanisme d'auto-incompatibilité du brocoli, le croisement manuel peut être évité en favorisant le croisement naturel. Cela est possible en plantant les variétés à croiser côte à côte.

L'AUTO-INCOMPATIBILITÉ

Les Brassicacées possèdent un mécanisme génétique qui empêche ou limite l'autofécondation. Ce mécanisme repose sur un système d'auto-incompatibilité (AI) permettant à la plante mère, via son stigmate, de reconnaître le génotype du pollen qui la féconde. Cette reconnaissance est contrôlée par un locus multi-allélique S, qui compte environ 50 allèles (S1, S2, ..., S50) différents chez les Brassicacées (Bassett 1986).

Il existe deux grands types d'auto-incompatibilité : gamétophytique et sporophytique. Les brassicacées présentent ce deuxième type.

Auto-incompatibilité gamétophytique

Dans ce cas, c'est le génotype haploïde du pollen (celui du gamétophyte) qui détermine la compatibilité. Le stigmate reconnaît le pollen comme compatible ou non selon l'allèle S qu'il porte. Par exemple, considérons la plante A (S1S2) et la plante B (S2S3). Le pollen produit par A porte soit S1 soit S2 et deux cas de figures ont lieu :

- le pollen S1, différent des allèles de B, est accepté et peut féconder.
- le pollen S2, identique à un allèle de B, est rejeté.

Auto-incompatibilité sporophytique

Chez les Brassicacées, c'est ce mécanisme qui s'applique. La compatibilité est déterminée par le génotype diploïde du parent qui produit le pollen (le sporophyte). Bien que le pollen soit haploïde, il porte à sa surface des protéines (ligands) synthétisées par le tissu sporophytique diploïde. Le stigmate, également diploïde, possède des récepteurs capables de reconnaître ces ligands.

Si la reconnaissance a lieu (c'est-à-dire si un allèle S est commun entre les deux plantes), le pollen est inhibé : il ne germe pas et ne forme pas de tube pollinique.

Ainsi, pour qu'il y ait fécondation, aucun allèle S ne doit être partagé entre le pollen et le stigmate.

Exemple : un croisement entre S₁S₂ et S₃S₄ est compatible, mais pas entre S₁S₂ et S₂S₃.

AUTOPOLLINISATION

L'autopollinisation, bien que naturellement difficile, est possible de plusieurs manières. Premièrement, certaines variétés présentent un degré d'auto-incompatibilité faible. Il existe également certains traitements physiques capables de contourner ce mécanisme d'AI (chaleur, solution de sel (NaCl à concentration minimale de 0,25 M, CO₂).

Deuxièmement, les boutons floraux peuvent être pollinisés manuellement, ceci doit être fait avant que la fleur ne s'ouvre. Dans ce cas, un bourgeon floral qui devrait éclore trois à quatre jours plus tard aura une auto-incompatibilité peu active. Ce bourgeon est alors émasculé et du pollen est appliqué au stigmate, soit à l'aide d'un pinceau ou d'une fleur ouverte contenant du pollen. Après la pollinisation, un sac en filet peut être utilisé pour éviter un autre croisement.

L'intérêt de l'autopollinisation des brassicacées est plutôt dans le développement de lignées pures pour la production d'hybrides F1.

POLLINISATION CROISÉE

La pollinisation croisée peut être contrôlée grâce aux croisements manuels des boutons floraux tel que décrit dans l'autopollinisation. Cette méthode est préférée lorsqu'on ne connaît pas le degré d'auto-incompatibilité. Si elle est forte, alors cette incompatibilité permet un gain de temps. En plantant deux variétés côte à côte, elles devront forcément se croiser et ceci sans croisement manuel. La descendance sera croisée, si certaines semences sont issues d'une autopollinisation minoritaire, il est encore possible de distinguer les hybrides des autopollinisés de par la vigueur de germination de l'hybride ainsi que son apparence plus tard.

Si l'objectif n'est pas le croisement de deux variétés mais celui de nombreux croisements, il est possible de compter sur l'auto-incompatibilité qui favorise ces croisements.

6.1.2 Production de semences hybrides F1 et CMS

Le brocoli et les autres brassicacées souffrent de la dépression de consanguinité et bénéficient du phénomène d'hétérosis. L'utilisation des hybrides F1 est très répandue pour ces raisons, ainsi que la concentration sur les hybrides F1 par les entreprises semencières et de sélection.

La production d'hybrides F1 est basée sur le mécanisme d'auto-incompatibilité ainsi que la stérilité mâle cytoplasmique (souvent notée CMS pour « cytoplasmic male sterility » en anglais).

Le mécanisme d'auto-incompatibilité permet une production de semences hybrides F1 plus aisée que la pollinisation manuelle, surtout lorsque l'auto-incompatibilité est forte. Cela réduit le besoin de main-d'œuvre souvent nécessaire dans la production de semences hybrides F1.

La méthode basée sur l'auto-incompatibilité, bien que pratique, ne produit pas toujours 100% de semences hybrides. La méthode basée sur la stérilité mâle cytoplasmique (CMS) donne en revanche 100% de semences hybrides et est, depuis les années 1980, la méthode la plus utilisée (Yamagishi et Bhat 2014; Singh et Singh 2016).

La CMS est causée par des mutations mitochondriales qui entraînent un fonctionnement altéré des mitochondries, empêchant la bonne formation du pollen. Lors de la fécondation, le pollen transmet son génome à la plante mère, tandis que cette dernière transmet son génome par l'ovule et son cytoplasme. Ainsi, la descendance possédera également la CMS, transmise par voie maternelle. La CMS est réversible lors de l'introduction d'un gène restaurateur (Rf) qui supprime la stérilité causée par les mitochondries (ceci est très important dans la production de colza) (Schnable et Wise 1998).

Les individus possédant la stérilité mâle cytoplasmique ne produisent pas de pollen viable. Ces individus, qui porteront les semences, seront donc inévitablement pollinisés par du pollen d'une autre origine. Cette méthode élimine totalement le besoin de croisements manuels et est capitale pour la production d'hybrides F1.

Les variétés issues de méthodes de production utilisant la CMS sont autorisées en agriculture biologique mais controversées. Plusieurs associations refusent cette méthode dans la sélection et la production biologique, elles fournissent également une liste de variétés dépourvues de CMS dans leur historique (FiBL 2024).

6.1.3 Augmenter la diversité de combinaisons génétiques

L'augmentation de la diversité génétique se fait par croisements. Augmenter le nombre de parents augmentera le nombre de gènes présents et les combinaisons possibles dans la population. Combiner des variétés couramment cultivées n'augmente pas la diversité génétique en termes de gènes présents mais augmente les combinaisons possibles qui peuvent présenter des intérêts phénotypiques ou d'adaptation pédoclimatique.

Le choix de lignées parentales prometteuses est capital pour un programme de sélection. Cependant, augmenter le nombre de parents uniquement pour augmenter la diversité ne présente pas toujours un intérêt. Les parents doivent contenir des caractères et des performances liés aux objectifs du programme.

7. Programme de sélection

7.1 Méthodes de sélection

Le choix de la méthode de sélection dépend de l'espèce et surtout de son mode de pollinisation, de la population de départ, de l'espace et des ressources disponibles. Les différentes méthodes mèneront à différents types de cultivars en fin de programme.

Les méthodes présentées ci-dessous s'appliquent à l'échelle de la plante, et non au niveau de la cellule ou de l'ADN. Elles produisent des « variétés » population et sont en adéquation avec les principes de l'agriculture biologique (Wyss et al. 2001). Ces méthodes favorisent la sélection à la ferme ou au sein d'un réseau de fermes par leur intuitivité et frugalité. Les méthodes présentées ci-dessous sont reprises dans le document "Méthodes de sélection et d'amélioration variétale en ferme biologique"¹³ ainsi que dans les documents de White et Connolly (2011) et Navazio et Zystro (2014).

Le brocoli et les brassicacées étant allogames et sensibles à la dépression de consanguinité, les méthodes de sélection les plus adaptées à l'amélioration variétale du brocoli et autres brassicacées en ferme biologique et détaillées dans la suite du document sont :

- les méthodes de sélection massale (et la sélection de conservation),
- la sélection familiale de demi-frère (*half-sib*) et l'approche de la « *Organic Seed Alliance* »,

D'autres méthodes applicables, non décrites en détail, sont :

- la sélection familiale de frère complet (*full sib*)
- le rétrocroisement,
- la création de grex.

Les méthodes utiles pour la fixation de caractères spécifiques en vue de les recombinaison en production de variété hybride F1 et difficilement applicables en ferme en raison du caractère allogame des brassicacées et de la susceptibilité à la dépression de consanguinité sont :

- la sélection généalogique,
- la filiation monograine,
- la stabilisation d'hybride.

7.2 Contraintes de sélection

L'amélioration et la création variétale du brocoli présentent un ensemble de contraintes biologiques, techniques et logistiques qui influencent l'organisation d'un programme de sélection variétale. Certaines proviennent directement des caractéristiques reproductives de l'espèce (allogamie, entomophilie, cycle bisannuel) tandis que d'autres sont liées aux usages agronomiques, aux exigences de conservation ou encore au contexte réglementaire. Ces facteurs, souvent cumulés, expliquent le temps nécessaire pour la progression génétique du brocoli ainsi que la difficulté à stabiliser certains caractères d'intérêt. Les points suivants détaillent les principaux éléments contraignants de la sélection du brocoli, le contrôle des croisements et la difficulté de ceux-ci, l'isolement des variétés, le maintien de la diversité génétique, l'hivernage et l'aspect temporel.

¹³ <https://www.biowallonie.com/accompagnement/production/semences-et-plants-bio/semences-dici/>

7.2.1 Taille de la fleur, croisement manuel et nombre de graines par croisement

Les croisements manuels contrôlés sont difficiles en raison de la taille des fleurs et du nombre important de croisements à effectuer pour obtenir un grand nombre de semences. Un croisement peut donner quelques dizaines de semences, c'est bien moins important que d'autres espèces, par exemple les courges qui pourront facilement produire une centaine de semences par croisement.

La pollinisation se fait généralement par les insectes et donc de manière non contrôlée. Avant que la floraison n'ait lieu, il est important d'éliminer tout individu dont on ne veut pas qu'il transmette du pollen.

7.2.2 Isolement

Le brocoli et les autres espèces de *Brassica oleracea* sont allogames. Il est donc important d'isoler des plants en fleur de toutes autres espèces de *Brassica oleracea* qui seraient également en fleurs. Les espèces concernées sont les autres brocolis, choux-fleurs, choux kale, choux pommés, choux-raves et choux de Bruxelles. Une distance minimale d'environ 250 m entre variétés est recommandée par Seed Savers Exchange (2017). Cependant, pour assurer une pureté variétale plus importante et réduire les risques d'hybridation, cette distance peut être augmentée à 1000 m (Collin et Brun, 2005).

Une espèce proche des *Brassica oleracea* est le colza, *Brassica napus*, couramment cultivé en Belgique. Le croisement de ces deux espèces est naturellement difficile. Ce croisement est possible grâce à la culture d'embryon (Quazi 1988).

7.2.3 Dépression de consanguinité

Dans le cas des brassicacées, il faudra éviter la dépression de consanguinité et donc garder un nombre minimal de plants lors du processus de sélection, environ 50 par génération de sélection massale (Myers et al. 2012). Le maintien d'une variété peut être effectué en gardant les semences de 20-50 individus. En maintenir plus de 80 permettra la préservation de la diversité et évitera la dérive génétique (Seed Savers Exchange 2017).

7.2.4 Hivernage

Étant bisannuel, le brocoli doit hiverner¹⁴ et vernaliser pour produire des semences à la saison suivante. Plusieurs méthodes sont possibles, l'hivernage *in situ* et *ex situ*. Dans le premier cas, les porte-graines sont conservés en champ. Il peut être nécessaire d'apporter un couvert ou un abri si les températures diminuent sous 0°C. Certaines variétés sont très rustiques et supportent des températures d'environ -10°C, c'est notamment le cas de variétés de brocoli à jets. La méthode *ex situ* implique de déterrer les porte-graines et de les conserver en pot et en chambre froide pendant au moins 8 semaines pour induire la floraison. Ces porte-graines sont alors replantés sous abris à la saison suivante (Organic Seed Alliance 2018). Cette dernière méthode présente l'avantage de libérer de la superficie agricole et de concentrer la production semencière sur un espace plus réduit, mais cela requiert une infrastructure pour hiverner les porte-graines. Certaines variétés de printemps peuvent former leur tête et fleurir la même année.

7.2.5 Temps de sélection

Le brocoli est une espèce bisannuelle : deux années sont nécessaires entre le semis et la récolte de semences. Ceci a un impact sur le temps nécessaire et donc les ressources pour obtenir une variété stable. Dans le cadre de programmes de sélection à échelle globale, ce qui n'est pas le cas lorsque l'on cherche l'adaptabilité locale, cette contrainte peut être contournée en produisant les semences dans un autre environnement (par exemple en conditions intérieures contrôlées, dans des pays de l'hémisphère sud ou autre).

¹⁴ Passer l'hiver

7.3 Plan de sélection

Deux méthodes de sélection sont présentées dans cette section, la sélection massale et la sélection familiale demi-frère (*half-sib*). Quelle que soit la méthode retenue, les premières années du programme de sélection sont identiques. Les stratégies de sélection ne divergent qu'à partir de la récolte des semences du deuxième cycle de reproduction, correspondant à la quatrième saison de culture.

7.3.1 Premières années, croisement et population de base

La première étape est la définition des objectifs du programme et des caractères à observer. Ensuite, vient l'évaluation et la comparaison variétale en vue de déterminer les parents initiaux du futur cultivar.

ANNÉE 1 : DÉFINITION DES OBJECTIFS, ÉVALUATION, PRODUCTION DES PLANTS ET IDENTIFICATION DES PARENTS

La première étape est la définition des objectifs du programme et des caractères à observer. Ensuite, vient l'évaluation et la comparaison variétale en vue de déterminer les parents initiaux du futur cultivar.

Le brocoli étant bisannuel, l'évaluation variétale en vue de déterminer les variétés parentales peut servir également d'année de production des porte-graines. Si les parents sont choisis lors de cette évaluation variétale, alors les meilleurs individus des lignées parentales peuvent être conservés et utilisés dans les croisements de l'année suivante. Plus les parents sont distincts, plus la différence avec la génération suivante sera observable, ceci facilitera la distinction des semences issues de croisement et issues d'autopollinisation. Si la comparaison variétale ne présente pas de variétés susceptibles d'être une bonne lignée parentale, il peut être préférable de recommencer l'évaluation variétale. Le choix des parents est déterminant pour la qualité potentielle du programme de sélection.

Une fois les variétés parentales identifiées, elles sont conservées soit *in situ* soit *ex situ* afin de les hiverner. Une dizaine de porte-graines de chaque variété peuvent être conservées afin de limiter les risques de pertes et d'augmenter la probabilité de croisement favorable (Bassett 1986).

ANNÉE 2 : CROISEMENT ET PRODUCTION DE SEMENCES F1

Lorsque les porte-graines sont ressortis de chambre froide ou que l'hiver soit passé, ceux-ci entrent en floraison. Les croisements entre variétés peuvent être effectués tels que décrits au point « 6.1. Croisement initial ». Les semences peuvent être récoltées et mises en commun par variété parentale, A ou B par exemple, ou être toutes mises en commun.

ANNÉE 3-4 : PRODUCTION DE PORTE-GRAINES ET SEMENCES F2

Les semences obtenues des croisements précédents représentent la génération hybride F1. À ce stade (F1), la sélection d'individus n'est pas appliquée car leurs caractères ne sont pas stables. Le but de ce cycle est d'identifier les hybrides, d'augmenter le volume de semences et de permettre les recombinaisons génétiques (d'obtenir la F2).

Dans le cas de croisements non manuels, où le contrôle de la pollinisation est limité, il est recommandé d'identifier les individus effectivement issus de croisement. Les hybrides présentent des caractéristiques intermédiaires émanant de deux parents, alors que les individus issus d'une autopollinisation ressemblent fort à leurs parents. La distinction est d'autant plus facile que les phénotypes parentaux sont éloignés.

L'objectif est de cultiver 20-30 porte-graines en vue d'en conserver au moins 10 après la saison de culture et l'hivernage. Ces 10 porte-graines se pollinisent de manière non contrôlée en vue de produire les semences de la génération suivante. Les semences sont récoltées ensemble et sont mises en commun. C'est la population de base.

C'est à la génération suivante que la méthode de sélection massale ou la méthode de sélection familiale (*half-sib*) divergent.

7.3.2 Sélection massale

La sélection massale est « la sélection des meilleurs individus parmi une population basée sur leurs caractères et performance individuelle ».

La sélection commence à partir d'une population diversifiée telle que créée ci-dessus. Elle peut également débiter d'une variété population contenant une diversité phénotypique. Elle est illustrée par la figure 6.

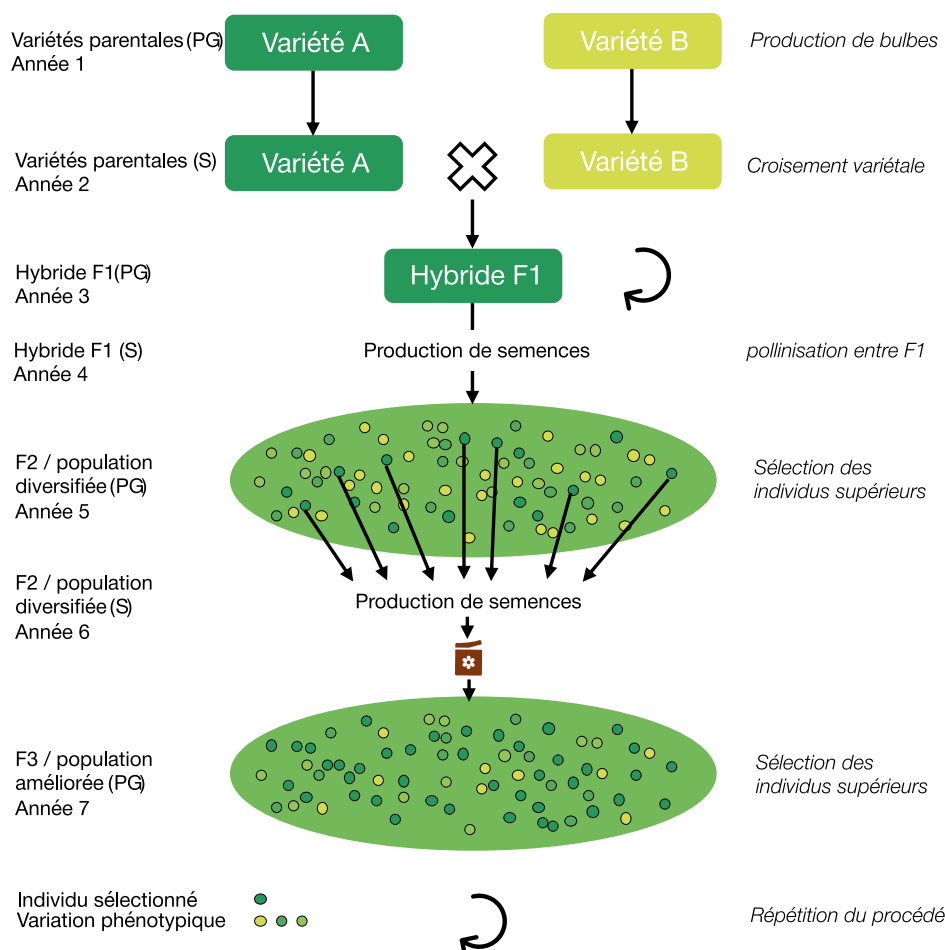


Figure 6. Sélection massale. PG: porte graine, S: semence

ANNÉE 5-6 : PREMIER CYCLE DE SÉLECTION ET PRODUCTION DE SEMENCE F3

La génération constituant la F2 (2^e génération après le croisement), présente une diversité phénotypique due aux phénomènes de recombinaisons génétiques et de ségrégation de caractères. Il est recommandé de planter un maximum de plants, en fonction des moyens disponibles, pour observer la plus grande diversité et pour choisir les individus intéressants¹⁵. Il est également recommandé de conserver une partie des semences en cas d'échec de culture.

Le nombre d'individus sélectionnés varie selon le nombre d'individus initiaux. Il est important de conserver un minimum d'individus afin de maintenir la diversité génétique de la nouvelle population sélectionnée. Ce nombre minimum évite ou atténue la dépression de consanguinité. Dans le cas des brassicacées, dont fait partie le brocoli, 50 individus permettent le maintien de la variété (Myers et al. 2012; Seed Savers Exchange 2017). Un plus grand nombre permet un meilleur maintien de la diversité. Il est également possible d'en sélectionner moins (10-15), cependant cette procédure ne devrait pas être récurrente.

¹⁵ Un brassage génétique, où les individus peuvent se croiser aléatoirement pendant une ou plusieurs générations afin d'augmenter les combinaisons génétiques.

À chaque génération, la sélection massale pour l'amélioration de la variété conserve une fraction minoritaire, autour de 10 à 30%, de la population initiale, de minimum 150-500 individus. Si les ressources le permettent, un plus grand nombre peut être préférable, cela permet une marge de sécurité et une sélection plus intense. Une sélection plus intense permettra de potentiels gains plus importants par génération, une sélection moins intense gardera une plus grande diversité génétique.

Lors du choix des individus parmi la population, il est important de considérer les variations de l'environnement. Certains individus auront peut-être des conditions de sol optimales et seront donc plus performants. La sélection quadrillée est une méthode pour éviter ce biais. Il s'agit de diviser la parcelle en morceaux et de sélectionner un nombre égal d'individus parmi chaque morceau.

Lors de la récolte des semences, le lot est récolté en « vrac équilibré », c'est-à-dire que la quantité de semences récoltée par porte-graines est plus ou moins égale. Ensuite les semences sont mises en commun et traitées ensemble. Cela évite qu'un individu contribue de manière disproportionnée à la génération suivante par rapport aux autres.

ANNÉES SUIVANTES : MAINTIEN VARIÉTAL ET SÉLECTION NÉGATIVE

Une fois que les caractères d'intérêt sont améliorés, la variété peut être maintenue par la sélection négative. En termes de choix des individus, ceci est l'inverse des générations précédentes. Il faut retirer les individus « hors-types », en général les 10-30% moins performants.

7.3.3 Sélection familiale demi-frère (*half-sib*)

La sélection familiale repose sur le suivi de la descendance des parents initiaux. Dans le cas suivant, il s'agit de demi-familles (nommées "famille" dans la suite) car seule la plante mère sera connue. Le pollen proviendra d'un individu « aléatoire » parmi les individus présélectionnés.

Cette méthode a l'avantage d'être plus rapide et précise sur les caractères sélectionnés et permet d'évaluer la « valeur génétique » des parents. Cependant elle est plus complexe et laborieuse que la sélection massale. La méthode est illustrée à la figure 7.

ANNÉE 5-6 : SÉLECTION DES FAMILLES ET PRODUCTION DE SEMENCE F3.

Les semences de population de base, la F2 (2^e génération) ou une population diversifiée, sont mises en culture. Il est recommandé de planter un maximum de plants, en fonction des moyens disponibles, pour observer la plus grande diversité et pour sélectionner les individus intéressants. (au moins 150-500 individus). Il est également recommandé de conserver une partie des semences en cas d'échec de culture.

Les futures familles sont sélectionnées à partir de cette population présentant une diversité phénotypique due aux phénomènes de recombinaisons génétiques et de ségrégation de caractères. Une cinquantaine d'individus sont sélectionnés et constitueront les familles à la génération suivante. Ces plants sont hivernés et leurs semences sont récoltées et traitées individuellement.

ANNÉE 7-8 : SÉLECTION DES FAMILLES ET PRODUCTION DE SEMENCE F4.

Chaque famille est plantée en ligne ou en bloc de 20-30 individus. L'évaluation des familles a lieu lors de la saison de croissance et jusqu'à la période de récolte. Les familles les plus performantes sont conservées. Les familles performantes sont celles dont au moins 60-80 % des plantes de la famille présentent les caractéristiques désirées. Ensuite, dans chaque famille conservée, environ 30 % des individus moins performants peuvent être éliminés. 20 à 30 familles sont conservées.

Dans le cas d'hivernage *ex situ*, chaque famille est replantée ensemble. Elles se pollinisent aléatoirement et les semences sont récoltées par famille pour le cycle suivant.

ANNÉE 9-10 : SÉLECTION DES FAMILLES ET PRODUCTION DE SEMENCE F5.

Les 20 à 30 familles retenues sont replantées. Le nombre d'individus par famille peut augmenter ou une répétition peut être mise en place permettant une meilleure évaluation des critères quantitatifs.

La même procédure de sélection familiale qu'à la génération précédente est effectuée. Le nombre de familles peut diminuer à 10 ou 15 tout en gardant au minimum 50 individus pour la reproduction.

ANNÉE SUIVANTE : SÉLECTION MASSALE ET MAINTIEN

Le cycle de sélection peut être répété jusqu'à obtenir le degré d'uniformité désiré pour les caractéristiques d'intérêt. Les différentes familles peuvent évoluer de manière individuelle ou être recombinaées en une population améliorée. Ensuite, la variété peut être inscrite en tant que MHB (matériel hétérogène biologique). L'inscription au catalogue officiel européen est possible, cependant la nouvelle variété doit respecter les critères DHS qui sont contraignants pour les variétés contenant beaucoup de diversité.

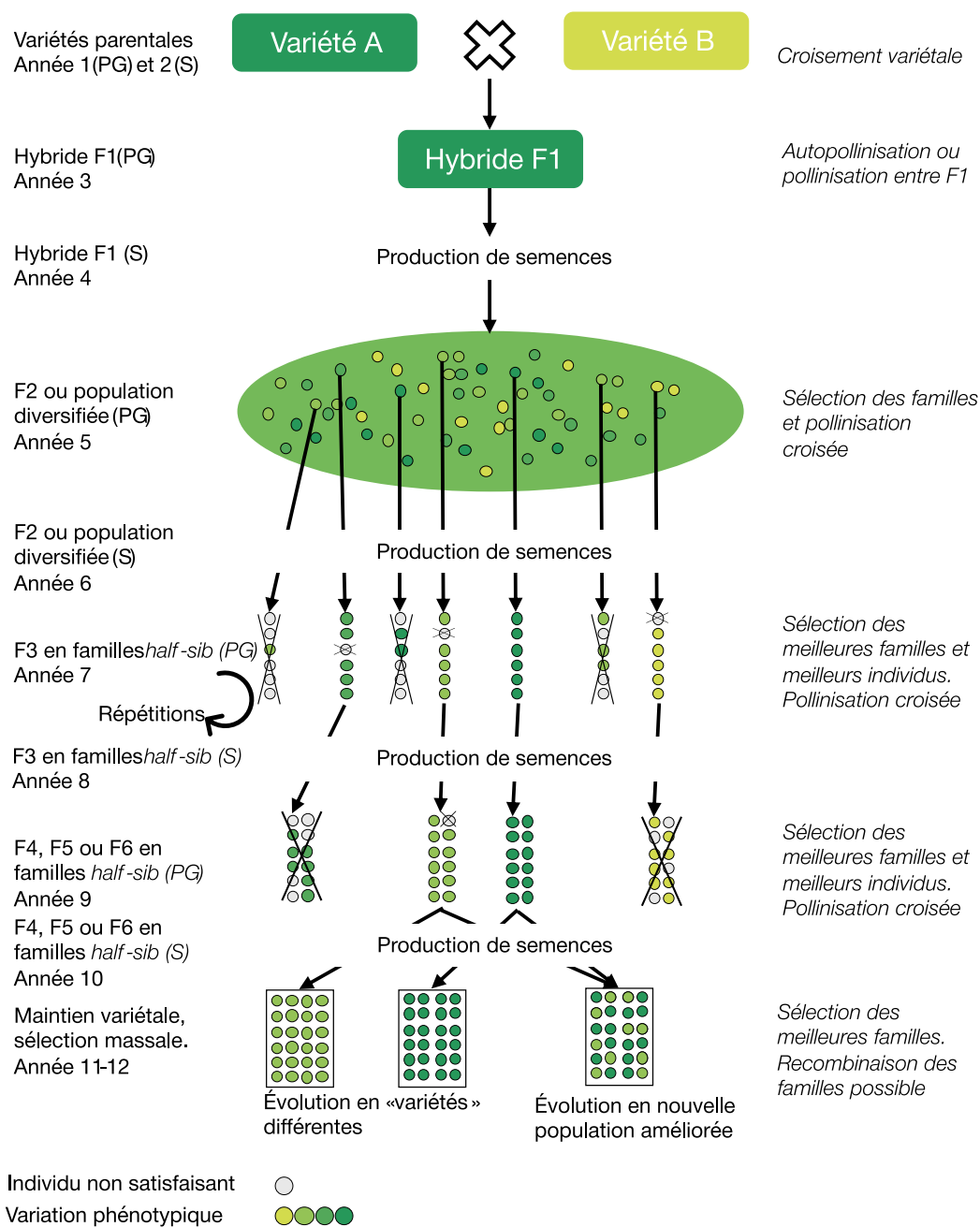


Figure 7. Sélection familiale «half-sib». PG: porte graine, S: semence

8. Conclusion

Le brocoli, *Brassica oleracea* var. *italica*, est une espèce bisannuelle, allogame, entomophile à fleurs hermaphrodites et qui présente une diversité phénotypique et phénologique. Cette espèce est couramment cultivée en Wallonie.

Les variétés de brocolis inscrites au Catalogue Européen sont principalement des variétés hybrides F1. Il existe de moins en moins de variétés populations performantes disponibles. La sélection variétale du brocoli et des brassicacées en agriculture biologique représente un levier pour renforcer la souveraineté semencière, la résilience des systèmes maraîchers et la valorisation de la biodiversité cultivée.

Ce dossier trace les bases nécessaires pour la mise en place d'un programme de sélection, qu'il soit conduit en ferme de manière individuelle ou participative. Le programme de sélection requiert une planification rigoureuse : définition claire des objectifs, choix des caractères mesurables, évaluations variétales, intégration de diversité génétique et choix de méthodes de sélection à suivre.

Deux méthodes principales de sélection et d'amélioration variétale adaptées aux brocolis sont présentées de façon précise. Il s'agit de la méthode de sélection massale et de la méthode de sélection familiale, qui sont décrites en détail à travers une ligne du temps. Ces deux méthodes offrent un cadre adapté aux espèces allogames comme le brocoli. Elles sont aussi adaptées à la sélection en ferme ou station de recherche appliquée. Elles permettent à la fois de maintenir une variabilité intra-variétale et de favoriser une adaptation progressive aux conditions locales. Les contraintes principales demeurent le contrôle de la pollinisation, la gestion de l'espace d'isolement et le nombre d'individus nécessaires à la sélection.

La sélection variétale du brocoli et des brassicacées, combinée au cadre du MHB, ouvre la voie à des systèmes semenciers plus décentralisés, résilients et cohérents avec les fondements de l'agriculture biologique. Elle renforce l'autonomie des producteurs, valorise les savoir-faire locaux et contribue à la construction de filières semencières robustes et territorialisées, répondant durablement aux défis agricoles et alimentaires. Une filière qui mérite vraiment d'être développée en Wallonie.

9. Bibliographie

Bassett, Mark J., éd. 1986. *Breeding vegetable crops*. AVI.

CIM. 2025. *Le brocoli*. Les fiches techniques du CIM. Centre Interprofessionnel Maraîcher.

Collin, François, et Laura Brun. 2005. *Produire des semences de Chou dans un itinéraire Agrobiologique*. FNAMS. <https://orgprints.org/id/eprint/38102/1/38102%20fichechou.pdf>

Deppe, Carol. 2000. *Breed Your Own Vegetable Varieties: The Gardener's and Farmer's Guide to Plant Breeding and Seed Saving*, 2nd Edition. Rizzoli.

Deppe, Carol. 2021. *Freelance Plant Breeding*. <https://doi.org/10.1002/9781119717003.ch5>

FiBL, Research Institute of Organic Agriculture. 2024. « Updated List of Cell Fusion-Free Vegetable Varieties ». décembre 19. <https://www.fibl.org/en/info-centre/news/updated-list-of-cell-fusion-free-vegetable-varieties>

McKenzie, Laurie, et Micaela Colley. 2021. « Purple Sprouting Broccoli Guide for PNW Growers ». *Organic Seed Alliance*. <https://seedalliance.org/publications/psb-guide/>

Myers, James R., Laurie McKenzie, et Roeland E. Voorrips. 2012. « Brassicas: Breeding Cole Crops for Organic Agriculture ». In *Organic Crop Breeding*, 1^{re} éd., édité par Edith T. Lammerts Van Bueren et James R. Myers. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119945932.ch16>

Navazio, J., et J. Zystro. 2014. « Introduction to on-farm organic plant breeding ». *Port Townsend (US): Organic Seed Alliance*.

Organic Seed Alliance. 2018. « Broccoli Seed Production: Quick Reference ». *Organic Seed Alliance*. <https://seedalliance.org/publications/broccoli-seed-production-quick-reference/>.

Quazi, M. H. 1988. « Interspecific Hybrids between Brassica Napus L. and B. Oleracea L. Developed by Embryo Culture ». *Theoretical and Applied Genetics* 75 (2): 309-18. <https://doi.org/10.1007/BF00303970>

Sallets, Prisca, Nicolas Flament, Alain Delvigne, et Laurent Jamar. 2020. *GUIDE VARIÉTAL ADAPTÉ AU MARAÎCHAGE BIOLOGIQUE*.

Schnable, Patrick S., et Roger P. Wise. 1998. « The molecular basis of cytoplasmic male sterility and fertility restoration ». *Trends in Plant Science* 3 (5): 175-80. [https://doi.org/10.1016/S1360-1385\(98\)01235-7](https://doi.org/10.1016/S1360-1385(98)01235-7)

Seed Savers Exchange. 2017. « Seed Saving Guide ». SeedSavers. <https://seedsavers.org/learn/seed-saving/>

Singh, B., et B. Singh. 2016. *Development of hybrids and hybrid seed production of cole crops (Brassica oleracea L.)*. https://www.researchgate.net/profile/B-Singh-5/publication/311594050_Development_of_hybrids_and_hybrid_seed_production_of_cole_crops_Brassica_oleracea_L/links/5850104708aeb989252e9762/Development-of-hybrids-and-hybrid-seed-production-of-cole-crops-Brassica-oleracea-L.pdf

Swegarden, Hannah. 2021. « Guides de pollinisation d'espèces maraîchères ». https://wikimaraicher.ca/wiki/Guide_pollinisation-Accueil

UPOV. 1991. « Convention internationale pour la protection des obtentions végétales ».

White, Rowen, et Bryan Connolly. 2011. *Breeding Organic Vegetables: A Step-by-Step Guide for Growers*. Édité par Elizabeth Dyck. NOFA-NY, Northeast Organic Farming Association of New York.

Wyss, Eric, Edith Lammerts Van Bueren, Marjolein Hulsher, et Michel Haring. 2001. « Techniques de sélection végétale: Evaluation pour l'agriculture biologique ». FiBL.

Yamagishi, Hiroshi, et Shripad R. Bhat. 2014. « Cytoplasmic male sterility in Brassicaceae crops ». *Breeding Science* 64 (1): 38-47. <https://doi.org/10.1270/jsbbs.64.38>



