SÉLECTION DE LA COURGETTE, *CUCURBITA PEPO* EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE

Dossier technique

Semences d'ici

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

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 de la courgette 5
2.3 Les courgettes en Wallonie 6
3 Objectifs de sélection 7
3.1 Objectifs 7
3.2 Caractères sélectionnables 7
3.2.1 Gènes et héritabilité 9
3.3 Exemple d'objectif d'amélioration de la courgette 9
4 Sources de diversité génétique 10
4.1 Banques de gènes 11
5 Evaluation variétale 12
6 Techniques de pollinisation et d'introduction de diversité 13
6.1 Le croisement initial 13
6.1.1 Croisement manuel 13
6.1.2 Croisement par castration manuelle 13
6.1.3 Production de semences hybrides F1 13
6.1.4 Augmenter la diversité génétique 13
7 Programme de sélection 15
7.1 Méthodes de sélection 15
7.2 Contraintes à considérer pour la sélection de *Cucurbita pepo* 15
7.3 Plan de sélection 17
7.3.1 Croisement et population de base (Année 1 et 2) 17
7.4 Sélection massale 17
7.5 Sélection familiale (half-sib) 19
7.5.1 Année 3 : conduite de la F2 et constitution des familles 20
7.5.2 Année 4 : évaluation des familles *half-sib* 20
7.5.3 Année 5 : suite de la sélection familiale 20
7.5.4 Année 6 : affinage et mise en commun 21
7.5.5 Année 7 : Essais, sélection massale, et multiplication 21
7.5.6 Année 8 et suite 21
7.6 Sélection généalogique (Pedigree) 21
7.7 Rétrocroisement 21
7.8 Stabilisation d'un hybride 22
7.9 Création de grex 22
8 Conclusion 23
9 Bibliographie 24
10 Annexe A : Caractères sélectionnables 25

1. Introduction

Ce dossier a pour objectif de fournir une synthèse technique et opérationnelle des principes de sélection variétale de la courgette 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 population, 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.

La méthode de production de semences de courgette n'est pas présentée dans ce guide focalisé sur la sélection. Le guide de production de semences est disponible sur le site de BioWallonie[1].

Les sections suivantes présentent pour l'espèce Cucurbita pepo en Wallonie :

- quelques 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 création de diversité,
- un programme temporel de la sélection,

les contraintes et avantages liés à l'espèce dans un programme de sélection.
Les méthodes présentées sont aussi applicables pour les espèces *Cucurbita maxima* et *Cucurbita moschata*.

[1] **https://www.biowallonie.com/accompagnement/production/semences-et-plants-bio/semences-dici/#itk-production-de-semences**

2. Espèce et variétés

2.1 Qualité des semences

La courgette est une espèce annuelle, allogame, entomophile, monoïque stricte et dont les graines sont contenues dans le fruit (« graines protégées humides »).

L'espèce *Cucurbita pepo* contient une grande diversité phénotypique et d'usage. Elle contient les variétés de type courgettes cylindriques, par exemple la variété « Black Beauty », mais aussi des courges de type « Jack O'Lantern » et « Sweet Dumpling » (Figure 1) . Ces trois exemples illustrent une part de la diversité de l'espèce en termes d'usage, maturité, taille, goût, couleur, structure du plant, …

Figure 1. Cucurbita pepo, diversité variétale. De gauche à droite, courgette cylindrique, courge « jack O'lantern », courge « sweet dumpling ». Source : domaine public

Une diversité au sein de ces types de Cucurbita pepo existe également. Dans le cas de la courgette cylindrique, il existe des vertes, jaunes, allongées, côtelées, etc (Figure 2). Et ceci n'est que lié au fruit et n'est pas exhaustif.

Figure 2. Diversité au sein des courgettes « cylindriques ». Source : domaine public.

L'organe d'intérêt comestible est le fruit, généralement récolté immature avant la formation de graine et l'épaississement de la peau (dans certains cas la lignification). Le légume est alors encore tendre. Il peut également être récolté plus mature, le goût peut alors être plus prononcé et la couleur de la chair plus intense. Cependant la peau sera plus épaisse et les graines seront formées ou en cours de formation, ce qui peut impliquer une différence d'usage.

2.2 Exigences culturales de la courgette

En Wallonie, la courgette se cultive généralement de la mi-mai jusqu'à la fin de l'été, en plein air ou sous abri, ce qui permet d'allonger la saison de production. Sensible au froid, la plante préfère les sols réchauffés, profonds, drainants et riches en matière organique. La mise en place en extérieur s'effectue après la date des dernières gelées.

Les besoins en eau sont importants, particulièrement lors de la floraison et de la formation des fruits. L'irrigation goutte à goutte est recommandée afin de limiter les risques de maladies et de brûlures foliaires. La courgette est une culture exigeante. Il est conseillé d'apporter 15-20 t/ha de compost ou de fumier décomposé un à deux mois avant la plantation.

Une rotation culturale d'au moins quatre ans entre les cucurbitacées est conseillée. Des rotations plus longues permettent de réduire davantage la pression des maladies. En cas de symptômes de fusariose ou de verticilliose, une rotation d'une durée minimale de dix ans est préconisée.

Enfin, une bonne pollinisation par les abeilles et les bourdons est indispensable à la formation des fruits.

2.3 Les courgettes en Wallonie

La courgette (*Cucurbita pepo*) est une espèce couramment cultivée par les maraîchers et maraîchères wallons cultivant sur petites ou grandes surfaces (Dumont 2017). Elle est également consommée par la population wallonne. En 2021, la demande est estimée à 5535 T/an (bio et conventionnelle) et le taux d'auto-approvisionnement est estimé à 4%[2] (Amrom et al. 2022).

En agriculture biologique, les variétés de courgettes conseillées pour la Wallonie en 2020 sont, selon Biowallonie :

- Kopana F1, Canella F1, Partenon F1, Keesha F1, Dunja F1, Serafina, Tosca F1 NT, Mirza F1 NT, Yellowfin F1, Satelite F1 (Sallets et al. 2020).

Ces variétés sont plus ou moins adaptées aux cultures sous abris ou en plein air, au printemps ou automne et certaines contiennent des résistances à l'oïdium.
De nombreuses autres variétés sont également cultivées par des maraîchers et maraîchères en région wallonne, telles que la Ronde de Nice, Jaune sélection Sativa, Black Beauty, Zelia F1, Mutabile/Zuboda, Parador F1, Verte longue d'Italie, Amalthée, Costates Romanesco, Tempra F1, Cassiopée F 1 (non exhaustif).

En 2025, 74% des variétés de *Cucurbita pepo* enregistrées dans le Catalogue officiel européen des variétés sont des hybrides F1(975/1323). Étant donné qu'elles sont inscrites, cela implique qu'elles ont été soumises aux tests DHS (Distinction, Homogénéité et Stabilité). Ces critères nécessaires sont un frein à l'inscription et ainsi la commercialisation de cultivars présentant une plus grande diversité génétique. Il existe plus de variétés que celles qui sont inscrites dans le Catalogue, celles-ci peuvent être des landraces (variétés paysannes) non inscrites, des accessions dans des banques de gènes. Une possibilité est l'inscription en tant que Matériel Hétérogène Biologique (MHB)[3].

[2] Ce taux est une estimation, les ratios de distribution entre transformé et frais n'étant pas connus pour ce légume, les résultats renseignés dans le Tableau 2 de la publication sont basés sur une moyenne des dix principaux légumes.

[3] **https://www.artemisia-lawyers.com/fran%C3%A7ais/publications-et-interventions/le-mat%C3%A9riel-h%C3%A9t%C3%A9rog%C3%A8ne-biologique/**

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 critères maximum.

3.1 Objectifs

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

Le cas idéal est d'obtenir des cultivars dont les plantes sont :

- adaptées aux conditions pédoclimatiques spécifiques d'une ferme ou d'un territoire (région),
- frugales dans leurs besoins hydriques et nutritifs,
- résistantes à toutes les 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 (une diversité génétique intra-variétale).

Et dont le produit commercialisable (fruit, feuille, racine, tige, fleur) est :

- d'apparence désirable (couleur, forme, taille, texture, …),
- de capacité de conservation en champ et post récolte (résistance aux maladies et aux chocs),
- de goûts et de saveurs exceptionnelles,
- d'utilisation spécifique ou générale dans la transformation des aliments liés aux habitudes socio-culturels d'un territoire/région/communauté,
- d'excellente qualité nutritionnelle.

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.

Une liste de caractères classés par catégories : agronomique (lié à la croissance et au développement), tolérances aux stress abiotiques et biotiques (liées aux résistances et tolérances aux maladies), productivité, qualité du fruit (l'apparence, la qualité organoleptique, « récoltabilité » et conservation) et transformation (qualité organoleptique et nutritive) est présentée en annexe A. Celle-ci contient une description, une manière d'évaluer, une classification du caractère (quantitatif/qualitatif), une mesure de l'héritabilité (quand elle est disponible). Le tableau 1 présente une liste réduite des caractères d'intérêt pour la sélection.

Tableau 1. Caractères d'intérêt pour la sélection variétale de la courgette (*Cucurbita pepo*).

Catégorie de caractères	Caractères
Agronomique (croissance, développement)	
Semence	Température de germination
	Vigueur initiale
Plant et feuillage	Vigueur maximale
	Structure du plant
	Développement de la canopée
Racine	NUE (*Nutrient Use Efficiency*)
	WUE (*Water Use Efficiency*)
Production	Précocité de la production
	Durée de la production
	Productivité/rendement
	Parthénocarpie
	Période de floraison de fleurs mâles et femelles
Tolérances aux stress abiotiques et biotiques	
Plant et fruit	Résistance/tolérance à l'oïdium
	Tolérance à la sécheresse et chaleur
	Tolérance aux ravageurs
Qualité du fruit	
Taille et forme du fruit	Motif (striure, uni, tacheté)
	Largeur minimale et maximale
	Longueur minimale maximale
	Forme du fruit
Couleur de l'épiderme	Couleur du fruit
« Récoltabilité » du fruit	Longueur et flexibilité du pédoncule
	Présence/absence de trichomes sur les pétioles
Qualité Organoleptique	Goût, BRIX
Qualité Nutritionnelle	Matière sèche, concentration de composés (vitamines, polyphénol, caroténoïdes, …)
Conservation	Conservation post-récolte
	Résistance aux coups
	Résistance aux blessures de froid
Transformation	Influence sur le profil nutritionnel et organoleptique

3.2.1 Gènes et héritabilité

Une liste de gènes liés aux caractères a été compilée par Paris et Padley (2014). Cette liste présente des gènes identifiés pour *Cucurbita pepo, moschata* et *maxima.* Elle est utile lors d'un programme de sélection pour savoir si, par exemple, un allèle est dominant ou récessif. Ceci permet de juger l'utilité de la poursuite de la sélection pour l'un de ces caractères et ainsi un gain de temps.

Il est également possible de déterminer la nature d'un caractère monogénique (dominant, récessif) en observant la fréquence du caractère de la génération F2 (suivant la F1). Ceci fait référence aux tests de descendance[4], soit par autopollinisation ou par un test cross (croisement avec une variété dont le génotype pour ce caractère est connu).

L'héritabilité au sens étroit de certains caractères a été estimée par Hernandez et al. (2023) en analysant les génotypes et données phénotypiques disponibles dans la banque de gènes de l'USDA. Les accessions analysées proviennent de nombreuses régions du monde et seuls les traits avec plus de 100 données phénotypiques ont été conservés. Une liste de caractères considérables dans un programme de sélection est présentée en Annexe A .

3.3 Exemple d'objectif d'amélioration de la courgette

Certains producteur.rice.s mettent en avant le besoin d'améliorer la productivité des variétés de courgettes jaunes. Ces variétés présentent également une susceptibilité plus importante aux blessures de froid (*chilling injury)* qui provoquent des piqûres et brunissement. Les variétés à fruits jaunes contiennent l'allèle dominant B (*bicolor*) et sont plus sensibles que les variétés vertes, contenant l'allèle récessif b. Rodov et al. (2020) montrent que cette susceptibilité peut être allégée par le gène D (*dark stem)* qui intensifie la couleur de la tige et du fruit à maturité.

Un programme de sélection pourrait avoir comme objectif d'obtenir une variété de courgette jaune à productivité améliorée, contenant l'allèle D (dark stem) pour une meilleure conservation, présentant une tolérance à l'oïdium (*Erysiphe cichoracearum et Sphaerotheca fuliginea)* et possédant de très bonnes qualités organoleptiques. Les caractères, méthodes et moment d'évaluation sont présentés dans le tableau 2, ci-dessous.

Tableau 2. Caractères à améliorer, méthode et moment d'évaluation

Caractère	Méthode d'évaluation	Moment d'évaluation
Couleur jaune	Observation visuelle de la couleur des fruits	À la récolte
Présence de l'allèle D (Dark stem)	Observation de la couleur foncée ou non de la tige 4-6 semaines après germination. Observation de la couleur jaune doré des fruits 10-15 jours après l'anthèse (sur le plant).	Pendant la croissance et la récolte
Conservation postrécolte	Evaluation sensorielle des dégâts (visuel, touché), comptage et/ou attribution de score de 1-5	Post récolte, pendant le stockage.
Tolérance à l'oïdium	Attributions de scores pour la couverture foliaire par *Erysiphe cichoracearum* et *Sphaerotheca fuliginea* et observation de la capacité à maintenir la production malgré les symptômes	Périodiquement pendant la saison avec attention accrue en fin de saison
Productivité	Pesée cumulée des fruits par plantes (kg/plante) et/ou comptage de nombre de fruits/plants/semaine	Toute la saison de production
Sucrosité (BRIX)	Mesure au réfractomètre de la teneur en sucres solubles	À la récolte
Qualité organoleptique	Evaluation du goût, saveur, amertume, texture, sucrosité par un panel de dégustation et système de score ou classement.	À la récolte

[4] Décrit dans le dossier « Méthodes de sélection et d'amélioration variétale en ferme biologique »

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 précisés dans la Convention internationale pour la protection des obtentions végétales (UPOV 1991)[5].

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 PINTO[6].

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.

[5] **https://www.upov.int/edocs/pubdocs/en/upov_pub_221.pdf**

[6] **https://euroseeds.eu/pinto-patent-information-and-transparency-on-line/pinto-database**

4.1 Banques de gènes

Le portail Genesys-PGR[7] 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 Network[8] (GRIN), European Cooperative Programme for Plant Genetic Resources[9] (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 »[10], « Rete Semi Rurali »[11], ProSpecieRara[12] et l'Arche Noah[13] ou le « Seed Savers Exchange » aux États-Unis[14] souvent utilisé dans les programmes de sélection variétale participative (Deppe 2021).

Concernant l'espèce *Cucurbita pepo*, elle englobe différents types variétaux. La base de données Genesys-PGR contient 6651 accessions de cette espèce, dont 24% correspondent aux types « courgette ».

[7] **https://www.genesys-pgr.org/**

[8] **https://www.grin-global.org/**

[9] **https://www.ecpgr.org/**

[10] **https://liberatediversity.org/**

[11] **https://rsr.bio/banca-dati/**

[12] **https://www.prospecierara.ch/fr**

[13] **https://www.arche-noah.at/**

[14] **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 »[15].

[15] **https://www.biowallonie.com/accompagnement/production/semences-et-plants-bio/semences-dici/#itk-production-de-semences**

6. Techniques de pollinisation et d'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 il est alors nécessaire d'introduire de la diversité. Ceci peut être fait par un croisement de deux variétés ou populations différentes.

Dans le cas des cucurbitacées, la pollinisation manuelle est aisée. Les espèces de cette famille sont monoïques strictes, un plant porte les fleurs mâles et femelles de manière séparée. Le stigmate devient réceptif lors de l'éclosion de la fleur femelle, la déhiscence des étamines a également lieu lors de l'éclosion de la fleur mâle.

6.1.1 Croisement manuel

En conditions normales, ce sont les insectes (abeilles et bourdons) qui pollinisent les fleurs lorsqu'elles s'ouvrent en début de journée. Dans le cas d'un croisement contrôlé il est donc nécessaire d'empêcher cette pollinisation entomophile. Pour ce faire, il faut repérer à la veille du croisement, les fleurs qui s'ouvriront le lendemain. Celles-ci commenceront à se colorer et à s'ouvrir légèrement. Une fois les fleurs femelles et mâles identifiées, elles sont fermées à l'aide de papier collant ou de pinces, en veillant à ne pas endommager les bourgeons floraux. Le lendemain matin, la fleur mâle est cueillie et les pétales sont retirés pour faciliter l'application. Ensuite la fleur femelle est ouverte et les étamines sont mises en contact avec le stigmate, la pollinisation a lieu. La fleur est alors refermée. Il faudra veiller à ce que les insectes n'ont pas « contaminé » la pollinisation (par exemple des trous dans les feuilles). Finalement, il faut bien marquer la fleur croisée pour la suite de la sélection.

6.1.2 Croisement par castration manuelle

D'autres méthodes sont possibles, cependant le croisement sera moins contrôlé, uniquement la plante mère sera connue avec certitude. Dans ce cas, deux variétés sont cultivées côte à côte. Si l'on castre manuellement tous les individus de la variété « mère », le pollen devra venir des fleurs mâles de la variété avoisinante. Ici le pollen pourrait provenir de plusieurs fleurs mâles différentes.

6.1.3 Production de semences hybrides F1

Cette méthode est une technique laborieuse pour la production d'hybride F1. Dans l'industrie semencière, il est plus courant d'utiliser des régulateurs de croissance tels que l'éthéphon qui empêche la formation de fleurs mâles (John Navazio 2012). Il existe également un gène récessif de stérilité mâle (ms2) utile pour la production de semences hybrides F1 industrielles (Meru et al. 2023). Cette absence ou stérilité des fleurs mâles permet un contrôle élevé de la pollinisation et ainsi la production de semences hybrides F1.

6.1.4 Augmenter la diversité génétique

Après le croisement vient la première génération, la F1, que l'on cultive sans sélectionner. Cette génération sera uniforme. La sélection commence à partir de la génération suivante, la F2, mais il est également possible de laisser la F1 se croiser de nouveau pour augmenter le brassage génétique.

Il est également possible d'introduire plus de diversité génétique en impliquant d'autres parents. Le croisement initial forme un « hybride simple » qui peut également être recroisé avec un autre parent de « lignée pure », c'est alors un hybride à trois voies, soit un autre hybride simple, c'est alors un hybride double. Dans ces deux cas il faudra au moins une génération entre les derniers parents et la population de sélection.

Finalement, la création d'un grex[16] est une méthode de croisement massif où aucun contrôle de la pollinisation n'est appliqué. Cette méthode de création de « landraces modernes » est articulée par Joseph Lofthouse. Elle consiste à cultiver différentes variétés ensemble et à les laisser toutes se polliniser de manière panmictique, où les individus se reproduisent de manière aléatoire. Le croisement initial peut être fait entre 5 et 50 variétés (Lofthouse 2021). La nouvelle population peut être cultivée afin de continuer le brassage génétique. Il en résultera une population très diversifiée à partir de laquelle des individus présentant des caractéristiques d'intérêts peuvent être séparés afin de stabiliser ceux-ci. Cette méthode est utilisée pour sélectionner des variétés dans des environnements très contraignants ou pour créer beaucoup de diversité et adapter la population localement.

[16] Le terme « grex » provient du latin gregis signifiant « troupeau »

7. Programme de sélection

La courgette, C. pepo, se prête bien à de nombreuses méthodes de sélection. De nature allogame, les méthodes associées conviennent. Dans le cas de C. pepo, cette espèce souffre peu de la dépression de consanguinité, ceci permet d'appliquer les méthodes plutôt associées aux espèces autogames (Deppe 2000).

Cette section présente les méthodes de sélection applicables, les principales contraintes à considérer et une ligne du temps d'un 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"[17] ainsi que dans les documents de White et Connolly (2011) et Navazio et Zystro (2014).

Les méthodes de sélection les plus adaptées à l'amélioration variétale de la courgette et d'autres cucurbitacées en ferme sont :

- Les méthodes de sélection massale,
- La sélection de conservation,
- La sélection familiale *half-sib* et l'approche de la « *Organic Seed Alliance* »,
- Le rétrocroisement,
- La création de grex.

Les méthodes suivantes peuvent être appliquées à la courgette et aux cucurbitacées. Cependant, elles tendent vers la production de lignées pures à travers des autopollinisations répétées. La courgette, étant allogame, souffre de la dépression de consanguinité. Toutefois, celle-ci est modérée selon Deppe (2000). Ces méthodes sont :

- La sélection généalogique ou Pedigree,
- La filiation monograine (*Single Seed Descent*),
- La stabilisation d'hybride F1.

La méthode de masse (*bulk method*) n'est pas adaptée aux espèces allogames et volumineuses.

7.2 Contraintes à considérer pour la sélection de *Cucurbita pepo*

Une série de contraintes s'applique à la sélection de la courgette. Celles-ci sont présentées sous les catégories : biologique et génétique ; population, espace et main-d'œuvre ; et temporelle. Dans le tableau 3, sont présentées les contraintes principales par catégories ainsi que la conséquence pratique sur un programme de sélection variétale.

[17] **https://www.biowallonie.com/accompagnement/production/semences-et-plants-bio/semences-dici/**

Tableau 3. Présentation de contraintes de sélection s'appliquant à l'espèce *Cucurbita pepo* et les implications sur un programme de sélection variétale

Catégorie	Contrainte de sélection	Conséquence pratique sur le programme de sélection
Biologique et génétique	Allogamie entomophile (fleurs mâles et femelles séparées, forte activité des pollinisateurs)	Nécessité de contrôler la pollinisation des croisements.
	Allogamie et risque de contamination pollinique d'autres variétés de *C. pepo.*	Mise en place de distances d'isolement importantes (1000 m) entre variétés, de cultures sous abri ou en cage.
	Dépression de consanguinité	Taille minimale de la population de laquelle conserver les semences (25 individus), et éviter les schémas multipliant les autopollinisations. *Dans le cas d'autres espèces allogames, le nombre d'individus à conserver est plus important car elles souffrent plus de la dépression de consanguinité (par exemple 80+ pour les brassicacées ou 200 pour le maïs).*
	Allèles récessifs indésirables difficiles à éliminer (allogamie)	Les allèles récessifs étant "cachés" par la présence de l'allèle dominant dans les cas hétérozygotes, il est difficile de l'éliminer de la population.
	Combinaison de multiples caractères	En augmentant le nombre de caractères à combiner, il est nécessaire d'augmenter la taille de la population pour augmenter la probabilité d'observé le phénotype souhaité.
Population, espace et main d'œuvre	Grand nombre d'individus nécessaire	Besoin conséquent en surface et en main-d'œuvre pour l'implantation, l'entretien, les évaluations et la récolte ; limitation du nombre de populations/variétés/familles évaluables simultanément.
	Taille et architecture de la plante	Les cucurbitacées étant des plantes volumineuses, ceci augmente l'espace nécessaire par rapport à d'autres espèces. Influence le nombre de répétitions possible pour l'évaluation de caractères quantitatifs.
Temporelle	Légume fruit : caractères d'intérêt évaluables après la pollinisation	La qualité du fruit est liée au plant qui le produit et non aux semences qu'il contient. Pour combiner les individus supérieurs, il faut avoir conservé une partie des semences et croiser les individus à la saison suivante. Ceci implique deux saisons pour un cycle d'amélioration

7.3 Plan de sélection

Plusieurs méthodes de sélection et lignes du temps sont présentées dans cette section, notamment la sélection massale et la sélection familiale demi-sœur (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 de la deuxième génération.

7.3.1 Croisement et population de base (année 1 et 2)

ANNÉE 1 : DÉFINITION DES OBJECTIFS, ÉVALUATION, INDENTIFICATION DES VARIÉTÉS PARENTALES.

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 de la future population.

Si les parents sont déterminés, un premier croisement peut être effectué comme décris dans le point 6 : Technique de pollinisation. Si la temporalité des caractéristiques évaluées ne permet pas de croisement pendant l'année de la comparaison variétale, alors les croisements devront avoir lieu la saison suivante. Dans le cas où les variétés de l'évaluation variétale ne présentent pas les caractères d'intérêt, une nouvelle évaluation peut être nécessaire avant d'effectuer les croisements.

Une fois le ou les croisements effectués, les semences sont récoltées et conservées pour l'année suivante.
Si la diversité au sein d'une variété est assez grande, une méthode sélection peut déjà être appliquée.

ANNÉE 2 : CONDUITE DE LA F1 ET BRASSAGE GÉNÉTIQUE

Les semences issues du croisement constituent la première filial, la F1. Cette génération n'est généralement pas diversifiée dû aux phénomènes de dominances génétiques. Les plants présentant des défauts majeurs peuvent être éliminés mais la sélection ne doit pas être trop intense à ce stade. La pollinisation se fait de manière libre et aléatoire par les insectes.

Dans le cas des espèces allogames, telles que la courgette, cette étape peut être répétée plusieurs fois. Ce brassage génétique permet d'augmenter la diversité de combinaisons génétiques et donc les génotypes au sein de la population. Les semences sont récoltées et peuvent être mises en commun. Ce lot de semences constituera la population de base sur laquelle la sélection sera appliquée.

7.4 Sélection massale

La sélection massale vise à améliorer progressivement une population par le choix répété d'individus supérieurs, évalués directement au champ dans les conditions réelles de l'environnement cible. Afin que la sélection massale produise une amélioration, il est impératif que la population présente de la variabilité phénotypique pour les caractères d'intérêt. Sans variabilité, il n'y aura pas d'amélioration. La méthode de la sélection massale est illustré par la figure 4 et décrite de manière plus détaillée dans le document « Méthodes de sélection et d'amélioration variétale en ferme biologique »[18].

Pour une sélection massale efficace, il est recommandé de :

- Permettre le brassage génétique pendant plusieurs générations après un croisement.
- Cultiver la population dans un milieu le plus homogène possible, afin d'attribuer la supériorité d'individus à leur génétique et non à l'environnement. Pour éviter ce biais de sélection du bon environnement et non du bon individu, il est possible d'appliquer **la sélection quadrillée**. La sélection quadrillée consiste à séparer la parcelle de culture en morceaux et à sélectionner un nombre égal d'individus par morceau. La figure 4, illustre la sélection quadrillée.

[18] **https://www.biowallonie.com/accompagnement/production/semences-et-plants-bio/semences-dici/**

- Cultiver le plus grand nombre d'individus possibles. Ceci permet d'appliquer une sélection plus stricte (garder une proportion plus faible de la population de base). Conserver par exemple les meilleurs 10%, donc commencer avec une population d'au moins 250 individus.
- Eliminer les individus inférieurs avant le partage du pollen.
- Maintenir une population de taille suffisante afin d'éviter la dérive génétique. Dans le cas de *Cucurbita pepo,* Seed Savers Exchange (2017) recommande de récolter les semences d'au moins 25 individus pour conserver le maximum de la génétique et 5 à 10 pour le maintien d'une variété.
- Equilibrer l'apport de chaque individu à la génération suivante en mélangeant des quantités de semences plus ou moins égales. Si certains individus présentent des qualités exceptionnelles ou sont proches de l'idéotype souhaité, il peut être justifié que la contribution à la génération suivante soit plus élevée.
- Répéter le processus de manière récurrente pour une amélioration progressive et adaptation aux conditions locales et aux méthodes de cultures.

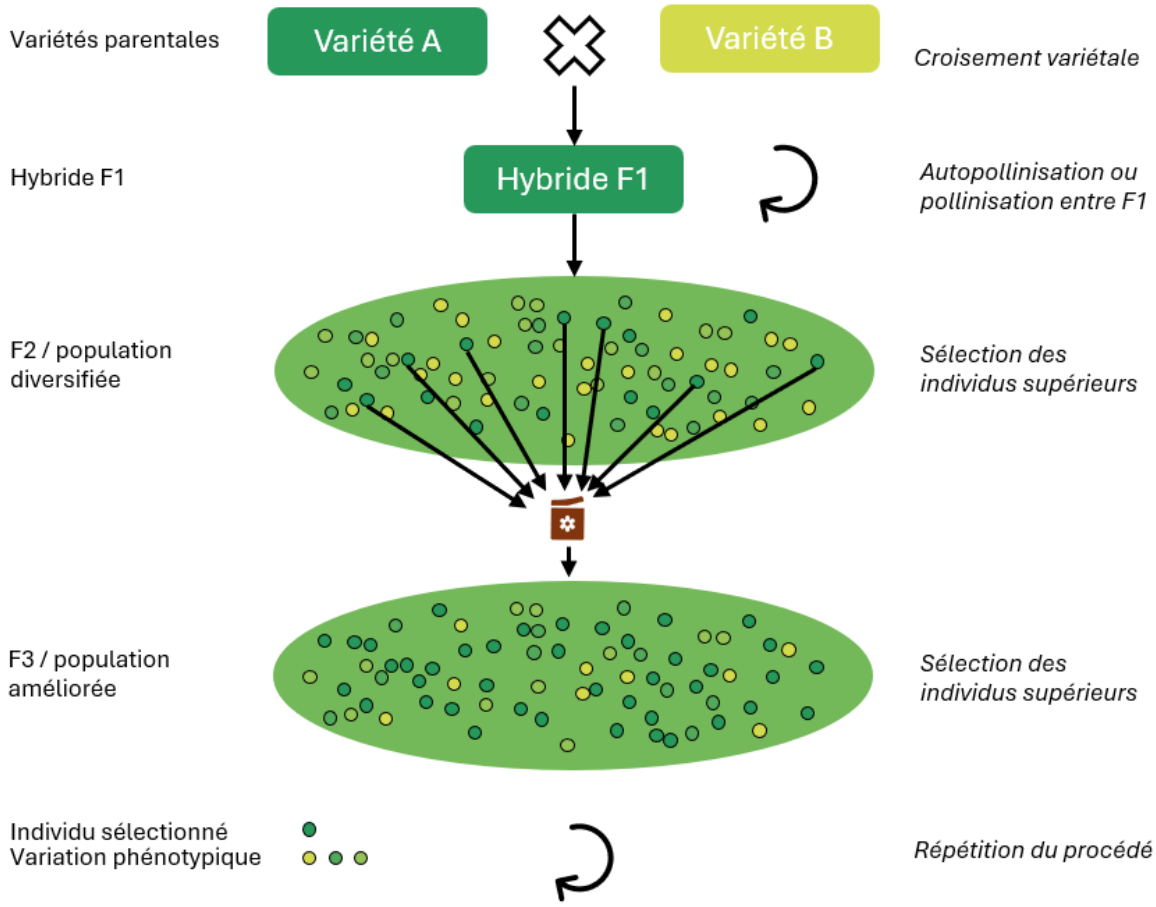

Figure 3. Schéma de sélection massale

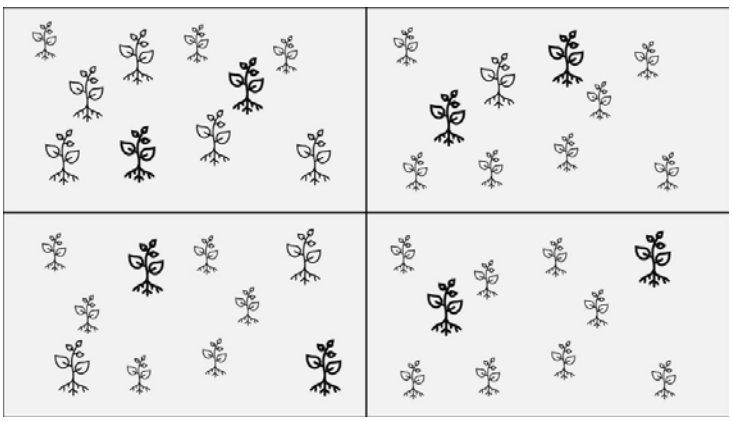

Figure 4. Exemple de sélection quadrillée

7.5 Sélection familiale (half-sib)

La sélection familiale repose sur l'évaluation de groupes d'individus apparentés, plutôt que sur celle d'individus au sein d'une population (méthode massale). Cette méthode a pour but d'améliorer une population en changeant la fréquence des caractères, c'est-à-dire des allèles, dans celle-ci à travers l'évaluation des familles et le recroisement des familles sélectionnées. L'origine exacte du pollen n'est pas connue. À l'inverse de la sélection généalogique (pedigree), qui repose sur l'autopollinisation des individus pour constituer des lignées pures, la sélection familiale half-sib est plutôt d'application pour les espèces allogames (J. Navazio et Zystro 2014). En sélection familiale half-sib, l'un des deux parents est connu, dans ce cas, la plante mère. La méthode est illustrée en figure 5 et détaillée dans le document « Méthodes de sélection et d'amélioration variétale en ferme biologique »[19].

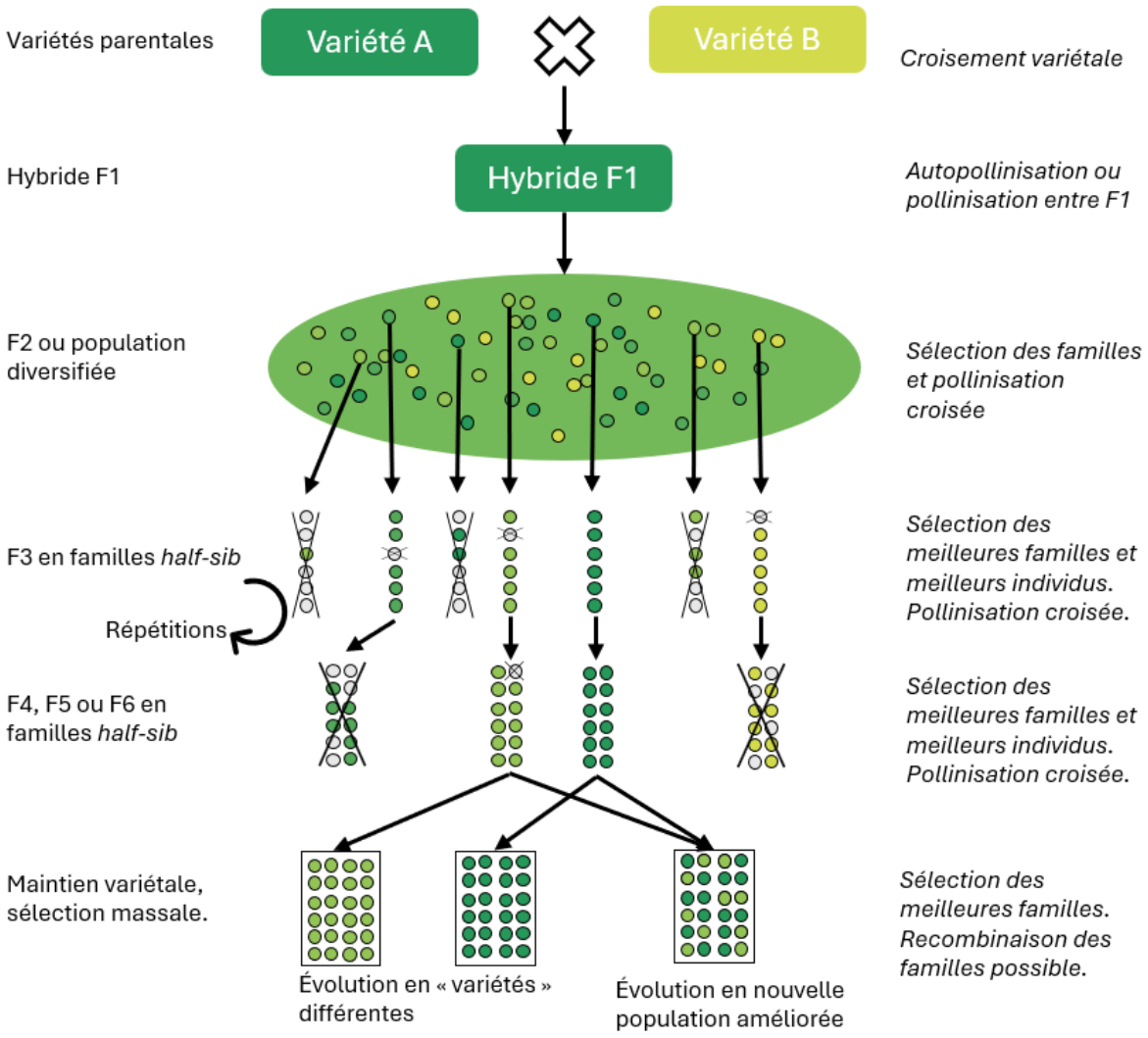

Figure 5. Schéma de la sélection familiale half-sib. Les cercles de couleurs représentent différents phénotypes, les cercles gris représentent des individus non satisfaisants.

[19] https://www.biowallonie.com/accompagnement/production/semences-et-plants-bio/semences-dici/

7.5.1 Année 3 : conduite de la F2 et constitution des familles.

Dans la population de base, la F2 ou la population brassée, les plantes supérieures (plantes mères) sont sélectionnées, leurs semences sont récoltées de manière séparée. Ces lots de semences constituent les futures familles *half-sib,* dont la plante mère est connue et la plante père inconnue. La *Organic Seed Alliance* recommande de conserver 30-60 familles.

7.5.2 Année 4 : évaluation des familles half-sib

Les 30 à 60 familles sont plantées en rangs. Par familles 10 à 20 individus sont plantés et le restant des semences est conservé. Il est important d'avoir assez de plantes au sein d'une famille pour observer les tendances et comportements. Si le nombre de familles est trop faible (en dessous 25), le risque de dérive génétique apparait (Seed Savers Exchange 2017).

Les individus présentant des défauts majeurs sont éliminés, idéalement avant l'échange de pollen. Les familles se pollinisent entre elles et les caractères liés aux fruits peuvent être évalués.

Dans les premières années, la sélection est davantage sur les caractères hautement héritables que sur les caractères quantitatifs et complexes (souvent multigéniques et influencés par l'environnement).

Les individus contribuant à la génération suivante sont sélectionnés en deux phases. Premièrement, les familles sont évaluées et retenues lorsqu'au moins 60 à 70% des individus présentent des performances et caractéristiques acceptables, selon les objectifs de sélection. Deuxièmement, au sein des familles retenues, les 30 à 40% des plantes moins performantes sont éliminées. Selon la *Organic Seed Alliance,* ceci résulte généralement à une réduction 20 à 25 % du nombre de familles initiales. Le nombre de familles résultant serait de six à 15. Les semences sont récoltées par famille.

Caractères évalués après la pollinisation.

Certains caractères sont évalués après la pollinisation tels que les aspects liés au fruit. Bien qu'une plante puisse être performante, l'origine du pollen est inconnue et pourrait provenir d'une plante qui serait éliminée par la suite. Afin d'éviter le maintien des caractéristiques indésirées dans les familles, il revient de répéter le cycle en ne plantant uniquement les familles jugées supérieures et de les laisser se recombiner. Idéalement la période de production est assez étalée et permet une évaluation, une élimination, une recombinaison et une production de semences des familles en un seul cycle. Cette deuxième possibilité, bien qu'elle présente un gain de temps, pourrait mener à l'élimination rapide de familles avant la fin du cycle de vie.

7.5.3 Année 5 : suite de la sélection familiale

Les six à 15 familles sont plantées en rangs. Par famille, le nombre d'individus peut être égal au cycle précédent, peut augmenter ou les familles peuvent être répétées pour améliorer l'interprétation des résultats (plus de données, limitation de l'effet environnement). Augmenter le nombre d'individus permet également une sélection intra-familiale plus forte et limite les risques de dérives génétiques.

Quand les caractères à forte héritabilité ont été sélectionnés dans les premières générations, il devient possible de concentrer la sélection aux caractères à faible héritabilité.

L'identification des familles supérieures suit la même méthode qu'au cycle précédent Le nombre de familles est réduit à deux, trois ou quatre. Les semences sont récoltées et conservées par famille.

7.5.4 Année 6 : affinage et mise en commun

Les familles restantes peuvent poursuivre un nouveau cycle de sélection familiale ou être mises en un lot commun si leurs caractères d'intérêt sont semblables. Dans ce second cas, la sélection peut être continuée selon la méthode massale. Ces cycles peuvent être répétés jusqu'à ce qu'une homogénéité pour les caractères et objectifs d'intérêt soit atteinte.

Une fois les familles « terminées », elles peuvent être conservées comme un cultivar ou remises en commun pour former une population.

7.5.5 Année 7 : Essais, sélection massale, et multiplication

Chaque famille peut être considérée comme un cultivar. La comparaison des familles en rang ou en blocs répétés permet de déterminer la ou les meilleures familles.

Les essais décentralisés sont utiles pour disséminer le cultivar et comprendre son comportement dans différents environnements (cf. point 5).

Le cultivar peut être inscrit au catalogue officiel s'il est uniforme pour tous les critères décrits dans l'UPOV, s'il est effectivement distinct de toutes autres variétés du catalogue et stable dans le temps. A priori ce n'est pas dans ce créneau que ces cultivars contenant une hétérogénéité génétique seront inscrits mais plutôt en tant que MHB. La procédure d'enregistrement et les conditions de commercialisation du MHB sont décrites par le cabinet d'avocats « Artemisia »[20] : Le « matériel hétérogène biologique » - Artemisia Lawyers - Cabinet d'avocats au service des droits de l'Homme et de l'Environnement.

7.5.6 Année 8 et suite

Le cultivar peut continuer à être sélectionné de manière massale, maintenu en retirant les individus hors types, ou multiplié en vue de la commercialisation (à condition d'être en accord avec la réglementation concernée).

7.6 Sélection généalogique (Pedigree)

La sélection généalogique ou Pedigree repose sur l'autopollinisation répétée des individus supérieurs afin de fixer les caractères homozygoties. Habituellement, cette méthode s'applique aux espèces autogames. Cependant, elle peut s'appliquer aux courgettes afin de fixer un caractère d'intérêt pour l'introduire dans une autre population. L'autopollinisation répétée peut mener à la dépression de consanguinité. La difficulté d'appliquer la sélection généalogique aux espèces allogames est lié au contrôle de la pollinisation.

A partir d'une population ou d'une F2 suivant un croisement, les individus sélectionner sont autopollinisé et planter en rang familiale la saison suivante. Les meilleurs individus des meilleures familles sont sélectionnés, autopollinisé et leurs semences sont récoltés séparément par individu. Le processus est répété jusqu'à l'homogénéité souhaitée en conservant un suivi précis des lignées.

7.7 Rétrocroisement

Le rétrocroisement (*backcrossing*) est le croisement répété d'une variété dans la population de sélection et est utilisé pour transférer un ou plusieurs caractères d'une variété à une autre. Par exemple une variété A (goût exceptionnel) et B (bonne productivité), l'objectif est d'obtenir une variété productive comme la B et qui a le goût de A. Un premier croisement a lieu, donnant l'hybride F1 AB, ensuite cette génération est recroisée avec A, et ainsi de suite jusqu'à

[20] **https://www.artemisia-lawyers.com/fran%C3%A7ais/publications-et-interventions/le-mat%C3%A9riel-h%C3%A9t%C3%A9rog%C3%A8ne-biologique/**

l'obtention du résultat voulu. Une sélection massale peut suivre le rétrocroisement.

La procédure est différente si le caractère à transférer est dominant ou récessif. Ces différences sont illustrées dans Guide pour les fermes biologiques sur l'amélioration génétique des plantes maraîchères | Agriculture biologique - Agri-Réseau | Documents[21].

7.8 Stabilisation d'un hybride

La stabilisation d'une variété hybride F1 a pour but de retrouver et de fixer les caractéristiques variétales de l'hybride F1 d'origine. Cette méthode saute l'étape et l'année de croisement.

Obtenir une population diversifiée à partir de cette méthode peut être plus difficile car on ne connait rarement les parents d'une variété hybride F1. De plus, pour assurer une bonne uniformité des variétés hybrides F1 commerciales, les parents sont généralement des lignées pures (fortement consanguines), ce qui implique une base génétique étroite de la future population.

7.9 Création de grex

Un grex désigne une population issue du croisement massif de plusieurs variétés (entre 5 et 50) ou populations, cultivées ensemble sur une même parcelle et laissées en pollinisation libre, de manière panmictique, sans contrôle sur les croisements. Les semences sont récoltées en mélange, idéalement provenant d'un grand nombre de plantes, ce qui constitue une population de base très diversifiée. Ensuite, celle-ci pourra poursuivre un brassage génétique et mener à une population évolutive présélectionnée. Cette population peut également servir de point de départ d'autres méthodes de sélection.

[21] **https://drive.google.com/file/d/1nZjYpor7BAtbFEgxhk8xibNhAQqswh3M/view?pli=1**

8. Conclusion

La courgette, *Cucurbita pepo,* est une espèce annuelle, allogame, entomophile et monoïque stricte et qui présente une grande diversité phénotypique. Cette espèce est couramment cultivée en Wallonie et principalement commercialisée sous forme de variétés hybrides F1 en Europe. Bien que le légume soit couramment consommé, il reste largement importé.

La diversité génétique et morphologique de la courgette permet de nombreux axes d'amélioration pour l'adaptation aux conditions pédoclimatiques et culturales de l'agriculture biologique ainsi que les préférences socio-culturelles. Une série de caractères et axes d'améliorations sont décrits dans ce dossier. Il est généralement recommandé de se limiter à 5 à 6 critères d'amélioration simultanée ou moins. Par exemple, l'obtention d'une variété de courgette jaune, sélectionnée en conditions d'agriculture biologique, à productivité améliorée, contenant l'allèle *D dark stem* pour une meilleure conservation, présentant une tolérance à l'oïdium et possédant de très bonnes qualités organoleptiques.

La mise en place d'un programme de sélection, qu'il soit participatif ou conduit à la ferme, requiert une planification rigoureuse : définition claire des objectifs, choix des caractères mesurables et héritables, évaluations variétales, intégration de diversité génétique et choix de méthodes de sélection à suivre.

Plusieurs méthodes de sélection et d'amélioration variétale sont présentées et leur application à la courgette précisée. La méthode de sélection massale et la méthode de sélection familiale sont décrites en détails à travers une ligne du temps. Celles-ci offrent un cadre adapté aux espèces allogames comme la courgette. 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.

Les autres méthodes décrites sont le rétrocroisement, la stabilisation d'hybride et la création de grex. Les méthodes peu adaptées sont la sélection Pedigree, la filiation monograine et la méthode de masse (*bulk method*).

La courgette, de par sa diversité phénotypique, son appréciation par les consommateurs, ses besoins d'améliorations, sa facilité de croisements manuels et sa flexibilité méthodologique, est une bonne candidate pour la création, l'amélioration et l'adaptation variétale aux conditions et méthodes de l'agriculture biologique. Les cultivars issus de ce type de programmes pourraient être inscrits en tant que Matériel Hétérogène Biologique (MHB) et ainsi contribuer au développement des systèmes semenciers locaux et à la résilience des cultures maraîchères.

Semences d'ici

9. Bibliographie

Amrom, C., Philippe Baret, A. C. Courtois, R. Montois, et A. Riera. 2022. *Soutenir la relocalisation de l'alimentation en Wallonie : cartographie et analyse de l'offre alimentaire.* UCLouvain.

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.**

Dumont, Antoinette. 2017. « Analyse systémique des conditions de travail et d'emploi dans la production de légumes pour le marché du frais en Région wallonne (Belgique), dans une perspective de transition agroécologique ». *Dans Une Perspective de Transition Agroécologique*. **https://sytra.be/wp-content/uploads/2020/05/2017_UCLOUVAIN_FR_th%C3%A8se_Travail_L%C3%A9gumes_171221.pdf.**

Hernandez, Christopher O., Joanne Labate, Kathleen Reitsma, et al. 2023. « Characterization of the USDA Cucurbita Pepo, C. Moschata, and C. Maxima Germplasm Collections ». *Frontiers in Plant Science* 14 (mars). https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1130814.

Lofthouse, Joseph. 2021. *Landrace Gardening Food Security through Biodiversity and Promiscuous Pollination*. Première édition. Father of Peace Ministry.

Meru, Geoffrey, Emily Wang, Yuqing Fu, et Vincent Michael. 2023. « Genetic Mechanisms Underlying Nuclear Male-Sterility in Squash ». *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 136: 111-111. **https://doi.org/10.32473/fshs.136.1.138244**.

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

Navazio, John. 2012. *The Organic Seed Grower: A Farmer's Guide to Vegetable Seed Production*. Chelsea Green Publishing.

Paris, Harry S., et Les D. Padley Jr. 2014. *Gene Lists – The Cucurbit Genetics Cooperative (CGC)*. **https://cucurbit.info/home/gene-lists/.**

Rodov, Victor, Harry S. Paris, Haya Friedman, Mitiku Mihiret, Yakov Vinokur, et Anton Fennec. 2020. « Chilling Sensitivity of Four Near-Isogenic Fruit-Color Genotypes of Summer Squash (Cucurbita Pepo, Cucurbitaceae) and Its Association with Tocopherol Content ». *Postharvest Biology and Technology* 168 (octobre): 111279. **https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2020.111279.**

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

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

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.

10. Annexe A : Caractères sélectionnables

Tableau 4. liste de caractères sélectionnables pour Cucurbita pepo.

Catégorie de caractères	Caractères	Méthode d'évaluation	Héritabilité au sens large (H^2)	Source
Levée	Germination	% à T° donnée ou en extérieur		
	Température de germination	T° à laquelle la germination commence (%)		
	Taille de graine/ poids de 1000 graines	Gr/1000 graines	0,95	(Hernandez et al., 2023)
	Vigueur initiale	Rapidité de levée (test d'émergence), rapidité de la croissance (nombre de feuilles après x jours). Comparaison entre individus et variétés (A est plus développé au temps T que B).		(Deppe, 2000)
Plant et feuillage	Vigueur maximale	Vigueur maximale du plant sur une échelle de 1-5	0,588	(Hernandez et al., 2023)
	Vigueur minimale	Vigueur minimale du plant sur une échelle de 1-5	0,618	(Hernandez et al., 2023)
	Structure du plant	Buissonnante/coureuse		(Hernandez et al., 2023)
	Ouverture du port	Échelle de 1-5		
	Forme des feuilles	Incision du limbe échelle de 1-5 (absent – très profond)		
	Taille des feuilles	Échelle de 1-5, mesure en centimètres		
	Taches argentées	Présence et intensité des tâches argentées (1-5 ou pourcentage)		
	Longueur et épaisseur du pétiole	Centimètres		
	Densité du feuillage	Nombre de feuilles par nœuds		
	Développement de la canopée	Mesuré par LAI à différents moments du cycle		
	Longueur de la tige	Centimètres de la tige à différents moments de la saison		
	Distance entre nœuds	Centimètres entre nœuds		
Racine	Qualité racinaire	Échelle de 1 - 5, mesure de diamètre centimètres.		
	NUE (Nutrient Use Efficiency)	Rendement/nutriment apporté (très lié à la fertilisation)		
	Profondeur	Centimètres		
	Vigueur racinaire	Lié aux types buissonnant/rampant évaluation/comparaison de la radicelle de type B et r par Carol Deppe. Lié à la vitesse d'émergence.		
	Capacité à établir des relations symbiotiques avec des bactéries et microrrhizes arbustives)	Observation racinaire		

Catégorie de caractères	Caractères	Description / commentaire	Héritabilité au sens large (H^2)	Source
Floraison	Date de pre-mière floraison	Date		
	Couleur de la corolle	Jaune ou orange		
	Rapport du nombre de fleurs mâles/femelles	Rapport à plusieurs dates pendant la saison de production		
	Susceptibilité à l'avortement des fruits due à une mauvaise pollinisation.	Échelle de 1-5		
Production	Précocité de la production	Nombre de jours après semis pour la première récolte, date		
	Durée de la production	Nombre de jours après lesquels la production diminue fortement		
	Fréquence de production de fruits	Buissonnante/coureuse		
	Productivité/ Rendement	Nombre de fruit/plant, kg/plant (cumulatif sur la saison)		
Tolérance aux stress biotiques et abiotiques	Résistance à la maladie X	La plante ne présente pas de symptômes de maladie malgré qu'elle soit présente et quel est le degré de sévérité. Échelle de 1-5		
	Tolérance à la maladie X	La plante présente des symptômes mais est ca-pable de continuer sa production. Échelle de 1-5		
	Susceptibilité à la maladie X	Inverse de tolérance aux maladies		
	Dégât causé par la maladie X	Pourcentage de la population d'une variété affecté		
	Tolérance à la sécheresse	Description du comportement en stress hydrique. Évaluation relative entre différentes variétés et lignées en sélection en condition de sécheresse		
Taille et forme du fruit	Motif (taches, striures, bandes, …)	Description		
	Largeur maximale	Largeur maximale en centimètres	0,937	(Hernandez et al., 2023)
	Largeur minimale	Largeur minimale en centimètres	1	(Hernandez et al., 2023)
	Longueur maximale	Longueur maximale en centimètres	0,748	(Hernandez et al., 2023)
	Longueur minimale	Longueur minimale en centimètres	0,841	(Hernandez et al., 2023)
	Epaisseur de la chair maximale	Epaisseur de la chair maximale en centimètres	0,614	(Hernandez et al., 2023)
	Epaisseur de la chair minimale	Epaisseur de la chair minimale en centimètres	0,425	(Hernandez et al., 2023)
	Forme du fruit ronde	Forme du fruit ronde ou non		(Hernandez et al., 2023)
	Forme du fruit oblong	Forme du fruit oblong ou non		(Hernandez et al., 2023)
	Texture lisse du fruit	Texture lisse du fruit ou non		(Hernandez et al., 2023)
	Fruit côtelé	Echelle 1-5, Description		

Catégorie de caractères	Caractères	Description / commentaire	Héritabilité au sens large (H^2)	Source
Couleur de l'épiderme	Couleur du fruit : jaune	Couleur du fruit jaune ou non		(Hernandez et al., 2023)
	Couleur du fruit : vert	Couleur du fruit vert ou non		(Hernandez et al., 2023)
	Couleur du fruit : crème	Couleur du fruit crème ou non		(Hernandez et al., 2023)
	Couleur de la chair : orange	Couleur de la chair est orange ou non (à maturité)		(Hernandez et al., 2023)
	Couleur de la chair : jaune	Couleur de la chair est jaune ou non (à maturité)		(Hernandez et al., 2023)
	Fruit tacheté de couleur secondaire	Taches ou non		(Hernandez et al., 2023)
	Fruit marbré de couleur secondaire	Marbrure ou non		(Hernandez et al., 2023)
	Fruit de couleur unie	Couleur unie ou non		(Hernandez et al., 2023)
	Présence de couleur secondaire	Oui ou non (même couleur unie ou non)		
	Fruit strié	Oui ou non		
Récoltabilité du fruit	Longueur et largeur du pédoncule (récoltabilité)	Mesure en centimètres		
	Flexibilité du pédoncule (récoltabilité)	Échelle de 1-5		
	Récoltabilité manuel	Échelle de 1-5 sur la facilité de récolte à la main		
	Trichomes sur pétioles	Présence ou absence		
Qualité Organoleptique	Goût	Description et échelle de 1-5 : douceur, amertume, arôme		
	Texture	Descriptions : croquante, tendre, dure, molle, …		
	Texture de la peau	Fine – épaisse (1-5)		
	Quantité de matière sèche	Pourcentage		
	Quantité de sucre soluble / BRIX	Index Brix : g de matière sèche soluble dans 100 g de solution.		
Conservation	Conservation sur le plant	Échelle de 1-5, temps avant changement de texture		
	Conservation postrécolte	Conservation à T° ambiante / T° frigo, évolution de la tenue (peau, maladie, …)		
Transformation	Influence sur le profil nutritionnel	Transformation à la vapeur, poêlé, rôti vs cru. Évaluation sensorielle sur des échelles de 1-5, 1-10, ou classement		
	BRIX post transformation	Différence du BRIX cru et cuit		

Wallonie
recherche
CRA-W