

## **Programme « Relance de la culture de la moutarde en Bourgogne »**

### **Projet « Création de génotypes de type hiver chez la moutarde brune (*Brassica juncea*) »**

**Rapport d'activités année 2015 (Avril 2015-Décembre 2015)**

#### **Résumé**

Le projet consiste à la création de génotypes de moutarde brune de type hiver par introduction de facteurs génétiques déterminant le caractère de vernalisation. Deux approches sont menées : premièrement, réalisation de croisements interspécifiques entre la moutarde brune et des variétés de colza d'hiver et deuxièmement, étude de la variabilité de la phase végétative chez des écotypes de moutarde brune et sélection de type résistants à l'hiver. Des travaux sont également entrepris pour identifier les gènes responsables de la vernalisation et ainsi permettre de « suivre » leur introduction au cours du processus de sélection. Les travaux effectués durant les années 2011 à 2014 avaient permis d'obtenir des hybrides inter- et intraspécifiques de première génération (F1) rétrocroisés deux fois à trois fois (BC2=backcross 2, BC3=backcross 3).

Le travail réalisé en 2015 nous a permis d'atteindre les objectifs fixés. Au total, 48 familles BC4 (4ème année de rétrocroisement), BC3 (3ème année de rétrocroisement) ou BC3/BC4 (double autofécondation des hybrides F1 puis rétrocroisements) de 25 graines, issues de 93 croisements interspécifiques, ont été semées en champ à l'automne 2015. Quatre familles BC3AF1 de 75 graines issues d'autofécondations ont aussi été semées. Par ailleurs, 14 familles de 25 graines issues des rétrocroisements intraspécifiques ont également été semées. En décembre 2015, 176 plantes de cet essai avaient été prélevées et génotypées. Un semis de printemps en champ de 8 populations autofécondées a été effectué en avril 2015 pour valider les marqueurs moléculaires. Parallèlement à l'essai en champ, un semis de 125 plantes BC2 et BC3 a été effectué en serre le 26 novembre 2014. Vingt plantes possédant les gènes d'intérêt et présentant un retard de floraison ont été placées en conditions froides dans des serres (vernalisation) durant l'hiver 2014-2015 puis rétrocroisées avec 11 lignées de moutarde condimentaire. Les croisements ont permis de récolter 1547 graines dont 179 graines BC3 et BC4 ont été ensuite semées le 12 juin 2015. Vingt-et-une plantes possédant les gènes d'intérêt et présentant un retard de floraison ont été vernalisées en chambre climatisée puis rétrocroisées à partir du 28 novembre 2015. Les graines BC4 et BC5 seront récoltées en janvier 2016 pour être semées en février 2016. Le but de cet essai en serre est d'accélérer le processus de sélection, avec l'objectif de réaliser trois générations en deux ans.

L'utilisation en routine de 17 marqueurs moléculaires a permis le criblage moléculaire de plus de 500 plantes issues des différents croisements. Nous avons pu, grâce à ces marqueurs, confirmer la présence du gène d'intérêt FLC1 pour 244 plantes interspécifiques (dont 111 ont aussi conservé le gène FRIGIDA). Les nouveaux marqueurs développés l'année dernière pour le gène de photopériode Constans (Co) et le gène de vernalisation Vernalization Insensitive 3 (Vin3) ont été utilisés en routine. Parmi les plantes sélectionnées 60 ont conservé BnFLC1, BnFri et BnVin3 et 6 ont conservé BnFLC1 et BnCo. Environ 96% du génome C du colza a été éliminé pour la quatrième génération de rétrocroisements (BC4).

Enfin, concernant l'analyse de la variabilité intraspécifique de la phase végétative d'écotypes « exotiques » de *B. juncea*, des tests conduits au champ ont validé les résultats observés en chambres climatisées. Deux écotypes ont été choisis et les BC2 obtenus l'année précédente ont été recroisés avec de la moutarde condimentaire. La variété Red Giant est plus tardive à l'automne (risque d'induction florale moins élevé) que les variétés bourguignonnes. L'écotype USDA 14 est très précoce au printemps (floraison en même temps que le colza d'hiver aux printemps 2012 et 2013) et résistant au froid. Cependant, elles ne possèdent pas de caractère de vernalisation.

## **Introduction**

Compte tenu de la nécessité de semer la moutarde brune à l'automne pour augmenter le potentiel de production (plus de 90% des parcelles de moutarde brune sont implantées à l'automne en Bourgogne), les variétés disponibles aujourd'hui possèdent, à des degrés divers, une bonne résistance au froid, qui leur permet dans la majorité des cas de subsister pendant les périodes de froid hivernaux. Cependant, la résistance au froid, n'est pas le seul facteur en cause pour avoir une bonne « résistance à l'hiver ». En effet, les moutardes semées actuellement en automne n'ont aucun besoin de vernalisation et peuvent être détruites en partie par une induction précoce de la floraison ou un enracinement trop faible. Une nouvelle étape sera donc franchie lorsque la sélection génétique conduira à la création de véritables variétés de types « hiver » résistantes au froid mais aussi nécessitant une vernalisation donc sans risque de floraison précoce.

Le projet consiste à la création de génotypes de moutarde brune de type hiver par introduction de facteurs génétiques déterminant le caractère de vernalisation. Ce caractère n'existant pas actuellement chez les variétés cultivées de moutarde brune, le caractère de vernalisation sera donc introduit chez les variétés cultivées par croisement interspécifiques entre la moutarde brune et des variétés de colza d'hiver. De plus, une étude de la variabilité de la phase végétative chez des génotypes de moutarde non utilisées pour la transformation en pâte de moutarde (génotypes dits « exotiques »), sera réalisée pour tenter d'identifier le caractère de vernalisation.

Ce projet, qui se déroule sur plusieurs années, s'articule sur plusieurs phases : réalisation de croisements inter et intra-spécifiques, étude des caractéristiques génétiques et agronomiques des hybrides obtenus, rétrocroisements des hybrides avec les variétés de moutarde brune de bonne valeur agronomique.

## **Objectifs 2015 :**

Sur la base des hybridations interspécifiques réalisées en 2011-2012, le premier objectif était de continuer la stratégie de rétrocroisements successifs commencée en 2012, avec des lignées de moutarde condimentaire.

Le deuxième objectif était l'étude de la variabilité de la phase végétative des génotypes « exotiques » de moutarde brune au champ, et la réalisation des croisements et rétrocroisements moutarde brune condimentaire x moutardes exotiques.

Enfin, le troisième objectif était de poursuivre l'étude du polymorphisme des gènes responsables de la précocité de floraison/vernalisation chez les Brassicacées et le développement de marqueurs moléculaires liés à ces gènes.

## Résultats obtenus

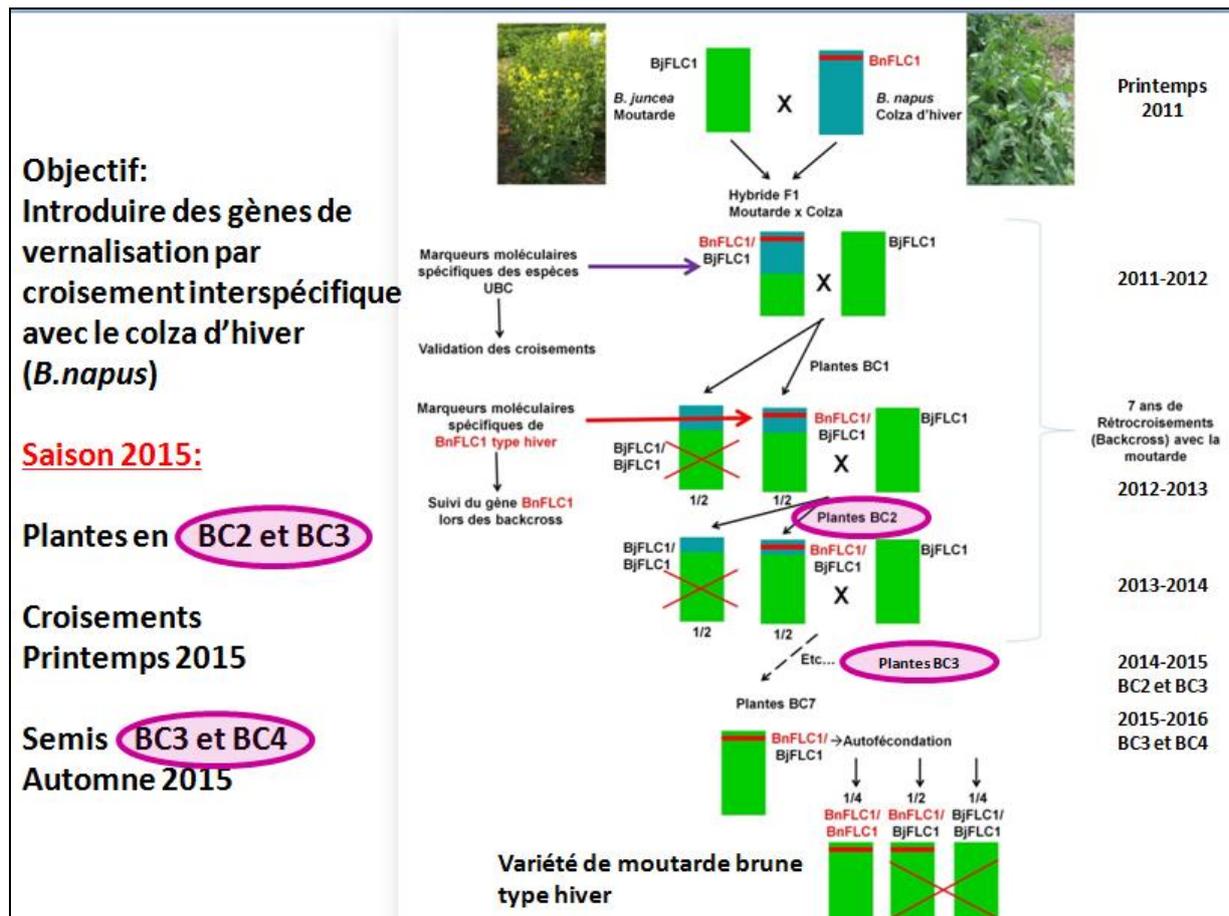
### 1. Hybrides interspécifiques entre la moutarde brune et des variétés de colza d'hiver,

#### 1.1. Matériel biologique utilisé dans les croisements

- 23 lignées de moutarde condimentaire (fournies par T. Guinet, AgroSup Dijon) : Ficita, Etamine, Corolle (AZ147/5), AO118/2, AZ58/1, AZ60/1, AZ116/4, AX42/1, BP43/7, BY60/1, CA55/1, CB84/4, CI114/2, CI63/1, CJ35/2, CT57/2, DA49/1, DA69/3, DD125/1, DD84/2, DH60/2, DI82/5 et DZ100
- la variété commerciale canadienne Brown.
- la lignée nord-coréenne USDA14
- 3 variétés de colza d'hiver: Alamir, Rendezvous et Catalina
- 20 familles d'hybrides putatifs moutarde x colza

#### 1.2. Schéma de sélection et rappel des résultats des années précédentes

Le schéma de sélection utilisé est présenté dans la figure 1 suivante. Les croisements réalisés au printemps 2015 ont permis d'obtenir des BC3 et BC4 semés à l'automne 2015. Les résultats présentés dans ce rapport concernent la période allant d'avril 2015 à décembre 2015.



**Figure 1** schéma de sélection par rétrocroisements successifs, et stade de rétrocroisement des hybrides interspécifiques à l'automne 2015

### **Rappel des résultats de des années précédentes**

Des croisements interspécifiques (160 croisements *B. juncea* X *B. napus* et 382 croisements *B. napus* X *B. juncea*) ont été réalisés au cours de la première année du projet pour obtenir des graines dites F1-2011. Des semis de ces graines F1-2011 ont été réalisés au champ à l'automne 2011. Le génotype des hybrides F1 a été vérifié durant l'hiver 2011-2012 grâce à des marqueurs moléculaires espèce-spécifiques (développés au cours de ce projet). Les hybrides F1 ont été ensuite « vernalisés » au champ, notés pour leur précocité de floraison puis rétrocroisés avec la moutarde brune ou autofécondés au printemps 2012. Les graines obtenues (Backcross = BC1) ont été semées à l'automne 2012 en parcelle. Ces plantes ont génotypées avec les marqueurs espèce-spécifiques et un marqueur (A7) lié au gène majeur de floraison FLC1 du colza d'hiver (développé sur moutarde en 2012). 51 plantes sélectionnées sur la base de ce marqueur et des dates de floraison ont été rétrocroisées avec de la moutarde condimentaire au printemps 2013. Un second génotypage a eu lieu en juillet 2013 sur les plantes retenues avec 2 nouveaux marqueurs du gène FLC1 (BnA10R2 et Exon7) qui ont permis d'éliminer 21 plantes. Des graines issues du second rétrocroisement (BC2), du premier rétrocroisement (BC1) ou de l'autofécondation des BC1 (BC1/BC2) ont été semées à l'automne 2013 en parcelle. Des expérimentations similaires ont également été réalisées sur 20 familles d'hybrides naturels (BC1) récoltés en 2010 et 2011. Les graines obtenues après rétrocroisements des individus les plus intéressants (floraison similaire à celle du colza d'hiver, présence du marqueur A7) ont été semées à l'automne 2012 en parcelle et génotypées puis à nouveau rétrocroisées avec de la moutarde condimentaire au printemps 2013. Les graines issues de ce second rétrocroisement (=BC2) ont été semées à l'automne 2013 en parcelle.

Entre octobre 2013 et mars 2014, 258 plantes ont été génotypées. 39 plantes ont été et rétrocroisées, ce qui a permis d'obtenir 3177 graines appartenant à 31 Familles BC3, 29 Familles BC2/BC3 et 15 Familles BC2. Deux semis ont eu lieu, le premier le 26 Août 2014 en serre avec repiquage au champ et le second le 26 septembre 2014, directement au champ. Entre octobre 2014 et le mars 2015, 529 plantes issues de 19 de ces familles ont été génotypées avec 2 à 15 marqueurs moléculaires :

- Les marqueurs BnA10R2, BnA10, A7 et Exon7 pour suivre la conservation du gène BnFLC1 (chromosome A10)
- Le marqueur BnFriR3 pour suivre la conservation du gène BnFrigida (chromosome A03).
- Le marqueur BnVin3 pour suivre la conservation d'un autre gène impliqué dans le processus de vernalisation, le gène Vernalization Insensitive 3 (chromosome A03).
- Le marqueur BnCo pour suivre la conservation d'un autre gène impliqué dans la réponse à la photopériode (longueur du jour), le gène Constans (chromosome C09).
- 10 marqueurs microsatellites spécifiques du génome du colza, pour suivre l'élimination de celui-ci et donc le retour au génome de la moutarde.

Parallèlement, un semis de 170 plantes BC1 et BC2 a été effectué en serre le 4 avril 2014. Vingt-et-une plantes possédant les gènes d'intérêt et ne montant pas à fleur ont été vernalisées durant l'été 2014 puis rétrocroisées avec 8 lignées de moutarde condimentaire. Elles ont donné 793 graines, dont 125 graines ont été semées en serre le 26 novembre 2014. Suite à l'étape de génotypage, Soixante-quinze plantes possédant BnFLC1 ont été vernalisées en serre froide du 10 janvier 2015 au 10 mars 2015. Parmi ces plantes, quinze ont gardé BnFLC1 et BnFri, douze ont gardé BnFLC1, BnFri et BnVin3 et deux ont gardé BnFLC1 et BnCo. Concernant le génome C du colza, avec trois rétrocroisements, en

moyenne, 83% des marqueurs ont été éliminés. Suite à l'étape de vernalisation, les plantes ont été rempotées en pots de 7 L. Parallèlement, 11 lignées en sélection ont été semées en serre en février 2015, afin qu'elles fleurissent en même temps que les hybrides, début avril 2015. Ce set de lignées comprend les lignées déjà utilisées en rétrocroisement l'année précédente ainsi que trois nouvelles lignées avec une bonne qualité de pâte de moutarde : DD125/1, DD84/2 et CB84/4.

### *1.3. Plantes interspécifiques BC3 et BC4 (semis automne 2014)*

#### ***Notation de la précocité de floraison des hybrides interspécifiques.***

Au niveau du phénotypage, le comportement au champ est désormais similaire à celui de la moutarde. Les colzas ont commencé à fleurir le 18 Avril 2015. Les témoins moutarde condimentaire ont commencé à fleurir entre le 20 Avril et le 30 Avril 2014. Les plantes interspécifiques (BC2, BC3 et BC2/BC4) ont commencé à fleurir entre le 21 Avril et le 10 Mai 2015. 20 plantes ayant BnFLC1 et BnFri ainsi que 31 plantes ayant BnFLC1 + BnFri + BnVin3 ont fleuri entre le 21 Avril et le 2 Mai 2015 et ont été sélectionnées.



**Figure 2** Photographies du 14 avril 2015 de la parcelle. Le colza Rendezvous (à gauche) et la famille BC3 Bj14-004 (à droite) sont en boutons floraux.

#### ***Notation de dégâts de rouille blanche des crucifères chez les hybrides interspécifiques.***

Des dégâts de rouille blanche ont encore été observés cette année sur l'ensemble de la parcelle d'expérimentation. Des notations rouille blanche ont été réalisées le 19 Mai 2015 sur l'ensemble des plantes croisées, les témoins moutarde condimentaire et le colza. Les variétés les plus touchées sont Espérance, Brown et CH25/1. Le colza est totalement résistant. Des notes de 0 à 4 ont été attribuées, 0 correspondant à une absence de rouille, 4 à des plantes très touchées comme Espérance. 14 des 51 hybrides sélectionnés ont obtenu une note supérieure ou égale à 2 et 37 une note inférieure ou égale à 1 et sont potentiellement tolérants à la rouille blanche. Des échantillons de rouille blanche ont été prélevés en juin 2015 et stockés au congélateur à -20°C (en vue de l'étude en serre de la sensibilité des différentes lignées en sélection).

#### **Croisements**

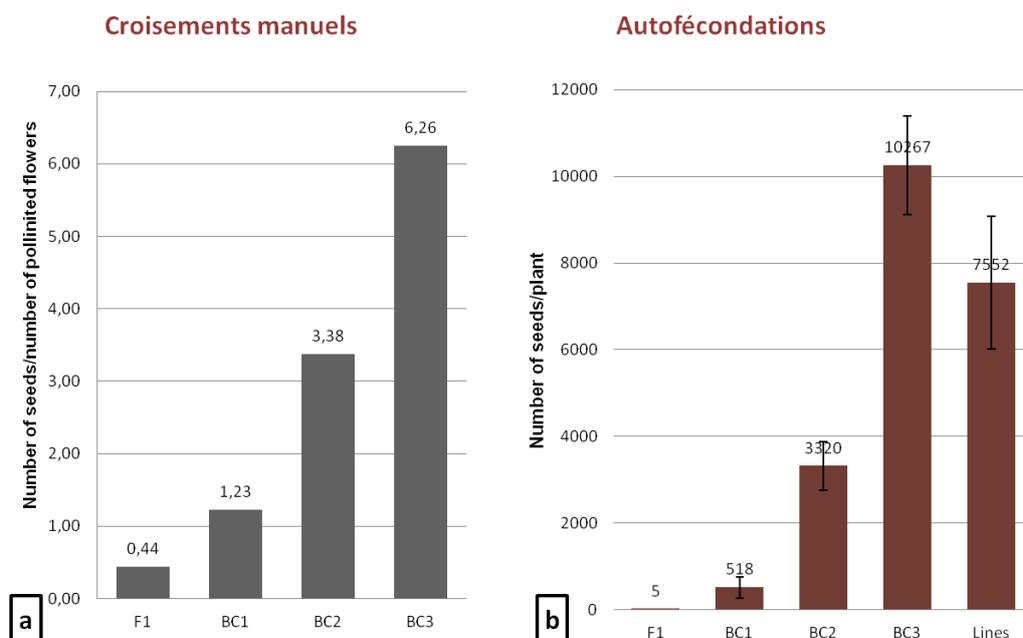
Les 51 plantes sélectionnées ont été étiquetées, autofécondées et rétrocroisées avec des lignées de moutarde issues de la sélection AgroSup, déjà cultivées (Ficita, Corolle, ...) ou parmi les plus

prometteuses ou servant de géniteurs pour certaines caractéristiques comme la qualité de la pâte, la résistance au froid ou à la rouille blanche, déjà utilisées l'année précédente (CH25/1, BY60/1, AZ60/1, A0118/2, et DA69/3, CA55/1, DA49/1, AZ116/4, CI114/2, DH60/2, AZ60/1 et CT57/2) ou non (CB84/4, CJ35/2, DD125/1, DD84/2, DI82/5 et DZ100/1, ainsi qu'avec l'écotype USDA14. 93 rétrocroisements interspécifiques ont été réalisés et 1325 fleurs ont été croisées, ce qui a permis d'obtenir 8289 graines appartenant à : 34 familles BC4, 39 familles BC3/BC4 et 20 familles BC3.

Corolle	variété inscrite condimentaire, IGP, qualité, résistance au froid et productivité correcte
Ficita	variété inscrite condimentaire, IGP, bonne qualité condimentaire, productivité moyenne, résistance au froid faible à moyenne
Etamine	Variété inscrite CIPAN, productive, bonne résistance au froid, pb qualité
CH25/1	Très bonne résistance au froid, très productive, riche en huile, pauvre en protéines, riche acide érucique
DI82/5	Très bonne résistance au froid, qualité moyenne (correcte en R2015), bonne productivité, bonne vigueur
DA69/3	Très bonne résistance au froid, riche en huile, pauvre en protéines, très bon état sanitaire, productive
CI63/1	bonne résistance au froid, productive, courte, abandonnée par les industriels en 2015 (couleur et pâte médiocre)
DH60/2	lignée fin sélection, Tb résistance au froid, pauvre en huile, riche protéines, bonne productivité
CA55/1	lignée fin sélection, bonne résistance au froid, bonne productivité, à tester par les industriels
DA49/1	lignée fin sélection, bonne résistance au froid, abandonnée par les industriels en 2015
AZ58/1	lignée fin sélection, bonne résistance au froid, bonne productivité, abandonnée par industriels cause pâtes tendance liquide
AZ60/1	lignée fin sélection, précoce, productive en situation sèche, éliminée par industriels à cause protéines trop basses
CB84/4	Productive, Précoce, bon comportement au champ, résistance au froid moyenne
CT57/2	Assez productive, refusée par les industriels en 2014
DD125/1	Résistante rouille blanche, productive, R2014: riche protéines, basse en huile, bonne résistance au froid
AZ116/4	Qualité R2014 et 2015 OK, résistance au froid moyenne, productivité correcte
BY60/1	R2014: riche protéines, basse huile (pas en 2015), process OK (R2014 et 2015), TB résistance au froid
CI114/2	Coup de cœur industriels R2014, R froid, PMG OK, peu sensible rouille blanche
DD84/2	Qualité 2014 OK, teneur en protéines élevée, faible en huile, bonne résistance au froid, très bon état sanitaire
AO118/2	lignée fin sélection, résistance au froid moyenne, productivité moyenne, qualité moyenne, abandonnée par les industriels en 2015
CJ35/2	0 érucique, protéines et huile OK, bonne résistance au froid
DZ100/1	albinos fleurs rose/orange

**Figure 3** Liste des lignées de moutarde condimentaire issues de la sélection d'AgroSup Dijon et utilisées dans les croisements interspécifiques du programme vernalisation.

La fertilité des plantes en BC3 a été améliorée avec en moyenne 63 graines obtenues pour 10 fleurs croisées. Pour rappel, les plantes BC1 étaient cent fois plus fertiles que les hybrides F1 avec respectivement des moyennes de 12 graines pour 10 fleurs et 0,44 graines pour 10 fleurs.



**Figure 4** Evaluation de la fertilité des hybrides interspécifiques selon la génération grâce au nombre de graines obtenues par fleur croisée en cas de réussite du croisement (figure 4a) ou grâce au nombre de graines moyen par plante autofécondée (figure 4b)

**Tableau 1** Récapitulatif des rétrocroisements des 39 plantes interspécifiques sélectionnées. Les cases vertes, violettes et rose indiquent respectivement la présence de BnFLC1, BnFri et BnVin3. Les notations rouille blanche, les dates d'apparition des boutons floraux et de floraison sont disponibles respectivement dans les colonnes « Rbl 19/05 », « boutons floraux » et « floraison ».

n° de plante	date semis	Génotype	Générat*	Bn FLC1	Bn Fri	Bn Vin3	Rbl 19/05	boutons floraux	floraison	Croisement	date	nbre fleurs	nbre graines	Nouvelle génération
BJ14-003-08	26/09/2014	(Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL x CH25/1 x CH25/1	BC3	2	2	1	1	11-avr	29-avr	CH25/1	05-mai	21	95	BC4
BJ14-003-13	26/09/2014	(Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL x CH25/1 x CH25/1	BC3	2	2	1	2	07-avr	27-avr	CH25/1	29-avr	30	216	BC4
BJ14-003-13	26/09/2014	(Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL x CH25/1 x CH25/1	BC3	2	2	1	2	07-avr	27-avr	DD84/2	05-mai	12	92	BC4
BJ14-004-08	26/09/2014	(Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL x CH25/1 x Corolle	BC3	2	2	1	2	07-avr	27-avr	CH25/1	29-avr	7	48	BC4
BJ14-004-12	26/09/2014	(Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL x CH25/1 x Corolle	BC3	2	2	1	0	07-avr	27-avr	Corolle	05-mai	13	118	BC4
BJ14-004-12	26/09/2014	(Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL x CH25/1 x Corolle	BC3	2	2	1	0	07-avr	27-avr	DI82/5	12-mai	9	71	BC4
BJ14-004-12	26/09/2014	(Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL x CH25/1 x Corolle	BC3	2	2	1	0	07-avr	27-avr	CI114/2	12-mai	13	132	BC4
BJ14-004-14	26/09/2014	(Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL x CH25/1 x Corolle	BC3	2	2	1	0	07-avr	27-avr	Corolle	05-mai	9	60	BC4
BJ14-004-14	26/09/2014	(Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL x CH25/1 x Corolle	BC3	2	2	1	0	07-avr	27-avr	DD84/2	05-mai	14	61	BC4
BJ14-004-18	26/09/2014	(Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL x CH25/1 x Corolle	BC3	2	2	1	0	07-avr	27-avr	Corolle	05-mai	8	71	BC4
BJ14-006-03	26/09/2014	(Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL x CH25/1 x USDA14	BC3	2	2	2	1	09-avr	25-avr	CH25/1	29-avr	8	40	BC4
BJ14-006-03	26/09/2014	(Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL x CH25/1 x USDA14	BC3	2	2	2	1	09-avr	25-avr	DD84/2	05-mai	14	48	BC4
BJ14-006-03	26/09/2014	(Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL x CH25/1 x USDA14	BC3	2	2	2	1	09-avr	25-avr	DI82/5	12-mai	6	38	BC4
BJ14-006-19	26/09/2014	(Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL x CH25/1 x USDA14	BC3	2	2	2	1	07-avr	25-avr	USDA14	05-mai	13	62	BC4
BJ14-006-19	26/09/2014	(Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL x CH25/1 x USDA14	BC3	2	2	2	1	07-avr	25-avr	DI82/5	12-mai	4	24	BC4
BJ14-007-15	26/09/2014	(Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL x CH25/1 x AZ116/4	BC3	2	2	1	na	08-avr	28-avr	AZ116/4	05-mai	7	16	BC4
BJ14-007-18	26/09/2014	(Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL x CH25/1 x AZ116/4	BC3	2	2	1	0	08-avr	28-avr	AZ116/4	05-mai	23	148	BC4
BJ14-026-13	26/09/2014	((Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x CT57/2	BC2/BC3	2	2	1	2	07-avr	28-avr	CT57/2	05-mai	15	52	BC3/BC4
BJ14-026-19	26/09/2014	((Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x CT57/2	BC2/BC3	2	2	1	1	07-avr	28-avr	CT57/2	05-mai	20	124	BC3/BC4
BJ14-028-01	26/09/2014	((Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x Etamine	BC2/BC3	2	2	2	0	13-avr	28-avr	DD125/1	05-mai	7	1	BC3/BC4
BJ14-028-01	26/09/2014	((Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x Etamine	BC2/BC3	2	2	2	0	13-avr	28-avr	Etamine	05-mai	6	37	BC3/BC4
BJ14-028-01	26/09/2014	((Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x Etamine	BC2/BC3	2	2	2	0	13-avr	28-avr	DI82/5	12-mai	12	9	BC3/BC4
BJ14-028-01	26/09/2014	((Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x Etamine	BC2/BC3	2	2	2	0	13-avr	28-avr	DZ100/1	13-mai	12	12	BC3/BC4
BJ14-028-01	26/09/2014	((Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x Etamine	BC2/BC3	2	2	2	0	13-avr	28-avr	CJ35/2	22-mai	8	35	BC3/BC4
BJ14-028-04	26/09/2014	((Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x Etamine	BC2/BC3	2	2	2	0	13-avr	30-avr	Etamine	05-mai	14	88	BC3/BC4
BJ14-028-04	26/09/2014	((Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x Etamine	BC2/BC3	2	2	2	0	13-avr	30-avr	DA49/1	20-mai	17	21	BC3/BC4
BJ14-029-03	26/09/2014	((Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x DA69/3	BC2/BC3	2	2	2	1	13-avr	02-mai	DA69/3	06-mai	13	47	BC3/BC4
BJ14-029-03	26/09/2014	((Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x DA69/3	BC2/BC3	2	2	2	1	13-avr	02-mai	DD84/2	06-mai	8	62	BC3/BC4
BJ14-029-03	26/09/2014	((Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x DA69/3	BC2/BC3	2	2	2	1	13-avr	02-mai	CI114/2	06-mai	23	15	BC3/BC4
BJ14-029-03	26/09/2014	((Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x DA69/3	BC2/BC3	2	2	2	1	13-avr	02-mai	BY60/1	13-mai	12	88	BC3/BC4
BJ14-029-09	26/09/2014	((Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x DA69/3	BC2/BC3	2	2	2	0	07-avr	28-avr	DA69/3	06-mai	9	10	BC3/BC4
BJ14-029-11	26/09/2014	((Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x DA69/3	BC2/BC3	2	2	1	0	07-avr	02-mai	Etamine	29-avr	8	74	BC3/BC4
BJ14-029-13	26/09/2014	((Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x DA69/3	BC2/BC3	2	2	2	0	07-avr	02-mai	DA69/3	06-mai	21	35	BC3/BC4
BJ14-029-13	26/09/2014	((Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x DA69/3	BC2/BC3	2	2	2	0	07-avr	02-mai	DA49/1	20-mai	6	8	BC3/BC4
BJ14-029-13	26/09/2014	((Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x DA69/3	BC2/BC3	2	2	2	0	07-avr	02-mai	CJ35/2	22-mai	11	16	BC3/BC4
BJ14-047-05	26/09/2014	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x Corolle	BC2/BC3	2	2	2	0	09-avr	28-avr	Corolle	05-mai	17	135	BC3/BC4
BJ14-047-05	26/09/2014	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x Corolle	BC2/BC3	2	2	2	0	09-avr	28-avr	BY60/1	13-mai	13	153	BC3/BC4
BJ14-047-13	26/09/2014	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x Corolle	BC2/BC3	2	2	2	0	07-avr	25-avr	Corolle	29-avr	21	141	BC3/BC4
BJ14-047-13	26/09/2014	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x Corolle	BC2/BC3	2	2	2	0	07-avr	25-avr	DD84/2	06-mai	18	105	BC3/BC4
BJ14-048-04	26/09/2014	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x AZ58/1	BC2/BC3	2	2	2	0	07-avr	27-avr	AZ58/1	06-mai	9	21	BC3/BC4
BJ14-048-04	26/09/2014	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x AZ58/1	BC2/BC3	2	2	2	0	07-avr	27-avr	CI114/2	12-mai	9	81	BC3/BC4
BJ14-048-11	26/09/2014	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x AZ58/1	BC2/BC3	2	2	2	0	07-avr	26-avr	AZ58/1	06-mai	13	20	BC3/BC4
BJ14-048-14	26/09/2014	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x AZ58/1	BC2/BC3	2	2	2	0	08-avr	27-avr	AZ58/1	06-mai	7	55	BC3/BC4
BJ14-048-21	26/09/2014	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x AZ58/1	BC2/BC3	2	2	2	0	08-avr	28-avr	AZ58/1	06-mai	19	78	BC3/BC4
BJ14-049-03	26/09/2014	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x AO118/2	BC2/BC3	2	2	2	1	07-avr	27-avr	Corolle	29-avr	12	71	BC3/BC4
BJ14-049-03	26/09/2014	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x AO118/2	BC2/BC3	2	2	2	1	07-avr	27-avr	AO118/2	29-avr	41	283	BC3/BC4
BJ14-049-03	26/09/2014	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x AO118/2	BC2/BC3	2	2	2	1	07-avr	27-avr	DD84/2	06-mai	8	70	BC3/BC4
BJ14-049-03	26/09/2014	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x AO118/2	BC2/BC3	2	2	2	1	07-avr	27-avr	DZ100/1	13-mai	13	139	BC3/BC4
BJ14-049-08	26/09/2014	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x AO118/2	BC2/BC3	2	2	2	0	09-avr	28-avr	AO118/2	06-mai	21	118	BC3/BC4
BJ14-049-17	26/09/2014	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x AO118/2	BC2/BC3	2	2	2	0	08-avr	29-avr	AO118/2	06-mai	11	69	BC3/BC4
BJ14-049-17	26/09/2014	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x AO118/2	BC2/BC3	2	2	2	0	08-avr	29-avr	CJ35/2	22-mai	10	62	BC3/BC4
BJ14-054-03	26/09/2014	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x Ficita	BC2	2	2	2	4	08-avr	27-avr	Ficita	06-mai	22	269	BC3
BJ14-054-03	26/09/2014	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x Ficita	BC2	2	2	2	4	08-avr	27-avr	DD84/2	06-mai	14	171	BC3
BJ14-054-09	26/09/2014	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x Ficita	BC2	2	2	2	0	09-avr	28-avr	Ficita	06-mai	17	113	BC3
BJ14-054-09	26/09/2014	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x Ficita	BC2	2	2	2	0	09-avr	28-avr	DI82/5	12-mai	13	125	BC3
BJ14-054-09	26/09/2014	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x Ficita	BC2	2	2	2	0	09-avr	28-avr	HT frisée	13-mai	7	25	BC3
BJ14-054-20	26/09/2014	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x Ficita	BC2	2	2	2	2	07-avr	29-avr	Ficita	06-mai	13	174	BC3
BJ14-054-20	26/09/2014	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x Ficita	BC2	2	2	2	2	07-avr	29-avr	CJ35/2	22-mai	18	70	BC3
BJ14-055-01	26/09/2014	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x CA55/1	BC2	2	2	2	4	09-avr	29-avr	CA55/1	06-mai	10	85	BC3

### Analyse des graines

Les graines de 26 autofécondations de deux moutardes condimentaires témoins (Corolle et Ficita), un colza (Rendezvous) et vingt-trois plantes BC2 ou BC3 sélectionnées parmi celles utilisées pour les rétrocroisements (voir tableau ci-dessous) ont été analysées pour le poids de mille grains (PMG) au moyen d'un compteur à grains et pour la qualité de la pâte (matière grasse, protéines, viscosité,

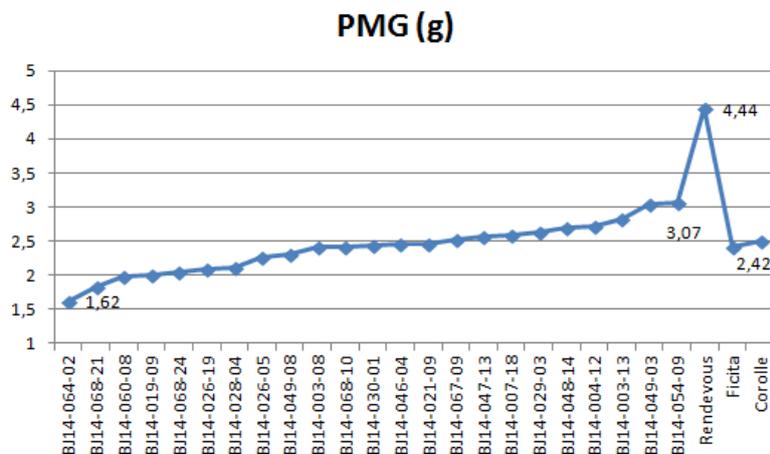
teneur en sinigrine, teneur en acide érucique) au moyen d'un spectrophotomètre en proche infrarouge (NIRS).

**Tableau 2** Génotype des autofécondations dont les graines ont été analysées au NIRS

Plante	Génotype
BJ14-003-08	(Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL x CH25/1 x CH25/1
BJ14-003-13	(Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL x CH25/1 x CH25/1
BJ14-004-12	(Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL x CH25/1 x Corolle
BJ14-007-18	(Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL x CH25/1 x AZ116/4
BJ14-026-19	((Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x CT57/2
BJ14-028-04	((Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x Etamine
BJ14-029-03	((Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x DA69/3
BJ14-047-13	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x Corolle
BJ14-048-14	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x AZ58/1
BJ14-049-03	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x AO118/2
BJ14-049-08	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x AO118/2
BJ14-054-09	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x Ficita
BJ14-064-02	((Etamine x Catalina) x DA69/3) x Corolle x DA69/3
BJ14-067-09	(Etamine x Alamir) <sup>2</sup> x BP43/7 x DH60/2
BJ14-068-10	(BC1 nat BJ12-52-20) <sup>2</sup> x AZ58/1 x AZ58/1
BJ14-068-21	(BC1 nat BJ12-52-20) <sup>2</sup> x AZ58/1 x AZ58/1
BJ14-068-24	(BC1 nat BJ12-52-20) <sup>2</sup> x AZ58/1 x AZ58/1
BJ14-019-09	(Alamir x Ficita) <sup>2</sup> FL x Ficita x Ficita
BJ14-021-09	((Etamine x Catalina) x DA69/3) x DA69/3 x DA69/3
BJ14-026-05	((Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x CT57/2
BJ14-030-01	((Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x AO118/2
BJ14-046-04	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x USDA14
BJ14-060-08	(Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL x AZ58/1 x AZ58/1
Rendevous	Rendevous
Ficita	Ficita
Corolle	Corolle

### Estimation du poids de mille graines (PMG)

Le PMG a été obtenu en mesurant le poids de 1000 graines comptées grâce à un compteur à grains.

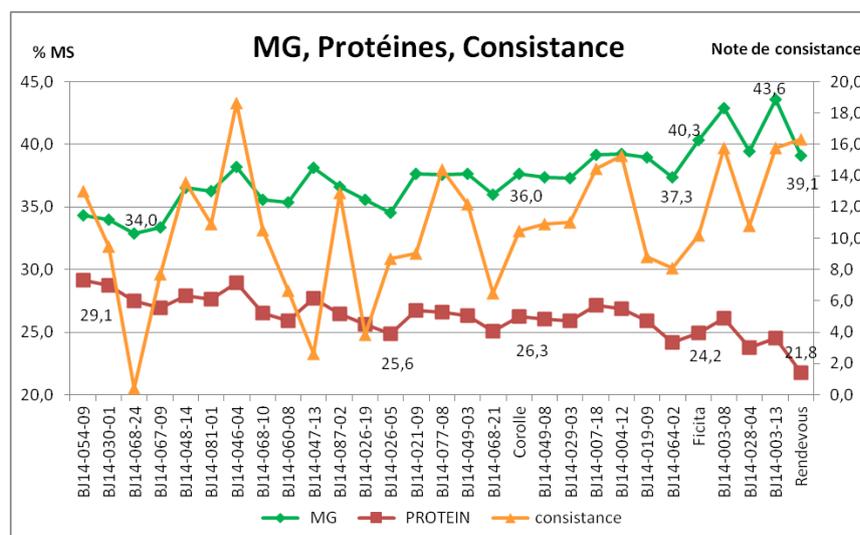


**Figure 5** Poids de mille graines exprimé en grammes de 23 hybrides interspécifiques BC2 ou BC3, d'un colza Rendevous et de deux moutardes brunes Ficita et Corolle.

Les PMG obtenus pour les hybrides BC2 et BC3 sont compris entre 1.62 grammes et 3.07 grammes. Le colza a un PMG de 4.4 grammes, les deux témoins moutarde sont autour de 2.5 grammes. Nous nous apercevons que les PMG observés ont des valeurs plus proches de celles de la moutarde que du colza avec 16 plantes hybrides ayant un PMG supérieur à 2.3 grammes qui est la norme basse d'acceptation pour les industriels. Aucune plante n'a de PMG équivalent à celui du colza, ce qui prouve bien le retour au fond génétique de la moutarde pour ce caractère.

### Estimation du taux de matière grasse, du taux de protéines et de la consistance.

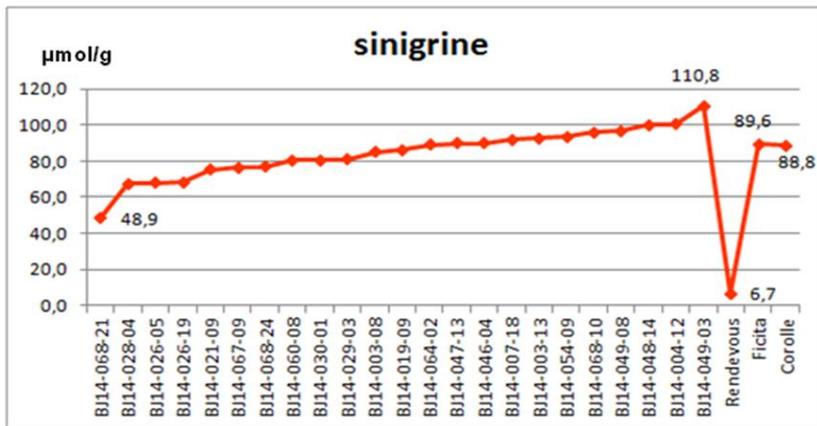
Ils ont été mesurés par spectrophotométrie proche infrarouge. Les taux de matière grasse (MG) et de protéines sont exprimés en pourcentage de matière sèche (MS). La consistance est mesurée par NIRS et est exprimée selon l'échelle du consistomètre qui va de 0 à 24 cm et qui correspond à la distance d'écoulement de la pâte pendant 30 secondes. Plus la note augmente, plus la consistance diminue. Le colza Rendevous est à 39.1 % de matière grasse, 21.8 % de protéines et a une consistance évaluée à 16. Ficita est assez riche en huile (40.3 %), Corolle est à 37.7 %. Seules les plantes Bj14-003-13, Bj14-003-08 et Bj14-028-04 ont un taux de MG supérieur ou égal à 40%, combiné à un taux de protéines bas. Ces taux montrent clairement l'influence des variétés utilisées lors des derniers croisements, à savoir CH25/1 et Etamine, toutes deux assez riches en huile. Les autres plantes ont toutes une teneur en huile inférieure à 40%, valeur à ne pas dépasser pour la sélection, combinée à une teneur en protéines supérieure à 25 %, ce qui correspond aux valeurs observées pour les lignées du programme de sélection principal.



**Figure 6** Teneurs en matière grasse (MG) et en protéines (en % de MS) et notes de consistance de 23 hybrides interspécifiques BC2 ou BC3, d'un colza Rendevous et de deux moutardes brunes Ficita et Corolle.

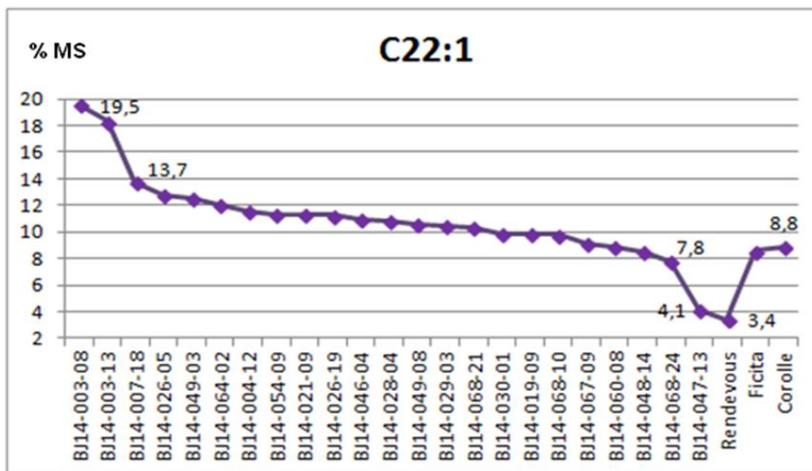
### Estimation du taux de sinigrine

Le sélectionneur a fixé la limite basse à 85  $\mu\text{mol/g}$  de sinigrine pour sélectionner ses lignées. Dix plantes hybrides ont encore des taux de sinigrine inférieure à 85  $\mu\text{mol/g}$  mais elles ont tout de même une teneur supérieure à 48,9  $\mu\text{mol/g}$  alors que le colza ne contient pas ou très peu de sinigrine (6,7  $\mu\text{mol/g}$  mesuré chez Rendevous). Sur ce point, nous pouvons dire que la poursuite des rétrocroisements est nécessaire pour faire remonter le taux de sinigrine à des valeurs équivalentes à celles de la moutarde condimentaire.



**Figure 7** Teneurs en sinigrine en µmol/g de 23 hybrides interspécifiques BC2 ou BC3, d'un colza Rendevous et de deux moutardes brunes Ficta et Corolle.

### Teneur en acide érucique



**Figure 8** Teneurs en acide érucique en pourcentage de matière sèche de 23 hybrides interspécifiques BC2 ou BC3, d'un colza Rendevous et de deux moutardes brunes Ficta et Corolle.

La teneur en acide érucique est exprimée en pourcentage du taux de matière sèche. Les lignées de moutarde condimentaire contiennent généralement entre 0 et 13 % d'acide érucique, le sélectionneur s'étant fixé une limite maximum de 13%. Cependant, certains géniteurs intéressants sur le plan agronomique, comme CH25/1, sont riches en acide érucique. Nous retrouvons cette caractéristique dans nos deux plantes B114-003-08 et B114-003-13. Les autres hybrides ont des teneurs comprises entre 7.8 % et 13.7 % et n'ont pas conservé le trait « 0 érucique » du colza d'hiver. Seule la plante B114-047-13 possède une faible teneur en acide érucique de 4,1% qui sera prise en compte dans la sélection par la suite. Elle a été croisée au printemps avec Corolle (B115-100) et DD84/2 (B115-101). Ces familles sont sur la parcelle de sélection 2015-2016.

#### 1.4. Suivi des hybrides interspécifiques entre la moutarde brune et des variétés de colza d'hiver, en semis de printemps en serre

Parallèlement, un semis de 125 graines a été effectué en serre le 26 novembre 2014. Le but de cet essai en serre et d'accélérer le processus de sélection, avec l'objectif de réaliser trois générations en deux ans. Les graines ont été semées en pots de 1,5 L dans un mélange terreau horticole/vermiculite

avec une température de culture de 23°C. 68 plantes issues de 11 familles BC3 et 48 plantes issues de 4 familles BC2/BC3 ont été obtenues. Ces plantes ont été génotypées avec 12 marqueurs: BnFLC1, BnFri, BnVin3, BnCo et les marqueurs des chromosomes C1 à C9. Soixante-quinze plantes possédant BnFLC1 ont été vernalisées en serre froide du 10 janvier 2015 au 10 mars 2015. Parmi ces plantes, quinze ont gardé BnFLC1 et BnFri, douze ont gardé BnFLC1, BnFri et BnVin3 et deux ont gardé BnFLC1 et BnCo. Concernant le génome C du colza, avec trois rétrocroisements, en moyenne, 83% des marqueurs ont été éliminés. Suite à l'étape de vernalisation, vingt plantes ont été repotées en pots de 7 L. Parallèlement, 11 lignées en sélection ont été semées en serre en février 2015, afin qu'elles fleurissent en même temps que les hybrides, début avril 2015. Ce set de lignées comprend les lignées déjà utilisées en rétrocroisement l'année précédente Corolle, Ficita, A0118/2, AZ58/1, DA69/3, DH60/2, Cl63/1 et AZ60/1 ainsi que trois nouvelles lignées avec une bonne qualité de pâte de moutarde : DD125/1, DD84/2 et CB84/4. Au total, 40 croisements différents ont été effectués. 631 fleurs ont été croisées et ont permis de récolter 1547 graines récoltées avec un Poids de mille graines (PMG) compris entre 1.8 et 3.14 g.



**Figure 9** Photographies de l'essai serre du 26 novembre 2014. En haut à gauche : sortie de vernalisation des plantes sélectionnées le 10 mars 2015. A droite : croisements, 10 avril 2015. En bas à gauche : récolte des croisements en juin 2015.

Suite à cet essai, le semis suivant a été effectué le 12 juin 2015 en serre à 23 °C. 179 graines ont été semées en pots de 1,5 L dans un mélange terreau horticoles/vermiculite. 173 plantes issues de 8 familles BC4 et de 11 familles BC3 ont été génotypées avec 12 marqueurs moléculaires : BnFLC1, BnFri, BnVin3, BnCo et les marqueurs des chromosomes C1 à C9. Quarante-trois plantes possédaient BnFLC1. Parmi ces plantes, douze plantes BC4 ont gardé BnFLC1 et BnFri, vingt-six plantes BC3 ont gardé BnFLC1, BnFri et BnVin3 et quatre plantes BC3 ont gardé BnFLC1 et BnCo. Concernant le génome C du colza, avec trois rétrocroisements, en moyenne, 90% des marqueurs ont été éliminés. Avec quatre rétrocroisements, en moyenne, 96% des marqueurs ont été éliminés. Parmi ces plantes, vingt-six plantes représentant toutes les familles ont été vernalisées en chambre climatisée à l'INRA de Dijon, du 22 juillet 2015 au 8 octobre 2015. Elles étaient toutes au stade rosette le 22 juillet 2015. Cinq plantes sont montées à fleurs pendant la vernalisation et ont été

éliminées. Suite à l'étape de vernalisation, les vingt-et-une plantes restantes ont été repotées en pots de 7 L. Parallèlement, 11 lignées en sélection ont été semées en serre en septembre 2015, afin qu'elles fleurissent en même temps que les hybrides. Ce set de lignées est le même que celui déjà utilisé en rétrocroisement pour le semis en serre précédent. Les croisements ont eu lieu du 28 octobre 2015 au 19 novembre 2015, à la fois sur les hybrides et sur les lignées. La récolte est prévue en janvier 2016 avec un semis des BC5 et BC4 prévu en février 2016.

A partir de la génération BC5, les plantes seront autofécondées 2 fois pour obtenir des individus homozygotes pour l'ensemble des gènes d'intérêt. Les populations obtenues à partir de ces individus pourront ensuite être utilisées en sélection généalogique classique ou pour la création directe de lignées isogéniques ou encore la création d'une population source type hiver.

**Tableau 3** Récapitulatif des rétrocroisements des 20 plantes interspécifiques du semis du 26 novembre sélectionnées. Les cases vertes, violettes, rose et marron indiquent la présence de BnFLC1, BnFri, BnVin3 et BnCo. Le nombre de graines semées le 12 juin 2015 est indiqué dans la colonne « semis 12/06/15 ».

n° de plante	G°	Génotype	BnA10R2	Fri	Vin3	Co C9	Croisement	Nbre fleurs	nbre graines	semis 12/06/15	n° de sachet	nouvelle génération
BJ14-253-6	BC3	(Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL x Corolle x DH60/2	2	2	1	1	Corolle	39	66		BJ15-001	BC4
BJ14-253-6	BC3	(Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL x Corolle x DH60/2	2	2	1	1	DH60/2	12	4	4	BJ15-002	BC4
BJ14-256-2	BC3	(Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL x Corolle x Corolle	2	2	1	1	Corolle	46	6		BJ15-003	BC4
BJ14-256-6	BC3	(Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL x Corolle x Corolle	2	2	1	1	CB84/4	15	16	8	BJ15-004	BC4
BJ14-256-6	BC3	(Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL x Corolle x Corolle	2	2	1	1	Corolle	18	20	8	BJ15-005	BC4
BJ14-256-6	BC3	(Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL x Corolle x Corolle	2	2	1	1	DA69/3	18	40		BJ15-006	BC4
BJ14-261-6	BC3	(Alamir x Ficita) <sup>2</sup> FL x Ficita x Ficita	2	2	1	1	DA69/3	8	47		BJ15-007	BC4
BJ14-261-6	BC3	(Alamir x Ficita) <sup>2</sup> FL x Ficita x Ficita	2	2	1	1	DD84/2	12	4	4	BJ15-008	BC4
BJ14-261-6	BC3	(Alamir x Ficita) <sup>2</sup> FL x Ficita x Ficita	2	2	1	1	Ficita	18	58	8	BJ15-009	BC4
BJ14-262-4	BC3	(Alamir x Ficita) <sup>2</sup> FL x Ficita x DA69/3	2	2	1	1	DA69/3	34	143	8	BJ15-010	BC4
BJ14-262-4	BC3	(Alamir x Ficita) <sup>2</sup> FL x Ficita x DA69/3	2	2	1	1	Ficita	20	22		BJ15-011	BC4
BJ14-264-3	BC3	(Alamir x Ficita) <sup>2</sup> FL x Ficita x Cl63/1	2	2	1	1	Cl63/1	12	60	8	BJ15-012	BC4
BJ14-264-3	BC3	(Alamir x Ficita) <sup>2</sup> FL x Ficita x Cl63/1	2	2	1	1	Ficita	17	67		BJ15-013	BC4
BJ14-267-3	BC2	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x Corolle	2		1	1	Corolle	21	32		BJ15-014	BC3
BJ14-267-5	BC2	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x Corolle	2		1	2	Corolle	22	39		BJ15-015	BC3
BJ14-267-5	BC2	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x Corolle	2		1	2	DD125/1	11	39		BJ15-016	BC3
BJ14-267-5	BC2	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x Corolle	2		1	2	DD84/2	7	7	7	BJ15-017	BC3
BJ14-267-8	BC2	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x Corolle	2		1	2	CB84/4	12	13		BJ15-018	BC3
BJ14-267-8	BC2	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x Corolle	2		1	2	Corolle	13	81	8	BJ15-019	BC3
BJ14-272-3	BC3	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x AZ58/1	2		1	1	AZ58/1	16	48	8	BJ15-020	BC4
BJ14-272-3	BC3	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x AZ58/1	2		1	1	DD84/2	9	39		BJ15-021	BC4
BJ14-286-1	BC3	((Alamir x Ficita) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x Ficita	1	1	1	2	Ficita	21	61		BJ15-022	BC4
BJ14-297-1	BC2	((Corolle x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x Corolle	2		1	1	Corolle	19	4		BJ15-023	BC3
BJ14-297-1	BC2	((Corolle x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x Corolle	2		1	1	DA69/3	6	7		BJ15-024	BC3
BJ14-298-1	BC2	((Corolle x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x Corolle	2		1	1	Corolle	11	9		BJ15-025	BC3
BJ14-298-1	BC2	((Corolle x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x Corolle	2		1	1	DD84/2	7	28		BJ15-026	BC3
BJ14-300-3	BC2	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x Cl63/1	2	2	2	1	Cl63/1	14	70	12	BJ15-027	BC3
BJ14-300-3	BC2	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x Cl63/1	2	2	2	1	DA69/3	5	1		BJ15-028	BC3
BJ14-302-5	BC2	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x DH60/2	2	2	2	1	DA69/3	6	12	12	BJ15-029	BC3
BJ14-302-5	BC2	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x DH60/2	2	2	2	1	DH60/2	25	121	12	BJ15-030	BC3
BJ14-302-8	BC2	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x DH60/2	2	2	2	1	DH60/2	23	8		BJ15-031	BC3
BJ14-304-3	BC2	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x AZ60/1	2	2	2	1	AZ60/1	14	60	12	BJ15-032	BC3
BJ14-304-3	BC2	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x AZ60/1	2	2	2	1	CB84/4	5	13		BJ15-033	BC3
BJ14-306-2	BC2	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x AO118/2	2	2	2	1	AO118/2	14	98	12	BJ15-034	BC3
BJ14-306-2	BC2	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x AO118/2	2	2	2	1	DA69/3	9	42	12	BJ15-035	BC3
BJ14-306-2	BC2	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x AO118/2	2	2	2	1	DD125/1	8	59	12	BJ15-036	BC3
BJ14-306-2	BC2	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x AO118/2	2	2	2	1	DD84/2	11	56	12	BJ15-037	BC3
BJ14-306-3	BC2	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x AO118/2	2	2	2	1	AO118/2	22	13		BJ15-038	BC3
BJ14-306-3	BC2	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x AO118/2	2	2	2	1	CB84/4	13	24	12	BJ15-039	BC3
BJ14-306-7	BC2	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x AO118/2	2	2	2	1	AO118/2	18	10		BJ15-040	BC3
								631	1547	179		

**Tableau 4** Récapitulatif des rétrocroisements des 21 plantes interspécifiques du semis du 12 juin sélectionnées. Les cases vertes, violettes, rose et marron indiquent respectivement la présence de BnFLC1, BnFri, BnVin3 et BnCo.

n° de plante	G°	Parent femelle ?	BnA 10R2	Fri	Vin 3	Co C9	Croisement ?	Nbre fleurs	date
BJ15-004-08	BC4	(Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL x Corolle x Corolle x CB84/4	2	2			CB84/4	19	04-nov
BJ15-004-08	BC4	(Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL x Corolle x Corolle x CB84/4	2	2			Corolle	7	10-nov
BJ15-008-03	BC4	(Alamir x Ficita) <sup>2</sup> FL x Ficita x Ficita x DD84/2	2	2			Ficita	11	10-nov
BJ15-008-03	BC4	(Alamir x Ficita) <sup>2</sup> FL x Ficita x Ficita x DD84/2	2	2			DD84/2	7	10-nov
BJ15-009-01	BC4	(Alamir x Ficita) <sup>2</sup> FL x Ficita x Ficita x Ficita	2	1			Ficita	14	02-nov
BJ15-010-05	BC4	(Alamir x Ficita) <sup>2</sup> FL x Ficita x DA69/3 x DA69/3	2	2			DA69/3	24	28-oct
BJ15-010-05	BC4	(Alamir x Ficita) <sup>2</sup> FL x Ficita x DA69/3 x DA69/3	2	2			Ficita	22	04-nov
BJ15-012-01	BC4	(Alamir x Ficita) <sup>2</sup> FL x Ficita x CI63/1 x CI63/1	2	2			CI63/1	10	06-nov
BJ15-017-04	BC3	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x Corolle x DD84/2	2			2	DD84/2	11	28-oct
BJ15-017-06	BC3	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x Corolle x DD84/2	2			2	DD84/2	8	02-nov
BJ15-017-06	BC3	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x Corolle x DD84/2	2			2	Corolle	5	10-nov
BJ15-019-05	BC3	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x Corolle x Corolle	2			2	AZ58/1	4	02-nov
BJ15-019-05	BC3	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x Corolle x Corolle	2			2	AZ58/1	4	04-nov
BJ15-019-07	BC3	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x Corolle x Corolle	2			2	Corolle	22	10-nov
BJ15-020-04	BC4	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x AZ58/1 x AZ58/1	2				AZ58/1	5	13-nov
BJ15-020-04	BC4	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x AZ58/1 x AZ58/1	2				AZ58/1	4	19-nov
BJ15-027-09	BC3	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x CI63/1 x CI63/1	2	2	2		CI63/1	12	19-nov
BJ15-027-09	BC3	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x CI63/1 x CI63/1	2	2	2		DH60/2	25	19-nov
BJ15-029-04	BC3	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x DH60/2 x DA69/3	2	2	2		DA69/3	16	30-oct
BJ15-029-04	BC3	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x DH60/2 x DA69/3	2	2	2		DH60/2	6	13-nov
BJ15-029-10	BC3	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x DH60/2 x DA69/3	2	2	2		DA69/3	17	10-nov
BJ15-029-10	BC3	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x DH60/2 x DA69/3	2	2	2		DH60/2	21	19-nov
BJ15-030-01	BC3	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x DH60/2 x DH60/2	2	2	2		DH60/2	13	13-nov
BJ15-030-08	BC3	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x DH60/2 x DH60/2	2	2	2		DH60/2	15	13-nov
BJ15-032-03	BC3	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x AZ60/1 x AZ60/1	2	2	2		AZ60/1	15	10-nov
BJ15-036-02	BC3	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x AO118/2 x DD125/1	2	2	2		DD125/1	25	30-oct
BJ15-037-04	BC3	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x AO118/2 x DD84/2	2	2	2		DD125/1	4	28-oct
BJ15-037-04	BC3	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x AO118/2 x DD84/2	2	2	2		DD84/2	14	30-oct
BJ15-037-10	BC3	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x AO118/2 x DD84/2	2	2	2		DD125/1	9	28-oct
BJ15-037-10	BC3	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x AO118/2 x DD84/2	2	2	2		AO118/2	7	28-oct
BJ15-037-10	BC3	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x AO118/2 x DD84/2	2	2	2		DD84/2	4	30-oct
BJ15-039-03	BC3	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x AO118/2 x CB84/4	2	2	2		CB84/4	7	06-nov
BJ15-039-03	BC3	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x AO118/2 x CB84/4	2	2	2		AO118/2	9	13-nov
BJ15-039-05	BC3	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x AO118/2 x CB84/4	2	2	2		CB84/4	12	10-nov
n° de plante	G°	Parent mâle ?	BnA 10R2	Fri	Vin 3	Co C9	Croisement plante femelle ?	Nbre fleurs	date
BJ15-004-08	BC4	(Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL x Corolle x Corolle x CB84/4	2	2			CB84/4	31	02-nov
BJ15-009-01	BC4	(Alamir x Ficita) <sup>2</sup> FL x Ficita x Ficita x Ficita	2	1			Ficita	15	06-nov
BJ15-010-05	BC4	(Alamir x Ficita) <sup>2</sup> FL x Ficita x DA69/3 x DA69/3	2	2			DA69/3	25	28-oct
BJ15-010-05	BC4	(Alamir x Ficita) <sup>2</sup> FL x Ficita x DA69/3 x DA69/3	2	2			Ficita	25	28-oct
BJ15-012-01	BC4	(Alamir x Ficita) <sup>2</sup> FL x Ficita x CI63/1 x CI63/1	2	2			CI63/1	16	06-nov
BJ15-017-04	BC3	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x Corolle x DD84/2	2			2	DD84/2	20	28-oct
BJ15-017-06	BC3	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x Corolle x DD84/2	2			2	DD84/2	8	02-nov
BJ15-017-06	BC3	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x Corolle x DD84/2	2			2	Corolle	7	10-nov
BJ15-019-05	BC3	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x Corolle x Corolle	2			2	DD125/1	8	30-oct
BJ15-019-05	BC3	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x Corolle x Corolle	2			2	CI63/1	7	02-nov
BJ15-019-05	BC3	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x Corolle x Corolle	2			2	Corolle	17	19-nov
BJ15-020-04	BC4	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x AZ58/1 x AZ58/1	2				AZ58/1	15	13-nov
BJ15-027-09	BC3	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x CI63/1 x CI63/1	2	2	2		CI63/1	10	19-nov
BJ15-029-04	BC3	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x DH60/2 x DA69/3	2	2	2		DA69/3	15	30-oct
BJ15-029-10	BC3	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x DH60/2 x DA69/3	2	2	2		DA69/3	6	10-nov
BJ15-032-03	BC3	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x AZ60/1 x AZ60/1	2	2	2		AZ60/1	8	10-nov
BJ15-036-02	BC3	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x AO118/2 x DD125/1	2	2	2		DD125/1	22	30-oct
BJ15-036-02	BC3	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x AO118/2 x DD125/1	2	2	2		AO118/2	10	02-nov
BJ15-037-04	BC3	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x AO118/2 x DD84/2	2	2	2		DD84/2	12	30-oct
BJ15-037-10	BC3	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x AO118/2 x DD84/2	2	2	2		DD125/1	9	28-oct
BJ15-037-10	BC3	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x AO118/2 x DD84/2	2	2	2		DD84/2	9	30-oct
BJ15-037-10	BC3	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x AO118/2 x DD84/2	2	2	2		AO118/2	7	04-nov

1.5. Suivi des hybrides interspécifiques entre la moutarde brune et des variétés de colza d'hiver, semés à l'automne 2015

n° de famille	Génotype	Génération	nombre de graines semées	écartement (m)	longueur de l'essai (m)	date semis
Bordure Etamine	Bordure Etamine	lignée	75	0,25	0,25	4-sept.-15
BJ15-063	(Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL x CH25/1 x CH25/1 x CH25/1	BC4	25	0,75	1	4-sept.-15
BJ15-065	(Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL x CH25/1 x CH25/1 x DD84/2	BC4	25	0,75	1,75	4-sept.-15
BJ15-068	(Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL x CH25/1 x Corolle x DI82/5	BC4	25	0,75	2,5	4-sept.-15
BJ15-069	(Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL x CH25/1 x Corolle x CI114/2	BC4	25	0,75	3,25	4-sept.-15
BJ15-070	(Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL x CH25/1 x Corolle x Corolle	BC4	25	0,75	4	4-sept.-15
BJ15-075	(Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL x CH25/1 x USDA14 x DI82/5	BC4	25	0,75	4,75	4-sept.-15
BJ15-079	(Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL x CH25/1 x AZ116/4 x AZ116/4	BC4	25	0,75	5,5	4-sept.-15
BJ15-081	((Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x CT57/2 x CT57/2	BC3/BC4	25	0,75	6,25	4-sept.-15
BJ15-087	((Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x Etamine x Etamine	BC3/BC4	25	0,75	7	4-sept.-15
BJ15-088	((Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x Etamine x DA49/1	BC3/BC4	20	0,75	7,75	4-sept.-15
BJ15-090	((Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x DA69/3 x DD84/2	BC3/BC4	25	0,75	8,5	4-sept.-15
BJ15-091	((Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x DA69/3 x CI114/2	BC3/BC4	10	0,75	9,25	4-sept.-15
BJ15-092	((Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x DA69/3 x BY60/1	BC3/BC4	25	0,75	10	4-sept.-15
BJ15-095	((Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x DA69/3 x DA69/3	BC3/BC4	25	0,75	10,75	4-sept.-15
BJ15-097	((Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x DA69/3 x CJ35/2	BC3/BC4	10	0,75	11,5	4-sept.-15
BJ15-100	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x Corolle x Corolle	BC3/BC4	25	0,75	12,25	4-sept.-15
BJ15-101	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x Corolle x DD84/2	BC3/BC4	25	0,75	13	4-sept.-15
BJ15-105	(Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x AZ58/1 x AZ58/1	BC3/BC4	25	0,75	13,75	4-sept.-15
BJ15-109	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x AO118/2 x DD84/2	BC3/BC4	25	0,75	14,5	4-sept.-15
BJ15-110	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x AO118/2 x DZ100/1	BC3/BC4	25	0,75	15,25	4-sept.-15
BJ15-111	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x AO118/2 x AO118/2	BC3/BC4	25	0,75	16	4-sept.-15
BJ15-117	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x Ficita x DI82/5	BC3	25	0,75	16,75	4-sept.-15
BJ15-118	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x Ficita x HT frisée	BC3	20	0,75	17,5	4-sept.-15
BJ15-119	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x Ficita x Ficita	BC3	25	0,75	18,25	4-sept.-15
BJ15-120	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x Ficita x CJ35/2	BC3	25	0,75	19	4-sept.-15
BJ15-121	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x CA55/1 x CA55/1	BC3	25	0,75	19,75	4-sept.-15
BJ15-123	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x USDA14 x DD125/1	BC3	25	0,75	20,5	4-sept.-15
BJ15-124	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x USDA14 x USDA14	BC3	25	0,75	21,25	4-sept.-15
BJ15-125	((BC1 nat 96-1/2/3) <sup>2</sup> = BJ12-52-20) <sup>2</sup> FL x USDA14 x CB84/4	BC3	25	0,75	22	4-sept.-15
BJ15-127	((Etamine x Catalina) x DA69/3) x Corolle x DA69/3 x CB84/4	BC4	25	0,75	22,75	4-sept.-15
BJ15-130	(Etamine x Alamir) <sup>2</sup> x BP43/7 x DH60/2 x DD125/1	BC3	25	0,75	23,5	4-sept.-15
BJ15-131	(Etamine x Alamir) <sup>2</sup> x BP43/7 x DH60/2 x DH60/2	BC3	25	0,75	24,25	4-sept.-15
BJ15-134	(BC1 nat BJ12-52-20) <sup>2</sup> x AZ58/1 x AZ58/1 x AZ60/1	BC4	25	0,75	25	4-sept.-15
BJ15-135	(BC1 nat BJ12-52-20) <sup>2</sup> x AZ58/1 x AZ58/1 x AZ58/1	BC4	25	0,75	25,75	4-sept.-15
BJ15-136	(BC1 nat BJ12-52-20) <sup>2</sup> x AZ58/1 x AZ58/1 x AZ116/4	BC4	25	0,75	26,5	4-sept.-15
BJ15-139	(BC1 nat BJ12-52-20) <sup>2</sup> x AZ58/1 x AZ58/1 x CI114/2	BC4	25	0,75	27,25	4-sept.-15
BJ15-141	(Etamine x Alamir) <sup>2</sup> x AZ60/1 x AZ60/1	BC3	7	0,75	28	4-sept.-15
BJ15-142	(Etamine x Alamir) <sup>2</sup> x AZ60/1 x DD125/1	BC3	25	0,75	28,75	4-sept.-15
BJ15-143	(Alamir x Ficita) <sup>2</sup> FL x Ficita x Ficita x Ficita	BC4	25	0,75	29,5	4-sept.-15
BJ15-144	((Etamine x Catalina) x DA69/3) x DA69/3 x DA69/3 x DA69/3	BC4	25	0,75	30,25	4-sept.-15
BJ15-145	((Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x CT57/2 x CT57/2	BC4	25	0,75	31	4-sept.-15
BJ15-148	((Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x AO118/2 x AO118/2	BC3/BC4	20	0,75	31,75	4-sept.-15
BJ15-149	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x USDA14 x Corolle	BC3/BC4	25	0,75	32,5	4-sept.-15
BJ15-150	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x USDA14 x USDA14	BC3/BC4	25	0,75	33,25	4-sept.-15
BJ15-151	(Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL x AZ58/1 x AZ58/1 x AZ58/1	BC4	25	0,75	34	4-sept.-15
BJ15-152	((Etamine x Catalina) x DA69/3) x Corolle x DA69/3 x Corolle	BC4	25	0,75	34,75	4-sept.-15
BJ15-153	((Etamine x Catalina) x DA69/3) x Corolle x DA69/3 x DA69/3	BC4	25	0,75	35,5	4-sept.-15
BJ15-155	(Etamine x Alamir) <sup>2</sup> x BY60/1 x BY60/1 x BY60/1	BC3	25	0,75	36,25	4-sept.-15
BJ15-210	((Etamine x Catalina) x DA69/3) x DA69/3 x DA69/3) <sup>2</sup>	BC3AF1	70	0,75	37	4-sept.-15
BJ15-226	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL x CH25/1 x CH25/1) <sup>2</sup>	BC3AF1 FL	70	0,75	37,75	4-sept.-15
BJ15-291	((BC1 nat BJ12-52-20) <sup>2</sup> x AZ58/1 x AZ58/1) <sup>2</sup>	BC3AF1 FL	70	0,75	38,5	4-sept.-15
BJ15-295	((Alamir x Ficita) <sup>2</sup> FL x Ficita x Ficita) <sup>2</sup>	BC3AF1 FL	70	0,75	39,25	4-sept.-15
BJ15-306	((Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL x AZ58/1 x AZ58/1) <sup>2</sup>	BC3AF1 FL	70	0,75	40	4-sept.-15
Bordure Etamine	Bordure Etamine	lignée	75	0,75	40,75	4-sept.-15

Figure 10 Plan de la parcelle hybrides interspécifiques de la saison 2015-2016 : 55 rangs de 5 mètres de long et espacés de 0,25 mètre.

1500 graines issues des rétrocroisements et des autofécondations du printemps 2015 ont été semées à l'automne 2015, soit 18 familles BC4 (hybrides F1 rétrocroisés 4 fois avec de la moutarde

brune), 13 familles BC3, 17 familles BC3/BC4 et 5 familles BC3AF1 issues de l'autofécondation libre de 5 plantes BC3. Le semis a eu lieu en semis direct au champ le 4 septembre 2015. Une liste des familles semées est disponible en figure 10. Les familles surlignées ont été rétrocroisées avec au moins deux fois la même variété. Les témoins moutarde brune Corolle, Ficita, DA69/3, Etamine ainsi que les témoins colza Rendezvous et Catalina ont été semés à la suite des familles intraspécifiques, toujours le 4 septembre 2015. L'ensemble des lignées de moutarde brune utilisées dans les croisements ont été semées fin septembre à la suite de l'essai.

### **Génotypage :**

Entre octobre 2015 et janvier 2016, 176 plantes appartenant à 2 familles BC4 et 8 familles BC3/BC4 ont été génotypées avec 3 marqueurs moléculaires :

- Le marqueur BnA10R2 pour suivre la conservation du gène BnFLC1 (chromosome A10)
- Le marqueur BnFriR3 pour suivre la conservation du gène BnFrigida (chromosome A03).
- Le marqueur BnVin3 pour suivre la conservation d'un autre gène impliqué dans le processus de vernalisation, le gène Vernalization Insensitive 3 (chromosome A03).
- Les 10 marqueurs microsatellites spécifiques du génome du colza, ainsi que le marqueur Exon7 seront passés une fois que l'ensemble des plantes seront génotypées et seulement sur les plantes possédant les caractères de vernalisation. Le développement et la validation des marqueurs est détaillé dans le chapitre « *Développement de nouveaux marqueurs moléculaires* ».

BnFLC1 est présent dans l'ensemble des familles testées. Ces 10 familles comptent au total 176 plantes. Soixante-dix-sept plantes ont conservé BnFLC1, soit 44 % des plantes, ce qui est un peu inférieur au ratio de 50% habituellement observé en rétrocroisement pour un gène. Trente-cinq de ces plantes ont conservé BnFLC1 et BnFri, soit 45% des plantes ayant BnFLC1, ce qui un peu en dessous du ratio espéré de 50% habituellement observé en rétrocroisement

Parmi ces plantes, 25 appartiennent à des familles issues de plantes possédant BnVin3 l'année précédente. Vingt-et-une plantes parmi ces vingt-cinq plantes ont également conservé BnVin3 soit 84% des plantes. Ce ratio, largement supérieur au 50% attendu nous confirme l'hypothèse émise l'année dernière, à savoir que BnVin3 et BnFri serait sur le même QTL de floraison sur le chromosome A03 du colza et donc liés génétiquement.

En réponse à un mois de décembre très doux, certains hybrides sont « montés » d'environ 20 cm. Les prochains génotypages ne se feront que sur les plantes restées au stade rosette. Cela confirme l'intérêt d'un semis précoce pour repérer les individus montant à fleur avant l'hiver (pas de besoin en vernalisation).

**Tableau 5** Résultats du génotypage des plantes de deux familles BC4 (Bj-075 et Bj15-079) ainsi que de 8 familles BC3/BC4 (Bj15-081, Bj15-087, Bj15-088, Bj15-090, Bj15-092, Bj15-097 et Bj15-100). Les cases vertes, violettes et rose indiquent respectivement la présence de BnFLC1, BnFri et BnVin3.

Masternumbers	G°	semis	Génotype	BnA10 R2	Exon 7	Fri	Vin3
BJ15-075-12	BC4	04/09/2015	(Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL x CH25/1 x USDA14 x DI82/5	2		2	1
BJ15-075-13	BC4	04/09/2015	(Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL x CH25/1 x USDA14 x DI82/5	2		2	1
BJ15-079-05	BC4	04/09/2015	(Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL x CH25/1 x AZ116/4 x AZ116/4	2		2	1
BJ15-079-10	BC4	04/09/2015	(Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL x CH25/1 x AZ116/4 x AZ116/4	2		2	1
BJ15-079-13	BC4	04/09/2015	(Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL x CH25/1 x AZ116/4 x AZ116/4	2		2	1
BJ15-079-15	BC4	04/09/2015	(Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL x CH25/1 x AZ116/4 x AZ116/4	2		2	1
BJ15-079-18	BC4	04/09/2015	(Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL x CH25/1 x AZ116/4 x AZ116/4	2		2	1
BJ15-079-19	BC4	04/09/2015	(Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL x CH25/1 x AZ116/4 x AZ116/4	2		2	1
BJ15-081-03	BC3/BC4	04/09/2015	((Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x CT57/2 x CT57/2	2		2	1
BJ15-081-18	BC3/BC4	04/09/2015	((Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x CT57/2 x CT57/2	2		2	1
BJ15-081-21	BC3/BC4	04/09/2015	((Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x CT57/2 x CT57/2	2		2	1
BJ15-087-03	BC3/BC4	04/09/2015	((Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x Etamine x Etamine	2		2	2
BJ15-087-17	BC3/BC4	04/09/2015	((Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x Etamine x Etamine	2		2	2
BJ15-088-07	BC3/BC4	04/09/2015	((Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x Etamine x DA49/1	2		2	2
BJ15-090-01	BC3/BC4	04/09/2015	((Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x DA69/3 x DD84/2	2		2	2
BJ15-090-04	BC3/BC4	04/09/2015	((Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x DA69/3 x DD84/2	2		2	2
BJ15-090-14	BC3/BC4	04/09/2015	((Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x DA69/3 x DD84/2	2		2	2
BJ15-090-19	BC3/BC4	04/09/2015	((Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x DA69/3 x DD84/2	2		2	2
BJ15-091-04	BC3/BC4	04/09/2015	((Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x DA69/3 x CI114/2	2		2	2
BJ15-091-08	BC3/BC4	04/09/2015	((Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x DA69/3 x CI114/2	2		2	2
BJ15-092-10	BC3/BC4	04/09/2015	((Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x DA69/3 x BY60/1	2		2	2
BJ15-092-17	BC3/BC4	04/09/2015	((Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x DA69/3 x BY60/1	2		2	2
BJ15-092-19	BC3/BC4	04/09/2015	((Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x DA69/3 x BY60/1	2		2	2
BJ15-092-21	BC3/BC4	04/09/2015	((Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x DA69/3 x BY60/1	2		2	2
BJ15-092-22	BC3/BC4	04/09/2015	((Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x DA69/3 x BY60/1	2 ?		2	2
BJ15-097-02	BC3/BC4	04/09/2015	((Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x DA69/3 x CJ35/2	2		2	2
BJ15-097-06	BC3/BC4	04/09/2015	((Etamine x Catalina) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x DA69/3 x CJ35/2	2		2	1
BJ15-100-01	BC3/BC4	04/09/2015	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x Corolle x Corolle	2		2	2
BJ15-100-07	BC3/BC4	04/09/2015	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x Corolle x Corolle	2		2	2
BJ15-100-12	BC3/BC4	04/09/2015	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x Corolle x Corolle	2		2	2
BJ15-100-13	BC3/BC4	04/09/2015	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x Corolle x Corolle	2		2	1
BJ15-100-19	BC3/BC4	04/09/2015	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x Corolle x Corolle	2		2	2
BJ15-100-21	BC3/BC4	04/09/2015	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x Corolle x Corolle	2		2	2
BJ15-100-24	BC3/BC4	04/09/2015	((Alamir x Corolle) <sup>2</sup> FL) <sup>2</sup> FL x Corolle x Corolle	2		2	2

## 2. Développement de nouveaux marqueurs moléculaires

### 2.1. Résultats 2011-mars 2015

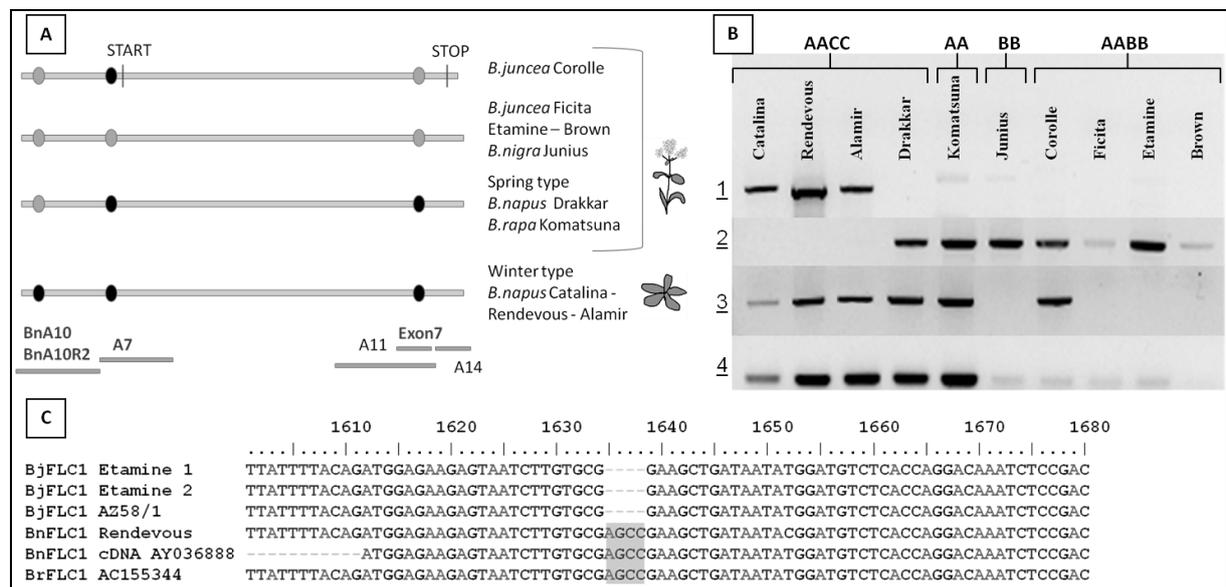
Afin de vérifier le statut hybride des plantes F1, la conservation du gène BnFLC1 et le retour au fond génétique de la moutarde, nous avons développé en 2011 des marqueurs moléculaires spécifiques du colza et de la moutarde, soit espèces spécifiques (RAPD, ISSR ou SSR) soit spécifiques du gène de floraison FLC1 (A7 et A11) comme montré dans le tableau 5. Les trois premiers marqueurs du gène de vernalisation FLC1 ont été développés conjointement avec Cyril Falentin (INRA de Rennes). Les autres marqueurs du gène FLC1, ceux des gènes *Frigida*, *Vernalization Insensitive 3* (Vin3) et *Constans* (Co) ont été exclusivement développés à AgroSupDijon, en 2013 et 2015.

**Tableau 6** Récapitulatif des marqueurs développés en 2011-2015

Marqueur	Référence	Nature	Type	Taille
UBC 812	Huangfu et al. 2011	ISSR	codominant	7 bandes de ~400 à ~1250 pb
UBC 849	Huangfu et al. 2011	ISSR	codominant	~600 et ~1000pb
UBC 891	Huangfu et al. 2011	ISSR	codominant	4 bandes de ~600 à ~1250 pb
pBNBH35	Schelfhout et al. 2004	Spécifique du génome B	dominant	329 pb
Bn83B1	Szewc-McFadden et al. 1996	SSR	dominant	194 pb
A7	Cyril Falentin (INRA Rennes)/AgroSup/Weliencie	Spécifique du gène FLC1	dominant	1160 pb
A11	Cyril Falentin (INRA Rennes)/AgroSup/Weliencie	Spécifique du gène FLC1	codominant	1611 pb ou ~ 2500 pb
BnA10	Cyril Falentin (INRA Rennes)/AgroSup/Weliencie	Spécifique du gène FLC1	récessif	660 pb
BnA10R2	AgroSup Dijon/Weliencie	Spécifique du gène FLC1	dominant	693 pb
Exon 7	AgroSup Dijon/Weliencie	Spécifique du gène FLC1	dominant	126 pb
BnFri-R3	AgroSup Dijon/Weliencie	Spécifique du gène BnFrigida	dominant	460 pb
BnVin3A03 F1-R2	AgroSup Dijon/Weliencie	Spécifique du gène BnVin3 A03	dominant	~500 pb
BnCo C09	AgroSup Dijon/Weliencie	Spécifique du gène BnConstans C09	codominant	100 pb ou 105 pb

Nous avons identifié en 2011, chez la moutarde, une copie du gène FLC orthologue de BnFLC1 du colza (données non publiées) que nous avons nommé BjFLC1. Il est composé de 7 exons et 6 introns. Quatre marqueurs ont été développés, un au début du gène (A7), un sur une zone codante à la fin du gène (Exon7), et deux situés sur la zone promotrice du gène (BnA10 et BnA10R2). Cette zone a été identifiée en 2012 comme la zone différenciant les types hiver et les types printemps chez le colza ((Hou et al. 2012). Ces marqueurs permettent de vérifier l'introgression de la totalité du gène. Un test en champ au printemps 2013 sur une population BC1 non vernalisée a permis de valider ces marqueurs mais a aussi mis en évidence le fait que BnFLC1 ne serait pas le seul gène impliqué dans le processus de vernalisation même s'il est cité dans les publications comme le gène majeur. En effet,

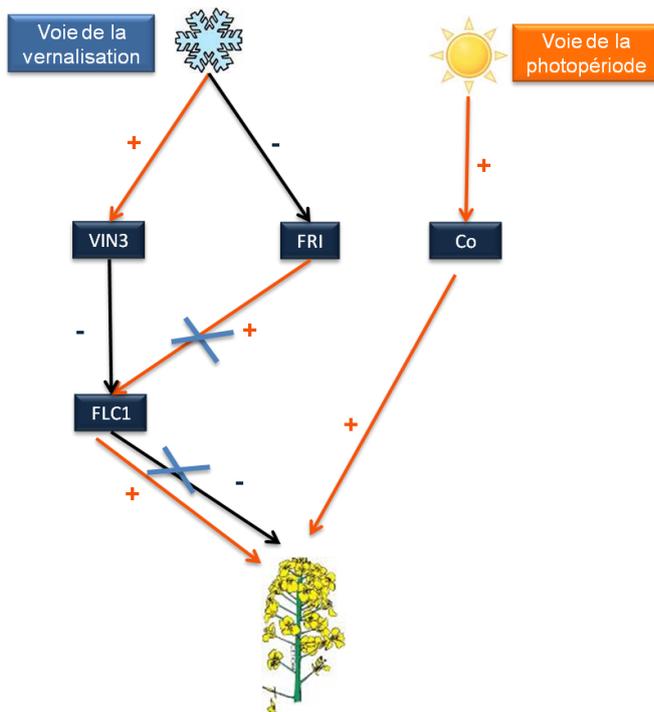
certaines plantes possédant BnFLC1 sont quand même montées à fleur avec un retard de 2 semaines par rapport à celles ayant perdu BnFLC1.



**Figure 11** Analyse du polymorphisme de FLC1. **A.** Représentation schématique de la localisation des différents marqueurs développés sur le gène FLC1. Les polymorphismes sont figurés par des points ovales. "START" et "STOP" représentent le codon start et le codon stop. Seuls les marqueurs situés sur zone BnA10 permettent de discriminer les types printemps des types hiver. Les marqueurs A7 et Exon 7 permettent de suivre BnFLC1 en fonction de la moutarde utilisée en croisement. **B.** Amplification des quatre fragments dans les différents génotypes. 1: BnA10R2, 2: BnA10, 3: Amplicon7 et 4: Exon7. La composition du génome de chaque espèce est donnée en haut de l'image: AACC pour *B. napus*, AA pour *B. rapa*, BB pour *B. nigra* et AABB pour *B. juncea*. Les variétés de colza Catalina, Rendezvous et Alamir sont des types hiver, Drakkar est un type printemps. **C.** Alignement des séquences de l'amplicon 11 de *B. juncea* (cv. Etamine et AZ58 / 1), *B. napus* type hiver (cv. Rendezvous et BnFLC1 ADNc AY036888) et *B. rapa* (BrFLC1 AC155344). L'insertion/déletion de quatre paires de bases AGCC est mis surligné en gris.

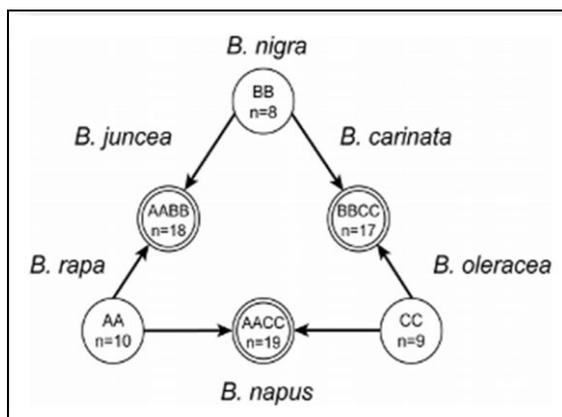
Il a été montré que FLC1 n'était pas le seul gène impliqué dans le processus de vernalisation même s'il est cité dans les publications comme le gène majeur. Nous avons donc étudié le polymorphisme d'autres gènes responsables de la précocité de floraison/vernalisation chez les Brassicacées et lancé le développement de marqueurs moléculaires liés à ces gènes en vue de sélection assistée par marqueur.

Comme l'indique le schéma de la figure 12, trois autres gènes d'intérêt sont fortement impliqués la précocité de floraison/vernalisation chez les Brassicacées (Jung et Müller, 2009) via les voies de la vernalisation (Frigida = Fri et Vernalisation Insensitive 3 = Vin3) et de la photopériode (Constans = Co). Frigida et Vin3 régulent l'activité de FLC1 en fonction du froid. Le gène Constans, lui, agit sur le déclenchement de la floraison en fonction de la photopériode (durée du jour).



**Figure 12** Gènes impliqués dans le mécanisme de floraison chez les Brassicacées (Jung et Müller, 2009)

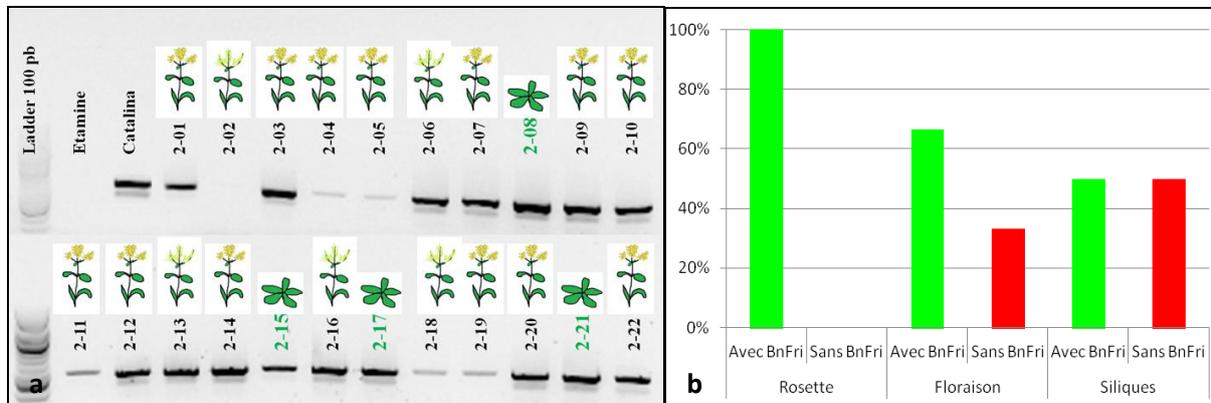
Pour plus de clarté, la figure 13 rappelle les relations génétiques entre les différentes espèces étudiées. La moutarde *B. juncea* est une espèce tétraploïde (elle cumule les deux génomes A et B) issue de l'hybridation spontanée entre deux espèces diploïdes : la moutarde noire *B. nigra* (génome B) et la navette *B. rapa* (génome A). Le colza est lui aussi une espèce tétraploïde (génome A et C) issue de l'hybridation spontanée entre deux espèces diploïdes : le chou *B. oleracea* (génome C) et la navette *B. rapa* (génome A). La moutarde et le colza ont donc la moitié de leurs chromosomes provenant du même génome, le génome A de la navette.



**Figure 13** Relations génétiques entre les différentes espèces de Brassicacées (U, 1935)

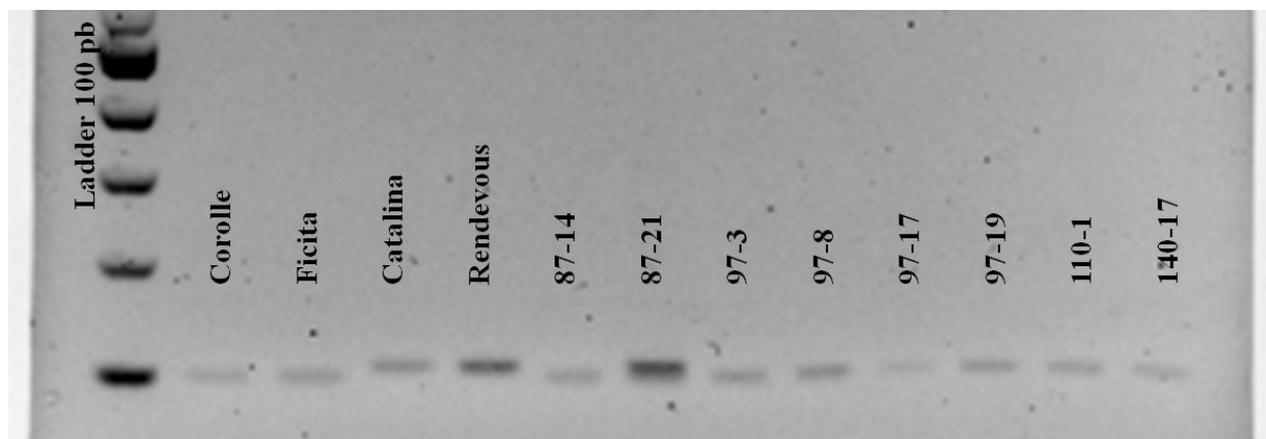
Un nouveau marqueur lié à un second gène, Frigida, impliqué dans le processus de vernalisation a été mis au point au printemps 2014. Il nous permet de suivre l'introgession de BnFri (*B. napus* Frigida génome A) dans nos croisements. Afin de valider l'intérêt de ce gène, le marqueur BnFriR3 a été testé sur l'ADN des plantes du semis de printemps du 25 Avril 2013, soit 30 plantes de la population F2/BC1 Bj12-029 (Alamir x Corolle)<sup>2</sup> FL dont le stade de développement avait été noté pour chaque plante le 12 juillet 2013.

Les résultats sont présentés dans la figure 14. 100% des plantes au stade rosette, 67% des plantes au stade floraison et 50% des plantes en siliques possèdent l'allèle « hiver » du colza BnFri (*Brassica napus* Frigida). Plus les plantes ont fleuri précocement (pas de besoin en vernalisation ou besoin moindre), moins l'allèle « hiver » est présent. Ce test montre l'implication de BnFri dans le processus de vernalisation, en association avec d'autres gènes.



**Figure 14 a.** Génotypage d'une population F2/BC1 (Alamir x Corolle)<sup>2</sup> semée le 25 Avril 2013 grâce au marqueur moléculaire BnFriR3 **b.** Pourcentage de plantes de cette même population en fonction de leur génotype et de leur stade de développement au 12 juillet 2013.

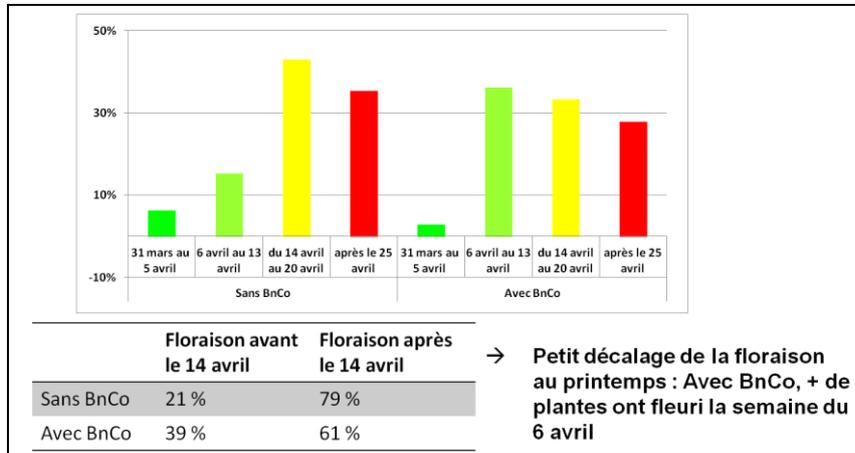
Un marqueur du gène de photopériode Constans (CO) a été développé durant l'été 2014. Un couple d'amorces nous a permis de différencier colza et moutarde (figure 15). Cependant il ne permet pas d'amplifier de fragments d'ADN du génome A mais seulement le génome B chez la moutarde et le génome C chez le colza.



**Figure 15** Amplification d'un fragment du gène Constans chez *B. juncea* (Corolle et Ficita), *B. napus* (type hiver Catalina et Rendezvous) et des hybrides BC2. Le fragment correspondant au gène du colza est plus grand que celui observé chez la moutarde. Chez les hybrides, seule la plante 87-21 a conservé le gène Co du colza.

Ce marqueur est lié au gène CO du colza présent sur le chromosome C9 et non sur un chromosome du génome A, commun au colza et à la moutarde. Ce marqueur a été testé sur 170 plantes semées le 4 avril 2014 en serre. Par rapport aux témoins moutarde, un retard de floraison est observé quand les plantes possèdent FLC1 et/ où Frigida. Par contre, il n'y a aucun décalage de floraison avec Constans. Ceci est peut-être dû au fait que le semis a eu lieu en avril, en jours longs.

Par contre, nous avons également génotypé les plantes du semis d'automne 2013 et comparé les résultats aux dates de floraison des plantes au printemps 2014. Il semblerait que les plantes possédant CO aient tendance à fleurir plus précocement, comme montré en figure 17, mais cela reste à confirmer. Avec BnCo, une plus grande proportion des plantes a fleuri la semaine du 6 avril 2014.

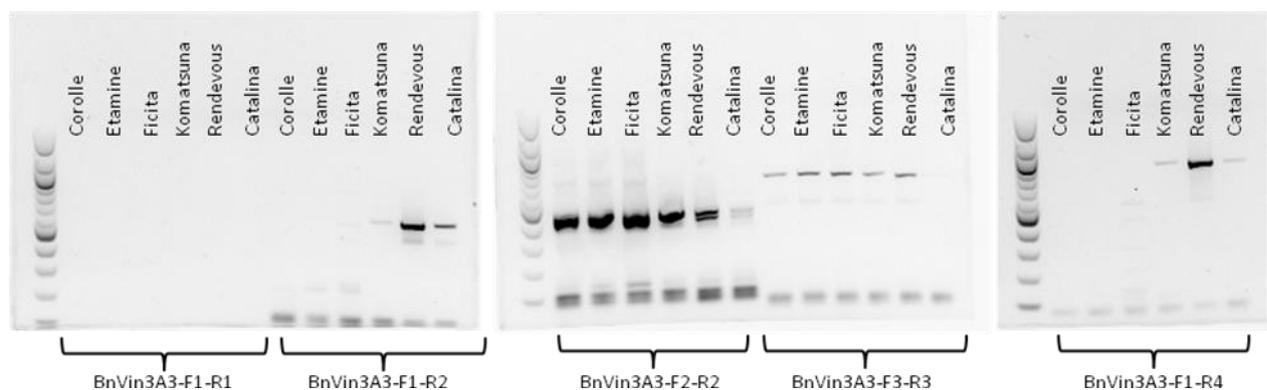


**Figure 16** Répartition des plantes du semis d'automne 2013 (181 plantes BC1 et BC2) en fonction de leur date de floraison (notations au printemps 2014) et de leur génotype vis-à-vis de BnCo (chromosome C9).

### Gène *Vernalization Insensitive 3 = Vin3*

Concernant le gène VIN3 (vernalization insensitive 3), un premier clonage et séquençage a été réalisé début 2014 sur un fragment du gène mais il n'a pas permis de révéler de différence de séquence entre le colza et la moutarde.

Grâce aux travaux de (Schiessl et al (2014) récemment publiés, nous avons eu accès à de nouvelles séquences de gènes de floraison et en particulier Vin3 issus de différents types de colza. Ceci nous a permis de développer un nouveau marqueur sur le gène Vin3, situé sur le chromosome A03. Cinq couples d'amorces ont été testés sur nos témoins moutarde afin de détecter du polymorphisme moléculaire entre la moutarde (Corolle, Ficita et Etamine), le colza (Rendevous et Catalina) et la navette (Komatsuna). Les résultats sont présentés en figure 17.



**Figure 17** Essais d'amplification de fragment du gène Vin3 chez trois moutarde (Corolle, Etamine et Ficita), une navette (Komatsuna) et deux colzas d'hiver (Rendevous et Catalina) avec cinq couples d'amorces spécifiques.

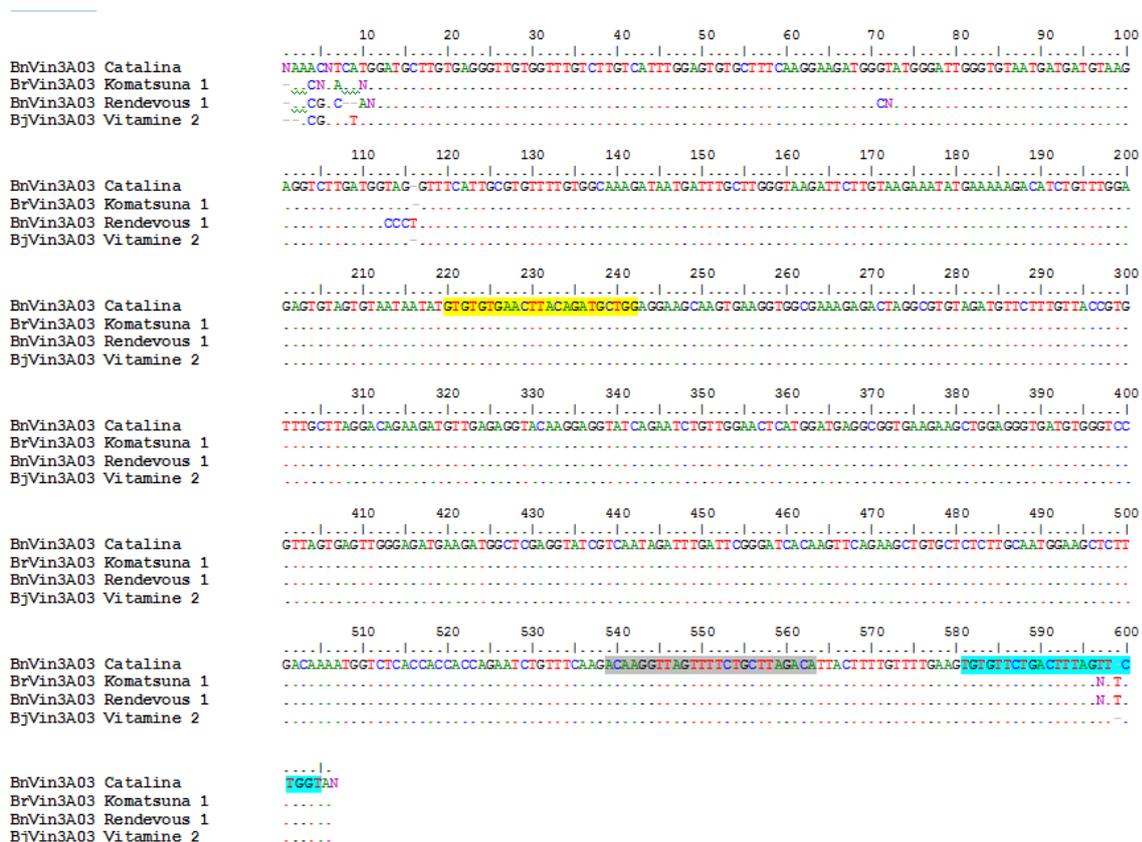
Avec les couples F1-R2 et F1-R4, nous observons une bande uniquement chez le colza (AACC) et la navette (AA), absente chez la moutarde (AABB). Nous avons décidé d'utiliser le couple F1-R2 en

routine, le fragment étant plus court que celui amplifié avec F1-R4 (gain de temps pour la réaction PCR). Un polymorphisme entre les espèces au niveau d'une des trois amorces (F1, R2 ou R4) est donc détecté. Avec le couple F3 – R3, nous observons une seule bande, chez tous les génotypes. Ce fragment contient les séquences des amorces R2 et R4. Il serait donc intéressant de cloner ce fragment, afin de savoir si le polymorphisme observé est situé au niveau de ces amorces.

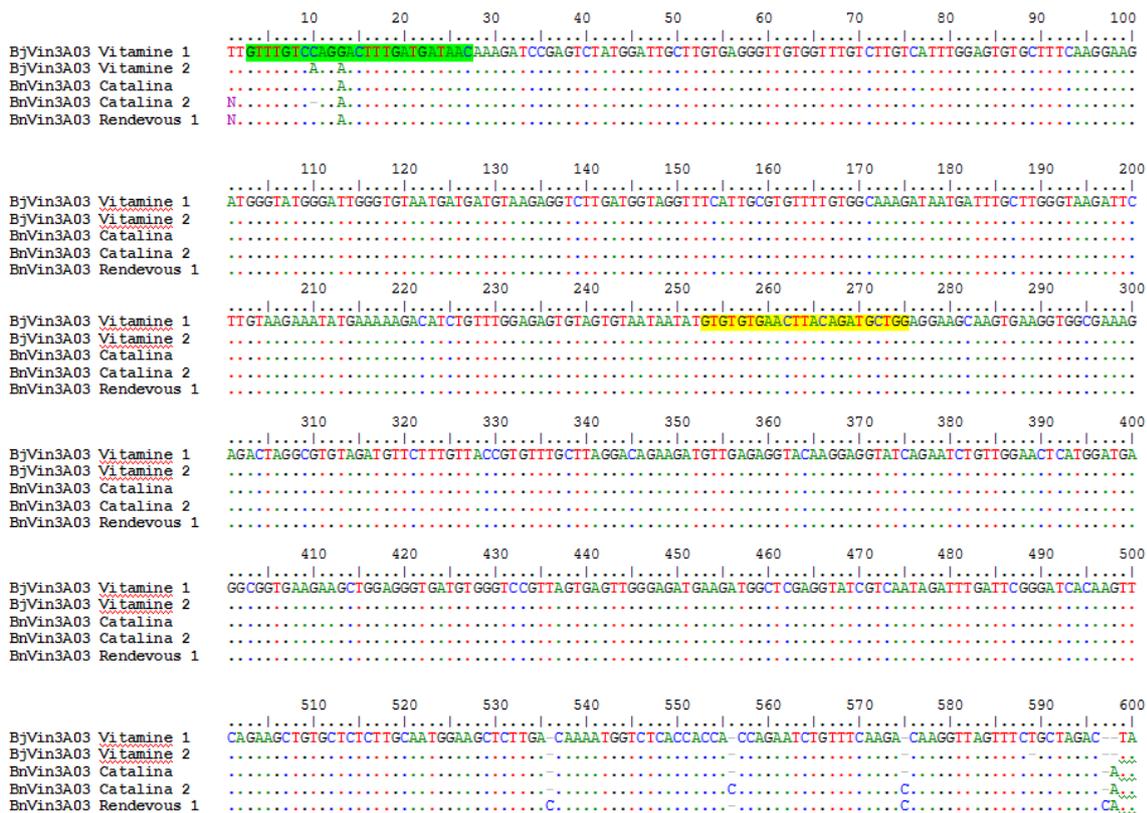
## 2.2. Développement de marqueurs sur d'autres gènes impliqués dans la vernalisation en 2015

### Gène Vernalization Insensitive 3 = Vin3

Comme décrit au chapitre précédent, nous avons mis au point début 2015 un marqueur moléculaire pour le gène Vin3 du chromosome A03 du colza d'hiver. Afin de savoir au niveau de quelle(s) amorce(s) se situe le polymorphisme (F1, R2 et/ou R4), nous avons décidé de cloner le fragment F3-R3 qui contient les amorces R2 et R4. Le fragment a été cloné et séquencé dans les deux sens (obtention de séquences sens et séquences antisens) pour deux colzas (Rendezvous et Catalina), une navette (Komatsuna) et une moutarde brune (Vitamine). Les séquences sens et antisens obtenues ont été alignées à l'aide du logiciel BioEdit. Les alignements sont disponibles en figures 18 et 19. Aucune différence de séquence n'a été détectée au niveau des amorces R2 et R4 (surlignées en jaune et en gris sur les figures), ce qui indique que le polymorphisme observé avec les couples d'amorces F1-R2 et F1-R4 se trouve exclusivement sur l'amorce F1.



**Figure 18** Alignement des séquences sens obtenues à partir de l'amorce F3, avec le logiciel BioEdit, le 15 octobre 2015. Les amorces R2, R4 et R3 sont surlignées. F3 n'apparaît pas, elle est en amont des séquences. En effet lors du séquençage, les premières bases sautent.

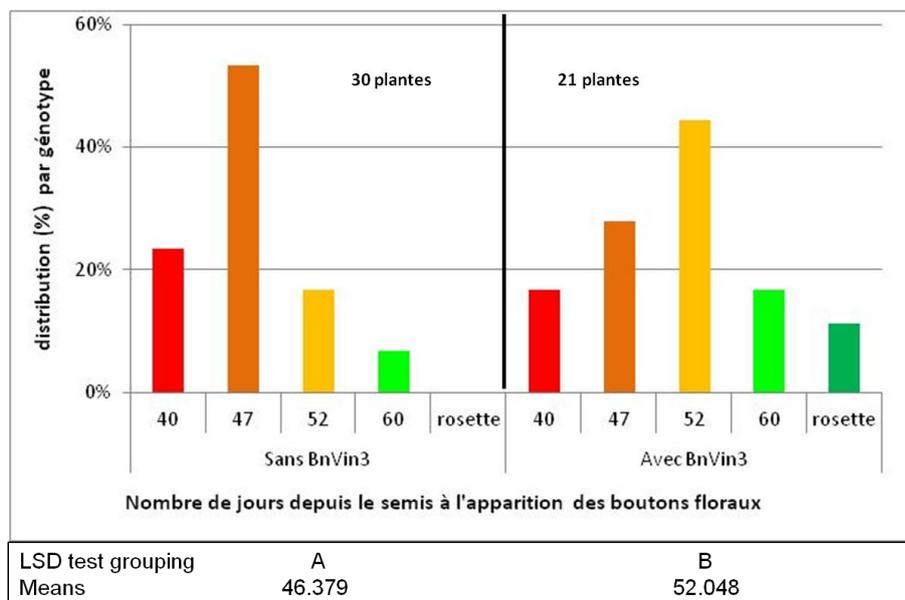


**Figure 19** Alignement des séquences reverse complement des séquences antisens obtenues à partir de l’amorce R3, avec le logiciel BioEdit, le 15 octobre 2015. Les amorces F3 et R2 sont surlignées. R4 et R3 n’apparaissent pas, elles sont en aval des séquences (pour plus de facilité de lecture, les séquences ont renversées, le séquençage s’est fait de droite à gauche).

### Validation et localisation de BnVin3A03

L’intérêt des marqueurs moléculaires liés à BnFLC1, BnFri, BnCo et BnVin3 a été à nouveau testé sur le semis de d’avril 2014 en serre. Cet essai nous a déjà permis de montrer que certains hybrides ne montent pas à fleurs et que les plantes possédant BnFLC1 et BnFri fleurissent plus tardivement sans vernalisation. Nous avons à notre disposition une population de 172 plantes principalement en BC2, 4 lignées de moutarde de référence (Corolle, Ficita, AZ58/1 et DA69/3) et les deux lignées de colza (Rendezvous et Catalina). Les plantes ont été phénotypées pour leur date de floraison (nombre de jours nécessaires depuis le semis à l’apparition des boutons floraux). Les plantes ont aussi été génotypés en utilisant des marqueurs BnFLC1, BnFri, BnVin3 et BnConstans. La plupart des plantes sont étaient au stade boutons floraux entre le 40ème et le 60ème jour. Les lignées de moutarde témoins étaient au stade boutons floraux avant 40 jours. Les variétés de colza sont restés en rosette.

Le gène Vin3 n’est présent que dans deux familles, il n’est pas bien représenté dans le panel de plantes disponibles du fait qu’il n’y avait pas de marqueurs moléculaires les années précédentes pour le sélectionner. Or, d’après la littérature, il serait inclus dans un QTL de floraison comprenant aussi Frigida sur le chromosome A03. Nous avons donc uniquement étudié les familles dont le parent hybride avait BnVin3 soit 51 plantes. Les répartitions des plantes montre une variation continue qui confirme que la date de floraison est bien un caractère quantitatif (voir figure 20).



**Figure 20** Répartition des 51 plantes du semis de printemps 2014 dont les parents possédaient BnVin3, en fonction de la présence ou non de BnVin3 et de la date d'apparition des boutons floraux, sans traitement par le froid. Le nombre de jours après le semis nécessaire pour l'apparition des boutons floraux a été noté. Les valeurs des moyennes avec la même lettre ne sont significativement pas différentes ( $P > 0,05$ ) selon le test statistique comparaisons multiples LSD.

Nous avons donc entrepris une détection de QTL par analyse de variance (Test proc glm sur SAS). Pour le marqueur BnVin3 F1-R2, les plantes sont réparties en deux groupes en fonction de leur génotype (avec BnVin3 ou sans BnVin3), les moyennes phénotypiques des deux groupes sont comparées (test LSD sur SAS). La différence de moyenne entre les deux groupes s'est révélée significative ( $p=0.0128 < 0.05$ ) ce qui permet de conclure à la présence d'un QTL lié au marqueur BnVin3 F1-R2. Les plantes ayant BnVin3 sont montées à fleur en moyenne 6 jours après celles l'ayant perdu.

Cette hypothèse de localisation de BnVin3 sur un QTL de floraison contenant également BnFrigida nous a été confirmée cette année lors du génotypage des premières familles BC4 et BC3/BC4 semées au champ le 4 septembre 2015 (voir chapitre 1.5 *Suivi des hybrides interspécifiques entre la moutarde brune et des variétés de colza d'hiver, semés à l'automne 2015*). 25 plantes possédant BnFLC1 et BnFrigida et appartenant à des familles issues de plantes possédant BnVin3 l'année précédente ont été génotypées avec BnVin3. Vingt-et-une plantes parmi ces vingt-cinq plantes ont conservé BnVin3 soit 84% des plantes. Ce ratio, largement supérieur au 50% attendu dans un schéma de rétrocroisement, nous indique que BnVin3 et BnFri sont liés génétiquement (dans la même zone du chromosome, A03) et donc potentiellement dans le même QTL.

***Validation de l'intérêt d'avoir des plantes homozygotes pour BnFLC1 par génotypage d'un semis de printemps en parcelle au printemps 2015***

Les descendants de 8 familles issues d'autofécondations de 2014 ont été semés le 21 avril 2015. Le génotype de ces familles est disponible dans la figure 21.

BJ14-098	$((\text{Alamir} \times \text{Corolle})^2 \text{FL} \times \text{CH25/1})^2 \text{FL}$	$(\text{BC2})^2 \text{FL}$
BJ14-129	$((\text{Etamine} \times \text{Catalina})^2 \text{FL})^2 \text{FL}$	$(\text{F3/BC2})^2$
BJ14-140	$((\text{Alamir} \times \text{Corolle})^2 \text{FL})^2 \text{FL}$	$(\text{F3/BC2})^2$
BJ14-157	$((\text{BC1 nat } 96-1/2/3)^2 = \text{BJ12-52-20})^2 \text{FL}$	$(\text{BC1})\text{AF3 FL}$
BJ14-185	$((\text{BC1 nat BJ12-52-20})^2 \times \text{AZ58/1})^2 \text{FL}$	$(\text{BC2})^2 \text{FL}$
BJ14-187	$((\text{BC1 nat BJ12-52-20})^2 \times \text{AZ58/1})^2 \text{FL}$	$(\text{BC2})^2 \text{FL}$
BJ14-108	$((\text{Alamir} \times \text{Ficita})^2 \text{FL} \times \text{Ficita})^2$	$(\text{BC2})^2$
BJ14-111	$((\text{Etamine} \times \text{Catalina}) \times \text{DA69/3}) \times \text{DA69/3})^2 \text{FL}$	$(\text{BC2})^2 \text{FL}$

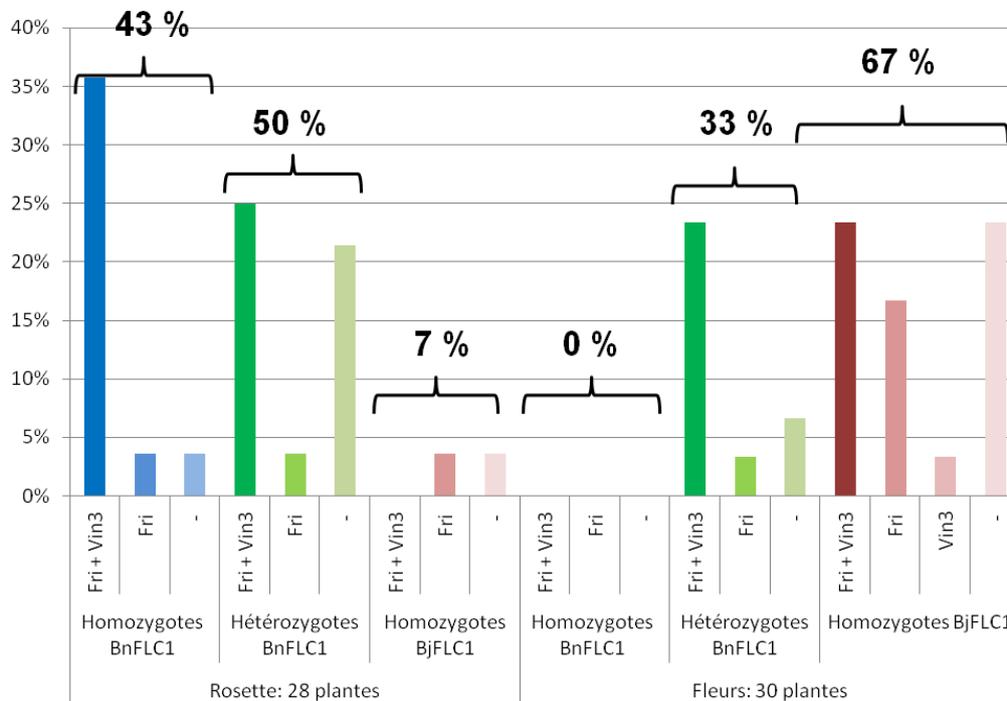
**Figure 21** Génotypes des familles semées en parcelle le 21 avril 2015.

Le but de cette étude est de repérer les individus ne fleurissant pas et de voir s'ils sont homozygotes pour le gène BnFLC1. En effet, pour le moment, les études précédentes ont surtout été faites sur des populations de rétrocroisements où les plantes sont forcément hétérozygotes pour les gènes d'intérêt. Le 9 juin 2015, des échantillons de feuilles de 28 plantes au stade rosette et 30 plantes en fleurs ont été prélevées (voir figure 22).



**Figure 22** Photographies du 9 juin 2015 de l'essai semé le 21 avril 2015 au champ. Les étiquettes roses indiquent des plantes déjà en fleurs, les étiquettes violettes et vertes des plantes restées au stade rosette. 22a. Population Bj14-129  $((\text{Etamine} \times \text{Catalina})^2 \text{FL})^2 \text{FL}$ . 22b. Population  $((\text{Alamir} \times \text{Corolle})^2 \text{FL} \times \text{CH25/1})^2 \text{FL}$ .

Les plantes ont ensuite été génotypées avec les marqueurs moléculaires BnA10R2, BnA10 (repérage des individus homozygotes ou hétérozygotes pour BnFLC1), BnFri et BnVin3. Les résultats sont présentés dans la figure 23.



**Figure 23** Répartition des plantes du semis de printemps 2015 du 21 avril 2015 en fonction de leur stade de développement le 9 juin 2015 (rosette ou fleurs) et de leur génotype.

12 plantes homozygotes pour BnFLC1 ont été identifiées. Elles sont réparties dans toutes les familles et étaient toutes en rosette le 9 juin 2015 (43% des plantes en rosette, 0% des plantes en fleurs sur le graphique). Parmi elles, 10 plantes avaient également BnFri et BnVin3. 93 % des plantes en rosette ont BnFLC1 contre 33 % des plantes en fleurs. 7% des plantes en rosette (2 plantes) n'ont pas BnFLC1 contre 67 % des plantes en fleurs. Les notations du développement des plantes en juin 2015 nous permettent de mettre en évidence une association forte entre le génotype (homozygote BnFLC1) et le phénotype rosette. Ces résultats nous confortent dans l'idée d'obtenir des lignées homozygotes pour BnFLC1 en autofécondant les futures plantes BC5.

### 2.3. Développement de marqueurs spécifiques du génome C du colza

#### Résultats acquis durant l'année 2013- 2015 :

En 2013-2014, afin de contrôler le retour au fond génétique de la moutarde, des marqueurs des neuf chromosomes du génome C (que nous voulons éliminer) ont été recherchés. 9 marqueurs microsatellites (SSR) spécifiques du génome C ont été retenus et testés : MR025 pour le chromosome C1, Na14H11 pour C2, Na10-D03 et Na10-C01 pour C3, CB10288 pour C4, MR129 pour C5, CB10544B pour C6, CB10268A pour C7 et CB10504B pour C8 et Bn83B1 pour C9. Leurs séquences sont disponibles sur la base de données Brassica DB. Après réactions PCR sur nos échantillons témoins, nous avons validé les 8 marqueurs SSR situés sur les chromosomes 1, 3 (2 marqueurs), 4, 5, 6, 7 et 8

et rejeté le marqueur Na14H11. Selon la taille des fragments attendus, les produits PCR sont séparés sur gel d'agarose ou gel d'acrylamide, plus résolutif. Cette dernière technique est mise en œuvre sur la plate-forme Li-Cor de l'INRA. Pour le suivi du chromosome C9, le marqueur SSR Bn83B1 a été retenu (Szewc-McFadden et al. 1996).

En 2015, ces marqueurs sont utilisés en routine. Un marqueur pour le chromosome C2 a été recherché dans les bases de données. Quatre marqueurs microsatellites (SSR) spécifiques du génome C, chromosome 2 ont été sélectionnés (Ni2-C12, Na12-A01, CB103-16 et CB100-26) à partir des études de Tsuda et al. (2012). Les séquences des amorces ont été récupérées dans la base de données Brassica DB. Nous avons validé le marqueur Ni2-C12 après analyse sur des témoins lignées pures moutarde et colza en mars 2015. Il a été utilisé en routine le reste de l'année 2015.

#### *2.4 Perspective concernant le développement de marqueurs moléculaires*

Le conseil scientifique de l'Association Moutarde de Bourgogne a validé les études réalisées sur les marqueurs moléculaires développés sur les 4 gènes principaux de floraison (FLC1, Frigida, Vin3 et Co) et les marqueurs moléculaires du génome C du colza. En 2016, ces marqueurs seront utilisés en routine.

Les recherches de nouveaux marqueurs se concentreront désormais sur la résistance à la rouille blanche. En effet, le colza étant résistant à la rouille blanche, il est possible que des gènes de résistance aient été conservés dans les populations hybrides.

### **3. Croisements intraspécifiques *B. juncea* x *B. juncea***

#### *3.1. Matériel végétal utilisé*

- 9 lignées de moutarde condimentaire : Ficita, Etamine, Corolle (AZ147/5), AA43/4, AZ58/1 et AX42/1, DD84/2, CI114/2, CH25/1 (fournies par T. Guinet, AgroSup Dijon)
- 4 géotypes de moutarde brune exotiques: Bau Sin (=BS, Chine/Taïwan), Osaka Purple (=OP, Japon), Green Wave (=GW, USA), Red Giant (=RG, Japon). Les graines de ces quatre variétés ont été fournies par AgroSup Dijon ou commercialisées par la société Kokopelli.
- 16 géotypes exotiques de la collection USDA, provenant de régions d'Asie avec des conditions climatiques froides en hiver (chaîne Himalayenne entre autres). L'Asie étant le centre d'origine de la moutarde brune. L'écotype USDA 14 vient de Corée du Nord.

#### *3.2. Détermination de la phase végétative + Résultats 2011-2015*

Plusieurs essais en chambre climatisée et en parcelle avec ou sans vernalisation ont été conduits les années précédentes afin de déterminer la variabilité de la phase végétative chez les différents écotypes. Seuls trois écotypes ont été retenus.

Les variétés Red Giant et Osaka Purple sont plus tardives à l'automne (risque d'induction florale moins élevé) que les variétés bourguignonnes. Cependant, elles ne possèdent pas de caractère de vernalisation.

L'écotype nord-coréen USDA 14 est très précoce au printemps (floraison en même temps que le colza d'hiver au printemps 2012) et résistant au froid. En chambre climatisée en 2011, cet écotpe n'était pas monté à fleur. Un semis de printemps tardif d'USDA 14 a été réalisé le 25 Avril 2013. L'ensemble des plantes est quand même monté à fleurs en juin 2013, ce qui signifie que cet écotpe ne possède de besoin en vernalisation.

Il a été décidé de se concentrer nos efforts sur les croisements avec Red Giant et USDA 14 même si quelques familles issues des croisements avec Osaka Purple et Bau Sin (plantes présentant beaucoup de ramification, précocité au printemps) ont été aussi semées. Elles peuvent intéresser Thierry Guinet pour la sélection de variétés destinées au couvert végétal.

### **Red Giant, Osaka Purple et Bau Sin**

Une autofécondation et des rétrocroisements avec de la moutarde condimentaire d'une plante hybride F1 Etamine x Red Giant ont été réalisés en 2012. Les graines (F2 et BC1 respectivement) ont été semées à l'automne 2012 en parcelle. Ces plantes ont été génotypées pendant l'hiver 2012-2013 et notées pour leur précocité de floraison puis à nouveau rétrocroisées avec de la moutarde condimentaire au printemps 2013. Les graines issues de ces croisements (F3 et BC2) ont été semées à l'automne 2013 en parcelle. Ces plantes ont été génotypées pendant l'hiver 2013-2014 avec un marqueur lié à FLC1, phénotypées et rétrocroisées au printemps 2014.

Deux familles BC3 Red Giant, 1 famille BC2 Osaka Purple et 1 famille BC2 Bau Sin ont été semées sur la parcelle de sélection le 26 septembre 2014. Elles ont été génotypées cet hiver pour FLC1 avec le marqueur BnFLC1CF07R-Exon7. Red Giant a également été semé le 26 Août 2014. Les plantes ne sont pas montées à fleur avant l'hiver et ont bien résisté au froid, contrairement aux témoins moutarde condimentaire. Les plantes ont été phénotypées au printemps 2015 et rétrocroisées avec 4 lignées de moutarde condimentaire (Corolle et AZ58/1 ainsi que DD84/2 et CI114/2).

Des croisements ont également été réalisés sur les écotypes Osaka Purple (phase végétative similaire à celle de Red Giant) et Bau Sin (très ramifié), avec les lignées Corolle, DA69/3 et DD125/1, pour un développement possible en variétés CIPAN.

### **USDA 14**

Des croisements ont été effectués en 2012 avec des lignées de moutardes condimentaire. Les graines obtenues ont été semées à l'automne 2012 en parcelle. Ces plantes ont été génotypées pendant l'hiver 2012-2013 pour vérifier leur caractère hybride, notées puis rétrocroisées avec de la moutarde condimentaire au printemps 2013. Les graines issues de ces croisements (BC1) ont été semées à l'automne 2013 en parcelle. Ces plantes ont été génotypées pendant l'hiver 2013-2014 avec un marqueur lié à FLC1, phénotypées et rétrocroisées au printemps 2014.

Trois familles BC2 USDA14 ont été semées le 26 Août 2014 et une famille BC2 le 26 septembre 2014. Une famille BC2 est montée à fleur à l'automne (semis du 26 août 2014) et n'a pas survécu à l'hiver. Les hybrides des autres familles n'ont pas fleuri, il y a bien un décalage de la floraison avant l'hiver, par rapport aux témoins moutarde condimentaire.

Deux familles interspécifiques (moutarde x colza) x moutarde x moutarde x USDA14 ont été semées à l'automne 2014, une fin août et une fin septembre. Celle du semis d'août n'est pas montée à fleur,

contrairement aux témoins moutarde condimentaire. Les plantes issues de ces deux familles se sont bien développées et n'ont pas subi de dégâts de gel. Ces plantes ont été phénotypées au printemps 2015 et rétrocroisées avec 5 lignées de moutarde condimentaire (Corolle, Ficita, AZ58/1, CH25/1 et DD84/2). De plus, la variété USDA14 a été incluse pour la deuxième année dans les plans de croisements avec les hybrides interspécifiques.

### 3.3 Semis précoce à l'automne 2015

Les populations issues des croisements interspécifiques ainsi que les variétés témoins (Corolle, Ficita, DA69/3, Etamine, USDA14, Red Giant, Osaka Purple et Green Wave) ont été semées le 4 septembre 2015. Elles seront phénotypées puis croisées au printemps 2016. Le tableau 7 ci-dessous montre l'ensemble des populations intraspécifiques semées. 25 graines de chaque population ont été semées.

**Tableau 7** Populations intraspécifiques semées le 4 septembre 2015 sur la parcelle d'expérimentation.

N° population	Génotype	G° par rapport au colza (indépendamment de la lignée de moutarde utilisée en BC)	Parent 1 Xmt départ 2011	Parent 2 Xmt départ 2011 (hybrides spontanés mâle stériles)	Xmt 2012 (hybrides F1 mâle stériles)	Xmt 2013	Xmt 2014	Xment 2015
BJ15-156	(Corolle x USDA 14) x Corolle x Corolle x Corolle	BC3		USDA14	Corolle	Corolle	Corolle	Corolle
BJ15-157	(Corolle x USDA 14) x Corolle x Corolle x CH25/1	BC3		USDA14	Corolle	Corolle	Corolle	CH25/1
BJ15-158	(AX42/1 x USDA 14) x Ficita x Ficita x Ficita	BC3		USDA14	AX42/1	Ficita	Ficita	Ficita
BJ15-159	(AX42/1 x USDA 14) x Ficita x Ficita x Ficita	BC3		USDA14	AX42/1	Ficita	Ficita	Ficita
BJ15-161	(USDA 14-4 x AZ58/1) x AZ58/1 x AZ58/1 x AZ58/1	BC3		USDA14	AZ58/1	AZ58/1	AZ58/1	AZ58/1
BJ15-165	((Etamine x RG) x Corolle) x AZ58/1 x AZ58/1 x DD84/2	BC4	Red Giant	Etamine	Corolle	AZ58/1	AZ58/1	DD84/2
BJ15-166	((Etamine x RG) x Corolle) x AZ58/1 x AZ58/1 x AZ58/1	BC4	Red Giant	Etamine	Corolle	AZ58/1	AZ58/1	AZ58/1
BJ15-169	(Corolle x USDA 14) x Corolle x Corolle x Corolle	BC3		USDA14	Corolle	Corolle	Corolle	Corolle
BJ15-168	(Corolle x USDA 14) x Corolle x Corolle x DD84/2	BC3		USDA14	Corolle	Corolle	Corolle	DD84/2
BJ15-170	((Etamine x RG) x Corolle) x Corolle x Corolle x Corolle	BC4	Red Giant	Etamine	Corolle	Corolle	Corolle	Corolle
BJ15-172	((Etamine x RG) x Corolle) x Corolle x Corolle x CI114/2	BC4	Red Giant	Etamine	Corolle	Corolle	Corolle	CI114/2
BJ15-177	(Corolle x BS) x Corolle x Corolle x DA69/3	BC3		Bau Sin	Corolle	Corolle	Corolle	DA69/3
BJ15-173	(Corolle x OP) x Corolle x Corolle x Corolle	BC3		Osaka Purple	Corolle	Corolle	Corolle	Corolle
BJ15-174	(Corolle x OP) x Corolle x Corolle x DD125/1	BC3		Osaka Purple	Corolle	Corolle	Corolle	DD125/1

## 4. Diffusion des résultats

Une partie des résultats obtenus a été présentée au cours des conseils scientifiques du programme qui ont eu lieu le 16 avril 2015 et le 17 novembre 2015, respectivement à la Maison Régionale de l'Innovation et à la Chambre d'Agriculture de Côte d'Or. Les prochains conseils scientifiques auront lieu le 5 avril 2016 et le 16 novembre 2016 sous la présidence de Messieurs Xavier PINOCHET (CETIOM, Responsable du département Méthodes et Technologies Innovantes sur le Campus INRA Agro ParisTech) et de Christophe LECOMTE (Ingénieur de recherches UMR Agroécologie 1347, Dijon) suite au départ à la retraite de Mr Michel RENARD (Directeur de recherches de l'INRA de Rennes). Un compte-rendu sera rédigé à la suite de ces présentations et diffusé aux membres de la filière. Les résultats ont aussi été présentés lors des Assemblées Générales de l'AMB et de l'APGMB.

Les objectifs du projet et ses résultats sont également le support d'activités pédagogiques (élèves ingénieurs d'AgroSup Dijon et élèves des sections scientifiques du Lycée Charles de Gaulle de Dijon ; projet « Génome à l'Ecole ») et de vulgarisation auprès du grand public (Académie des sciences, arts et belles lettres de Dijon) :

- Ce projet est utilisé comme support pédagogique à AgroSup Dijon. Les deux posters créés à l'occasion de l'anniversaire des 20 ans de la filière moutarde de Bourgogne ont été exposés lors de la journée Portes Ouvertes d'AgroSup Dijon le 4 Février 2015. Les prochaines portes ouvertes auront

lieu le 27 janvier 2016. Une présentation a été faite à des étudiants de 3ème année d'AgroSup Dijon dans le cadre du module Amélioration des Plantes le 29 Janvier 2015. La prochaine présentation aura lieu le 27 janvier 2016. Entre novembre 2015 et mars 2016, le projet a aussi impliqué trois élèves de dernière année dans le cadre de leur Projet C (Confrontation à une Situation Professionnelle) et les résultats du projet seront présentés à l'ensemble de l'option en Mars 2016. Cette année, le projet porte sur la résistance à la rouille blanche.

- Nous participons également au projet « Génome à l'école » depuis Mars 2015 avec les 1<sup>ères</sup> S du Lycée Charles de Gaulle de Dijon encadrés par leurs professeurs de SVT, Mme Deyme et Mr Diot. Le travail de clonage du gène de floraison Vin3 a été réalisé au sein du projet en 2015. Le Génoscope et l'école de l'ADN de Nîmes sont également partenaires de ce projet. Le suivi du projet est disponible sur un blog. Les premières séances sont visualisables sur les liens suivants. Le 19 Février 2015, nous avons, avec Mr Robiot, producteur de moutarde, présenté aux élèves le projet et la filière moutarde en Bourgogne : <http://lewebpedagogique.com/svtdiot2/2015/02/>.

Le 15 mars, les élèves sont venus visiter les laboratoires d'AgroSup Dijon et prélever au champ des hybrides pour en extraire l'ADN : <http://lewebpedagogique.com/svtdiot2/2015/03/15/projet-genome-visite-dagrosup-prelevements-au-champ/> Nous avons ensuite extrait l'ADN, réalisé des amplifications PCR et envoyé nos résultats d'amplification au Génoscope en juin 2015 : <http://lewebpedagogique.com/svtdiot3/category/genome-a-lecole/>

Les résultats de séquençage sont arrivés en octobre 2015. J'ai déjà réalisé les alignements de séquences même si ceux-ci seront également réalisés par les élèves l'année prochaine.

Ce projet a fait l'objet d'un article dans le Bien Public le 25 mai 2015 <http://www.bienpublic.com/edition-dijon-ville/2015/05/25/des-lyceens-travaillent-sur-une-nouvelle-variete-de-moutarde> et d'un reportage diffusé lors du journal régional du 19/20 de France 3 le 30 juin 2015. <http://france3-regions.francetvinfo.fr/bourgogne/qu-est-ce-que-la-moutarde-hybride-sur-laquelle-travaillent-des-lyceens-dijonnais-760312.html>

Le projet continue en 2016. En plus des alignements de séquences du gène Vin3, il portera sur le séquençage d'un gène susceptible d'être impliqué dans la résistance à la rouille blanche.



**Figure 24** Le projet « Génome à l'école » 2015 .De gauche à droite et de haut en bas : Thierry Guinet , sélectionneur et Jean Luc Robiot, producteur, présentent la filière, Marine Chasseray présente le laboratoire de biologie moléculaire à AgroSup Dijon, Prélèvements sur des feuilles d'hybrides au champ, Extraction d'ADN, Préparation de la PCR, Electrophorèse et Envoi au Génoscope.

Le lycée Charles de Gaulle fait partie des 5 établissements sélectionnés pour participer au vol du spationaute français Thomas Pesquet à bord de la station spatiale internationale en 2017. Il réalisera une expérience que concernant le rôle de la gravité sur la croissance des racines de moutarde, avec la variété Corolle, créée par AgroSup Dijon. Une présentation sera faite aux élèves impliqués (en classe de seconde) le 29 janvier 2016. Cette expérience a également fait l'objet d'un article paru dans le Bien Public le 25 mai 2015 : <http://www.bienpublic.com/actualite/2015/05/25/de-la-moutarde-dans-l-espace-en-2017>. Le suivi du projet est disponible sur le blog du lycée géré par Monsieur Diot : <http://lewebpedagogique.com/svtdiot3/category/genome-a-lecole/>

- Le 29 mai 2015, a été organisée une visite de la parcelle de sélection avec l'Académie de Sciences, Arts et Belles Lettres de Dijon lors de leur session « l'Académie au champ », où nous avons présenté le programme Sélection et le programme Vernalisation. Une présentation sera également faite le 18 Avril 2016 dans les locaux de l'Académie sur le thème de « la moutarde en Bourgogne, de l'origine à sa place dans l'économie régionale ». Une visite de la parcelle d'expérimentation devrait se faire par la suite au printemps 2016.

Un article scientifique est également en cours de rédaction.