Dossier documentaire sur des aspects de la domestication des choux

Partie 1 – De grandes variétés de crucifères cultivées

La famille des brassicacées (ou crucifères) comprend plus de 4 000 espèces. La taxinomie scientifique et les noms vernaculaires de plusieurs espèces du genre Brassica ont longtemps été très confus, rendant les sources écrites anciennes peu fiables pour connaître l'histoire de la domestication et de la sélection. Ainsi, la confusion entre les radis et les navets est la règle dans tous les anciens textes.

© P. Hermann-Pixabay

B. oleracea existe à l'état spontané, sauvage sur les côtes de l'Atlantique de la France aux pays scandinaves ainsi que sur les côtes de la Méditerranée. Sa domestication est également très ancienne et il est cultivé depuis plusieurs millénaires

Nous nous intéresserons principalement à six espèces alimentaires qui peuvent avoir également d'autres usages comme engrais vert ou plantes fourragères.

Trois espèces principales

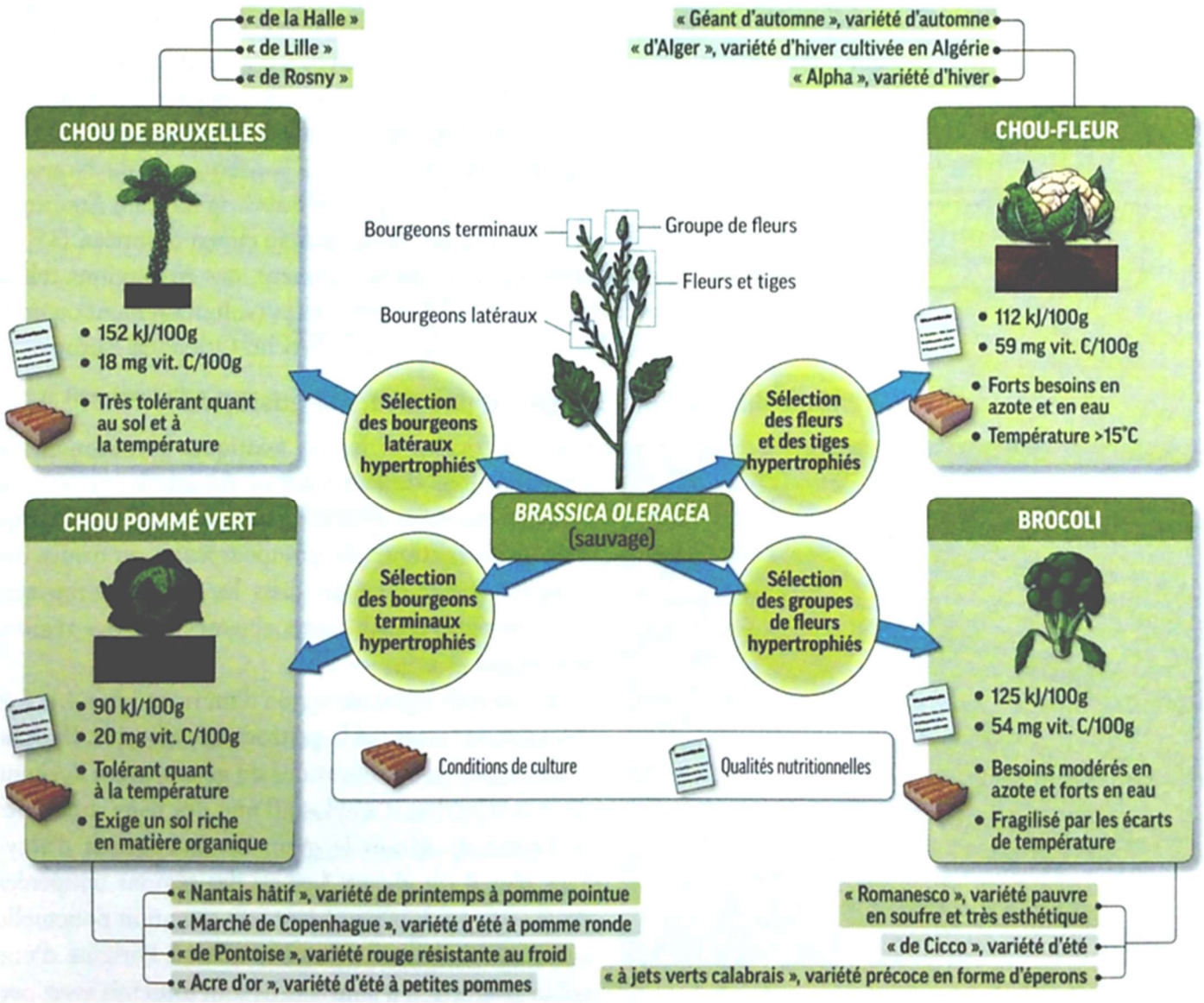
B. rapa se trouve à l'état sauvage en Europe et en Méditerranée où il a été domestiqué il y a plus de 4 000 ans. Au cours des siècles, la sélection a porté soit sur les racines pour donner les navets et les raves (on appelle généralement rave des navets de forme arrondie et de grande taille) ; soit sur la production grainière pour l'extraction d'huile, c'est la navette. Le navet est aujourd'hui un peu tombé en désuétude en France mais il a été extrêmement important jusqu'à ce qu'il soit remplacé par la pomme de terre dans notre alimentation. Il a toujours été très cultivé en Angleterre et A. Young s'étonne qu'il ne soit pas davantage cultivé en France (en particulier le navet fourrager).

B. rapa a également été sélectionné en Extrême-Orient, probablement à la suite d'un deuxième évènement de domestication. La sélection a porté essentiellement sur les feuilles donnant les choux chinois : pe tsai et pak choi sont aujourd'hui les plus connus en Europe mais il existe d'autres types en Extrême Orient. Au point de vue génétique, *B. rapa* est une espèce diploïde avec 2 n = 2 x = 20 chromosomes (génome A).

B. oleracea est le chou européen (par opposition aux choux chinois, *B. rapa*). Il existe à l'état spontané, sauvage sur les côtes de l'Atlantique de la France aux pays scandinaves ainsi que sur les côtes de la Méditerranée. Sa domestication est également très ancienne et il est cultivé depuis plusieurs millénaires. La sélection a porté essentiellement sur les feuilles avec les choux non pommés (choux fourragers, choux frisés) et les choux pommés (cabus, de Milan, de Bruxelles) mais aussi sur la tige renflée (chou rave, chou moellier) et les inflorescences (chou fleur, brocoli). La sélection pour les feuilles et les tiges s'est faite en Europe, les formes non pommées étant vraisemblablement les plus proches du type sauvage. La sélection pour les inflorescences a eu lieu dans l'est de la Méditerranée, peut-être après un autre évènement de domestication ; la plus ancienne attestation écrite pour le chou-fleur est d'Ibn Al-'Awwâm (Andalousie, XIIe siècle) sous le nom de chou de Syrie.

D'après Olivier de Serres (1600), le chou fleur aurait été introduit en France depuis l'Italie à la Renaissance : « *les caulifiori, ainsi dicts des Italiens, encore assez rares en France, tiendront reng honorable au jardin pour leur délicatesse* ». L'origine des choux de Bruxelles est plus mystérieuse et ne daterait que du XVIIIe siècle, mais peut-être du Moyen-âge. Parkinson (1629, Angleterre) mentionne les choux frisés et colorés comme plantes ornementales.

B. oleracea est l'une des espèces cultivées les plus polymorphes, car à cette diversité des cultigroupes s'ajoutent différentes formes (choux cabus aplatis, sphériques, ovales ou coniques) ou différentes colorations : rouge violacé (anthocyanes) de certains choux frisés, choux-raves, choux-fleurs et choux cabus rouges, orange (caroténoïdes) de certains choux-fleurs… *B. oleracea* est diploïde avec 2 n = 2 x = 18 chromosomes (génome C).



Source de l'illustration – Le défi alimentaire – Samuel Rebulard

B. nigra, la moutarde noire, est spontanée dans toute l'Europe dont la France, l'Afrique du Nord et l'Asie jusqu'en Chine. Ses graines sont utilisées pour la fabrication de la moutarde. On utilise, suivant les pays et les types de moutarde, des graines de *B. nigra, B. juncea* (voir ci-après) et de *Sinapis alba*.

Les noms communs des plantes (respectivement moutarde noire, brune ou blanche) correspondent à la couleur des graines. L'huile extraite des graines de la moutarde noire est utilisée dans certains pays (Inde). *B. nigra* est diploïde avec 2n=2x=16 chromosomes (génome B). Comme la plupart des brassicacées, les trois espèces précédentes sont auto-incompatibles, c'est-à-dire qu'elles ne peuvent pas s'autoféconder et ne produisent des graines qu'après pollinisation par une autre plante de la même espèce. Le transport du pollen est assuré par des insectes (abeilles, bourdons). Par définition même de l'espèce, les différentes formes d'une espèce peuvent s'intercroiser et donnent des hybrides fertiles ; ainsi les navets, les navettes, les choux chinois et les formes sauvages de *B. rapa* sont interfertiles.
Les trois espèces se croisent très difficilement entre elles d'autant plus qu'elles ont des nombres de chromosomes différents. Cependant, des hybrides se sont naturellement produits au cours des siècles de cohabitation. Les hybrides fertiles cumulant les génomes des deux parents et donc tétraploïdes ont donné de nouvelles espèces.

Trois hybrides interspécifiques

***B. juncea*,** la moutarde brune ou moutarde de Chine ou moutarde indienne, est issue d'un croisement spontané entre *B. rapa* et *B. nigra*. Cette espèce a 2 n = 4 x = 36 chromosomes (génome A+B). La sélection a porté sur de grosses racines (moutarde tubéreuse de Chine), sur le feuillage avec de très nombreuses variétés en Extrême-Orient (mizuna), ou sur les graines qui sont employées pour la confection de la moutarde et pour l'extraction d'huile.

B. napus provient de croisements spontanés entre *B. rapa* et *B. oleracea* qui auraient eu lieu vers 1 000 à 2 000 ans av. J.-C. Cette espèce a 2 n = 4 x = 38 chromosomes (génome A+C). L'hybride entre un navet et un chou est le chou-navet et le rutabaga à chair blanche ou jaune pour l'alimentation humaine ou l'alimentation animale. Il est surtout cultivé dans le nord de l'Europe. L'hybride entre une navette et un chou a donné le colza, qui a supplanté la navette pour la production d'huile et est aujourd'hui l'une des principales plantes oléagineuses en climat tempéré.

Enfin ***B. carinata***, la moutarde d'Éthiopie, est issu d'un croisement spontané entre *B. nigra* et *B. oleracea* : 2 n = 4 x = 34 chromosomes (génome B+C). Les feuilles sont consommées localement comme légumes. L'huile extraite des graines est très riche en acide érucique, ce qui répond à des utilisations industrielles.

Espèce	*B. nigra*	*B. juncea*	*B. rapa*		*B. napus*	*B. oleracea*	*B. carinata*
			Européen	Asiatique			
Génome	B	A+B	A	A	A+C	C	B+C
Nombre de chromosomes	2n=2x=16	2n=4x=36	2n=2x=20	2n=2x=20	2n=4x=38	2n=2x=18	2n=4x=34
Racines et hypocotyles		Moutarde tubéreuse de Chine	Navet, rave		Chou-navet, rutabaga		
Feuilles		Mizuna	Navet fourrager	Chou chinois non pommé (pak choi...) ou pommé (pe tsai)		Non pommé (frisé, fourrager) ou pommé (Cabus, de Milan)	Localement comme légume
Tige						Chou rave, chou moellier	
Inflorescence			Cyme de rave			Chou-fleur, brocoli	
Graine	Moutarde noire, huile	Moutarde brune, huile	Navette		Colza		Huile

Tableau n° 1 : Diversité et variations parallèles chez six espèces de Brassica.

Des variations parallèles

Les agriculteurs au cours des siècles et en différents lieux ont retenu des types très différents, en particulier dans *B. rapa* et *B. oleracea* suivant que la sélection a porté sur les racines, les feuilles, la tige ou les graines (*Tableau n° 1*). Des variations de couleur se retrouvent également dans différentes espèces, comme le rouge-violet de certains navets, rutabagas et des choux rouges ou le jaune d'autres navets et rutabagas. On pourrait mettre également en parallèle les variations de forme et de couleur des navets et des radis (*Raphanus sativus*) allant des petits radis de tous les mois à des daïkons de plusieurs kilogrammes. Les hybrides interspécifiques tétraploïdes (*B. juncea, B. napus*…) ont été refaits par pollinisations contrôlées. Des croisements plus éloignés entre le radis et le chou ont permis l'introduction d'un caractère de stérilité-mâle venant du radis dans le chou : les recherches réalisées dans les années 1970- 1990 ont permis l'inscription des premières variétés de chou à choucroute hybrides en 1994, puis de choux-fleurs.

Michel Pitrat *Directeur de recherche honoraire INRA*

Source : https://www.jardinsdefrance.org/brassica-choux-navets-moutarde/

Partie 2 – Etudes génétiques sur les différentes variétés de crucifères

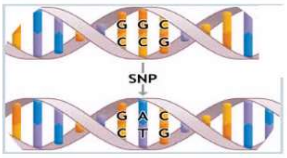
Chou chinois

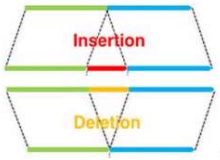
Navet

Chou

Broccoli

Chou-fleur





Morphotype	#Accessions	#Polymorphic SNP loci		#Polymorphic InDel loci		# moyen de différences / référence
		Total	Functional	Total	Functional	
Chinese cabbages	46	2,136,036	157,701	277,397	14,682	52 466
turnip	54	2,229,198	160,604	300,959	15,830	46 855
cabbage	45	3,646,355	147,905	385,583	14,567	89 599
broccoli	23	3,063,408	125,922	349,670	13,249	148 395
cauliflower	20	3,110,352	129,325	349,343	13,341	172 985

Données tirées de Cheng et al., 2016

Au centre de recherche Paris Saclay Plantes, des études génétiques permettent reconstituer les différents événements ayant conduit à la diversité actuelle des crucifères. Les mutations, duplications de gènes et réarrangements de chromosomes, sont ainsi reconstitués.

Les SNP (variation d'une seule paire de nucléotides) ont permis de reconstituer les différences accumulées par les différentes variétés cultivées aujourd'hui.

A partir de ces informations, des arbres phylogénétiques peuvent être reconstitués.

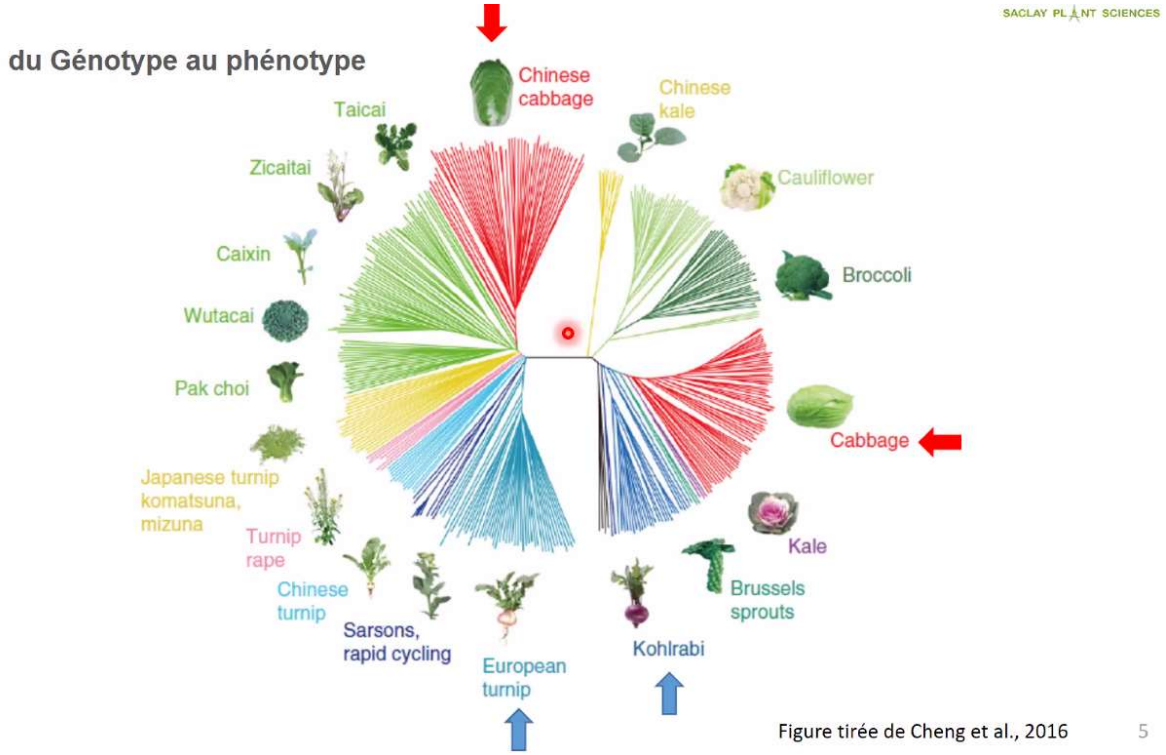


Figure tirée de Cheng et al., 2016

Entre le groupe de végétaux issus de l'ancêtre sauvage *Brassica rapa* (à gauche) et le groupe des végétaux/choux cultivés présentés à droite de l'arbre phylogénétique issus de l'ancêtre sauvage *Brassica oleracea* (à droite), on estime une divergence ayant eu lieu il y a 3Ma.

Le chou chinois et le chou vert (flèches rouges) sont donc très similaires par convergence évolutive mais sont assez éloignés d'un point de vue génétique. De même le navet et le chou-rave (flèches bleues) ont de grandes ressemblances phénotypiques mais sont le résultat d'une convergence évolutive.

Source : conférence de Sciences des Plantes de Saclay - INRA