



**HAL**  
open science

## De la génétique végétale à la sélection paysanne : découvrir et promouvoir la diversité

Veronique Chable

► **To cite this version:**

Veronique Chable. De la génétique végétale à la sélection paysanne: découvrir et promouvoir la diversité. Sciences agricoles. Université de Rennes 1, 2012. tel-02807318

**HAL Id: tel-02807318**

**<https://hal.inrae.fr/tel-02807318v1>**

Submitted on 6 Jun 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Université de Rennes 1

Ecole Doctorale Vie-Agro-Santé

Dossier de candidature

Habilitation à Diriger les Recherches

# **De la génétique végétale à la sélection paysanne : découvrir et promouvoir la diversité**

Dossier de travaux – Perspectives

## **Véronique Chable**

**Février 2012**



INRA de Rennes  
Domaine de la Motte  
35653 Le Rheu



## Remerciements



En rédigeant ce document, que de noms, que de visages me revenaient en mémoire ! La recherche est avant tout un travail collectif. J'exprime toute ma gratitude à chacun d'entre vous, en commençant par mes enseignants, dont Yves Hervé qui m'a fait découvrir la recherche et les choux-fleurs en Bretagne, les responsables d'APBV qui m'ont fait gagner en persévérance, les collègues de l'équipe choux du Rheu et de Plougoulm avec qui j'ai partagé tant d'années, par tous les temps, dans les champs, serres et tunnels, les collègues du centre INRA du Rheu pour leur disponibilité et leur amitié, les collègues d'Agrocampus dont Maria Manzaneres-Dauleux pour son soutien amical depuis tant d'années, les collègues de l'ENS de Lyon dont Thierry Gaude avec qui

je partage la passion de la recherche côté « fleurs de chou » depuis 20 ans, les collègues du SAD en particulier Jean-Marc Meynard, Jacques Baudry et Claudine Thenail pour avoir accepté de tenter l'aventure « sélection participative », les collègues des institutions européennes pour avoir élargi mes horizons. Merci à tous les étudiants qui ont partagé notre univers de recherche, en particulier Houria Hadj-Arab, de l'Université d'Alger, qui a joué les prolongations pendant 25 ans ...

Comment exprimer toute ma reconnaissance à Isabelle Goldringer, pour son accompagnement amical, efficace et soutenu de Auzeville à Bruxelles, en passant par les campagnes françaises et européennes !

Cette aventure ne prend tout son sens aujourd'hui que par l'enthousiasme de mes amis paysans, bretons et de toute la France. Nous avons vécu ensemble la naissance des associations semences et du Réseau Semences Paysannes. Ils savent bien toute l'amitié que je leur porte et tout le bonheur que j'ai à travailler avec eux à construire l'agriculture de demain.

Enfin, que ce serait ce chemin sans la « lumière » et l'enthousiasme si efficace d'Estelle, l'accompagnement patient et attentif de Nicolas, et tous les jeunes qui dès aujourd'hui partagent notre quotidien et celui de la biodiversité cultivée !



*En suivant François d'Assise, le patron des Ecologistes ... une voix, une voie, pour notre monde.*



« Parce que François avait le sens de la beauté, et pas seulement celui de la bonté et de la vérité, il nous aide à prendre distance pour contempler. Pouvoir regarder, pouvoir percevoir, accueillir, aller à la rencontre, recevoir, promener le regard, découvrir en profondeur. Avoir du temps pour le dialogue avec tous ceux qui sont autres que nous-mêmes ! Devenir des esprits et des cœurs attentifs, qui écoutent longuement en silence avant d'ouvrir la bouche. Et pour finir : laisser être ce qui est ! Ne pas vouloir tout de suite tout retravailler, reconstruire, reprendre pour notre utilité, rediscuter, rejustifier. Dire oui, par conséquent, à ce qui est "d'origine", à ce qui s'est développé naturellement, à ce qui n'a pas encore été artificiellement déformé, en marchant à la suite du Bon Pasteur. »  
Alexandre Ganoczy, éd. Desclée, 1988



# Sommaire

<b>Curriculum vitae</b> .....	<b>4</b>
Liste des titres et travaux.....	8
<b>Résumé des travaux</b> .....	<b>21</b>
Introduction.....	23
Variétés et semences pour l’agriculture conventionnelle .....	28
Variétés et semences pour les agricultures biologique et paysanne en France et en Europe .....	54
<b>Projet de recherche et perspectives</b> .....	<b>76</b>
Introduction : contexte et perspective d’évolution.....	76
Problématique et thématiques de recherche .....	79
Stratégies et organisation de la recherche.....	88
<b>Conclusion</b> .....	<b>97</b>
<b>Annexes</b> .....	<b>102</b>



## Curriculum vitae

Situation administrative : Ingénieur de Recherche

Année et lieu de naissance : 6 juin 1959 à Mamers (72)

Unité de recherche : SAD Paysage

Organisme : INRA Rennes

Adresse : 65, rue de Saint Briec, 35042 Rennes CEDEX

**DISCIPLINE DE RECHERCHE** : Génétique et Amélioration des Plantes, Sélection Participative

### FORMATION 3e CYCLE

*Master ou équivalent 1 :*

- Titre : Ingénieur Agronome de l'ENSA Rennes
- Année d'obtention : 1982

*Master ou équivalent 2 :*

- Titre : Ingénieur de l'Ecole d'Horticulture de Versailles
- Année d'obtention : 1983

*Doctorat :*

- Titre : Docteur de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique (ENSA) Rennes
- Directeur de thèse : Yves Hervé
- Mention : Biologie et Agronomie
- Année d'obtention : 1994

## Parcours Professionnel à l'INRA

### **1983 – 2005 : ingénieur de recherche GAP – Génétique et Amélioration des Plantes.**

#### **Affectation à l'UMR Amélioration des Plantes et Biotechnologies végétales du Rheu**

- **1983-1999** : sous contrat, financé par le CERAFEL (Comité Economique Régional Agricole Fruits et Légumes de Bretagne) avec deux types d'activités : (i) un programme d'amélioration des plantes et création de variétés (17 hybrides F1 inscrits) pour un groupe professionnel de la région Bretagne, et (ii) des programmes de recherche en amont plus généralistes concernant l'espèce *Brassica oleracea* (génétique, biologie du développement, biologie de la reproduction, évaluation de ressources génétiques) en collaboration avec Laboratoire Reproduction et Développement des Plantes, UMR 5667 CNRS-INRA-Ecole Normale Supérieure de Lyon-Université Lyon1 (depuis 1990).
- **1er avril 1999-2005** : ingénieur INRA GAP, fin de la convention avec les producteurs bretons. Des programmes scientifiques en parallèle :
  - Etudes des plantes aberrantes de choux-fleurs avec des contrats de recherche établis avec le Ministère et tous les sélectionneurs français, encadrement d'une thèse (soutenance 2007).
  - Biologie de la reproduction et approfondissement de la variabilité du phénotype d'auto-incompatibilité : encadrement d'une thèse en cours soutenue le 14/12/2011



- Biologie de la reproduction et production de semences : contrat de branches avec la FNAMS (Fédération Nationale des Agriculteurs Multiplicateurs de Semences) et le CERAFEL
- Projet CIAB (Comité Interne pour l'Agriculture Biologique) de l'INRA : ressources génétiques et variétés pour l'agriculture biologique en collaboration avec l'interprofession biologique bretonne, pour les choux. Développement du concept de sélection participative dès 2002.

## **2005 – 2011 : ingénieur de recherche SAD – Science pour l'Action et le Développement.**

### **Affectation à l'unité SAD-Paysage Rennes**

- Développement de la sélection participative en France avec une trentaine d'espèces réparties sur le territoire dans un réseau d'organisations agricoles, en agriculture biologique et à faibles intrants ; poursuite de la thématique du projet CIAB en Bretagne avec diversification des espèces et pérennisation des actions. Appui scientifique au réseau d'organisations agricoles impliquées dans la sélection de variétés paysannes.
- Coordination scientifique de projets régionaux et européens pour promouvoir la recherche participative :
  - pour accompagner la mise en place d'une réglementation sur les variétés de conservation et paysannes en fournissant une base scientifique et conceptuelle aux législateurs européens
  - pour mesurer de l'impact de la sélection paysanne sur l'évolution des variétés et leur adaptation au milieu
  - pour développer un réseau régional pour expérimenter, maintenir et promouvoir la diversité cultivée des variétés de terroir bretons en agriculture biologique
  - pour développer une recherche pluridisciplinaire intégrant les critères de qualité, diversité et de performances des cultures en agriculture biologique ou à faible intrants, par des approches intégrées de la création variétale et de la conduite des cultures/systèmes de culture. La problématique est d'améliorer la « durabilité » des systèmes agricoles, en privilégiant la recherche participative.

## **Activités d'enseignement**

### **Cours sur mes activités de recherche auprès des étudiants en école d'ingénieurs**

1. Amélioration des espèces allogames : les systèmes de stérilités mâles  
à Agrocampus-Rennes, cours de 3 heures (de 1998 à 2006, repris depuis 2011)
2. La sélection participative  
à Agrocampus Ouest-Rennes, cours de 3 heures (depuis 2005)  
à Agrocampus Ouest-Angers, cours de 3 heures (depuis 2007)  
à l'ESA (Ecole Supérieure d'Agriculture) Angers (depuis 2011)

### **Encadrement d'étudiants**

Encadrement de 12 mémoires d'étudiants (DEA, DAA, Master2) et de nombreuses maîtrises et BTS

Co-Encadrement de deux thèses , la première soutenue en 2007 et la seconde fin 2011

## Intervention pour formations professionnelles

Formation continue (AFSIS, CFPPA)

Animation de groupes d'agriculteurs

## Activités scientifiques de conception et de coordination de projets

### Montage et coordination de projets (projets acceptés)

#### 1. 2000-2003 : Projet national (contrat 015/C01 Chou)

« Analyse génétique et moléculaire du caractère « aberrant » chez les choux »

Financement MAP (Ministère de l'Agriculture et de la Pêche) - budget : 35 000 euros

7 partenaires : INRA, GEVES (Groupe d'Etudes des Variétés et Semences) et 5 entreprises de sélection françaises

#### 2. 2001-2003 : Projet national (AIP248)

« Variétés et semences de choux et choux-fleurs pour Agriculture Biologique : de l'évaluation des ressources génétiques vers l'organisation d'une filière semences »

Financement INRA-CIAB (Comité Interne pour l'Agriculture Biologique) – budget : 13 400 euros

3 partenaires : INRA, Université de Rennes1 et IBB (Inter Bio Bretagne)

#### 3. 2007-2010 : Projet européen, Farm Seed Opportunities

(SSP-CT-2006-044345), STREP (Specific Targeted Research Project - Scientific support to policies) du FP6 (6<sup>ième</sup> programme cadre)

« Opportunities for farm seed conservation, breeding and production »

Financement Commission européenne - budget : 1 300 000 euros

12 partenaires de 6 pays

#### 4. 2009-2012 : Projet régional PaysBlé

(ASOSC, « Actions pour l'appropriation sociale des sciences » en Bretagne)

« Développement d'un réseau régional pour expérimenter, maintenir et promouvoir la diversité cultivée des blés de terroir bretons en agriculture biologique »

Financement Région Bretagne : 99 000 euros

5 partenaires : INRA, Université Rennes 1, IBB-InterBioBretagne, Kaol Kozh et Triptolème

#### 5. 2010-2014 : Projet européen SOLIBAM (Strategies for Organic and low input Integrated Breeding and Management),

Large collaborative project FP7 KBBE- 245058 (7<sup>ième</sup> programme cadre)

“Improving performance and quality of crops in the context of organic and low-input systems by breeding and management “

Financement Commission européenne : 7 800 000 euros,

23 partenaires, 12 pays

#### 6. 2011-2013 : Projet national ReSoRIV (Réseau d'échange et de projets sur le pilotage de la recherche et l'expertise)

cadre REPERE2 du MEDDTL (Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des

Transports et du Logement) « Reconnaissance sociale et réglementaire de l'innovation variétale par la sélection participative pour les agricultures biologique et paysanne » - 2 partenaires

(INRA, FSC) – 2 ans, 70000 euros

### **Participation à des projets (projets acceptés)**

1. **2012-2013 : projet régional MaisPOP** (Développement d'un réseau régional pour expérimenter et promouvoir la diversité du Maïs « population » en Bretagne) - coordinateur Denis Alamone (ADAGE 35)

Cadre : Action pour l'Appropriation Sociale des Sciences (461-ASOSc)

Financement Région Bretagne : 40000 euros

2 partenaires (INRA – ADAGE)

2. **2012-2014 : projet national MOVILAB** (Recherche ingéniérique pour le déploiement d'un dispositif d'incubateurs de modes de vie durables *in vivo*)

Coordinateur : Christophe Sempels, Professeur de Stratégie et Développement Durable - Skema Business School,

Cadre : MOVIDA - AXE 2 –MEDDTL

Financement 124 900 euros : Ministère de l'Écologie MEDDTL (77000 euros)

2 partenaires et organisations associées (dont l'INRA)

3. **2012 : projet européen "PLANT BREEDING FOR AN EU BIO-BASED ECONOMY 2020: THE POTENTIAL OF PUBLIC SECTOR AND PUBLIC/PRIVATE PARTNERSHIPS"**

Coordinateur : Daniel Traon, Arcadia International, Bruxelles

Cadre : IPST - INSTITUTE FOR PROSPECTIVE TECHNOLOGICAL STUDIES, Joint Research Centre (JRC) de la Commission européenne

1 partenaire entouré de 8 experts

**Expert CTPS (Comité Technique Permanent pour la Sélection) pour l'inscription de variétés au Catalogue Officiel des Variétés, depuis 1998**

**Membre de la commission Semences de l'ITAB (Institut Technique de l'Agriculture Biologique), depuis 2007**

## TITRES ET TRAVAUX

### Thèse

Ruffio-Chable (1994) Les systèmes d'hybridation chez le chou-fleur. Thèse de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Rennes. Mention Biologie-Agronomie

### Publications de rang A (Critères de l'AERES)

#### dans revues à comité de lecture

**[A1]** - Ruffio-Chable V (1993) A dominant gene for male sterility in cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) : phenotype expression, inheritance, and use in F1 hybrid production. *Euphytica* 67(1-2) : 9-17

**[A2]** - Pastuglia M, Ruffio-Chable V, Delorme V, Gaude T, Dumas C, Cock M (1997) A functional S locus anther gene is not required for the self-incompatibility response in *Brassica oleracea*. *Plant Cell* 9: 2065-2076.

**[A3]** - Ruffio-Chable V, Hervé Y, Dumas C, Gaude T (1997) Distribution of S-haplotypes and its relationship with self-incompatibility in *Brassica oleracea*. Part 1. In inbred lines of cauliflower. *Theor Appl Genet*, 94: 338-346.

**[A4]** - Ruffio-Chable V, Le Saint JP, Gaude T (1999) Distribution of S-haplotypes and its relationship with self-incompatibility in *Brassica oleracea*. Part 2. In varieties of broccoli and romanesco. *Theor Appl Genet* 98: 541-550.

**[A5]** - Cabrillac D, Delorme V, Garin F, Ruffio-Chable V, Giranton JL, Dumas C, Gaude T, Cock JM (1999) The S15 self-incompatibility haplotype in *Brassica oleracea* includes three S gene family members expressed in stigmas. *Plant Cell* 11: 971-986.

**[A6]** - Cock JM, Cabrillac D, Giranton JL, Pastuglia M, Ruffio-Chable V, Miege C, Dumas C, Gaude T (2000) Investigating the molecular mechanism of the self-incompatibility response in *Brassica*. *Annals of Botany* 85: 147-153.

**[A7]** - Miege C, Ruffio-Chable V, Scherup MH, Cabrillac D, Dumas C, Gaude T, Cock JM (2001) Intrahaplotype polymorphism at the *Brassica* S locus. *Genetics* 159 : 811-822.

**[A8]** - Chable V, Conseil M, Serpolay E, Le Lagadec F (2008) Organic varieties for cauliflowers and cabbages in Brittany: from genetic resources to participatory plant breeding. *Euphytica* 164:521-529 <http://dx.doi.org/10.1007/s10681-008-9749-7>

**[A9]** - Salmon A, Clotault J, Jenczewski E, Chable V, Manzanares-Dauleux V (2008) *Brassica oleracea* displays a high level of DNA methylation polymorphism. *Plant Science* 174: 61-70

**[A10]** - Chable V, Rival A, Cadot V, Boulineau F, Salmon A, Bellis H, Manzanares-Dauleux MJ (2008) Aberrant plants in cauliflower: 1 – phenotype and heredity. *Euphytica* 164 (2):325-337 <http://dx.doi.org/10.1007/s10681-008-9660-2> 1 3

**[A11]** - Bocci R, Chable V (2008) Semences paysannes en Europe : enjeux et perspectives. *Cahiers d'études et de recherche francophones/ Agricultures*. 17 (2) : 216-221

**[A12]** - **Chable V**, Rival A, Beulé T, Jahier J, Eber F, Cadot V, Boulineau F, Salmon A, Bellis H, Manzaneres-Dauleux MJ (2009) Aberrant plants in cauliflower: 2 – Aneuploidy and global DNA methylation. *Euphytica* 170 (3): 275-287 <http://dx.DOI.org/10.1007/s10681-009-9978-4>

**[A13]** - Salmon A, Bellis H, Chable V, Manzaneres-Dauleux MJ (2009) Identification of differentially expressed genes related to aberrant phenotypes in *Brassica oleracea* var. *botrytis*. *Plant breeding* 128 (6): 631-639

**[A14]** - Hadi-Arab H, Chèvre AM, Gaude T, **Chable V** (2009) Variability of the self-incompatibility reaction in *Brassica oleracea* L. with S15 haplotype. *Sexual Plant reproduction* 23 (2): 141-151 <http://dx.DOI.org/10.1007/s00497-009-0119-y>

**[A15]** - Serpoly E, Dawson J C, Chable V, Lammerts Van Bueren ET, Osman A, Pino P, Silveri D, Goldringer I (2011) Diversity of different farmer and modern varieties cultivated in contrasting organic farming conditions in Western Europe and possibilities for the adaptation of European seed and variety legislation. *Organic Agriculture* 1 (3): 127-145

**[A16]** - Serpoly E, Schermann N., Dawson J C, Lammerts Van Bueren ET, Goldringer I, and Chable V (2011) Phenotypic changes in different spinach varieties grown and selected under organic conditions. *Sustainability*, 3, 9: 1616-1636

**[A17]** - Dawson J C, Serpoly E, Giuliano S, Schermann N, Galic N, Chable V and Goldringer I (accepté). Distinctness, uniformity and stability of farmer varieties of bread wheat cultivated over two years in contrasting organic agricultural systems in Europe. *Genetica*

Le nom souligné est celui de l'étudiant en thèse ou du CDD encadré

### **Chapitre d'ouvrage ou ouvrage de recherche de portée internationale**

**[A18]** Chable V, Louwaars N, Hubbard K, Baker B, Bocci R (2012) *Plant Breeding, Variety Release and Seed Commercialisation: Laws and Policies of Concern to the Organic Sector*. E.T. Lammerts van Bueren & J.R. Myers (Eds), 2012. *Organic Crop Breeding*. Wiley-Blackwell, Hoboken, NY, USA ISBN: 978-0-470-95858-2

### **Chapitre d'ouvrage en révision :**

**[A19]** Chable V, Dawson J, Bocci R, Goldringer I (en révision) *Seed for Organic Agriculture: the Development of the Participatory Plant Breeding and the Farmers' Networks in France*. *Organic Farming, prototype for sustainable agricultures*. Editors Stéphane Bellon, Servane Penvern et Isabelle Savini. Springer.

### **Autres chapitres d'ouvrages**

**[P 1]** - Ruffio-Chable V, Hervé Y (1999) Chou-fleur et brocoli. In *Technologies Légumières*, Bourgeois C et Tirilly Eds. Collection Agro-Alimentaire, Librairie Technique et Documentation Editions Lavoisier : 187-206

**[P2]** - Chable V (2005) *Conserving and Developing Crop Biodiversity – Biodiversity and Local Ecological Knowledge in France*, Bérard L, Cegarra M, Djama M, Louafi. S, Marchenay P, Roussel B, Verdeaux F, eds, édition Cemagref, Cirad, Ifremer, Inr ; Iddri, IFB, 276 pages (p143-147)

Chable V (2005) Conserver et développer la biodiversité cultivée – Biodiversité et savoirs naturalistes locaux en France, Bérard L, Cegarra M, Djama M, Louafi. S, Marchenay P, Roussel B, Verdeaux F, eds, édition Cemagref, Cirad, Ifremer, Inr ; Iddri, IFB, 272 pages

**[P3]** - Chable V (2009) La sélection participative pour les agricultures biologiques et paysannes : une co-évolution des hommes et des plantes – Dynamique des savoirs, dynamique des changements, Béguin P & Cerf M, eds, éditions Octares : 73-92

## **Publications dans d'autres revues**

**[B1]** - Ruffio-Chable V, Cadot V (2000) Choux-fleurs : Les plantes aberrantes. Bulletin Semences 156: 37-38

**[B2]** - Chable V (2002) Les choux : biodiversité – ressources génétiques et diversification – INRA Mensuel 115 : 7- 8

**[B3]** - Chable V (2002) Des ressources génétiques de choux et choux-fleurs : vers quelle variétés pour l'agriculture biologique ? Alter Agri 56 : 21-2

**[B4]** - Chable V, Chiffolleau Y, Chittrit JJ, Dreyfus F, Jaillard B, le Lagadec F, Conseil M, le Jeune B, Lea R, Miossec R (2002) Biological vegetable culture: the varietal challenge. Example of cabbages and cauliflowers in Brittany. PHM Revue Horticole 443, Supplement : xiv-xvii

**[B5]** - Chable V (2003) Quelles semences pour demain ? L'écologiste n°10- 4(2) : 26-29

**[B6]** - Sharma SR, Singh PK, Chable V, Tripathi SK (2004) A review of hybrid cauliflower development. Journal of New Seeds 6 (2/3) : 151-193

**[B7]** - Chable V, Bellon S (2005) Autour du congrès IFOAM : évolution et enjeux de l'agriculture biologique en débat au niveau international. Alter Agri 74 : 24-27

**[B8]** - Chable V, Kastler G (2006) Maintien, re-découverte et création de la diversité cultivée pour l'AB. Alter Agri 78 : 13-17

**[B9]** - Chable V (2006) La sélection participative et les principes de l'Agriculture Biologique. Symbiose 105: 13

**[B10]** - Osman A , Chable V (2009) Inventory of initiatives on seeds of landraces in Europe. Journal of Agriculture and Environment for International Development (Formerly Rivista di Agricoltura Subtropicale e Tropicale) 103 (1/2) : 95-130

**[B11]** - Bocci R, Chable V (2009) Peasant seeds in Europe: stakes and prospects. Journal of Agriculture and Environment for International Development (Formerly Rivista di Agricoltura Subtropicale e Tropicale) 103 (1/2) : 81-94

**[B12]** - Chable V, Goldringer I Dawson J, Bocci R, Lammerts van Bueren ET, Serpolay E, González JM, Valero T, Levillain T, Van der Burg WJ, Pimbert M, Pino S & Kik C (2009) Farm Seed Opportunities: a project to promote landrace use and renew biodiversity. In: Veteläinen, M. V. Negri, V. & Maxted, N. (Eds). European landraces: on-farm conservation, management and use. Bioersivity Technical Bulletin No.15. Bioersivity International, Rome, Italy : 266-274

[B13] - Chable V, Kastler G (2008) Maintaining, rediscovering and creating a cultivated biodiversity for Organic Farming - The place and the forms of Participatory Plant Breeding (PPB) in France, 10/01/08 STACS, European project "Science, technology and civil society: when researchers and NGOs are co-producing knowledge". [http://www.citizens-science.org/highlighted\\_projects](http://www.citizens-science.org/highlighted_projects)

## Publications dans les actes de colloque

### A comité de lecture

[B14] - Ruffio-Chable V (1998) Complexity of self-incompatibility phenotype in *Brassica*: its measure and some thoughts about its genetic control. Proceedings of the International Symposium on Brassicas. G Thomas and AA Monteiro Eds. Acta Horticulturae 459: 281-288

[B15] - Ruffio-Chable V, Chatelet P, Thomas G (2000) Developmentally "aberrant" plants in F1 hybrids of *Brassica oleracea*. Acta Horticulturae 539 : 89-94

[B16] - Ruffio-Chable V, Gaude T (2001) S-haplotype polymorphism in *Brassica oleracea*. Acta Horticulturae 546 : 257-261

[B17] - Chable V, Conseil M (2005) Variétés et semences de chou et choux-fleurs pour l'agriculture biologique : de l'évaluation des ressources génétiques vers l'organisation d'une filière semences. In Séminaire sur les recherches en Agriculture Biologique INRA-ACTA, Draveil (FRA) : 149-162

[B18] - Chable V, Berthelot JF (2006) La sélection participative en France : Présentation des expériences en cours pour les agricultures biologiques et paysannes. Gassel, P. (Coordinateur) ; Clément, O. (Coordinateur). INRA, Institut National de la Recherche Agronomique, Mission environnement-société (FRA). Quelles variétés et semences pour des agricultures paysannes durables ? INRA Editions, Paris (FRA) ; Dossiers de l'Environnement de l'INRA. 2006, (30) : 129-138

[B19] - Sinoir, N. , Rey, F. & Chable, V. (2011) Stakeholder's expectations concerning breeding for LI/organic systems: French inputs on vegetables. Proceeding of 17th IFOAM Organic World Congress. 26thSeptember-4<sup>th</sup> October 2011 Seoul, Republic of Korea.

[B20] - Chable, V. , Kastler G. & Kochko de, P. (2011) Seed in transition: the trends of Participatory Plant Breeding and "Farmer Breeding" in France. Heuksalim Native Seed Institute. 17th IFOAM Organic World Congress. 26thSeptember-4<sup>th</sup> October 2011 Seoul, Republic of Korea

### Sans comité de lecture

[B21] - Chable V, Goldringer I, Hazard L, Serpolay E, Bocci R, Cardarelli A, Micheloni C, Roviglioni R, Van Bueren ETL, Osman A, Soriano JJ, González JM, López P, Sánchez H, Valero T, Zaharia H, Kastler G, Levillain T, Van der Burg WJ, Groot SPC, Pimbert M, Thommen A, Schärer HJ, Van den Berge P, Almekinders C, Pino S, Bressan M, Padovan S, Kik C, Louwaars NP (2008) Farm Seed Opportunities, a European program: what are the future prospects for organic varieties and seeds? in 16th IFOAM Organic World Congress, Modena (ITA) : 7

**[B22]** - Chable V, Le Lagadec F, Supiot N, Léa R (2009) Participatory research for plant breeding in Brittany, the Western region of France: its actors and organisation. Proceedings of the 1st IFOAM Conference on Organic Animal and Plant Breeding, Breeding Diversity, August 25-28, 2009 - Santa Fe, New Mexico, USA, 363-370

**[B23]** - Bocci R, Chable V (2009) Farm Seed Opportunities: Seed regulation scenarios for Europe. Proceedings of the 1st IFOAM Conference on Organic Animal and Plant Breeding, Breeding Diversity, August 25-28, 2009 - Santa Fe, New Mexico, USA, 264-268

**[B24]** - Goldringer I, Dawson JC, Serpolay E, Chable V, Pino S, Silveri D, Osman A, Lammerts von Bueren E (2009) Farm Seed Opportunities: GxE for modern and farmers varieties of bread wheat evaluated on-farm in Western Europe. Proceedings of the 1st IFOAM Conference on Organic Animal and Plant Breeding, Breeding Diversity, August 25-28, 2009 - Santa Fe, New Mexico, USA, 221-229

**[B25]** - Bocci R, Chable V, Kastler G, Valero Infante T (2009) The role of seed networks in implementing Farmers' rights in Europe. Proceedings of the 1st IFOAM Conference on Organic Animal and Plant Breeding, Breeding Diversity, August 25-28, 2009 - Santa Fe, New Mexico, USA, 166-17

**[B26]** - Bocci R, Chable V, Kastler G, Louwaars N (2011) Farm Seed opportunities, recommendations for on farm conservation in Europe. In *Agrobiodiversity Conservation: Securing the Diversity of Crop Wild Relatives and Landraces*, Eds Nigel Maxted, Ehsan Dulloo, Brian V. Ford-Lloyd, Jose M. Iriondo, M. A. A. Pinheiro de Carvalho, CABI Publishing, 400p

## **Communication à des colloques et conférences**

### **Colloques internationaux**

**[C1]** - Ruffio-Chable V, Hervé Y (1994) Advantages and limits of the different hybridization systems used for seed production of cauliflower F1 hybrid variety. ISHS symposium on Brassicas ; Ninth Crucifer Genetics Workshop ; Lisbon Portugal, 15-19 November

**[C2]** - Ruffio-Chable V (1998) Complexity of self-incompatibility phenotype in *Brassica*: its measure and some thoughts about its genetic control. X International Crucifer Genetics Workshop. Rennes-France, 23-27 Septembre 1997

**[C3]** - Ruffio-Chable V, Chatelet P, Thomas G (2000) Developmentally aberrant plants in F1 hybrids of *Brassica oleracea*. 3rd ISHS International Symposium on Brassicas, 12th Crucifer Genetics Workshop, Wellesbourne-UK, 5-9 september 2000

**[C4]** - Chable V (2002) An Approach to Organic Plant Breeding of Cabbage and Cauliflower. 1st International Symposium on organic seed production and plant breeding – ECO-PB (European Consortium for Organic Plant Breeding) Organic seed production and plant breeding – strategies, problems and perspectives. Berlin 21-22 November 2002

**[C5]** - Chable V, Le Lagadec F (2005) Participatory Plant Breeding for Organic Farming in France, the cauliflower experience at the PAIS (Plateforme Agrobiologique d'Inter Bio Bretagne à Suscinio) – 15th IFOAM Organic World Congress “Shaping sustainable systems” – 20-23 September 2005 – Adelaide – Australie.



**[C6]** - Chable V, Le Lagadec F, Supiot N, Léa R (2009) Participatory research for plant breeding in Brittany, the Western region of France: its actors and organisation. Proceedings of the 1st IFOAM Conference on C7 - Organic Animal and Plant Breeding, Breeding Diversity, August 25-28, 2009 - Santa Fe, New Mexico, USA – 27 August 2009

**[C7]** Chable V, Goldringer I, Wolfe M, Barberi P, Kovacs G, Grando S, Rakszegi M, Ostergard H, Bocci R (2010) SOLIBAM, Strategies for Organic and Low Input Breeding and Management, a European programme (2010-2014). Proceedings EUCARPIA Conference “Breeding for resilience: a strategy for organic and low-input farming systems? Paris, France on December 1-3, 2010

## **Colloques nationaux**

**[C8]** - Chable V. (2002). Une approche de la sélection pour l’Agriculture Biologique : l’exemple des choux et choux-fleurs. Colloque INRA-ITAB, Sélection végétale et Agriculture Biologique, Paris, 4 juin 2002

**[C9]** - Chable V (2003) Hybrides, variétés fixées, populations. Quels choix techniques ? Premières rencontres semences paysannes « Cultivons la biodiversité dans les fermes » 27- 28 février 2003 – Auzeville – Toulouse

**[C10]** – Boury S, Barbeyron G, Monfort J, Laviec C, Chable V, Manzanares-Dauleux M, Rocherieux J, Lunn T (2004) Amélioration génétique du chou-fleur par Sélection Assistée par Marqueurs. Recherche, Innovation, Les 2èmes Rencontres du Végétal en Horticulture, Semences et Paysage, Maîtrise des productions et qualité de l’environnement, Les 18 et 19 novembre 2004 à l’Institut National d’Horticulture- Angers

**[C11]** - Chable V, Conseil M (2005) La sélection participative en France : Présentation des expériences en cours pour les agricultures biologiques et paysannes – Séminaire co-organisé par l’INRA et la Confédération Paysanne « Quelles variétés et semences pour des agricultures paysanne durables ? 11-13 mai 2005 – Angers – France.

**[C12]** - Chable V, Conseil M (2005) Sélection participative pour les agricultures biologiques et paysannes : l’expérience bretonne – Rencontres Nationales pour des Semences Paysannes co-organisées par le Réseau Semences Paysannes, Aspaari et Culture Bio – Guichen 21-22 mai 2005 – France.

**[C13]** - Chable V, Berthelot JF (2005) La sélection participative en France, Présentation des expériences en cours pour les agricultures biologiques et paysannes, Séminaire INRA/Confédération Paysanne : « Quelles variétés et semences pour des agricultures paysannes durables ? », Angers, 11-13 mai 2005

**[C14]** - Chable V (2007) Farm Seed Opportunities, Construction d’un projet européen - European project FP6 -2005 – Science and Society – 19044597 - Journée de travail pour l’émergence de projets de recherche participative ou mutualiste européens – Clermont-Ferrand le 8 décembre 2007.

**[C15]** - Chable V (2007) La sélection participative pour les agricultures biologiques et paysannes : d’une expérience française à un projet européen Paris 3<sup>e</sup> Conférence Living Knowledge - L’Ecole des Mines 60-62, Boulevard Saint Michel, 75006 PARIS, le 31 août 2007

**[C16]** - Bocci R, Chable V (2009) "Farm Seed Opportunities", un projet européen : Propositions réglementaires pour promouvoir l'utilisation et la création de variétés paysannes ITAB – Ile de France, Séminaire Techniques de sélection végétale, compatibilité avec l'AB et perspectives Paris, 29 avril 2009

## **Conférences professionnelles (France et Europe)**

**[C17]** - Chable V (2002) Des ressources génétiques de choux et choux-fleurs : vers quelle variétés pour l'agriculture biologique ? Journées techniques Fruits et Légumes biologiques Morlaix ITAB – 3 et 4 décembre 2002

**[C18]** - Chable V (2006) Maintien, re-découverte et création de la diversité cultivée pour l'AB. Place et formes de la sélection participative, Journées d'information et d'échange Essais de variétés anciennes de blé de population et de pays, Bouchemaine (49), 29 juin 2006

**[C19]** - Chable V (2007) "Farm Seed Opportunities", An European project for cultivating the diversity - Vicenza - Seminar on Biodiversity - Italy, 6 November 2007

**[C20]** - Chable V (2008) La sélection participative pour les agricultures biologiques et paysannes : bilan et perspectives. Paris ITAB (commission Semences et Plants), Bercy 21 janvier 2008

**[C21]** - Chable V (2008) La sélection des plantes : est-ce de la génétique ? Programme Inter-régional de recherche/expérimentation biologique sur les semences de populations de pays – Plateforme régionale d'expérimentation – 24640 Le Change, 18 septembre 2008

**[C22]** - Chable V (2009) Partizipative Pflanzenzüchtung in Frankreich - Participatory plant breeding in France, Netzwerk Ökologische Pflanzenzüchtung, Workshop Gartenbaulich Kulturen - Frankfurt am Main, 12 November 2009

## **Conférences publiques**

**[C23]** - Chable V (2005) Science et recherche : Variétés et semences pour l'agriculture biologique. Foire de la biodiversité - Mûr de Bretagne - 6 mars 2005

**[C24]** - Chable V (2007) Témoignage d'une expérience de recherche, La sélection participative pour les agricultures biologiques et paysannes, Université d'été Verts Quimper, le 24 août 2007

**[C25]** - Chable V (2010) Biodiversité et agriculture : pratiques agricoles et semences, Journée sur la biodiversité à Cancale organisée par l'Association Eco-Citoyenne Cancalaise, le 24 avril 2010

## **Posters**

**[C26]** - Ruffio-Chable V, Gaude T (2000) S-haplotype polymorphism in *Brassica oleracea*. International Symposium ISHS, Molecular markers for characterizing genotypes and identifying cultivars in horticulture, Mars 2000, Montpellier-France

**[C27]** - Chable V, Thomas G (2002) Le chou, une plante, un terroir et des hommes. Fête de la Science, Rennes 19 octobre 2002

**[C28]** - Salmon A, Bellis H, Renard M, Manzanares-Dauleux M, Chable V (2005) Differential expression analysis of aberrant and normal phenotypes in *Brassica oleracea* - Poster - XVII International Botanical Congress Vienna, Austria Center , 17 - 23 July 2005

**[C29]** - Hadj-Arab H, Chèvre AM, Gaude T, Chable V (2006) Auto-incompatibilité chez un hybride interspécifique de synthèse : *Brassica napus*. 10èmes JS du RCBV: amélioration des plantes et sécurité alimentaire de l'AUF Constantine (Algérie) 08-11 mai 2006

**[C30]** - Chable V, Conseil M (2005) Des ressources génétiques pour la sélection participative en Agriculture Biologique – Poster – Colloque « Les légumes : un patrimoine à transmettre et à valoriser – 7-9 septembre 2005 - Angers – France.

**[C31]** - Chable V, Conseil M (2006) Participatory Cauliflower Breeding for Organic Farming in Brittany – France, poster - colloque ECO-PB - Sélection participative en Agriculture Biologique du 11 au 13 Juin 2006 au domaine de La Besse

**[C32]** - Salmon A, Manzanares-Dauleux M, Renard M, Chable V (2004) Are phenotypic aberrations in *Brassica oleracea* under epigenetic control ? » 14th Cruciferae Genetics Workshop. 3rd ISHS Symposium on Brassicas. October 24-28, 2004 -Corée

**[C33]** - Missi N, Salmon A, Bodin M, Manzanares-Dauleux M, Chable V (2004) Systemic transmission of aberrant character by grafting in cauliflower. Plant Genomics European Meetings Lyon, 22-25 September 2004

**[C34]** - Serpolay E, Schermann N, Chable V (2010) Building a regional participatory research programme for wheat breeding and crop management in Brittany, France. EUCARPIA Conference “Breeding for resilience: a strategy for organic and low-input farming systems? Paris, France on December 1-3, 2010

**[C35]** - Chable V, Goldringer I, Wolfe M, Barberi P, Kovacs G, Grando S, Rakszegi M, Østergård H, Bocci R (2011) SOLIBAM (Strategies for Organic and Low Input Breeding and Management), a EU programme for biodiversity in Europe and Africa (2010-2014). 17th IFOAM Organic World Congress. 26thSeptember-4<sup>th</sup> October 2011 Seoul, Republic of Korea

**[C36]** - Serpolay E , Schermann N, Dawson J, Lammerts van Bueren ET (2011) Phenotypic evolution of different spinach varieties cultivated and bred on-farm on organic conditions. 17th IFOAM Organic World Congress. 26thSeptember-4<sup>th</sup> October 2011 Seoul, Republic of Korea

## Encadrement – Formation

### Intervention en formation continue

Recherche, variétés et semences pour l'agriculture biologique

formation continue pour les professionnels de l'AB

lieu : CFPPA du Rheu 35

1/2 journée, chaque année depuis 2003

La sélection du chou

Techniciens du laboratoire marquage moléculaire de Syngenta,

Lieu: INRA du Rheu

1 jour - 13 octobre 2006

Des principes de l'Agriculture Biologique à la sélection des plantes

Limites de la conception génétique de la sélection des plantes

JOURNEE FORMATION ITAB «Agriculture Biologique et Techniques de Sélection des Plantes»

Le Rheu

1 jour - 14 juin 2007

## **Intervention pour initier la sélection participative**

Variétés et semences pour l'agriculture biologique

ADAGE (Agriculture Durable par l'Autonomie, la Gestion et l'Environnement) 35 : 28 mars 2006

(1/2 journée)

Chambre Agriculture d'Ille et Vilaine : 19 janvier 2006 (1/2 journée)

Sélection participative de variétés populations de maïs et de luzernes Enjeux, expériences actuelles et perspectives

Formation BLE – projet Biodiversité cultivée / Bio-ainiztasuna - Aicirits - Pays Basque, 17 septembre 2008 (1/2 journée)

Variétés et semences paysannes - La sélection participative et semences potagères, Formation «Produire des semences sur sa ferme »

CORABIO Rhône Alpes : 22 février 2007 (1 jour)

CIVAM Agrobio47, CABSO, RSP à Port Sainte Marie, le 21 janvier 2010 (1 journée)

Variétés et semences paysannes - La sélection participative : son contexte scientifique et réglementaire

ADAGE 35 (Agriculture Durable par l'Autonomie, la Gestion et l'Environnement) Formation

« semences fermières », Louvigné du Désert, le 24 novembre 2009 (1/2 journée)

Idem le Bain de Bretagne le 26 novembre 2009 (1/2 journée)

## **Activité d'encadrement**

### **Encadrement étudiant 3<sup>ème</sup> cycle**

Liste des master II ou diplôme d'ingénieur (DAA)

**[M1]** - Maryse Hulmel (1987) Etude de la fluctuation de l'incompatibilité pollinique chez le chou-fleur d'automne (*Brassica oleracea* var *botrytis* L.) + annexes – DAA ENSAR

Devenir : Thèse – chercheur INRA

**[M2]** - Vianney Estorgue (1988) Quelques aspects génétiques de l'autoincompatibilité pollinique chez le chou-fleur d'automne (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.)- DAA ENSAR

**[M3]** - Claude Lasserre (1989) Fluctuations de l'incompatibilité pollinique chez le chou-fleur (*Brassica oleracea* var *botrytis* L.) + annexes - DAA ENSAR

**[M4]** - Dominique Diaz (1990) Etudes biologiques et biochimiques de l'incompatibilité pollinique chez le chou-fleur (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.) - DEA Université Rennes 1

**[M5]** - Clotilde Grandjean-Gloaguen (1991) .Etude des fluctuations de l'autoincompatibilité pollinique chez le chou-fleur d'automne (*brassica oleracea* var *botrytis* L.) – DAA ENSAR

**[M6]** - Claude Laviec (1995) Bases biologiques et génétiques de la création de variétés de chou-fleur. Etudes expérimentales de biologie florale - Mémoire ingénieur DPE

**[M7]** - Anita Poissel (1996) contrôle génétique de l'auto-incompatibilité chez le chou-fleur (*Brassica oleracea* var *botrytis*) cas particulier de l'autofertilité en présence de deux haplotypes, sx et SC – Stage de DEA / DAA Sciences et techniques des Productions Végétales, option Amélioration des Plantes et Biotechnologies Végétales

**[M8]** - Cécile Collonnier (1997) L'auto-incompatibilité chez *Brassica oleracea* : étude de la variabilité des haplotypes du locus *S* au sein de quatre cultigrupes – Stage de DEA / DAA Sciences et techniques des Productions Végétales, option Amélioration des Plantes et Biotechnologies Végétales

Devenir : Thèse autre laboratoire - CTPS

**[M9]** – Julien Rocherieux (2000) Marquage moléculaire des haplotypes *S* d'auto-incompatibilité chez *Brassica oleracea*. Stage de DEA / DAA Sciences et techniques des Productions Végétales, option Amélioration des Plantes et Biotechnologies Végétales

Devenir : Thèse autre sujet, même équipe – sélectionneur privé

**[M10]** - Murielle Douté (2001) Plantes Investigations physiologiques et moléculaires du caractère aberrant chez les choux (*Brassica oleracea*). Stage de DEA / DAA Sciences et techniques des Productions Végétales, option Amélioration des Plantes et Biotechnologies Végétales.

**[M11]** - Karima Boudehri (2003) Les plantes aberrantes chez les espèces cultivées : une pathologie d'origine épigénétique. Stage de DEA / DAA Sciences et techniques des Productions Végétales, option Amélioration des Plantes et Biotechnologies Végétales

Devenir : Thèse autre laboratoire

**[M12]** - Nadjette Missi (2004) Le caractère « aberrant » chez les choux : épigénétisme et aneuploïdie. Stage de DEA / DAA Sciences et techniques des Productions Végétales, option Amélioration des Plantes et Biotechnologies Végétales

Devenir : Thèse autre laboratoire

Poster congrès (C32)

## Co-Encadrement de thèses

**[T1]** - Armel Salmon (2007) « Contrôle épigénétique du caractère aberrant chez *Brassica oleracea* » Thèse de l'ECOLE NATIONALE SUPERIEURE AGRONOMIQUE de RENNES Mention : Biologie et Agronomie

Conception du sujet sur la base des connaissances acquises depuis 1995 sur le sujet.

Encadrement à 50%. Thèse commencée en octobre 2003 et soutenue en mars 2007, avec un co-encadrement avec Maria Manzanares Dauleux pour les aspects moléculaires. La direction de thèse fut assurée par Grégoire Thomas, responsable de l'équipe en 2003.

**[T2]** - Houria Hadj-arab (2011) « Génétique de l'incompatibilité dans le genre *Brassica* L. Variation de la réaction de l'auto-incompatibilité dans des contextes diploïde (*B. oleracea*) et polyplœïde (*B. napus*) »

Thèse à l'Université des Sciences et Technologie Houari BOUMEDIENNE d'Alger qui a été soutenue le 14 décembre 2011.

Conception du sujet sur la base des connaissances acquises depuis 1985 sur le sujet.  
Encadrement à 80%. Thèse commencée en 2001 par Houria Hadj-Arab, enseignante de botanique à l'Université des Sciences et Technologie Houari BOUMEDIENNE d'Alger le Rheu, sous forme de stages annuels entre ses périodes d'enseignement. La partie colza a été co-encadrée avec Anne-Marie Chèvre.

## ACTIVITÉS D'ANIMATION SCIENTIFIQUE de projets

### Liste et description des contrats de recherche nationaux, internationaux, de contrats privés, de contrats avec la Région... conçus et coordonnés

**2001-2003** : " Variétés et semences de choux et choux-fleurs pour Agriculture Biologique : de l'évaluation des ressources génétiques vers l'organisation d'une filière semences"  
Projet CIAB, Comité Interne pour l'Agriculture Biologique (AIP INRA 248), en collaboration avec l'Université de Rennes1, l'interprofession de l'Agriculture biologique en Bretagne (IBB, Inter Bio Bretagne), et la Plateforme Agrobiologique d'Inter Bio Bretagne à Suscinio.

Produits :

- Rapport final sous forme de proceeding (B17)
- Publication (rang A) : A8, A15
- Autres publications, colloques, proceedings, conférences et posters : B2, B4, B5, B20, C4, C5, C8, C11, C16, C29, C30

**2002-2004** : " Analyse génétique et moléculaire du caractère « aberrant » chez les choux"  
Projet MAP 015/C01-chou, dans le cadre de l'appui technique aux sections du CTPS (Comité Technique Permanent pour la Sélection), avec 7 partenaires : INRA, GEVES (Groupe d'Etude des Variétés et Semences) et 5 sélectionneurs professionnels (Vilmorin, Novartis, Clause, Gautier et OBS)

Produits :

- Rapports annuels
- Rapport final
- Publication (rang A) : A9, A10, A12, A13
- Autres publications, colloques, proceedings, conférences et posters : B1, C3

**2007-2010** : Farm Seed Opportunities (FSO), « Opportunities for farm seed conservation, breeding and production », STREP du FP6, Specific support to policies, STREP (SPECIFIC TARGETED RESEARCH PROJECT. Contract no.: SSP-CT-2006-044345) avec 6 pays et 12 partenaires

Produits :

- Rapports annuels
- Rapport final
- Délivrables auquel j'ai participé en premier auteur et co-auteur
- D1.2 : Report on the definitions of varieties in Europe, of local adaptation, and of varieties threatened by genetic erosion (31p)

- D2.1 : Breeding initiatives of seeds of landraces, amateur varieties and conservation varieties An inventory and Case Studies (39p)
- D2.3 : Report on the Analysis of the bottlenecks and challenges identified for on-farm maintenance and breeding in European agricultural conditions (16p)
- D3.1 : Seed quality recommendations (30p)
- D4.5 : Report on the expert meetings and activities (12p)
- D4.6 : Set of recommendations on farm conservation strategy, the role of innovative market mechanisms, legislative framework for landraces, conservation varieties and amateur varieties in Europe (35p)
- D4.7 : Booklet Dissemination, Booklet and CD-Rom (5 langues - sous presse)  
"Farm Seed Opportunities : Conservation, Breeding and Production" 25p + CD
- Publication (rang A) : **A15** et autres publications en cours de rédaction
- Autres publications, colloques, proceedings, conférences et posters : B19, B21, B22, C15 et C18 + résumé poster accepté pour congrès IFOAM septembre 2011

**2009-2012** : PaysBlé « Développement d'un réseau régional pour expérimenter, maintenir et promouvoir la diversité cultivée des blés de terroir bretons en agriculture biologique », projet régional en Bretagne dans le cadre ASOSC « Actions pour l'appropriation sociale des sciences », 5 partenaires (INRA, Université, IBB-InterBioBretagne, Kaol Kozh et Triptolème, associations pour la biodiversité cultivée)

- Compte-rendu de séminaire
- Rapports d'étape
- Poster C33

**2010-2014** : SOLIBAM (Strategies for Organic and low input Integrated Breeding and Management), "Improving performance and quality of crops in the context of organic and low-input systems by breeding and management". Collaborative Project (large-scale integrating project) project FP7. Grant agreement no.: FP7 KBBE- 245058, avec 12 pays, 23 partenaires européens et africains.

- Deliverable D1.5 – "Determination of traits most relevant for model species of cereals, grain legumes and vegetables" 21p
- Poster C7 ,
- Rapports d'étapes, brochures

## **Autres contrats de recherche nationaux, internationaux, de contrats privés, de contrats avec la Région... auxquels j'ai contribué**

**2000-2002** : « La caractérisation des plantes aberrantes et la recherche de leur origine au sein d'hybrides de chou-fleur » Convention MAP-GEVES 98-43

7 partenaires : INRA, GEVES (Groupe d'Etude des Variétés et Semences) et 5 sélectionneurs professionnels (Vilmorin, Novartis, Clause, Gautier et OBS)

coordination : GEVES Brion, Valérie Cadot

Produits :

- Rapports annuels des essais INRA

- Co-rédaction du rapport final et proposition du second projet MAP
- Autres publications, colloques, proceedings, conférences et posters : C3

**2000-2003** : Evaluation, characterisation and regeneration of *Brassica oleracea* germplasm collections in the EU GENRES CT99 109 project "*Brassica* collections for broadening agricultural use"

Coordination : Grégoire Thomas, INRA - UMR APBV

Mise en place d'expérimentation et observation des ressources génétiques

Produits :

- participation aux rapports annuels
- Autres publications, colloques, proceedings, conférences et posters : B2 et C26

**1982 – 2000** : Convention de collaboration avec le CERAFEL (Comité Economique Régional Agricole Fruits et Légumes de Bretagne) pour la création de variétés de chou-fleur

Organisation du travail de sélection - Encadrements de l'équipe technique

Produits :

- 17 hybrides F1 inscrits au catalogue officiel des variétés, cession des géniteurs et semences, compte-rendu des comités de pilotage
- Document final pour transfert : catalogue de l'ensemble des géniteurs produits et base de données
- Publication (rang A) : A2, A3, A4, A5, A6, A7, A14
- Autres publications, colloques, proceedings, conférences et posters : P1, B6, B14, C1, C2, C25

**2000 – 2003** : Production de semences d'hybrides de chou-fleur : 2 projets menés en parallèle sur 2 ans, Elaboration de protocoles et responsabilité de l'expérimentation

- pour déterminer l'incidence des stérilités mâles en production de semences de chou-fleur (convention CERAFEL),

- et mesurer l'impact des facteurs du milieu (insectes pollinisateurs, climat) : Titre du projet : La maîtrise du rendement des productions de semences de choux : analyse de l'origine des avortements

(Contrat de Branche Ministère Agriculture en partenariat avec la FNAMS) Numéro du contrat C0023-

CHOUFNAMS responsable scientifique : Marie-Laure Casals (FNAMS), partenaire scientifique INRA UMR APBV, ESA (Ecole Supérieure d'Agriculture) Angers, et autres partenaires professionnels (FNPS, semences potagères, Florimond-Desprez)

Produits :

- Réunions annuelles OBS et FNAMS Angers (diaporamas) et rapports intermédiaires
- Rapport final





# Plan

---

## RESUME des TRAVAUX

1.	Introduction.....	23
1.1	Cheminement dans ma recherche et évolution du contexte professionnel.....	24
1.2	Evolution des thématiques.....	26
1.3	Développement de mes thématiques dans leur contexte historique.....	26
2.	Variétés et semences de chou-fleur pour l'agriculture conventionnelle.....	28
2.1	Contexte et enjeux .....	28
2.2	Problématique et questions de recherche.....	30
2.3	Organisation de la recherche et du transfert : côté professionnel, côté scientifique .....	30
2.4	Les principaux résultats.....	32
2.4.1	Biologie de la reproduction : le cas de l'auto-incompatibilité pollinique .....	33
2.4.2	Biologie du développement .....	42
2.5	Bilan.....	50
2.5.1	Compétences acquises et collaborations.....	50
2.5.2	Valorisation des recherches .....	51
2.5.3	Evolution de ma compréhension des problématiques .....	52
2.5.4	La recherche action .....	53
3.	Variétés et semences pour les agricultures biologiques et paysannes en France et en Europe .....	54
3.1	Contexte et enjeux (agricole, scientifique, recherche) .....	54
3.2	Problématique et questions de recherche.....	56
3.3	Emergence de la sélection participative (2001-2003) avec les choux et choux-fleurs en Bretagne .....	57
	Naissance et évolution de l'organisation de la recherche pour l'AB en Bretagne.....	57
	Un projet pour concrétiser l'action .....	57
3.4	Consolidation de la recherche participative (2003-2010) : objectifs de recherche .....	59
3.4.1	La sélection participative pour les agricultures biologiques et paysannes. Projet d'intégration au SAD.....	60
3.4.2	Variétés et réglementations. Projet européen Farm Seed Opportunities .....	60
3.4.3	Structure des variétés, performances au champ et qualité des produits. Projet régional breton, PaysBlé.....	62

3.5	Résultats .....	63
3.5.1	Organisation de la SP et accompagnement du monde paysan.....	63
3.5.2	Etude des variétés soumises à la sélection paysanne .....	64
3.5.3	Notion de co-évolution.....	66
3.5.4	Propositions réglementaires .....	67
3.6	Bilan 2001-2011 : 10 années de transition.....	69
3.6.1	Compétences développées et collaborations .....	69
3.6.2	Valorisation.....	70
3.6.3	Evolution de ma compréhension du problème.....	72
3.6.4	Recherche participative.....	74
<b>PROJET de RECHERCHE et PERSPECTIVES</b>		
1	Introduction : contexte et perspective d'évolution.....	76
1.1	Les défis agricoles, environnementaux, éthiques et sociaux : vers un changement de paradigme.....	76
1.2	Agro-écologie et Agriculture Biologique .....	77
1.3	Le contexte INRA : le département SAD.....	78
1.4	Le contexte de l'Unité SAD-Paysage.....	78
2	Problématique - thématiques de recherche.....	79
2.1	Critères de sélection, notion d'adaptation et de « performances » .....	82
2.2	La création de diversité au sein d'une espèce : le brocoli.....	83
2.3	Caractérisation du comportement de populations aux structures génétiques variées optimisant les pratiques dans les terroirs, cas du blé.....	84
2.4	Suivi des propositions réglementaires et l'interaction avec les décideurs .....	87
3	Stratégies - Organisation de la recherche.....	88
3.1	Une démarche nourrie par des projets de recherche aux origines variées et complémentaires...	89
3.2	Ma position d'ingénieur de recherche en perspective.....	90
3.3	Promouvoir la recherche ingénierique pour l'agroécologie (AB/Fl) .....	92
Conclusion .....		95
Références.....		97
Annexes .....		103

# Résumé des travaux

---

## *De la génétique végétale à la sélection paysanne : découvrir et promouvoir la diversité*

### 1. Introduction

Il y a près de 30 ans, je découvrais la recherche à l'INRA de Rennes, au milieu des choux-fleurs bretons en stage de fin d'études. J'ai adopté le métier, la plante et la Bretagne depuis lors. Même si mon métier et son contexte ont beaucoup changé, ma mission d'ingénieur de recherche a toujours fortement lié les activités scientifiques et celles de transfert autour de demandes précises de partenaires professionnels en vue d'une valorisation qu'ils souhaitent toujours la plus rapide possible.

Je me reconnais parfaitement dans la définition de la recherche finalisée donnée au sein de notre institution<sup>1</sup> :

« En tant qu'organisme de recherches finalisées, l'Inra situe son action dans des perspectives à la fois scientifiques et socio-économiques. Les missions des chercheurs et des ingénieurs de l'Inra se caractérisent ainsi par un large éventail d'activités et de productions. Leur rôle, notamment dans l'activité expérimentale et les actions de transfert vers la profession, est indispensable et reconnu. La recherche finalisée se distingue aussi par une autre façon de faire émerger les questions de recherche. Elle conduit ainsi à un mode de collaboration original et à des produits indirects comme la construction de dispositifs de partenariats, l'élaboration de nouveaux objets de recherche, de processus d'apprentissage croisés des chercheurs et des partenaires, des créations d'organisation inédites. »

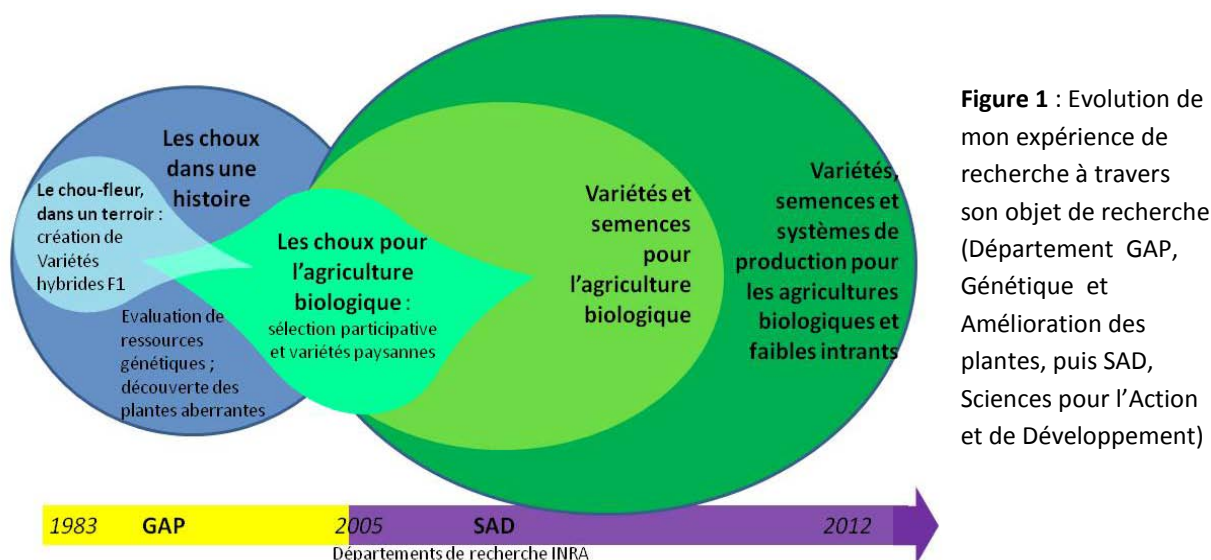
Partant d'une thématique de génétique végétale chez le chou-fleur pour créer des variétés hybrides F1 pour les producteurs bretons, je soutiens aujourd'hui des projets de sélection paysanne<sup>2</sup> sur plusieurs espèces en France et en Europe, avec l'organisation d'associations pour la diffusion des semences paysannes. Le programme d'amélioration variétale du chou-fleur avait été conçu par Yves Hervé, professeur d'amélioration des plantes, pour aider les producteurs bretons à intensifier leur production à la fin des années soixante-dix. A mon tour, à la fin des années quatre-vingt dix, j'étais interpellée pour répondre les professionnels de l'agriculture biologique (AB) de la même région à répondre au mieux aux principes de l'AB. Cette expérience bretonne a été élargie ensuite à des groupes d'agriculteurs de tout le territoire français, et à des formes variées d'agricultures biologiques et paysannes<sup>3</sup> avec une organisation participative des recherches (figure 1).

---

<sup>1</sup> [http://www.inra.fr/1\\_institut/organisation/1\\_evaluation\\_scientifique](http://www.inra.fr/1_institut/organisation/1_evaluation_scientifique)

<sup>2</sup> Sélection paysanne : sélection pratiquée à la ferme par des agriculteurs se considérant paysans, voir note 3

<sup>3</sup> Agriculture paysanne : agriculture à faible intrant pratiquée par des agriculteurs attachés à la valorisation du « pays » (ou terroir), le plus souvent en agriculture biologique, mais pas toujours certifiée par un organisme spécialisé, toutes inspirées par les fondements de l'agroécologie.



**Figure 1** : Evolution de mon expérience de recherche à travers son objet de recherche (Département GAP, Génétique et Amélioration des plantes, puis SAD, Sciences pour l'Action et de Développement)

Issue du monde agricole, j'ai eu une attirance particulière pour l'agriculture biologique dès les classes préparatoires. Je découvris cette forme d'agriculture avec l'un de ses pionniers, Claude Aubert, dont l'ouvrage « Agriculture biologique » a été plusieurs fois réédité. C'est à partir de 2000 avec la création du CIAB (Comité interne pour l'Agriculture Biologique) que ma carrière de scientifique a changé progressivement de contexte pour essayer de répondre aux besoins de l'AB. Nous étions peu nombreux à en connaître le contexte à l'époque, puisque notre institution avait été construite pour développer l'agriculture dite « conventionnelle » largement majoritaire sur notre territoire. Je me suis préparée pendant de longues années pour être en mesure de proposer une stratégie adaptée aux besoins de la filière bio : nombreux contacts avec les agriculteurs en AB, formations spécifiques et participation au GEPAB<sup>4</sup>.

## 1.1 Cheminement dans ma recherche et évolution du contexte professionnel

L'évolution de la thématique de mes activités de recherche est associée d'une part, à des changements de statuts et de département de recherche :

- Ingénieur de recherche CERAFEL (Comité Economique Régional Agricole Fruits et Légumes de Bretagne) détachée à l'INRA (1983-1999),
- Ingénieur de recherche INRA, Génétique et Amélioration des Plantes, à l'UMR APBV (Amélioration des Plantes et Biotechnologies Végétales) Le Rheu (1999-2005),
- Ingénieur de recherche INRA, Sciences pour l'Action et le Développement, au SAD Paysage (2005, ...) ;

et d'autre part, à un changements des partenaires professionnels :

- Les producteurs bretons de choux représentés par le CERAFEL, Comité Economique Régional Agricole Fruits et Légumes de Bretagne),
- Les professionnels de la sélection et de la production de semences de choux en France,
- Les professionnels de l'agriculture biologique en Bretagne représenté par IBB, InterBioBretagne,
- Les acteurs des agricultures biologiques, paysannes et faibles intrants en France et en Europe.

<sup>4</sup> GEPAB : Groupe d'Etudes pour l'Agriculture Biologique, groupe informel de 1900 à 1996, GIS (Groupement d'intérêt scientifique) de 1996 à 2001

A la sortie de l'ENSH de Versailles, en 1983, j'ai été recrutée par le CERAFEL (Comité Economique Régional Fruits et Légumes de Bretagne) sous contrat pour assurer la coordination scientifique d'un programme d'amélioration du chou-fleur en Bretagne, sous la direction de Yves Hervé, professeur d'Amélioration des Plantes à l'ENSA<sup>5</sup> de Rennes. Pendant cette période, outre l'activité de création de variétés hybrides F1 pour mon employeur, j'ai proposé et assuré en parallèle les études de génétique et de biologie de la reproduction dans le cadre de la Station d'Amélioration des Plantes pour mener à bien ce programme : ma thèse sur la diversité des systèmes d'hybridation dans l'espèce et plusieurs publications scientifiques sont issues de ces recherches.

En 1999, j'ai réussi un concours pour intégrer l'INRA dans le laboratoire qui m'accueillait jusqu'alors. De ce recrutement à l'année 2005, ce fut une période de transition où j'ai pu élargir le cercle du partenariat et des thématiques associées à leur besoin. Dans les faits, cette période fut marquée par :

- a) le transfert des géniteurs et de toutes les compétences acquises vers les professionnels bretons avec qui j'avais travaillé pendant 16 ans (les conventions entre l'INRA et le CERAFEL se sont arrêtées en 2003 après le transfert),
- b) ma participation à l'évaluation de ressources génétiques des différents cultigrupes de l'espèce *Brassica oleracea* dont l'unité avait la responsabilité,
- c) l'étude des plantes « aberrantes » au sein des variétés hybrides qui pénalisaient toute la profession. Ces plantes montrent des phénotypes très diversifiés qui s'écartent de la variabilité normale de l'espèce. Avec mon nouveau statut INRA, j'ai alors pu proposer un programme de recherche financé par le Ministère de l'Agriculture pour aider tous les sélectionneurs français à comprendre ce phénomène et ainsi résoudre le problème de l'inscription au catalogue officiel des variétés. Parallèlement, je montrais que ces plantes aberrantes révélaient un phénomène épigénétique très intéressant d'un point de vue de recherche fondamentale, ce qui me conduisit à concevoir alors un sujet de thèse original sur le sujet,
- d) la demande du secteur de l'Agriculture biologique en Bretagne pour concevoir une méthode de sélection adaptée aux choux et aux choux-fleurs et à la diversité des besoins de ce secteur.

Depuis 2005, la thématique « amélioration des plantes pour l'agriculture biologique » est devenue le centre de mon activité avec le développement d'une organisation particulière de la sélection, appelée « sélection participative ». Elle intègre toutes les compétences acquises auparavant pour les adapter au contexte des agricultures biologiques et paysannes. L'agriculture paysanne est définie par ses acteurs comme une agriculture à faibles intrants (souvent biologique mais non certifiée) attachée au terroir. J'ai pu développer cette thématique grâce à un changement de département de recherche : je suis passée du département GAP (Génétique et Amélioration des plantes) à celui du SAD (Science pour l'Action et le Développement). Mon activité d'amélioration des plantes pour l'agriculture biologique s'est traduite par le montage et la coordination de projets lui conférant une reconnaissance internationale et les moyens humains et matériels. Le département SAD affiche un objectif de production de connaissances scientifiques d'aide à l'action dans une perspective de développement durable. Ainsi, on y trouve des recherches associant étroitement les sciences agronomiques, les sciences de l'animal, l'écologie et les sciences humaines et sociales, en partenariat avec les utilisateurs potentiels de ses travaux.

---

<sup>5</sup> ENSA : Ecole Nationale Supérieure Agronomique, devenue AgroCampus.

## 1.2 Evolution des thématiques

L'évolution du contexte scientifique et des thématiques de recherche des programmes dans lesquels j'ai été impliquée, me permet de faire un bilan de carrière selon deux angles d'approche : (i) l'acquisition des connaissances scientifiques, leur cohérence et leur complémentarité sur l'ensemble de mon parcours, et (ii) la mise en œuvre de formes de recherche différentes, chacune adaptée aux partenaires concernés et à une forme de transfert particulière.

Concernant, les domaines de connaissances fondamentales et complémentaires sur le végétal, j'ai abordé :

- La biologie de la reproduction chez les plantes,
- La biologie du développement,
- La génétique et l'amélioration des plantes,
- L'adaptation/évolution des populations végétales cultivées ;

Et en matière d'organisations de recherche :

- Une recherche fondamentale<sup>6</sup> : en particulier, sur l'auto-incompatibilité pollinique, les stérilités mâles chez les Brassicas, le phénomène des plantes aberrantes, l'adaptation des populations végétales cultivées,
- Une recherche-action : pour la création et production de semences de variétés hybride F1,
- Et une recherche participative : avec la sélection participative, la production de semences biologiques et/ou paysannes, les propositions réglementaires.

## 1.3 Développement de mes thématiques dans leur contexte historique

Depuis le début de ma carrière, **l'étude de la diversité est le fil directeur de mes activités de recherche et sa promotion, une ambition des activités de transfert**. J'ai abordé la diversité dans le monde végétal à différents niveaux, en la décrivant et la mesurant : au niveau génétique, avec la diversité allélique des gènes contrôlant l'auto-incompatibilité ou les différentes formes de stérilités mâles, au niveau population végétale, avec les plantes aberrantes, les ressources génétiques et la sélection paysanne. Chaque thématique s'insère dans un champ d'application pour développer la diversité ou permettre son développement : la gestion des systèmes de reproduction des plantes, la création variétale, la production de semences et les aspects réglementaires en matière de variétés et semences. Néanmoins, le contexte professionnel dans lequel les programmes de sélection prennent place influence grandement leur impact sur la biodiversité globale des plantes cultivées.

Les deux grandes périodes de ma carrière que je vais décrire, l'une visant une gamme de variété hybride F1 chez le chou-fleur pour les producteurs conventionnels du nord de la Bretagne et l'autre ouvrant la page de la sélection participative pour les agricultures biologiques et paysannes m'ont offert de vivre **deux mutations : celle des variétés paysannes vers les variétés hybrides F1 pour « moderniser » l'agriculture, et celle des « variétés modernes » vers les « populations<sup>7</sup> paysannes »**

---

<sup>6</sup> La recherche fondamentale en biologie consiste à comprendre le fonctionnement des organismes et des processus biologiques

<sup>7</sup> Population : j'utilise souvent ce terme pour parler de variétés-populations. J'ai pris cette habitude car au niveau de la commission européennes, lors d'interactions et de discussions à propos de la réglementation sur les semences, on nous a souvent repris pour que nous n'utilisions le mot variété que lorsqu'il s'agissait de variété au sens

**pour dessiner un nouveau projet de société.** Ce second mouvement n'est pas un retour à l'état précédant la phase de modernisation de l'agriculture, mais il est la proposition nouvelle et collective (participative) d'une agriculture et d'une culture fondée sur l'hypothèse que la diversité est la base du dit « développement durable ». La partie prospective visera à asseoir cette ambition et créer un contexte scientifique favorable.

Le programme de sélection de variétés hybrides F1 de chou-fleur visait une « intensification » de la production légumière bretonne. L'ère de l'hybride F1 commençait tardivement pour le chou-fleur – les populations paysannes de chou-fleur et le savoir-faire sont restés encore bien vivants jusque dans les années 80 – par rapport au modèle de référence de l'hybride de maïs qui fut développé dès le début du XXe siècle. Son objectif était le même : augmenter les performances des cultures sous l'angle du rendement économique. A cette même époque, certains chercheurs et développeurs redécouvraient les vertus des savoirs locaux et initiaient dès les années 1980 des démarches participatives dans les pays du sud, constatant une impossibilité à généraliser le modèle de la révolution verte et de ses variétés « modernes » dans des régions à forte diversité : diversité des terroirs, des cultures et des pratiques agricoles, incertitudes des conditions climatiques impliquant des savoirs complexes de gestion des aléas en jouant sur la diversité... (Bonneuil et Demeulenaere, 2007). Je proposais en 2001 la sélection participative du chou-fleur pour les paysans bio en Bretagne alors même que par les travaux de l'« équipe chou-fleur » de l'UMR APBV (Amélioration des Plantes et Biotechnologies Végétales) à laquelle j'appartenais, une gamme de variétés hybrides F1 commençait à être presque complète (en termes d'étalement de la période de production) pour les producteurs conventionnels bretons.

Si on élargit au contexte global de la diversité, j'ai eu la chance de démarrer ma carrière à l'aube d'une période passionnante pour un chercheur biologiste : la reconnaissance d'une « crise de la biodiversité », même si les débats restent parfois tendus quand on aborde celle de la diversité cultivée. Comme le rappelle Marris (2010) dans un livre récent, « Le constat est donc clair dès la fin des années 1970 : la vie sur Terre traverse une crise sans précédent dont les conséquences risquent fort de s'avérer catastrophiques ». Le terme « biodiversity » est né en 1986 à Washington lors d'un forum national. Elle rapporte dans son ouvrage : « Il apparut très vite que la mission des scientifiques présents était bien davantage d'alerter les autorités politiques et le public du danger que représentait la perte de la diversité biologique que de décrire le phénomène sous un angle purement scientifique ».

Au niveau de notre institution, le défi est aujourd'hui pris en compte comme en témoigne le « Document d'orientation Inra 2010 – 2020 une science pour l'impact », préparé par Marion Guillou et les directions scientifiques :

« La recherche agronomique au sens large n'était plus prioritaire ni pour les professionnels ni pour les citoyens européens à la fin du XXème siècle. Elle est désormais interpellée fortement pour accompagner l'agriculture dans ses mutations et pour contribuer à une sécurité alimentaire et nutritionnelle durable pour le siècle qui démarre.

L'Inra pour cela, fort des compétences de ses équipes et d'un dispositif de terrain performant, doit évoluer. Evoluer, avec quelques objectifs forts pour les dix ans à venir.



- Dix ans pour devenir un acteur de la recherche internationale, mobilisée par les grands défis mondiaux du millénaire.
- Dix ans pour progresser en agro-écologie et sur les approches prédictives en biologie.
- Dix ans pour co-construire avec les acteurs, professionnels comme associatifs ou territoriaux, des trajectoires d'innovation appropriables, durables et performantes.
- Dix ans pour anticiper et contribuer à l'expertise publique en matière d'alimentation, d'environnement et d'agriculture.
- Dix ans pour accompagner les innovations en travaillant leurs impacts sur les pratiques professionnelles et la société, et les conditions d'un accès ouvert à leur diffusion. »

Avec la sélection participative intégrée dans un programme européen, comme SOLIBAM<sup>8</sup> et cité par deux fois par notre directrice dans son document, nous avons pris un peu d'avance sur ses propositions. Pour présenter mes perspectives de recherche, je montrerai comment les projets engagés depuis 10 ans remplissent déjà les nouvelles ambitions de notre direction en favorisant l'émergence de nouveaux champs de connaissances scientifiques et d'expertises, en co-construisant avec les acteurs une organisation spécifique de la transmission des savoirs.

La « sélection participative » associe deux domaines de recherche. Le terme « sélection » fait référence à des méthodes et des compétences développées au département Génétique et Amélioration des Plantes ; le terme « participative » renvoie à un ensemble de réflexions spécifiques du département Sciences pour l'Action et le Développement [P3].

## 2. Variétés et semences de chou-fleur pour l'agriculture conventionnelle

### 2.1 Contexte et enjeux

Le chou-fleur est cultivé en Bretagne depuis la fin du XIXe siècle. Des générations d'agriculteurs ont depuis adapté la plante aux conditions régionales. Cette plante d'origine méditerranéenne qui exprime une diversité morphologique et qualitative extraordinaire en Italie où le climat lui est particulièrement favorable, a trouvé des conditions suffisamment douces en Bretagne pour s'adapter ; la « pomme » du chou-fleur, méristème préfloral, subit en effet des dommages irréversibles quand les températures sont négatives. Une seule forme, à pomme blanche et recouverte par ses feuilles, désignée le type « Roscoff », s'est diversifiée pour son cycle de production par le travail de sélection des producteurs. Ils produisent en hiver et printemps avec un cycle végétatif allant de 5 mois à 11 mois selon les populations. Les producteurs de choux-fleurs d'hiver/printemps ont ainsi créé, par sélection massale, de nombreuses variétés populations fermières en moins d'un siècle. En parallèle, une création de chou-fleur d'automne (cycle 3 à 6 mois) a été entreprise par les entreprises semencières spécialisées en plantes potagères pendant la même période. Les producteurs ont abandonné la sélection de ce créneau (automne) à cause des difficultés de production de semences [P2].

A l'INRA, l'amélioration génétique du chou-fleur a commencé vers 1965 sous la direction de Yves Hervé. Au cours d'une première étape, il a été démontré qu'une sélection généalogique maternelle directe

---

<sup>8</sup> SOLIBAM : Strategies for Organic and Low Input Breeding and Management, FP7 dont j'ai coordonné le montage en fin 2008 et qui a démarré en 2010

appliquée aux meilleures populations fermières permettait un gain génétique rapidement diffusable, puisque création et multiplication de semences étaient synchrones [P1]. Ce travail de collecte et de sélection a été confié, au début des années 70, à deux coopératives :

- le GMS (Groupement Malouin de Sélection) pour le chou-fleur d'automne,
- l'OBS (Organisation Bretonne de Sélection) pour le chou-fleur d'hiver.

Les variétés de départ de l'OBS étaient exclusivement constituées de variétés fermières alors que celles du GMS, avec sa production d'automne, regroupaient aussi des variétés populations commerciales adaptées à la région malouine. Les variétés distribuées par ces coopératives gardaient le caractère hétérogène et évolutif dans le temps des variétés populations d'origine.

A la même époque, une seconde étape a été initiée par l'INRA en collaboration avec le CERAFEL (Comité Economique Régional Agricole Fruits et Légumes) représentant les producteurs, pour aboutir à l'inscription du premier hybride F1 de chou-fleur d'automne en 1982 et d'hiver en 1987. L'objectif était de proposer une gamme de variétés hybrides F1 couvrant toute la période de production bretonne depuis septembre jusqu'à juin. Les sélectionneurs privés ont eux aussi orientés leurs programmes de sélection vers la création de variétés hybrides pour l'ensemble des choux, d'abord pour les choux de Bruxelles où la part des hybrides dépassaient, 10 ans après, 90% des variétés cultivées et environ 70% pour les choux pommés et les brocolis. En 1994, Yves Hervé observait : « Cependant, l'utilisation des variétés-populations, fermières ou commerciales, qui était de 90% environ pour le chou-fleur en 1980, ne représente plus que (mais représente encore) 40% environ en 1994, surtout pour les choux-fleurs à cycle long, les plus cultivés en France (Hervé et al, 1994) ».

Effectivement les choux-fleurs, et surtout le type d'hiver, restaient en retrait pour leur taux de variétés hybrides F1 sur le total des variétés cultivées. Suivant le succès du maïs, les potagères ont été sélectionnées selon la voie hybride à partir de la fin des années cinquante à l'INRA (Bonneuil et Thomas, 2009). Mais comme pour toutes les espèces qui ont suivi cette voie, le goulot d'étranglement consistait à mettre au point les « systèmes biologiques assurant l'hybridation ». Pour le chou-fleur, la durée du cycle et le manque de systèmes d'hybridation fiables ont « retardé » le remplacement des variétés populations par des hybrides. Outre la coordination globale du programme de sélection, la **première mission scientifique** qui me fut confiée par Yves Hervé fut **d'étudier les systèmes d'hybridation** de l'espèce pour concevoir une stratégie efficace de leur utilisation pour la création et la production de semences d'hybrides F1. J'entrais en 1983 au sein de son équipe composée alors de plusieurs techniciens dont quelques uns étaient eux aussi salariés du CERAFEL ; des conventions successives entre l'INRA et le CERAFEL ont formalisé les programmes, et les postes affectés, entre 1972 et 2002.

La **seconde thématique** importante par la durée de son développement et les moyens mis en œuvre, fut les « **plantes aberrantes** », développée dans le cadre de la sélection des choux-fleurs. Elle a commencé de façon très informelle en 1995 quand sont apparues les premières formes de ces plantes dans les champs de choux (expérimentations et chez les producteurs). Une variabilité phénotypique non connue jusqu'alors pénalisait les sélectionneurs au moment de l'inscription des variétés mais aussi les producteurs quand le taux devenait trop important. Cette forme de diversité indésirable a attisé ma curiosité car elle représentait une énigme passionnante pour un généticien. Un travail d'investigation n'excluant aucune piste m'a conduit petit à petit à une hypothèse de « maladie épigénétique » chez les plantes. Après mon recrutement comme ingénieur INRA en 1999, je n'étais plus salariée des producteurs bretons et mes interlocuteurs devenaient alors l'ensemble des sélectionneurs travaillant en France. Les questions autour de la présence de ces plantes avaient de multiples aspects :

- l'origine des plantes, phénomènes génétiques ou non,
- la possibilité d'éviter leur présence, par des pratiques culturales ou la sélection,
- les conséquences en matière de réglementation.

## 2.2 Problématique et questions de recherche

*Brassica oleracea* étant espèce à préférence allogame, la sélection de variétés « hybrides F1 » s'est naturellement imposée à tous les sélectionneurs professionnels pour créer des variétés qui répondent aux normes DHS (Distinction, Homogénéité, Stabilité) pour l'inscription au catalogue officiel des variétés.

L'allogamie de l'espèce est assurée par le phénomène d'auto-incompatibilité pollinique qui empêche l'autofécondation et privilégie les fécondations croisées. Les premières variétés hybrides ont été construites en exploitant, dans les années 80, l'auto-incompatibilité (AI). Ce système naturel avait un inconvénient majeur : son extrême variabilité la rendait inopérante pour de nombreux fonds génétiques. Tout sélectionneur a alors recherché des stratégies complémentaires, telles que les stérilités mâles. Deux formes, génique et cytoplasmique, ont coexisté ensuite selon les stratégies d'entreprise des sélectionneurs.

**En matière de système d'hybridation, ma question de recherche était de découvrir, d'étudier et d'évaluer tous les systèmes d'hybridation possibles au sein des plantes introduites dans le programme de sélection pour les producteurs bretons. Les objectifs étaient donc : (1) déterminer la diversité, (2) gérer la variabilité, (3) évaluer la fiabilité des systèmes et les conséquences agronomiques de leur utilisation dans les hybrides F1 créés [C1].**

**Concernant les plantes aberrantes, la question était de découvrir leur origine et nous en n'avions aucune idée préconçue. Il a fallu envisager toutes les hypothèses possibles : recherche de facteurs biologiques et agronomiques, avec des observations physiologiques et génétiques. Comme le sujet avait un caractère pionnier, nous étions amenés à réviser régulièrement le programme en fonction des résultats de chaque étape.**

## 2.3 Organisation de la recherche et du transfert : côté professionnel, côté scientifique

La création d'hybrides F1 de chou-fleur est un véritable programme de recherche-action qui peut être définie comme recherche et action en simultané : recherche dans le but d'acquérir des connaissances sur le domaine étudié, action dans le but mettre en œuvre une transformation (Albaladejo & Casabianca, 1997). Des résultats à atteindre sont clairement définis au départ. Et pour ce faire il est nécessaire d'accumuler et de créer des connaissances dans le domaine d'action étudié.

Avec les producteurs bretons affiliés au CERAFEL, la finalité de l'action était de leur fournir une gamme d'hybrides F1 dont ils pouvaient assurer la multiplication de semences dans les deux structures associatives qu'ils avaient créées (le GMS et l'OBS, définis § 2.1). En outre, ils contrôlaient l'avancement du projet qu'ils finançaient en partie par une organisation très intégrée du programme et des moyens mis en œuvre en ayant des salariés CERAFEL détachés à l'INRA et en accueillant les recherches et expérimentations à la fois sur des sites INRA et professionnels.

Deux sites INRA de la même équipe « chou-fleur » étaient concernés :

- la station d'amélioration des plantes du Rheu pour coordonner l'ensemble du programme de création variétale, y mener les recherches de génétique et sur les systèmes d'hybridation, et conduire la sélection sur le chou-fleur d'automne avec une équipe de 4 personnes,
- une antenne de la station du Rheu, avec une dizaine de personnes sur le site de Plougoulm dans le Finistère, pour expérimenter et sélectionner au cœur de la zone légumière les choux-fleurs d'hiver. L'INRA était d'ailleurs locataire des bâtiments et terrains, appartenant aux organisations de producteurs. A la fin des conventions INRA-CERAFEL, le site de Plougoulm a été repris par les professionnels et pour le personnel CERAFEL, une partie a intégré l'INRA par concours externe, une autre partie a rejoint une organisation professionnelle et une troisième a changé d'orientation professionnelle.

Le projet « plantes aberrantes » était également un programme de recherche-action mais tous les sélectionneurs privés étaient impliqués. Leur stratégie de gestion du problème s'adaptait au fur et à mesure de nos avancées scientifiques.

L'ensemble des thématiques scientifiques nécessaires à la création d'hybrides F1, à la production de semences et à l'étude des plantes aberrantes, font appel à des connaissances de génétiques et de biologie du développement de l'espèce *Brassica oleracea*. Bien que toutes les thématiques scientifiques relatives à une recherche fondamentale trouvent leur raison d'être dans l'objectif appliqué de créer des variétés hybrides F1, je les ai abordées dans un réseau de collaboration pour garantir la pertinence de l'approche et des méthodes appliquées, pour valoriser également ce travail par des publications scientifiques. En outre, ces thématiques ont fait l'objet de nombreux sujets de stage sur lesquels j'ai encadré des étudiants allant du BTS aux masters2, et deux étudiants en thèse. Compte-tenu des thématiques abordées, j'ai dû aller chercher des collaborations hors de la Station d'Amélioration des Plantes de Rennes. L'auto-incompatibilité est un domaine de recherche à part entière mobilisant plusieurs équipes dans le monde. Trois se distinguaient particulièrement sur le modèle Brassica, dont celle de Christian Dumas à l'Ecole Normale Supérieure de Lyon. Nous avons travaillé ensemble depuis 1988 jusqu'à ce jour, en particulier avec Thierry Gaude avec qui nous co-signons encore les articles que Houria Hadj-Arab produits à partir de sa thèse sur le sujet. Les plantes aberrantes m'ont aussi incité à rechercher des appuis diversifiés car j'entrais dans le domaine de l'épigénétique encore peu connu aux débuts des années 90, thématique qui pénètre encore doucement les équipes d'amélioration des plantes. J'ai donc trouvé des appuis auprès des collègues du département de Biologie Végétale à l'INRA de Versailles et plus particulièrement avec l'équipe de Alain Rival du CIRAD-IRD à Montpellier.

Le tableau 1 synthétise mes principales activités autour des thématiques génétiques et biologie du développement, avec les moyens mis en œuvre et la valorisation des travaux scientifiques dans ce domaine.

Tableau 1 : Synthèse des programmes de recherche « génétique et amélioration des plantes » sous ma responsabilité de 1983 à 2005 (fin de valorisation probable 2012)

Thématique	<b>Biologie de la reproduction :</b> - Auto-incompatibilité pollinique - Stérilités mâles	<b>Biologie du développement :</b> - Fertilité en production grainière - Plantes aberrantes
Période (début programme – date dernière publication/thèse)	1983-2011 (thèse) + une publication probable en 2012	1995-2009
Objectifs	Création de systèmes d'hybridation Evaluation de ressources génétiques	Appui méthodologique aux sélectionneurs pour la production de semences et la gestion des plantes aberrantes
Méthodes	Expérimentation champ et milieu contrôlé – analyses phénotypiques (niveau plante entière, organe, cellule) – analyses biochimiques et moléculaires	
Plantes étudiées	Variétés populations, lignées et hybrides F1	
Moyens	Contrats de partenariat avec le CERAFEL (25 ans) – programmes européens (GENRES <sup>9</sup> Brassica)	Contrats de branches Ministère, Programme Appui aux sections CTPS
Collaboration	ENS <sup>10</sup> Lyon	Sélectionneurs privés, GEVES <sup>11</sup> , FNAMS <sup>12</sup> , CIRAD-IRD <sup>13</sup> , INRA Versailles
Résultats scientifiques	Contrôle génétique – découverte de systèmes de stérilité mâle génique – diversité allélique des systèmes d'hybridation (auto-incompatibilité et stérilités mâles)	Détermination de paramètres environnementaux et génétiques de la fertilité. Mise en évidence d'une maladie d'origine « épigénétique » chez les plantes
Valorisation scientifique et la formation par la recherche	8 DEA- DAA Proposition et encadrement d'une thèse sur l'auto-incompatibilité 7 publications de rang A	3 DEA - DAA Proposition et encadrement d'une thèse sur les plantes aberrantes 4 publications de rang A
Résultats finalisés	Maîtrise des systèmes d'hybridation et inscription de 17 variétés hybrides F1 de 1989 à 2000, inscrites au catalogue officiel des variétés	Aide à la décision pour optimiser la production de semences Expertise pour les inscriptions des variétés au catalogue officiel

## 2.4 Les principaux résultats

J'illustrerai mes activités de recherches fondamentales par quelques résultats significatifs pour seulement deux des thématiques :

- L'auto-incompatibilité pollinique : analyse d'un phénomène complexe dans sa diversité
- Plantes aberrantes : une diversité phénotypique pathologique.

<sup>9</sup> Project EU GENRES CT99 109-112

<sup>10</sup> Laboratoire Reproduction et Développement des Plantes, UMR 5667 CNRS-INRA-Ecole Normale Supérieure de Lyon- Université Lyon1- IFR 128 BioSciences Lyon Gerland, 46 Allée d'Italie, 69364 Lyon Cedex 07, France

<sup>11</sup> GEVES : Groupe d'Etude des Variétés et Semences

<sup>12</sup> FNAMS : Fédération Nationale des Agriculteurs Multiplicateurs de Semences

<sup>13</sup> CIRAD (Centre de Coopération Internationale de Recherche Agronomique pour le Développement) , Centre IRD (Institut de Recherche pour le Développement) - BP 64501, 34394 MONTPELLIER

Lors de mes recherches sur l'auto-incompatibilité, l'élargissement de la problématique du chou-fleur à l'ensemble des formes de choux (désignés cultigrupes) s'est rapidement imposée pour mieux comprendre le fonctionnement du phénomène dans le contexte global de l'espèce et de son histoire. J'ai ainsi proposé d'appliquer les méthodes de description et d'évaluation, que j'ai importées au laboratoire ou mises au point sur le chou-fleur, à l'ensemble des cultigrupes de l'espèce. Ce fut une ouverture à l'étude des ressources génétiques, programme dont était responsable Grégoire Thomas, qui a pris la responsabilité de l'équipe « Crucifères légumières » au départ en retraite de Yves Hervé. Ces études furent introduites dans deux thèses, celle d'Isabelle Divaret sous la direction de Grégoire Thomas et celle Houria Hadj-Arab que je co-encadrais.

#### 2.4.1 Biologie de la reproduction : le cas de l'auto-incompatibilité pollinique

##### *Quelques éléments pour comprendre le phénomène*

L'espèce *Brassica oleracea* est une espèce modèle pour l'étude du phénomène d'auto-incompatibilité pollinique. Une définition précise et concise a été énoncée par Brewbaker en 1957 : "l'incapacité de produire des graines en autofécondation pour une plante possédant des gamètes viables". Ce phénomène est lié à une reconnaissance de type immunitaire entre le pollen et le pistil de plantes possédant le même génotype. L'auto-incompatibilité est essentiellement exploitée dans deux types de schémas de sélection :

- elle facilite le brassage génétique au sein des variétés-populations et des variétés synthétiques,
- elle systématise les croisements des lignées (obtention de lignées auto-incompatibles pour la production de variétés hybrides).

Le contrôle génétique est complexe (voir encadré 1). Il est attribué à un locus multiallélique, le locus S (S pour Self-sterility), composé de 3 gènes (*SLG*, *SRK* et *SCR/SP11*) qui s'étend sur plusieurs dizaines de kilobases et dont l'organisation est variable d'une forme allélique à l'autre et selon les fonds génétiques. Chaque forme allélique est désignée « haplotype S ».

Les méthodes d'investigation ont beaucoup évolué pendant les 3 dernières décennies pour affiner nos connaissances sur les mécanismes de la reconnaissance entre les grains de pollen et le stigmate, les aspects physiologiques pendant la durée de la vie de la fleur et de la floraison et enfin, le contrôle génétique de l'ensemble. Ces méthodes ont favorisé l'évolution des connaissances et *vice versa* (voir encadré 1). La collaboration continue avec l'équipe de recherche de Christian Dumas, à l'ENS de Lyon, spécialisée autour de la biologie florale fut un atout majeur pour avancer sur le sujet, autant sur les aspects fondamentaux et que sur leurs implications en sélection. Nos approches étaient complémentaires : ils développaient des méthodes d'investigation et des connaissances fondamentales de plus en plus poussées et parallèlement, nous affinions nos observations du phénomène et de sa diversité dans de nombreux cultigrupes<sup>14</sup> de l'espèce *Brassica oleracea* grâce à leur méthode.

Les différentes approches de la diversité enrichissaient d'une part la connaissance du phénomène dans l'espèce et d'autre part, nous en dessinait plus clairement les intérêts et les limites pour le contrôle de l'hybridation. En outre, dans un programme de création de variétés hybride F1, il importait de connaître

---

<sup>14</sup> *B. oleracea* est une espèce avec de nombreuses formes cultivées, appelés « cultigrupes » par les sélectionneurs (encadré 2)

## ENCADRE 1 :

### L'auto-incompatibilité : description et techniques d'investigation

Elle est le principal mécanisme utilisé par les plantes pour empêcher l'autofécondation et favoriser la fécondation croisée ou l'allogamie.

#### Contrôle génétique et description du phénomène

##### 1- Nature du phénomène – phénotype :

Lorsque la pollinisation ne conduit pas à la formation d'un zygote ni d'une graine viable bien que le pollen soit fertile et le pistil réceptif, on parle d'incompatibilité sexuelle ou pollinique. Si elle intervient entre des individus de la même espèce ou au sein du même individu, on parle d'incompatibilité intraspécifique ou auto-incompatibilité (AI). Les Brassicas sont considérées comme **espèce modèle pour l'étude de l'AI sporophytique**, pour laquelle le phénotype du grain de pollen est conditionné par le génotype diploïde de la plante (sporophyte) et non du génome haploïde du grain de pollen (AI gamétophytique).

##### 2 - L'AI dépend d'un locus unique, le locus-S (S pour Self-incompatibility)

hautement polymorphe (40 à 80 allèles sont décrits chez les Brassica) [B16].

La taille du locus varie selon les haplotypes cette variation est due en

partie à l'insertion fréquente de rétrotransposons Sherman-Broyles et al., 2007). La taille des introns de SRK et SCR est aussi hautement variable.

SLG: S-locus glycoprotein ; SP11: S-locus protein 11 (synonym SCR)  
SRK: S-locus receptor kinase

##### 3 - Le locus-S est très riche en gènes non impliqués dans le système de reconnaissance et la réponse AI. L'orientation des gènes SRK et SCR n'est pas conservée entre les espèces ni même entre les haplotypes (Fobis-Loisy et al., 2004). A cela s'ajoute un polymorphisme intra-haploïde, mais qui n'altère pas la spécificité de reconnaissance allélique, particulièrement concernant le gène SLG. Deux formes du gène SLG (SLGA et SLGB) sont décrites chez différentes plantes ayant le même haploïde S2 [A7].

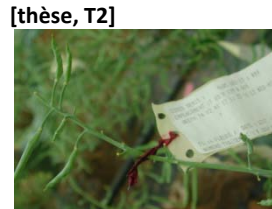
##### 4 - Le phénotype d'incompatibilité du pollen est déterminé par le génotype diploïde de l'anthere qui lui a donné naissance. L'inhibition se produit lorsqu'un allèle-S du pollen incompatible rencontre le même allèle actif dans le pistil, la réaction de rejet a lieu au niveau de la surface stigmatique. Associé au système de reconnaissance, le phénotype d'AI comporte au autre niveau de variabilité : la « force » du rejet qui, même s'il y a identité haplotypique entre pollen et stigmate, caractérise aussi le phénotype d'autoincompatibilité. Le caractère est qualifié selon une échelle allant de « strictement autoincompatible » à « autofertile » (Thèse 1994), [A3].

Deux classes d'haplotypes ont été reconnues par les auteurs selon la force du rejet et les relations de dominance (, Nasrallah et Nasrallah, 1993 ).

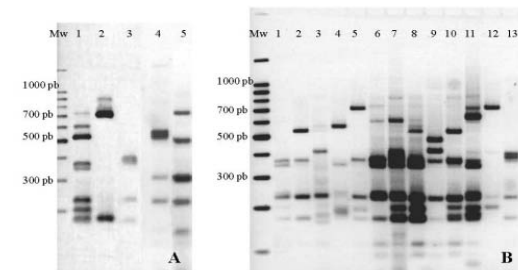
#### Méthodes - Techniques d'investigation mises en œuvre



**Travaux sur fleurs : mesure du phénotype**  
comparaison du nombre de siliques et de graines obtenues par pollinisation manuelle en autofécondation et en fécondation croisée, avec un contrôle de la fertilité du pollen

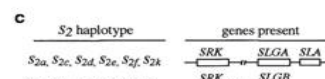
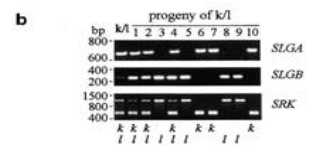


[thèse, T2]



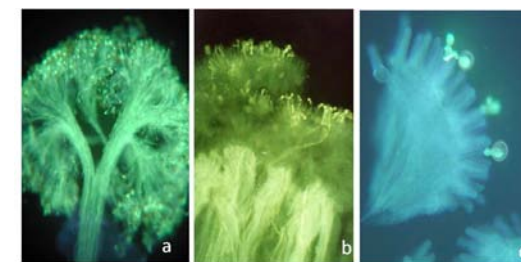
A. 1 : SH, 2 : SJ, 3 : SB, 4 : SE, 5 : SC.  
B. 1 : H1H4, 2 : H10813, 3 : H1152, 4 : H12, 5 : H1357, 6 : H145E, 7 : H165A, 8 : H17, 9 : H26I, 10 : H36I, 11 : H4, 12 : H7, 13 : H9. Mw : marqueur de taille (100 pb).

L'analyse du polymorphisme de longueur des fragments de restriction d'ADN amplifié (PCR-RFLP) est un outil de marquage des haplotypes. Les produits PCR obtenus après amplification des gènes SLG et SRK sont digérés avec diverses enzymes de restriction utilisées individuellement ou par la combinaison de deux enzymes [M9, C10].



Miege C et al. Genetics 2001;159:811-822

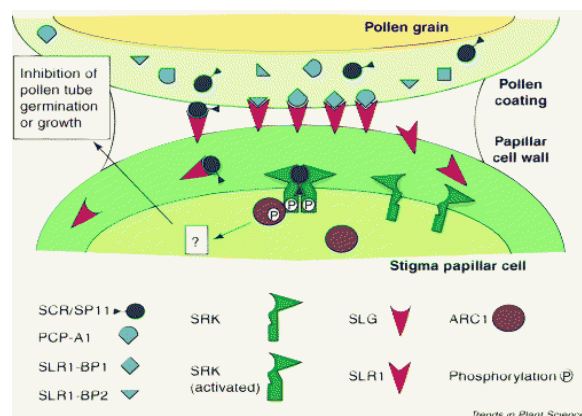
La PCR-RFLP offre aussi un moyen d'investigation pour repérer le polymorphisme intrahaploïde: un exemple de ségrégation pour des protéines SLG pour un même haploïde S, cas du S2. [A7]



Les dénombrements des tubes polliniques dans les pistils sont effectués au microscope à fluorescence après coloration au bleu d'aniline selon la méthode ABF (Anilin Blue Fluorescence) adaptée par Gaude (1993) : (a) autoincompatibilité (AC), (b) AI partielle, (c) AI forte.

[thèse, T2]

**5 -** Un des modèles proposés pour intégrer les connaissances des différents éléments moléculaires impliqués dans le système de reconnaissance : Formation d'un ménisque quand le pollen touche la papille stigmatique (implication de SLG et SLR1 dans l'adhésion, et interaction avec PCP) (Brugiere et al, 2003)

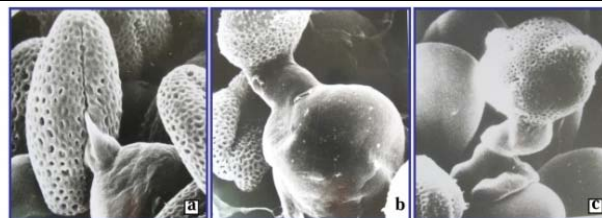


La réponse AI implique le facteur SP11 ou SCR (similaire aux PCPs) du pollen et SRK du stigmate. SLG et SRK reconnaissent toutes deux la partie cystéine du SCR/SP11. SLG pourrait favoriser le transport du SCR/SP11 vers la paroi cellulaire où se trouve SRK. L'interaction de SRK avec SCR/SP11 changerait sa conformation, puis l'état de phosphorylation de sa partie kinase, son affinité avec ARC1 qui interagit avec les formes phosphorylées de kinase. (SLR: S-locus related protein ; PCP : Pollen Coat Proteins, ARC1: Armadillo-repeat-containing 1)

Il semble que les séquences SRK de *Brassica* forment deux ensembles bien distincts correspondant aux haplotypes de classe I et II, indiquant ainsi une nette séparation entre les deux classes chez les Brassica. Une analyse phylogénétique récente de nombreux haplotypes-S, basée sur les séquences des trois gènes du locus-S chez trois espèces de Brassica, (*B. oleracea*, *B. rapa* et *B. napus*) confirme cette nette divergence entre les deux classes I et II (Zhang et al., 2010)

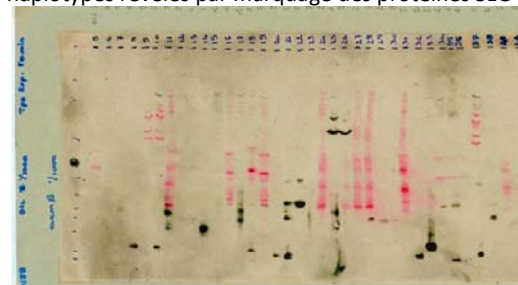
**6 -** Dans le système sporophytique, le pollen exprime les deux haplotypes parentaux. Par conséquent, les **interactions alléliques sont plus complexes** ; dominance, codominance, indépendance et affaiblissement mutuel peuvent intervenir chez les plantes hétérozygotes aussi bien dans le stigmate que dans le pollen. Les particularités de ces relations ont été décrites chez les Brassicaceae (i) la codominance est très commune (ii) la dominance/récessivité est très fréquente dans le pollen (iii) les relations de dominance peuvent être différentes dans le pollen et le stigmate (iv) les relations de dominance ne sont pas linéaires (Hatakeyama et al., 1998). Par ailleurs, chez les Brassica, les haplotypes de classe II sont toujours récessifs par rapport aux haplotypes de classe I (Nasrallah et al., 1991).

Pour un même haplotype, la force du rejet induite par le pollen ou le stigmate peuvent montrer une asymétrie conduisant à des autocompatibilités ou des compatibilités partielles (**C2, thèse HajdArab**)



**Figure 1.** Aspect des grains de pollen compatibles (a et b) et incompatibles (c) sur la surface stigmatique de *Brassica oleracea* (d'après Hadj-Arab, 1999)  
 Aspect des grains de pollen compatibles (a et b) et incompatibles (c) sur le stigmate de *B.oleracea* [Hadj-Arab, T2] en microscopie à balayage

Identification des haplotypes et notion de classes (I et II) chez les haplotypes révélés par marquage des protéines SLG :



Caractérisation des glycoprotéines SLG par focalisation isoélectrique (IEF) [thèse, A3, A4, T2]

Le polymorphisme des glycoprotéines stigmatiques SLG peut être révélé rapidement après électrophorèse des protéines sur gradient de pH suivi d'une immunocoloration (Gaude et al., 1993). Cette méthode permet de caractériser nettement un haplotype par son profil isoélectrique spécifique du fait du polymorphisme important des protéines SLG et de l'existence de plusieurs glycoformes. Deux anticorps sont utilisés, chaque anticorps est spécifique de l'une des deux classes d'haplotypes-S ; il reconnaît la partie N-terminale de la protéine qui est bien différente entre les deux classes.

Miege et al (**A7**)

Phénotype d'inter et auto-incompatibilité de 7 plantes homozygotes pour l'haplotype S2, croisées selon un schéma dialléle. Chaque ligne correspond à une mesure de la variabilité de la réponse de la plante « n » du côté stigmatique et chaque colonne à ses réponses du côté pollinique.

♀ \ ♂	c	d	e	f	g/h	i/j	k/l	S8 <sup>ii</sup>
c	1.5 <sup>i</sup>	0.0	0.3	0.0	3.3	0.0	0.7	8.0
d	0.0	0.0	0.0	0.3	1.7	0.0	4.0	7.2
e	3.3	0.0	0.0	0.3	3.5	1.7	0.0	7.5
f	5.7	3.3	6.7	6.0	6.0	0.0	3.5	7.0
g/h	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.3	0.0	8.0
i/j	1.7	1.0	0.3	2.0	2.3	0.3	1.0	7.7
k/l	2.3	0.0	0.0	0.3	1.7	1.7	0.0	7.2
S6 <sup>ii</sup>	6.7	6.3	1.7	6.3	7.3	7.3	7.0	7.0

<sup>i</sup> Le nombre de tubes polliniques est déterminé après coloration au bleu d'aniline des pistils 24 heures après pollinisation. Trois pistils sont observés pour chaque croisement. Les valeurs quantitatives sont traduites en classe : 0, 0 tubes; 1, 1 à 2 tubes; 2, 3-5 tubes; 3, 6-9 tubes; 4, 10-14 tubes; 5, 15-25 tubes; 6, 26-50 tubes; 7, 51-100 tubes; 8, >100 tubes. Une note moyenne est consignée pour chaque croisement.

<sup>ii</sup> Pollen et ovaires sont vérifiés en croisement avec une plante compatible pour leur fertilité. Une plante homozygote pour S6 et une autre pour S8 sont utilisées respectivement comme témoin pour tester la fertilité femelle et mâle.



la variabilité et la distribution des haplotypes S afin de gérer aussi la compatibilité des lignées en croisement.

### *Diversité du système de reconnaissance de l'AI chez Brassica oleracea*

Les premières investigations montraient une diversité haplotypique très limitée **au sein des lignées de chou-fleur incluses dans le programme de sélection** (figure 1). Trois groupes génétiques (été, automne et hiver) se distinguent nettement pour leur physiologie, leur origine géographique et donc pour leur diversité en matière du système de reconnaissance. Dans le programme breton, le chou-fleur d'été était peu utilisé du fait de son cycle trop court et les qualités de sa pomme, trop loin des critères attendus par la filière bretonne. Le système d'auto-incompatibilité du chou-fleur d'automne était particulièrement délicat à gérer pour un sélectionneur cherchant à créer des hybrides F1 : le fonds génétique est étroit et une grande partie des variétés populations patrimoniales étaient majoritairement autocompatibles. Un haplotype désigné SC est très largement représenté et confère une autocompatibilité totale. L'autre haplotype surreprésenté est un haplotype de classe II (sx, ou S15 selon la nomenclature de D. Ockendon, 1975) auquel est associée une grande variabilité pour la force de rejet du grain de pollen encore désigné « niveau d'autoincompatibilité ». La structure des variétés de ces groupes été et automne étaient des populations relativement homogènes, et proches de la structure de variétés lignées, du fait de leur auto-compatibilité majoritaire. C'est pourquoi les sélectionneurs ont opté très tôt pour un contrôle de l'hybridation avec des stérilités mâles pour ces groupes génétiques.

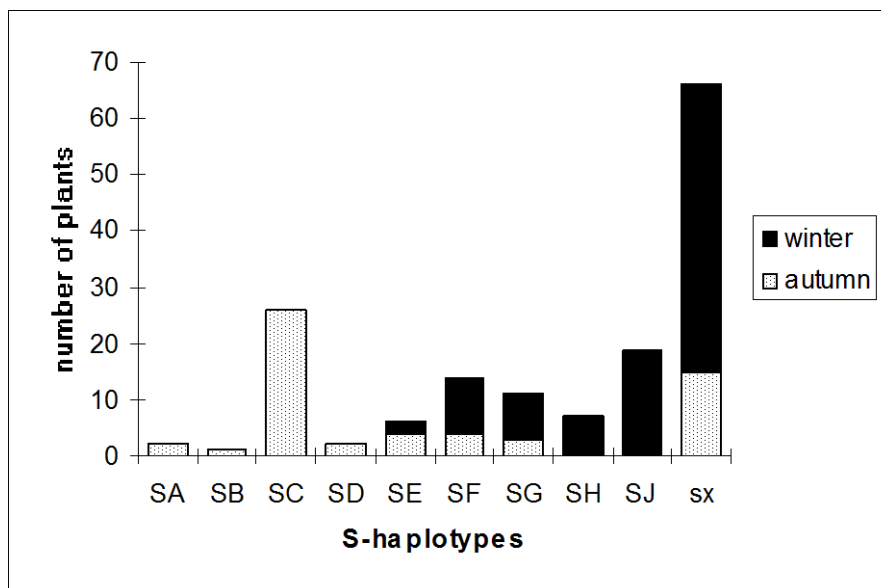


Figure 2 : Identification of the 10 S-haplotypes found in cauliflower based on SLG glycoprotein immunodetection on the basis of 126 plants representing 82 original varieties. Stigma proteins were separated by IEF and then electrotransferred onto a nitrocellulose membrane. The membrane was immunostained first with anti-SLG class I (a) and secondly with anti-SLG class II (b) antibodies using the ECL detection kit reagents. The pH gradient is indicated on the left. The star indicates the non specific band.

(a) The anti-class I antibody revealed the SLG bands of SA, SC, SD, SE, SF, SG, SH and SJ haplotypes.

(b) The anti-class II antibody revealed only one class II S-haplotype, sx [A3]

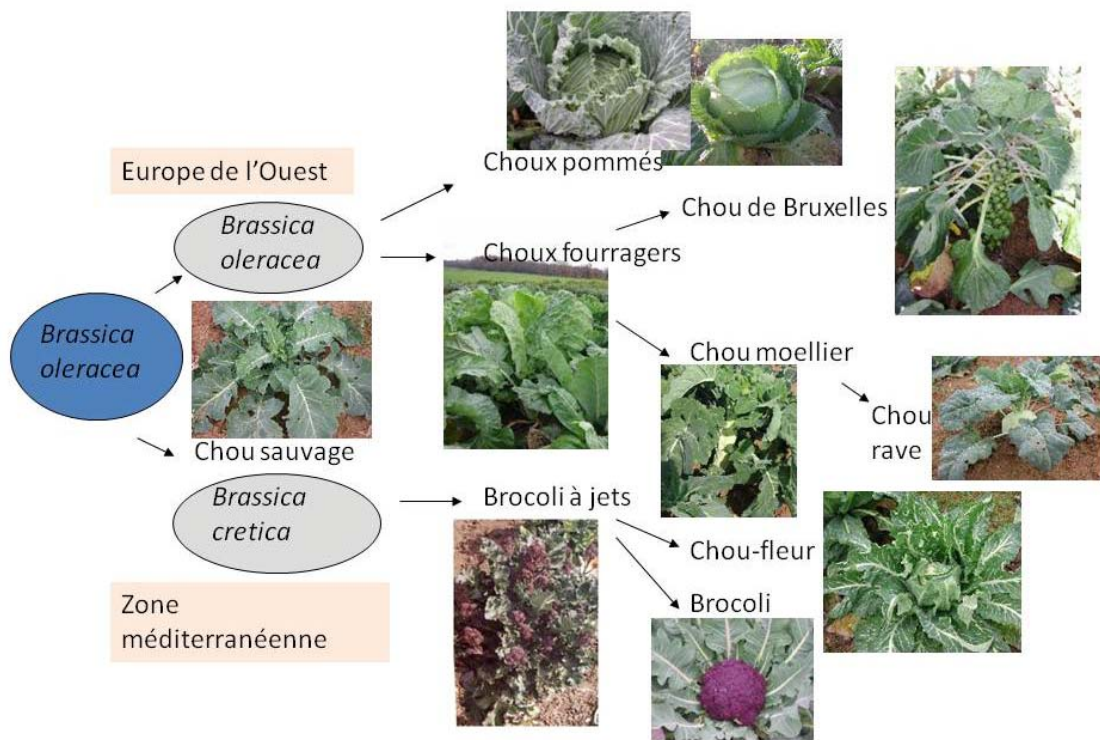
Dans le cadre de l'équipe Brassica fortement investie depuis le début des années 80 dans la collecte et l'évaluation des ressources génétiques de Brassica, les méthodes d'investigation du locus S ont été mises à profit pour une analyse élargie de la diversité dans l'espèce (encadré 2). C'est une des espèces

**ENCADRE 2 :**

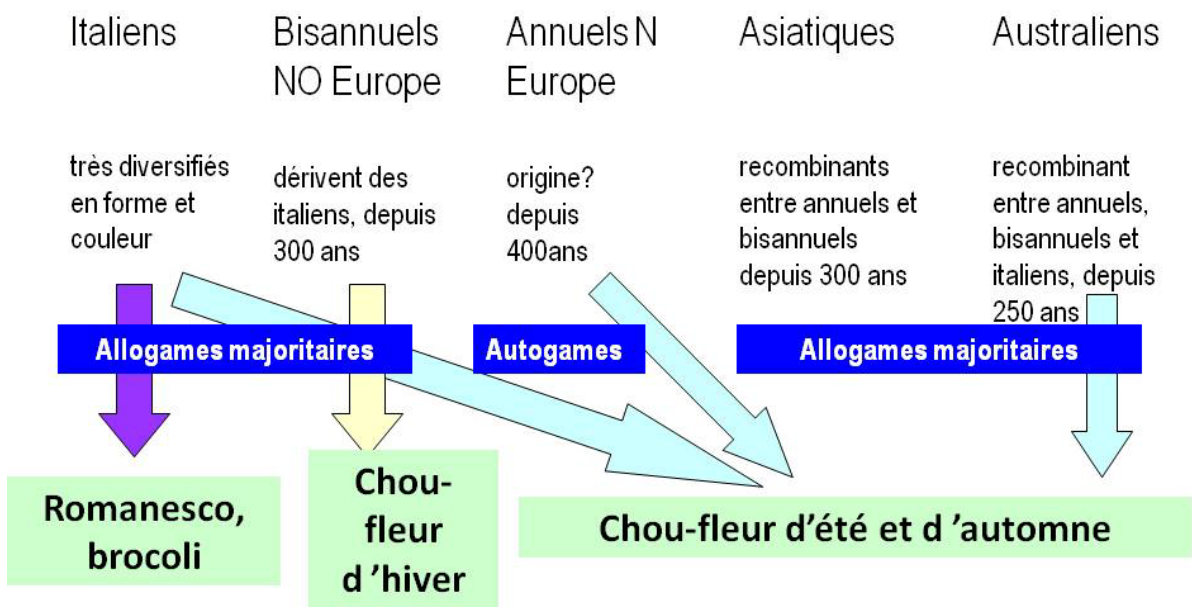
**Histoire de chou (*Brassica oleracea* L.)**

Appartient au genre des Brassicacées (ou Crucifères) ; diploïde,  $2n = 18$

Espèce majoritairement bisannuelle et allogame



XVI ième siècle : Pool brocolis et choux-fleurs



D'après Chaux & Foury (1994), Crisp (1982), Gates (1953) and Snogerup (1980)

les plus diversifiées (Doré et Varoquaux, 2006) et pour laquelle nous avons encore des formes sauvages. Plusieurs évènements de domestication sont probablement à l'origine de toutes les formes cultivées. Pour les choux-fleurs et brocolis, l'Italie sera un important centre de diversité pour les formes et les couleurs de la « pomme » ou « tête ».

Une des caractéristiques principales du locus-S chez les *Brassica* est la grande variabilité de ses spécificités alléliques. Il était intéressant de replacer la diversité relativement faible observée chez le chou-fleur dans ce contexte. La divergence entre les haplotypes-S a précédé la séparation des espèces entre *B. oleracea* et *B. rapa* (Sato et al., 2002). Cette observation est aussi rapportée pour le genre *Arabidopsis* (Charleworth et al., 2006). Les haplotypes-S peuvent ainsi se maintenir très longtemps durant l'évolution des espèces. Par exemple, chez les *Brassica*, l'âge du polymorphisme allélique au locus-S est estimé à 20-40 millions d'années tandis que la séparation entre les espèces *Brassica* est plus récente, elle est estimée à 5-10 millions d'années (Uyenoyama, 1995). La différenciation des cultigrupes est beaucoup plus récente et il nous semblait intéressant de regarder les liens entre eux à travers la diversité des haplotypes S d'un échantillon de populations représentant les ressources génétiques maintenues à Rennes et celles maintenues au HRI de Wellesbourne en Grande-Bretagne, où a été dupliquée une grande partie des ressources génétiques italiennes. Le tableau 2 reprend l'origine de l'ensemble des plantes analysées.

Tableau 2 : Origine et nombre de plantes analysés par cultigruppe de l'espèce *B. oleracea* ; nombre d'haplotypes détectés [A4, modifié]

Form (cultigruppe)	Breeding plants	Plants for genetic resources			Total		
	No of plants	No of plants from gene bank	No of accessions	Origin of the collection	No of plants	No of haplotypes	Ratio (haplot/100 plants)
cauliflower	154	159	28	INRA	311	9 (+4*)	4.2
romanesco	26	80	13	HRI	106	10	9.4
broccoli	54	119	23	HRI and INRA	173	23	13.4
cabbage	27	122	13	INRA	149	20	13.4
kale	5	144	16	INRA	149	36	24.2
wild		64	8	INRA	64	17	26.5
total					954	88	

\* the number in bracket corresponds to the specific haplotypes of the asian groups of cauliflowers

Parmi les 954 plantes étudiées, 79 S-haplotypes ont été identifiés et seulement 13% des plantes n'ont pas donné de profil par immunodétection (technique IEF, voir encadre1), les protéines SLG n'étant pas reconnues ou étant inexistantes. Parmi ces plantes, 9 haplotypes supplémentaires ont été isolés par croisement. Vingt ans auparavant, D. Ockendon décrivait une cinquantaine d'haplotypes dans sa collection. En ajoutant, la collection de Rennes, je doublai le nombre d'haplotypes connus. De ces analyses minutieuses, j'en tirai plusieurs conclusions et questions pour la sélection et la connaissance d'une plante cultivée :

- La forme sauvage garde la plus grande variabilité allélique, et des haplotypes communs avec toutes les formes cultivées,

- le chou fourrager aux phénotypes très diversifiés de l'ouest de la France montre la même diversité que la forme sauvage
- les haplotypes des brocolis italiens aux couleurs et formes variables, comme les choux pommés français aux couleurs et aspects du feuillage variés sont deux fois moins diversifiés que les formes sauvages et les fourragers,
- Les romanesco restés dans leur zone d'origine autour de Rome montrent encore une belle variabilité comparée aux choux-fleurs blancs européens,
- Les choux-fleurs blancs européens et asiatiques ont des haplotypes différents, mais communes avec le brocoli, indiquant une parenté de ces groupes (C25).

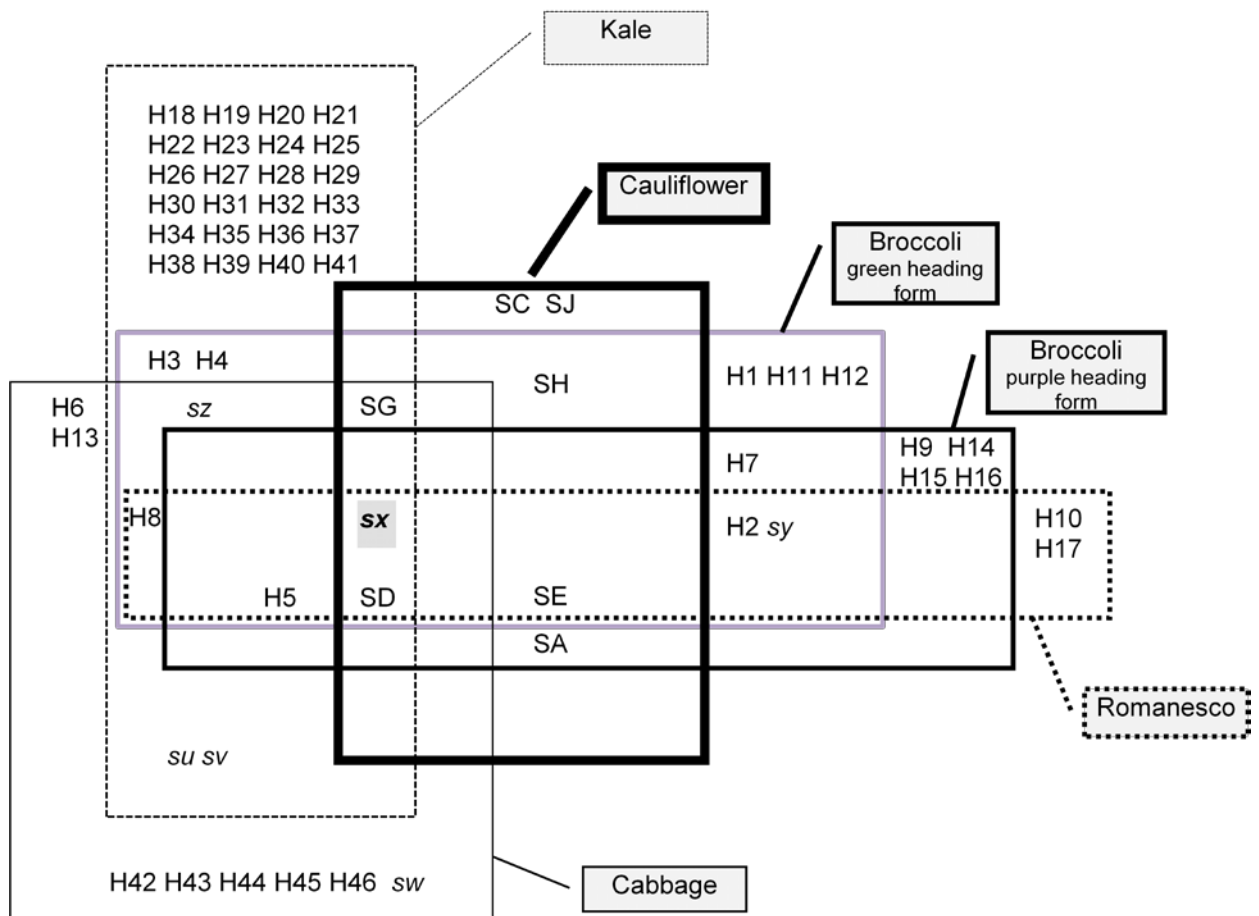


Figure 3 : Distribution des haplotypes-S chez 4 cultigrades de *B. oleracea* (S15, S2 et S3 sont de classe II, tous les autres haplotypes sont de classe I)

Notre étude à grande échelle sur les cultigrades de chou a aussi confirmé l'omniprésence de l'haplotype S15 de classe II (Figure 3). La fréquence élevée des haplotypes récessifs (les haplotypes de classe II sont toujours récessifs par rapport aux classes I) a été décrite dans les populations naturelles d'une autre espèce du genre *Arabidopsis* (Bechsgaard *et al.*, 2004).

De la même façon, au cours de ces investigations avec des centaines de plantes, toutes analysées individuellement avec de nombreuses répétitions, nous avons aussi mis en évidence un phénomène intéressant qui montrait aussi une diversité intrahaplotype tout en ne modifiant pas ou partiellement le phénotype de « reconnaissance » (encadré 1, travaux sur l'haplotype S2)). L'analyse a été poussée dans

le détail par mes collègues de Lyon et nous avons publié ensemble un article sur le sujet qui valorisait particulièrement la complémentarité de nos moyens et de nos niveaux d'observation [A 7].

### *Variabilité de la force de rejet du pollen sur le stigmate, du « niveau d'autoincompatibilité*

Le phénomène d'autoincompatibilité est d'autant plus complexe qu'il présente deux angles d'approche. Outre le système de reconnaissance que nous venons de décrire (caractère qualitatif), son phénotype a aussi une composante quantitative : le niveau d'autoincompatibilité ou « force de rejet du grain de pollen sur le stigmate ». Cette force de rejet dépend d'informations spécifiques du pollen et du stigmate et interfère avec les composantes de la fertilité.

Comme pour le système de reconnaissance, nous avons regardé le phénomène à différents niveaux de diversité, tout d'abord dans le cultigroupe « chou-fleur », puis plus largement dans l'espèce. Ensuite, nous sommes revenus dans le détail dans le cadre de la thèse de Houria Hadj-Arab pour essayer de comprendre le contrôle du caractère « force de rejet du pollen sur le stigmate ». Ce caractère a été évalué par l'index SCI (calculé à partir des nombres de graines comparés en autopollinisation et en pollinisation croisée, ou à partir des données sur les tubes polliniques - voir encadré 1).

Si on regarde une étude détaillée sur les cultigrupes « à tête » (chou-fleur, brocoli et romanesco). Les plantes compatibles (SCI>50%) représentent près de la moitié des effectifs chez le chou-fleur alors qu'elles en représentent moins d'un quart pour les brocoli/romanesco (tableau 3). Pour le sélectionneur qui vise l'utilisation de l'AI comme système d'hybridation, il va rechercher les plantes très autoincompatibles (SCI=0%), c'est alors qu'on comprend que ce système naturel est insuffisant pour produire une gamme de variétés hybrides F1 pour le chou-fleur, mais ne pose pas de problème pour la multiplication des populations. Les choux-fleurs ont perdu en diversité allélique et corrélativement en intensité de la force de rejet, montrant même un haplotype (tronqué pour sa forme SRK [A3]) ayant perdu toute fonctionnalité et donnant un caractère autofertile aux populations de chou-fleur d'été et automne du nord de l'Europe. Ces populations sont d'ailleurs très proches de la structure de variétés-lignées, les plantes se reproduisant majoritairement par autofécondation.

Tableau 3 : Percentage of plants in each level of self-incompatibility, evaluated by the SCI index, for the cauliflower, broccoli and romanesco\* [A4]

SCI	level of self-incompatibility	cauliflower			broccoli	romanesco
		autumn	winter	total		
0%	highly	10	7	8	23	20
1-5%	strong	12	12	12	30	25
6-50%	partial	23	46	36	31	30
51-100%	compatibility	55	35	44	16	25
<i>nb of plant tested</i>		<i>49</i>	<i>74</i>	<i>123</i>	<i>105</i>	<i>24</i>

\*The S-haplotype survey was carried out on 126 plants, representing 82 open-pollinated cultivars of cauliflowers, on 19 cultivars of broccoli and 11 of Romanesco. The aim was determine the S haplotypes and the level of self-incompatibility of, at least, 5 plants per cultivars for broccoli and romanesco.

La thèse de Houria Hadj-Arab a été l'occasion d'approfondir les formes de variabilité du système de rejet. Nous avons pris le modèle S15 du fait de sa grande fréquence dans tous les cultigrupes. La variation phénotypique de l'AI est abordée successivement sur des plantes issues de fonds génétiques différents (plusieurs cultigrupes) puis sur des plantes de même fonds génétique dans une descendance homogène et homozygote pour l'haplotype S15 [T2, thèse Houria Hadj-Arab], [A14].

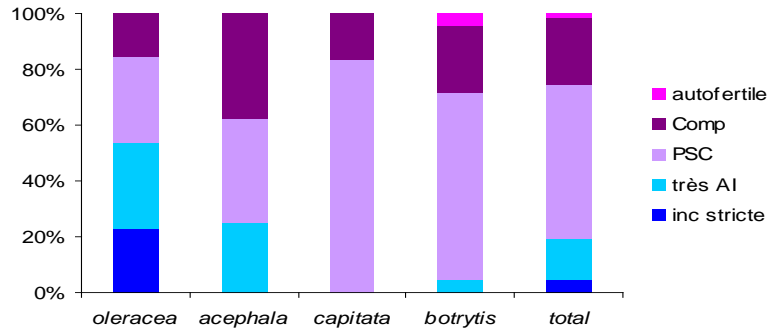


Figure 4 : Proportions des différentes classes d'incompatibilité chez les plantes homozygotes  $S_{15}S_{15}$  des différentes variétés de *B. oleracea*. (Les valeurs de la colonne botrytis représentent celles des brocoli, chou-fleur, romanesco et chou-fleur tropical) [T2]

Quand on considère l'ensemble de l'espèce (figure 4), la forme sauvage se distingue nettement des formes cultivées par la forte proportion de plantes strictement et fortement auto-incompatibles avec l'haplotype  $S_{15}$ , de classe II et réputé pour être accompagné d'une réduction de la force de rejet. Ce sont surtout les formes cultivées qui ont perdu cette « force » en présence de cet haplotype. Comme nous le remarquons pour la diversité haplotypique, les choux-fourragers se trouvent à mi-chemin entre les formes sauvages et les autres formes cultivées.

Dans cette première étude de la thèse, nous avons aussi pu affiner nos connaissances sur les différentes modalités de réduction du niveau d'AI (tableau 4) où nous avons montré que le phénomène pouvait se perturber soit sur le stigmate, soit sur le grain de pollen.

Tableau 4 : Niveaux d'inter compatibilité de plantes homozygotes  $S_{15}S_{15}$  de plusieurs cultigrupes [T2]

Plante	23-14 (inc)		7-134 (inc)		46-A7 (comp)		Fonction perturbée
	femelle	mâle	femelle	mâle	femelle	mâle	
IC 310-10	comp	inc	comp	PSC	comp	inc	pollen perturbé
C29 04 01	comp	inc	comp	inc	comp	inc	pollen perturbé
C29 13 01	inc	comp	inc	comp	comp	comp	stigmate perturbé
C29 13 02	comp	PSC	comp	PSC	comp	comp	pollen et stigmate
C29 371 03	comp	inc	PSC	inc	comp	inc	pollen perturbé
IC 433 02	PSC	inc	PSC	inc	comp	inc	pollen perturbé
46-A9	inc	comp	inc	comp	comp	comp	stigmate perturbé
P57Sc	comp	inc	comp	inc	comp	inc	pollen perturbé

inc : incompatible, comp : compatible, PSC : partiellement autocompatible

Dans l'autre étude sur *B. oleracea*, pour éliminer à la fois l'effet du fonds génétique et de la diversité allélique, nous avons appréhendé l'analyse de la variation phénotypique de l'AI pour l'haplotype  $S_{15}$  dans un contexte génétiquement homogène. L'étude est basée sur la descendance d'une plante autofertile elle-même générée après 5 générations d'autofécondations à partir d'une plante initiale (D6) auto-incompatible. Une variation considérable et insoupçonnée du niveau de l'AI, est mise en évidence dans la descendance homozygote  $S_{15}S_{15}$ . Nous avons même retrouvé la présence de plantes auto-incompatibles parmi la descendance de cette plante autofertile (Figure 5).

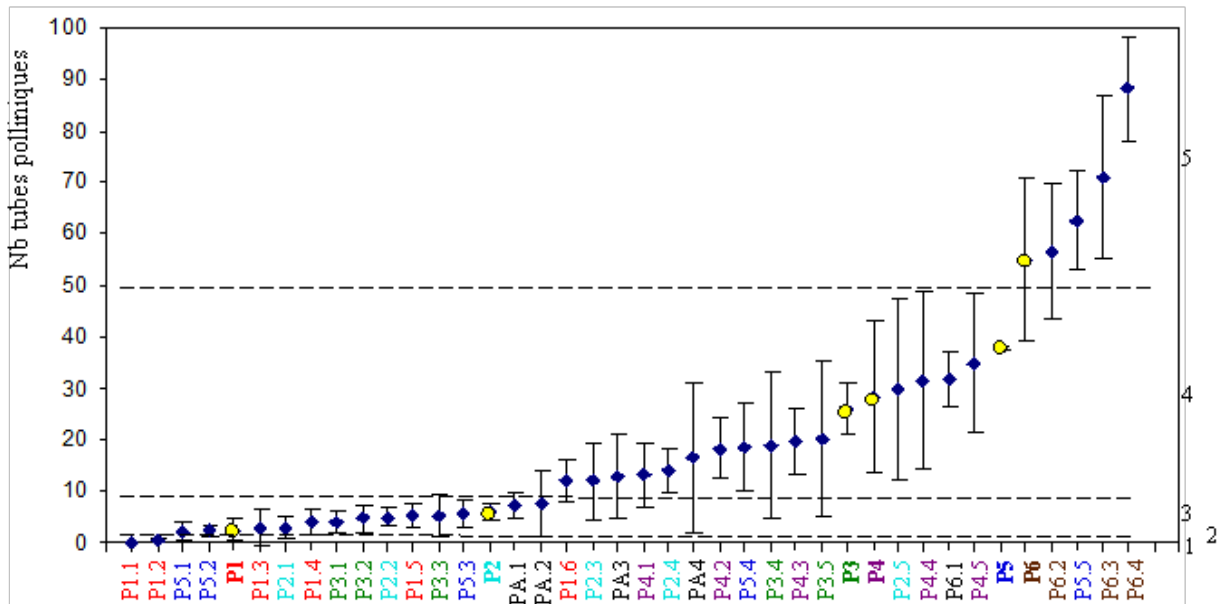


Figure 5 : Variation du niveau de l'AI parmi 40 plantes homozygotes S15S15 issues de l'autofécondation d'une plante autocompatible (P4-20) (chaque point représente la moyenne de 2 à 3 répétitions et de 3 à 4 fleurs par répétition) (Les chiffres à droite indiquent les classes du phénotype de l'AI. 1 : auto-incompatible stricte ; 2 : très auto-incompatible ; 3 : autocompatible partielle ; 4 : autocompatible ; 5 : totalement autofertile) [T2], [A14]

Dans cette partie de l'étude, nous avons analysé la variation de la réaction d'auto-incompatibilité à trois niveaux : (i) selon les plantes de la même génération (ii) selon les générations descendantes d'une même plante et (iii) durant la vie de la fleur.

Dans le cadre de la thèse, nous avons approfondi notre description de la diversité par une investigation moléculaire de quelques plantes représentant le gradient de diversité. Une première étape a été de vérifier l'absence de modification structurale des gènes du locus-S. Cette constatation a dirigé notre étude vers l'analyse fonctionnelle de ces gènes.

L'expression des gènes SLG, SRK et SCR/SP11 du locus-S a été analysée par RT-PCR chez les mêmes plantes. Pour déceler d'éventuelles variations d'expression de ces gènes, nous avons quantifié par PCR semi-quantitative le niveau des transcrits de chacun de ces trois gènes.

Les résultats ont mis en évidence que :

- Toutes les plantes examinées expriment à la fois les gènes SLG et SRK
- Le gène SCR/SP11 n'est pas exprimé chez une plante autofertile indiquant une perte de fonction de son déterminant mâle ; ce qui explique son intercompatibilité avec toutes les autres plantes lorsqu'elle est utilisée comme plante mâle dans les croisements diallèles,
- Le niveau d'expression est quantitativement semblable pour le gène SLG, mais ce gène n'aurait pas de rôle déterminant dans la réaction de l'AI, il renforcerait l'action de SRK (Nasrallah, 2000 ; Takasaki et al. 2000),
- Le niveau d'expression est au contraire quantitativement variable pour les gènes SRK et SCR/SP11, ce qui expliquerait les niveaux variables des phénotypes d'AI.

L'analyse phénotypique avait aussi montré une augmentation du niveau de l'autofertilité au cours de la vie de la fleur. Pour déterminer si l'accroissement du nombre de tubes polliniques qui surmontent la barrière stigmatique au cours du temps s'accompagne d'une réduction des transcrits des déterminants femelles (gènes SLG et SRK), nous avons analysé une cinétique d'expression de ces gènes.

En particulier, nous avons noté une nette diminution du niveau de transcription de SRK au cours du vieillissement de la fleur (+ 3 jours et +5 jours après l'anthèse). Les plantes AI montrent une réduction beaucoup plus modérée (figure 6).

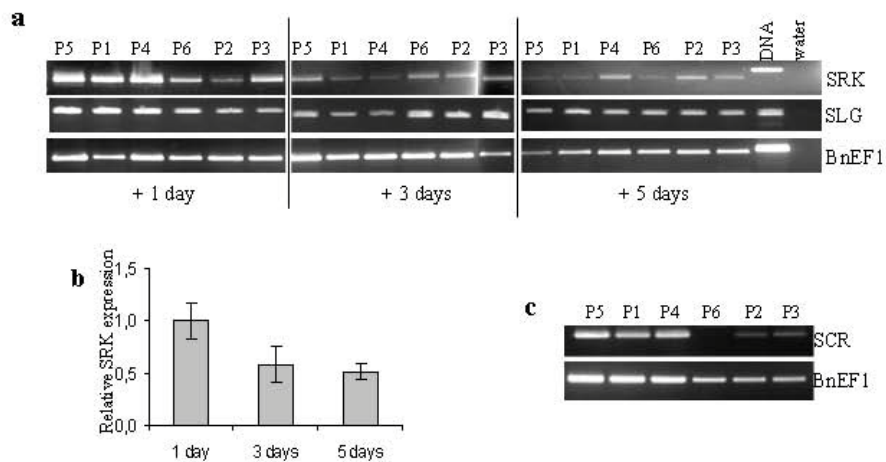


Figure 6 : Analyse de l'expression des gènes du locus S de plantes homozygotes S15S15 : (a) RT-PCR des gènes SRK et SLG ; (b) expression relative de SRK au cours du développement du stigmate de plantes partiellement autocompatibles en référence au gène ménageur BnEF1 ; (c) produits de la RT-PCR du gène SCR/SP11 [T2], [A14]

Nos études ont mis en évidence chez *B. oleracea*, une plasticité phénotypique de l'AI considérable et inattendue puisqu'elle intervient aussi bien dans des fonds génétiques variés que dans un contexte génétiquement homogène et consanguin et pour un même haplotype.

Au cours de nos investigations, la force de la réaction AI s'est montrée beaucoup plus variable que ce qui avait été déjà décrit dans la littérature où souvent, cette plasticité ne serait qu'une résultante d'une panoplie de mécanismes qui régulent les différents composants de la réaction AI. Aussi, faut-il prendre en considération, comme le font très récemment certains auteurs (Nasrallah *et al.* (2007 ; Finnegan, 2011,) des mécanismes autres que les gènes régulateurs liés ou non au locus-S et les conditions environnementales, comme la régulation épigénétique, pour évaluer les causes de la modification de l'auto-incompatibilité. Les plantes *S<sub>15</sub>* décrites dans cette étude constituent un modèle de choix pour identifier de nouveaux facteurs intervenant dans l'AI et pour élucider comment sa modulation est orchestrée.

La thèse de Houria Hadj-Arab aborde aussi l'AI dans la complexité de la situation allopolyploïde du colza. Les colzas sont autofertiles alors que l'espèce est constituée de la juxtaposition des génomes de *B. oleracea* et *B. rapa*. Cette étude a mis en évidence que l'AI se manifeste différemment sur les plans phénotypique, structural et fonctionnel selon les amphidiploïdes considérés et met en relief l'importance de la composition allélique de départ (c'est-à-dire celle des parents).

Ses travaux appuyés sur toutes les méthodes mises au point dans notre équipe avec l'espèce *B. oleracea*, et en particulier le chou-fleur, ont mis en lumière les différentes modalités d'évolution du phénotype d'AI dans le contexte de colzas synthétiques dont on connaissait les caractéristiques AI des parents :

- les jeunes polyploïdes sont autofertiles dès la première génération de leur formation s'ils ont hérités d'haplotypes non fonctionnels
- les jeunes polyploïdes demeurent AI s'ils ont hérité d'haplotypes-S forts et fonctionnels



- les jeunes polyploïdes évoluent vers l'autocompatibilité :
  - si leurs relations de dominance sont perturbées
  - si l'un ou les deux gènes-S (SCR/SP11 et SRK) subissent des modifications majeures des locus provenant de l'un ou des deux parents (affectant au moins l'allèle dominant si un seul locus parental est modifié). Les modifications peuvent être des délétions, l'insertion d'éléments transposables dans le locus S ou bien des recombinaisons homéologues.
  - le locus S ne subit pas de modifications structurales mais les gènes SRK et/ou SCR/SP11 subissent des modifications transcriptionnelles ou post-transcriptionnelles.

A la lumière de nos résultats, cette dernière éventualité semble prépondérante dans le mécanisme de la rupture de l'AI sous l'effet de la polyploidie lorsque les haplotypes de départ sont fonctionnels chez les parents.

### ***Conclusion : l'application des résultats sur l'AI à la sélection des choux-fleurs bretons***

L'AI montre une diversité à tous les niveaux considérés : le système de reconnaissance (variabilité intra et interhaplotype) et le processus de rejet du grain de pollen (force du rejet, sa durée, et les différences entre pollen et stigmathe). Cette variabilité du phénomène semble être un atout pour l'adaptation de la plante dans des milieux variés et devant les fluctuations du climat. Pour le sélectionneur, la situation est moins favorable car il ne peut jamais garantir une fiabilité du système d'incompatibilité pour systématiser les croisements entre deux lignées pour la production de semences hybrides. Les sélectionneurs ont basé leur communication au moment de la sortie de la vente des premiers hybrides sur stérilité mâle cytoplasmique pour cette fiabilité [P1].

Le problème du manque de plantes strictement auto-incompatibles était surtout marqué dans le groupe des choux-fleurs d'automne. Nous avons opté pour les stérilités mâles spontanées pour ce groupe. Dans la variabilité naturelle des lignées en cours de consanguinisation, nous avons repéré de nombreuses stérilités mâles à contrôle génique dont deux dominantes dans le groupe automne [A1]. Nous les introduisons par rétrocroisements successifs. Pour ces introductions, il était cependant très important de vérifier la stabilité de la stérilité pendant toute la durée de la floraison. Une étude physiologique et génétique de ces stérilités mâles (récessives ou dominantes) a été conduite sur une dizaine d'années (**thèse, [A1]**).

Dans le contexte de la sélection de plantes de terroir, multipliées en Bretagne, j'avais pris l'option de baser la multiplication des hybrides F1 de chou-fleur à partir de systèmes biologiques naturellement obtenus dans les groupes génétiques du programme de sélection. En matière de systèmes d'hybridation, nos choix étaient aussi conditionnés par le fait que la production de semences était localisée en Bretagne alors que les sélectionneurs « concurrents » organisaient la multiplication de leurs hybrides dans des zones plus favorables à la production grainière. Les producteurs tenaient à maîtriser l'ensemble du processus et leurs variétés hybrides F1 n'étaient pas distribuées hors de la Bretagne. L'avantage était de pouvoir utiliser la multiplication végétative des parents et donc, les systèmes de stérilités mâles géniques étaient alors tout à fait opérationnelles, à partir du moment où on avait vérifié la stabilité de la stérilité mâle. J'aurai pu orienter les professionnels bretons sur la stérilité cytoplasmique mise au point à l'INRA par l'équipe de Versailles mais j'y voyais d'emblée un inconvénient majeur de réduction de diversité cytoplasmique pour l'espèce. Le cytoplasme radis Ogura qui en est à la base (Pelletier et al, 1983, 1989), fut répandu sur toute la planète et je voulais préserver la Bretagne de cette uniformisation. De ce fait, j'ai étudié la diversité des systèmes de stérilité mâle spontanés [A1, thèse] exprimés dans nos lignées en sélection. Les avantages et inconvénients respectifs

de tous les systèmes ont été communiqués dans deux congrès [C1 et C2] et dans un ouvrage technique [P1].

#### **2.4.2 Biologie du développement**

##### *Exemple des plantes aberrantes : identification d'un phénomène épigénétique expliquant une diversité de phénotypes anormaux et pathologiques*

Comme l'auto-incompatibilité pollinique, la thématique des plantes aberrantes restait sur une problématique scientifiques traitant de la régulation de l'expression des génomes. Ce fut aussi un programme riche en interaction avec les sélectionneurs et nos collègues du GEVES (Groupe d'Etudes des Variétés et Semences) et CTPS (Comité Technique Permanent de la Sélection). Nous étions devant une énigme et nous devions chercher ensemble une réponse. Les appels d'offres du CTPS nous ont offert les moyens de formaliser et de financer les recherches. Un premier projet avait montré l'incidence majeure du lieu de culture et de la variété. Le second projet qui se terminait en 2004 a précisé la notion de phénotype « aberrant » avec une description dynamique des phénotypes, du nombre chromosomique, du taux de méthylation, en complétant par des études de la transmission systémique et génétique. Enfin, un angle d'approche complémentaire a conduit entre 2003 et 2007 grâce à une thèse, que j'avais proposée sur la base des résultats de ces projets, sur la recherche des composantes moléculaires de l'aberration.

##### *Première étape : cerner le problème*

Combien de fois ai-je entendu sur le terrain : « as-tu regardé les racines » ? Beaucoup de plantes que nous avons qualifiées d'« aberrantes » semblaient seulement chétives et « avoir oublié » de pousser pour le non spécialiste de l'espèce. Cependant, des phénotypes bien particuliers dont l'étrangeté n'échappait pas au sélectionneur furent l'objet de projets de recherche pendant 10 ans.

Quelques années après le début de notre investigation j'ai repris tous les cahiers de notations de Henri Bellis, assistant ingénieur en charge du programme de sélection du chou-fleur d'automne, afin de dater le début du phénomène (figure 7). Dès 1990, on pouvait lire en gros sur la page concernant une lignée ou un hybride expérimental des expressions comme « mutant », « monstre » ou « plante bizarre » ...

## ENCADRE 2 :

### Les plantes aberrantes : description et techniques d'investigation

#### De la découverte du phénomène à une hypothèse d'un dérèglement épigénétique

##### Description du phénomène

###### 1 - Nature du phénomène – description du phénotype [A10] :

Photo : exemple de hybride F1 de chou-fleur d'hiver 'Jeff'.

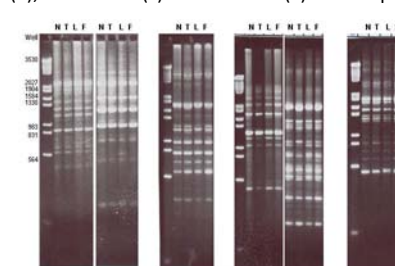
Le phénotype aberrant apparaît au champ en cours de culture



Des centaines de plantes ont été observées de 1995 à 2004 pendant tout leur cycle pour détecter l'apparition des phénotypes et leur stabilité/réversion dans le temps.

##### Méthodes - Techniques d'investigation mises en œuvre

**Vérification du génotype hybride** des plantes prélevées dans le champ de production dès la détection des premières plantes exprimant le phénomène à la fin des années 90. Comparaison de plantes normales (N), « tourmentées » (T), « laitues » (L) et « frisées » (F) en bulk pour la variété 'Ondine' (obt.



Clause), par la technique de marquage RAPD, utilisée en routine pour les choux (ref). For each type, a bulk of 4 plants was analyzed. Six primers (A4, AA11, AG12, AD4, AA9 and A18) from the kits OPERON Technologies (Alameda, CA, USA) [M10]

###### 2 - Maintien et évolution du phénotype [A10]

L'apparition du phénotype n'est pas un accident physiologique, ni agronomique lié à la parcelle. Il se maintient pour de nombreuses plantes (le taux de maintien dépend du fonds génétiques) après clonage (*in vivo* ou *in vitro*) et s'exprime de nouveau à l'identique ou modifié (par exemple, un frisé peut évoluer vers une forme tourmentée) dans un autre champ (voir photo ci-contre) ou sous abri.

**Clonage** : toutes les plantes sont identiques et gardent le phénotype acquis au cours du cycle précédent. [C3]



###### 3 - Le caractère « acquis » se transmet de façon variable à la descendance.

Deux d'entre elles ont été mises en expérimentation sur deux années avec le même résultat. Il est remarquable de trouver des phénotypes nouveaux dans la descendance, rarement rencontrés dans les hybrides au champ). Dans les deux cas, le phénotype de réduction de développement n'est pas retrouvé dans la descendance, ou seulement à une fréquence observée dans les hybrides cultivés. Paradoxalement, c'est un phénotype « géant » qui s'exprime majoritairement dans la descendance de la plante Nom 125, très réduite. Le phénotype « feuilles collées » très péjoratif pour le développement de la plante n'a été vu que rarement et jamais avec cette ampleur. Néanmoins, l'évolution est même possible avec ce phénotype, et les feuilles peuvent retrouver leur indépendance.

##### Descendance de 2 plantes aberrantes [A10]



Nom 122, entourée en jaune, observée en 2002, de taille très réduite. Plante souvent aneuploïde et de façon variable



Et sa descendance après autofécondation. Quatre plantes au premier plan ont un phénotype à « feuilles collées », avec des limbes qui fusionnent, leur nombre chromosomique est normal, ainsi que toutes les plantes analysées dans la descendance.



Nom 125, entourée en jaune, observée en 2002, à phénotype semblable à celui de Nom. 122. Ploidie normale



Et sa descendance après autofécondation, une plante « géante » et une plante à « feuilles crénelées » avec un développement identique à la plante normale. Les plantes géantes ont une ploïdie normale et la majorité des plantes crénelées avaient une quantité d'ADN correspondant à un chromosome surnuméraire.

###### 4 - Certaines plantes aberrantes souffrent d'aneuploïdie mais de façon variable et instable, comme les anomalies foliaires [M12, A12]

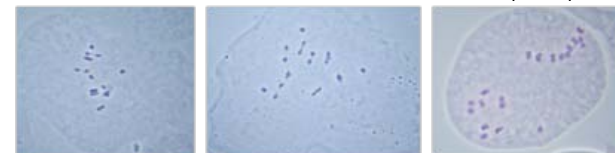
Plusieurs méthodes ont été appliquées sur les mêmes plantes, au cours de l'évolution des plantes aberrantes : quantité d'ADN à plusieurs stades, observations de mitoses de racines, et méiose à la floraison. La mesure de la quantité d'ADN a été confiée au laboratoire hollandais IRIBOV qui a mis au point une méthode de détection, en cytométrie en flux, des variations de quantité d'ADN de l'ordre de celle d'un chromosome. Nous avons conduit en parallèle deux techniques de cytogénétique classique, analyse de méiose et de mitose, pour lesquelles notre UMR a une grande expérience (Jahier et al. 1992).

Pour pouvoir vérifier le nombre de chromosomes au cours de la vie de la plante et à différents niveaux de l'appareil végétatif, nous avons mis au point une méthode de « bouturage » de feuilles sur le pétiole desquelles se forment des racines après quelques jours dans des terrines de tourbe humide en serre chauffée (master Missi).

##### Cytogénétique [M12]

Méiose sur boutons floraux de plantes aberrantes

18 chr                      19 chr                      18 chr + 1 petite paire



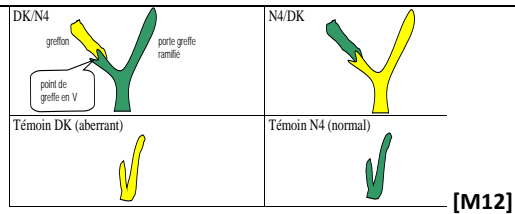
Mitoses sur pointes de racine



Production de racines sur pétioles des feuilles des plantes à analyser pour observer les mitoses et compter les chromosomes pour appliquer une technique efficace mise au point sur méristème racinaire par Jahier et al. (1992)

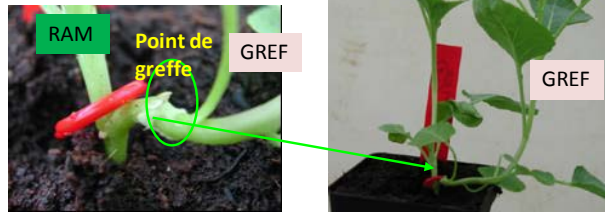
### 5 - Nature systémique de l'aberration [M12]

Pour étudier la transmission systémique du caractère aberrant, nous avons opté pour une méthode de greffage. L'objectif était de mettre en évidence une interaction par greffage entre une plante normale et sa version aberrante. Pour ce faire, il fallait un fonds génétique pour lequel ni réversion ni changement de phénotype se manifestait au cours du cycle de vie. Des plantes d'un hybride de chou-fleur d'automne 'Neven' ont gardé le même phénotype aberrant (laitue, frisé, tourmenté) et présentaient de façon stable un ou deux chromosomes surnuméraires détectés par cytométrie en flux et confirmées par des observations cytogénétiques. L'une d'elle notée DK a été retenue pour son expression très marquée de l'aberration : son caractère laitue est facilement repérable, dès le plus jeune stade. Nous nous sommes inspirés d'une méthode de greffage mise en œuvre pour mettre en évidence l'aspect systémique du « silencing » en matière de transgénèse (Palauqui et al., 1997). Des greffes ont été réalisées dans les deux sens avec deux plantes clonées du même génotype, l'une normale et l'autre aberrante, en veillant à garder une ramification du porte-greffe pour suivre son évolution comparée à celle du greffon et de son témoin non greffé.



[M12]

Chaque plante greffée possède une ramification porte greffe et un greffon, qui seront comparés à leurs témoins. Les points de greffe restent visibles. Le porte greffe (RAM) est marqué par un anneau qui sera gardé tout au long de l'expérimentation pour bien les distinguer des greffons (GREF).



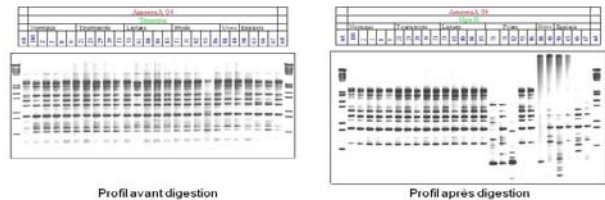
### 6 - Contrôle moléculaire de la nature épigénétique du phénotype [M10]

La première méthode d'étude de la méthylation de l'ADN est inspirée de celle utilisée par Cai et al (1996). Il s'agit de digérer l'ADN génomique par des enzymes de restriction reconnaissant le même site de restriction mais ayant des sensibilités différentes à la méthylation. Ces enzymes sont dites isoschyzomères pour le même site de restriction (Mc Clelland et al., 1994). Exemple avec l'enzyme Hpa II ci-contre.

Pour un même site de restriction, nous avons eu des produits de digestion différents pour chaque enzyme, en fonction de l'état de méthylation du site de restriction. Ces produits de digestion ont été ensuite amplifiés par RAPD. Les profils RAPD observés révèlent bien un polymorphisme de méthylation et non un polymorphisme de séquence.

La recherche de polymorphisme de méthylation a aussi été effectuée par MSAP (Methylation Sensitive Amplification Polymorphism) mais sans succès.

Polymorphisme de méthylation associé à quelques phénotypes aberrants (master Douté, [M10])



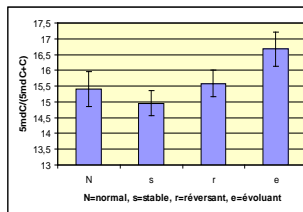
Autre technique : aucun fragment MSAP différenciellement méthylé entre "aberrants" et "normaux" n'a été détecté mais une très forte proportion de fragments méthylés a été détectée chez l'hybride F1 étudié. Six fragments méthylés observés chez les parents de Nominoé subissent des changements de méthylation chez l'hybride F1 (thèse Arnel)

### 7 - Recherche de différences au niveau de la méthylation globale du génome [A12, M12]

Le niveau de méthylation des génomes a été mesuré par HPLC, pour séparer et quantifier les nucléosides après hydrolyse enzymatique de l'ADN des plantes étudiées. Cette technique fournit une mesure de la quantité relative de cytosines méthylées par rapport aux cytosines non méthylées, la quantité de 5-méthyl-deoxycytidine (5mdC) étant directement détectée, puisque présentant un pic différent de la forme non méthylée.

Pour mener à bien ce travail, nous nous sommes rapprochés d'une équipe IRD-CIRAD de Montpellier travaillant sur les mutants somaclonaux du palmier à huile. Alain Rival et Thierry Beulé avaient montré une déméthylation des mutants par HPLC (Jaligot et al. 2000).

Les taux de méthylation ont été calculés chez des plantes de la variété 'Nominoé', prélevées au champ ou sous tunnel avant pomaison, lorsque le



Taux de cytosine méthylée (5-Méthyl-deoxycytosine (5mdC) génomique) mesuré par HPLC (High-performance Liquid Chromatography) pour quatre groupes de plantes selon l'évolution de leur phénotype aberrant

caractère aberrant était établi. Quatre types de plantes ont été considérés

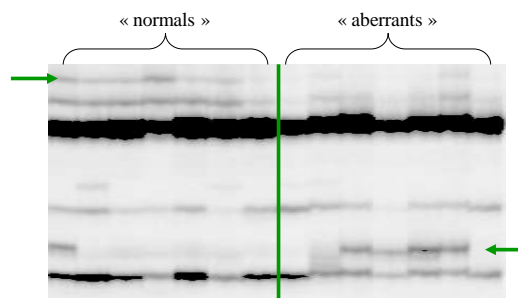
es : plantes normales, plantes normales après réversion de l'aberration à la normalité, plantes aberrantes au phénotype stable, et plantes aberrantes au phénotype en "évolution". Le facteur "type de plante" est significatif, les plantes présentant un phénotype aberrant "en évolution" étant significativement différentes. [A12]

### 8 - Analyse cinétique et recherche de gènes différentiellement exprimés [T1, A13].

Une analyse cinétique de l'apparition du caractère aberrant est menée pour chercher des marqueurs de l'apparition et/ou de l'expression du caractère aberrant.

One example of a differential expression between "normal" and "aberrant" individuals observed in cDNA-AFLP. (Armel pt) From 120 primer combinations tested, 10 fragments were differentially expressed between "aberrants" and "normals"; 8 of them were expressed in "normals" and repressed in "aberrants" (fig ci-contre). These fragments were cloned and sequenced. Search for sequence homology identified two genes related to an Arabidopsis thaliana tubulin alpha-5 chain-like protein.

Cas de l'hybride 'Nominoé' : 6 prélèvements d'ADN sur 400 plantes du semis à la pomaison [T1]



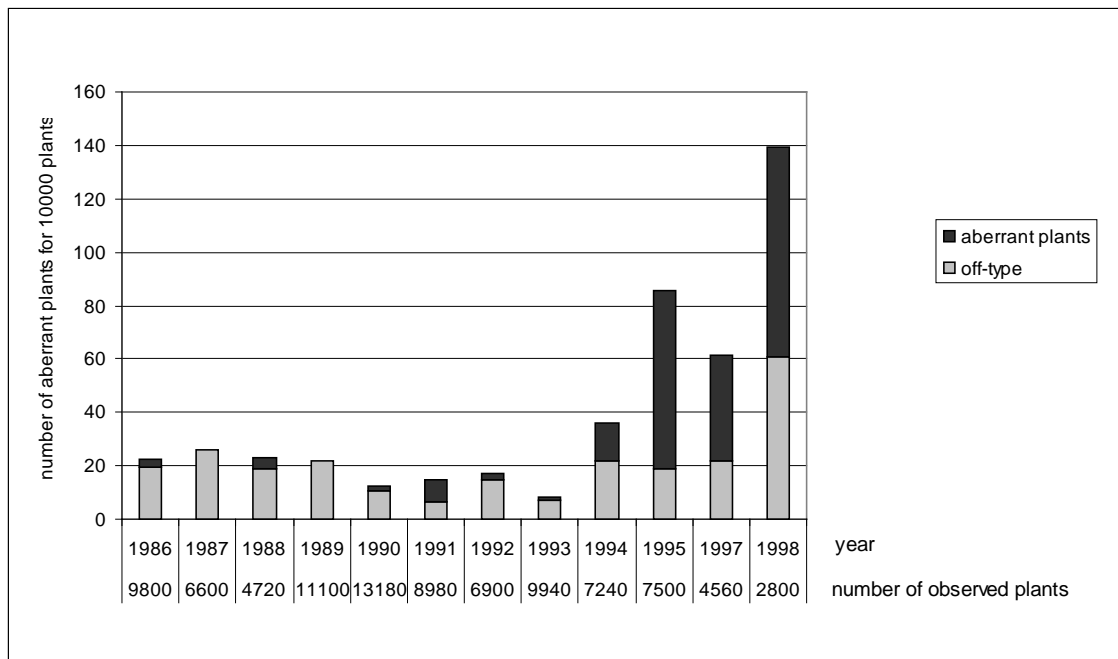


Figure 7 : The trials implemented at INRA were aimed at monitoring 5,000 to 10,000 plants originating from 250 to 500 self-progenies of 20 plants. We focused on a 12-years period and examined the inbred lines records dating from 1986 to 1998 (the year when the breeding program was moved to another area). [A10]

Auparavant, il y avait toujours quelques hors-types toujours explicables par des pollutions accidentelles ou des mélanges fortuits de graines (le terme « aberrant » servait à cette occasion en sélection). La première mention du mot “aberrant” apparaît dans un rapport du GEVES en 1990. A la fin de l’année 1994, 6 variétés sur 19 ont été refusées à l’inscription au catalogue à cause du trop grand nombre de « hors types ». Un premier contrôle s’imposait : étaient-elles bien des plantes hybrides F1 ? Les analyses RAPD le confirmaient rapidement (encadré 3). Ces plantes ont aussi interrogé des chercheurs à l’autre bout de la planète, qui ont conclu après le contrôle de leur nature hybride par marqueurs microsatellites, « This suggests that morphological sibs were not always due to selfing but possibly to an interaction between genetic and environmental factors and this requires further investigation. » (Astarini et al 2008)

Dès 1994, ce n’était plus des accidents, car ces plantes « aberrantes » devenaient trop nombreuses. Avec les collègues, chercheurs et sélectionneurs, nous avons commencé à les décrire et leur donner des noms puisqu’elles avaient quelques phénotypes facilement reconnaissables qui ne dépendaient pas du fonds génétique. Ce vocabulaire imagé établi progressivement s’est fixé à la fin des années 90, lors du premier projet CTPS financé par le ministère. On parle de « laitues », « frisés », « tourmentés », « réduits »... (voir illustration encadré 3). C’est toujours mon rôle lors des visites d’experts pour les inscriptions des nouvelles variétés au catalogue officiel de rappeler la nomenclature que nous nous sommes fixés à partir de nos travaux à l’INRA. Entre les années 95 et 2000, j’avais synthétisé la façon de décrire les phénotypes par un schéma en 3 dimensions reflétant les 3 niveaux de perturbations possibles : la forme de la feuille, l’épaisseur du limbe et le développement de la plante (figure 8). Par exemple, une plante aberrante peut être « frisée, réduite à épaisseur de limbe normal » ou « à forme normale, mini et à limbe épaissi » ....

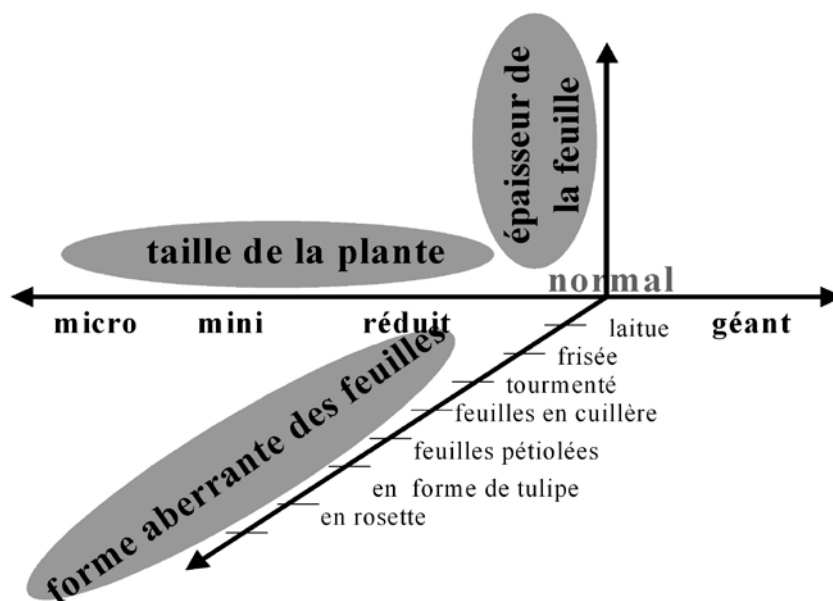


Figure 8 : Eléments de description des plantes aberrantes selon 3 axes représentant trois critères, la forme des feuilles, l'épaisseur du limbe et le développement global de la plante. Un, deux ou trois critères sont observables simultanément sur une plante aberrante.

Une fois reconnues et identifiées comme telles, nous avons travaillé plusieurs années pour émettre une hypothèse quand à leur « nature génétique ». Nous les avons comptées dans différents milieux, observées dans la durée pendant tout le cycle végétatif au champ, et pendant un second cycle après clonage pour étudier l'existence ou non d'une liaison entre leur effectif et un environnement particulier. En parallèle, nous les avons regardées d'un point de vue cytologique et génétique. Les méthodes mises en œuvre sont décrites dans l'encadré 3.

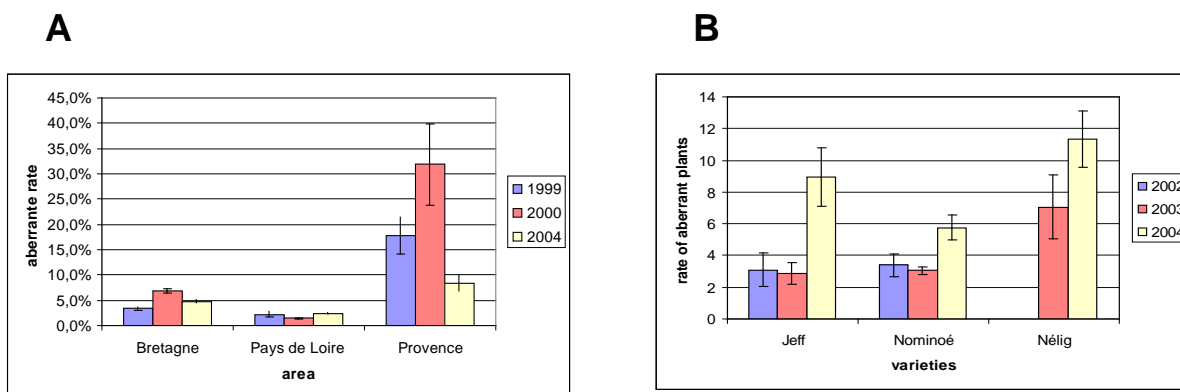


Figure 9 : A : Taux de plantes aberrantes en fin de cycle végétatif (avant le stade de production) dans 3 zones de culture. Chaque valeur correspond à la moyenne de 2 à 5 sites pour une zone et une année, pour un hybride de chou-fleur d'automne 'Nominoé'. (test non paramétrique Kruskal et Wallis, seuil 5% : différence statistiquement significative entre les lieux d'expérimentation) ; B : Taux de plantes aberrantes en fin de cycle végétatif pour 3 variétés de chou-fleur, en Bretagne (moyenne de 4 répétitions) sur trois années. [A10]

Des observations (Figure 9) sur le taux d'aberrants<sup>15</sup> ont été réalisées sur des hybrides F1 de chou-fleur d'automne et d'hiver (obtention INRA-CERAFEL) sur les unités expérimentales INRA (Plougoum et Le

<sup>15</sup> Le taux d'aberrants retenu dans les analyses est celui observé en fin de cycle végétatif et correspond au taux de perte subie par le producteur ou le taux de « hors-type » que prendra en compte le sélectionneur ou le GEVES

Rheu), complétés en 2004 par des essais sur les sites du GEVES (Brion et Cavaillon). Pour la variété 'Nominoé' (fig 9-A), les 3 années d'essais sur 3 départements confirmaient un impact très différent du phénomène selon la zone alors que les lots de semences sont les mêmes pour les 3 zones. La variabilité d'expression en fonction du génotype a aussi été vérifiée (fig 9-B), mais l'effet année est prépondérant.

**Ainsi, les conditions environnementales s'avèrent être déterminantes pour influencer le taux d'aberrants dans une parcelle. Néanmoins, il existe une sensibilité particulière selon les fonds génétiques à exprimer des aberrants, mais aussi à développer la capacité de reverser vers une forme normale, le tout en interaction avec l'environnement et l'année considérée.**

A cette évolution phénotypique, se superposent des variations de la quantité d'ADN mesurée par cytométrie en flux. Les analyses ont été réalisées par le laboratoire hollandais, IRIBOV qui dispose d'une technologie efficace pour détecter des écarts de quantité d'ADN de l'équivalent de 1 chromosome. Les mêmes plantes au phénotype « laitue », plus ou moins stable, ont été contrôlées à plusieurs reprises, au champ et après clonage (tableau 5). Pour celles qui ont atteint le stade floraison, nous avons vérifié que le nombre de chromosomes (sur méiose) était cohérent avec la mesure de quantité d'ADN mais recouvrait des situations variables : + 1 chromosomes, +2 chromosomes sous forme d'univalents et d'un bivalent à la fin de la prophase et métaphase (voir encadré 3). Les plantes avec une perte d'ADN ne fleurissent pas et sont très perturbées dans leur développement. Le suivi de 2 plantes sur trois saisons et de leur descendance en autofécondation illustre le fait que l'aneuploidie apparaît comme un élément de l'aberration, qui évolue dans le temps, au même titre que les déformations morphologiques sans relation de cause à effet. Si on regarde la descendance aucune cohérence n'est décelable. Un exemple est illustré dans l'encadré 3. Ces deux plantes avaient toutes deux le phénotype le plus ambigu, le phénotype « mini » car d'autres causes sont souvent avancées par les sélectionneurs ou agriculteurs pour expliquer leur retard de développement et leur réduction drastique de taille. Dans la descendance, des phénotypes foliaires nouveaux s'expriment en disjonction avec des phénotypes apparemment normaux avec des anomalies de ploïdie non liées à des phénotypes particuliers.

Tableau 5 : Evaluation of the aneuploidy state of the “lettuce-like” aberrant phenotype in three autumn cauliflower hybrid F1 varieties (Nélig, Neven and Nominoé). The aneuploidy state was estimated by flow cytometry during the vegetative period and controlled by meiosis observation when flowering [A12]

\* statistically different from the normal DNA quantity, the difference is greater than one chromosome DNA quantity; \*\* statistically different from the normal DNA quantity, the difference is lesser than the mean quantity of one chromosome

Date of observation	01/09/2003	17/09/2003		21/10/2003			
Variety	phenotype	phenotype	DNA content rate of deviation	aneuploidy state <sup>3</sup>	phenotype	DNA content rate of deviation	aneuploidy state <sup>3</sup>
Nélig	non observed	non observed			lettuce-like	7.4**	2.1
Nélig	non observed	non observed			lettuce-like	7.9**	2.2
Neven	lettuce-like	lettuce-like	8.0**	2.2	lettuce-like	6.6**	2.1
Neven	lettuce-like	lettuce-like	10.3**	2.2	lettuce-like	11.4**	2.2
Nominoé	lettuce-like	lettuce-like			lettuce-like	6.3**	2.1
Nominoé	lettuce-like	lettuce-like	-2.3*	2.0	lettuce-like	-2.7*	1.9
Nominoé	leave thickness	lettuce-like and leave thickness	-5.8**	1.9	leave thickness	0.4	2.0
Nominoé	leave thickness	lettuce-like and leave thickness	-4.8**	1.9	lettuce-like and leave thickness	-3.8**	1.9
Nominoé	very reduced size	lettuce-like	0.6	2.0	evolving towards normality	0.8	2.0
Nominoé	lettuce-like	lettuce-like	111.1**	4.2	lettuce-like	109.1**	4.2

**Ainsi, l’aberration se présente comme une capacité à produire et à transmettre des caractères nouveaux, par une dérégulation des processus vitaux essentiels au développement et au maintien de l’intégrité génétique.**

Une plante exprime toujours son phénotype aberrant sur l’ensemble de la partie végétative observable et lors de la réversion vers la normalité, aucune trace de l’anomalie précédemment observée n’est détectable, seul le retard dans le développement peut persister quelques semaines avant que la plante ne retrouve une vigueur identique aux plantes normales. Cette observation nous a inspiré une expérimentation pour vérifier une éventuelle transmission systémique du caractère aberrant par greffage et mettre en évidence une interaction entre une plante normale et sa version aberrante. La première étape de l’expérimentation a été de repérer un fonds génétique où l’aberration est stable (voir encadré 3). L’élevage des plantes et le microgreffage ensemble des plantes a d’abord été réalisé *in vitro*, par le laboratoire de biologie cellulaire de BBV (Bretagne Biotechnologie Végétale, à Saint Pol de Léon, structure mise en place par et pour les organisations professionnelles bretonnes) avec qui nous entretenons des collaborations sur de nombreux sujets associés à la sélection. L’aspect phénotypique des modifications morphologiques a été observé sur les plantes greffées et leurs témoins afin de mesurer des différences de développement. Deux contrôles de la quantité d’ADN par le laboratoire IRIBOV ont été effectués pendant la croissance des plantes. En outre, nous avons contrôlé les premières analyses par des observations de mitoses, en faisant produire des racines au pétiole des feuilles (voir



encadré 3). Les observations phénotypiques et cytogénétiques ont montré une interaction possible dans les deux sens avec des modifications du greffon et/ou du porte-greffe ([M12] ; [C32]). Comme pour des plantes au champ, nous avons observé des réactions différentes d'une plante à l'autre (le mot « plante » recouvre ici une association greffon /porte-greffe). C'est dans le cas de greffes « d'une plante normale sur porte-greffe aberrant » que nous avons eu le plus de cas où l'interaction était observable. En fait, nous n'avons pas eu seulement à relever les résultats en terme d'une transmission ou non d'un caractère d'un porte-greffe à un greffon, mais nous avons eu à observer de nombreuses situations avec des interactions dans les deux sens sur des aspects morphologiques, de développement et cytogénétiques. De la même façon que lorsqu'une plante au champ devient aberrante, de nombreux caractères peuvent être atteints, les greffons et/ou porte-greffe réagissaient de façon imprévisible pour exprimer le résultat de l'interaction.

**D'après nos résultats, l'interaction entre tissus normaux et aberrants se ferait dans les deux sens, par rapport au point de greffe. Cette interaction à double sens est un fait nouveau par rapport au « silencing » des transgènes.** Les données relevées sur les greffes réalisées suggèrent un échange de facteurs moléculaires systémiques entre tissus aberrants et normaux (et donc entre cellules) à l'origine de ces interactions. Cet échange produirait des effets d'évolution (sens normal vers aberrant) ou induirait de nouvelles perturbations des greffons déjà aberrants.

#### *Deuxième étape : l'hypothèse épigénétique*

A la suite de toutes ces approches, nous pouvions résumer la situation :

- Le caractère aberrant affecte la morphologie foliaire, la croissance et le développement des plantes,
- L'aberration peut se manifester sous différentes formes (différents phénotypes aberrants sont observés), et peut reverser vers une forme normale ou changer de forme,
- L'expression du caractère dépend à la fois de l'environnement et des génotypes considérés,
- Le caractère s'exprime de manière systémique, au niveau de la plante entière,
- Il se transmet de manière irrégulière à la descendance ; c'est la capacité à exprimer un phénotype aberrant qui est transmise à la descendance et non le phénotype aberrant lui-même,
- Il n'existe pas de liaison entre l'aberration et l'aneuploïdie, celle-ci pourrait être un élément du phénotype et/ou une conséquence non systématique de l'expression du caractère aberrant.

Quand nous commençons à explorer le problème des plantes aberrantes, un domaine de connaissance du fonctionnement du génome émergeait : la régulation épigénétique.

Ce domaine, l'épigénétique ("au dessus de" génétique) comporte aujourd'hui plusieurs piliers : la méthylation de l'ADN, les changements d'état de la chromatine, les modifications post-traductionnelles des histones et le monde des petits ARNs. Il est une clé de compréhension du développement des organismes, de la mémoire cellulaire et des mécanismes de défense de l'intégrité génétique. Il est l'expression des interactions entre le génome et le milieu.

Au cours d'un DEA, en 2001 [M10], nous avons en effet vérifié un polymorphisme de méthylation chez une partie des plantes aberrantes grâce à une méthode moléculaire exploitant la propriété de certaines enzymes de restriction de ne couper l'ADN que dans certaines conditions de méthylation. Ces enzymes permettent donc de mettre en évidence du polymorphisme de méthylation (voir encadré 3). L'étape suivante fut de rechercher d'éventuelles anomalies de la méthylation globale. Suite aux observations

phénotypiques (morphologiques et cytogénétiques), un critère à retenir pour décrire une plante aberrante pouvait être son caractère dynamique : réversion vers la normalité, stabilisation du phénotype ou évolution vers un autre état aberrant au cours de la vie de la plante et de sa descendance par clonage. C'est sur cette base qu'une analyse de la méthylation globale par HPLC (High-performance Liquid Chromatography) a été abordée, avec une technique développée pour étudier des variants somaclonaux (Jaligot et al., 2000). Seules les plantes dont le phénotype évolue montrent une hyperméthylation par rapport aux normaux, les aberrants stables ou « réversants » ne peuvent être distingués des normaux sur le critère du taux de cytosines méthylées (encadré 3). Les seuls cas d'hyperméthylation globale décrits dans la bibliographie sont détectés chez les plantes ayant survécu dans la zone de Chernobyl après 1986. Le niveau de sensibilité dépend des espèces et le degré d'hyperméthylation est fonction des doses de radioactivité reçues (Kovalchuk, 2003 et 2004). Ainsi, l'hyperméthylation, est traduite comme une réponse adaptative suite à un stress.

Cette conclusion nous amenait tout logiquement à la thématique traitée dans la thèse de Armel Salmon [T1]. Dans ce sujet, je proposais une analyse cinétique pour détecter le moment d'apparition du caractère aberrant et de rechercher des marqueurs de l'apparition et/ou de l'expression du caractère aberrant. Deux approches sont envisagées pour observer un polymorphisme d'expression et de méthylation entre individus normaux et aberrants : une approche sans a priori où les profils transcriptomiques et la méthylation du génome des deux groupes de phénotypes seront analysés par AFLP sur ADNc (Amplified Fragment Length Polymorphism) et par MSAP (Methylation Sensitive Amplification Polymorphism), et une approche avec a priori où l'expression et l'état de méthylation de gènes candidats sera suivie par RT-PCR et Methylation Sensitive-PCR. La recherche des gènes candidats fut basée sur l'exploitation de la synténie et de l'homologie existant entre les Brassica et *Arabidopsis thaliana*. Le choix des candidats porte essentiellement sur des gènes impliqués dans la méthylation de l'ADN (maintien de la méthylation et néo-méthylation), dans l'état d'acétylation et de méthylation des histones, dans l'état de compaction de la chromatine, dans la régulation du développement foliaire ou dans les processus de régulation de l'expression via micro-ARNs.

Les gènes différentiellement exprimés entre plantes normales et plantes aberrantes au cours de leur croissance végétative (identifiés en utilisant l'homologie de séquence entre *B. oleracea* et *A. thaliana*) sont impliqués dans divers mécanismes physiologiques chez les plantes : la réponse à différents types de stress (biotiques et abiotiques), la régulation de l'expression du génome (aux niveaux pré- et post-traductionnels), la transduction de signaux, la composition des parois cellulaires ou de la cuticule et certains gènes candidats dans la morphologie foliaire. Cette donnée permet de formuler l'hypothèse de l'existence d'un stress qui pourrait être la cause environnementale de l'expression du caractère aberrant, ce stress restant à identifier.

#### *Un programme resté en « stand by »*

**L'aberration touche différemment une plante selon le lieu, l'année de culture et son fonds génétique. Le phénomène prend des aspects variés, et touche le développement et la morphologie de la plante, et modifie souvent le nombre chromosomique. Les modifications de méthylation, les possibilités de réversion, de transmission à la descendance confirment sa nature épigénétique. Nous sommes donc en présence d'une « pathologie épigénétique » chez les plantes.**

Le terme de maladie épigénétique, désignée aussi « aberrant disease », a été proposé par Sutherland et coll. (2003), en décrivant l'ensemble des processus épigénétiques (méthylation de l'ADN et

modification des histones) probablement liés à des problèmes environnementaux (Bombail et al, 2004), conduisant à des désordres de développement chez les hommes, dont le cancer largement étudié pour les anomalies de méthylation et l'aneuploïdie des tissus cancéreux.

Par ailleurs, ce sujet a été l'occasion d'échanges avec les collègues. Joseph Jahier, de l'UMR APBV, avait à la même époque un financement pour comprendre l'aneuploïdie non maîtrisée chez quelques variétés de blés qui posaient aussi des problèmes à la certification des semences par le SOC. Nous avons regardé les descendances qui présentaient des phénotypes tout à fait aberrants. Dans les champs, elles se repèrent pas facilement car elles sont souvent plus petites et globalement le taux est beaucoup plus faible, pas suffisant pour alerter les sélectionneurs. Il en va de même pour la laitue que nous avons également observée.

A partir de notre étude, plusieurs pistes de recherche étaient possibles :

- Déterminer le contrôle génétique de la sensibilité à l'aberration avec les sélectionneurs ; nous avons initié un programme de recherche de QTL à partir de nos connaissances des différents groupes génétiques sur le terrain. Le programme a été arrêté après l'observation des F2.
- Déterminer les signaux systémiques à l'intérieur de la plante ; les travaux sur le silencing et l'acquisition systémique des signaux de suppression de gènes, restent néanmoins des pistes intéressantes pour répondre aux questions clés de la nature et du mode de propagation de ces signaux systémiques, transmetteurs de la perturbation, émis par les tissus aberrants, régulateurs ou de « résistance » à l'aberration, produits par les tissus normaux.
- Et surtout, quelle est la cause d'apparition de ces plantes au champ ? Pourquoi depuis les années 90 ? C'est un programme pluridisciplinaire qui est à monter. Les symptômes des plantes, la proximité des processus biologiques avec ceux du cancer, maladie dont l'incidence augmente chez l'homme, devraient interroger une direction scientifique d'un institut public sur la pertinence d'un tel programme.

Dans un article très récent, « Transgenerational epigenetic inheritance in plants » (Hauser et al, 2011), les auteurs commencent leur synthèse par : « Interest in transgenerational epigenetic inheritance has intensified with the boosting of knowledge on epigenetic mechanisms regulating gene expression during development and in response to internal and external signals such as biotic and abiotic stresses. » Le sujet reste donc en pointe sur le plan de la recherche fondamentale.

Les plantes aberrantes illustrent un mécanisme d'hérédité transgénérationnelle de caractère « acquis » par un (des) stress non encore identifié(s). L'approche de ce phénomène est très intéressante pour repenser l'amélioration des plantes plus globalement que par le simple raisonnement génétique. En laboratoire, des auteurs dans un article de Nature (Molinier et al 2006) ont démontré un changement induit, épigénétique et héritable d'un caractère quantitatif mesurable et moléculairement défini. Ils n'ont pas encore d'élément pour approcher une « valeur adaptative » des changements observés et des mécanismes moléculaires à la base de la « mémoire » transgénérationnelle. » Ils concluaient que des facteurs environnementaux conduisent à augmenter la « flexibilité génomique », même sur des générations successives et non traitées, et peut augmenter le potentiel d'adaptation ... Dans un autre article récent, des auteurs s'interrogeaient sur l'importance des variations phénotypiques et hérissables de nature épigénétique dans un processus de sélection (Lukensa et Zhan, 2007). Cette question reste d'actualité quand on aborde la sélection paysanne. Quelle la part du génétique et de l'épigénétique dans l'adaptation ?

## 2.5 Bilan

### 2.5.1 Compétences acquises et collaborations

Cette première étape de ma carrière m'a donné l'occasion d'acquérir un socle de connaissances et de méthodes nécessaires au développement ultérieur des programmes participatifs de sélection, par des allers-retours réguliers entre laboratoire, terrain et partenaires des projets. Au bilan de cette première période, j'ai acquis une expérience à plusieurs niveaux :

- Pour la définition des programmes de recherche nécessaires aux objectifs finalisés et établissement de collaborations pour remplir ces objectifs finalisés,
- Dans l'organisation du travail au sein de l'équipe pour articuler recherches et transferts,
- Dans l'organisation de la dissémination des connaissances et assurer le lien entre les partenaires pour faciliter le transfert de méthodologies/résultats.

Avec les deux exemples de l'AI et celui des plantes aberrantes, j'ai illustré comment l'étude de phénomènes biologiques dans un objectif finalisé pouvait aussi enrichir la connaissance des phénomènes dans leur diversité, car notre angle d'approche était souvent complémentaire de celui de laboratoires davantage dédiés aux recherches fondamentales comme l'Ecole Normale Supérieure de Lyon. Au sein de l'équipe Brassica, des interactions ont été particulièrement intenses en matière d'évaluation des RG et de la mise en œuvre de méthodes moléculaires pour l'étude des plantes aberrantes avec Maria Manzanara Dauleux (co-direction de la thèse de Armel) et pour l'AI (co-encadrement de la thèse de Houria, avec Anne-Marie Chèvre). Au sein de l'UMR, la collaboration avec l'équipe de Joseph Jahier a été déterminante pour avancer dans l'étude des plantes aberrantes. En matière de cytogénétique des Brassicas, Frédérique Eber m'a patiemment aidée depuis l'étude des stérilités mâles jusqu'aux aberrants pendant deux décennies.

Une grande partie de mon activité a consisté aussi à organiser l'ensemble du travail des équipes techniques et de trouver un équilibre entre les efforts de recherche sur la génétique et la biologie de l'espèce d'une part, et le travail de sélection avec la création des lignées, l'évaluation de leur valeur en combinaison, la mise au point des variétés hybrides et leur multiplication d'autre part. Avant la fin progressive du programme entre 1999 et 2003, les deux équipes de Le Rheu et Plougoum représentaient un effectif d'une dizaine de personnes. Dans cette activité, j'étais particulièrement bien assistée par Henri Bellis (Assistant-Ingénieur INRA), responsable de la sélection du chou-fleur d'automne et par Claude Laviac (technicien CERAFEL, promu ingénieur DPE en cours de carrière), responsable pour le chou-fleur hiver. Pour la gestion des graines et de l'expérimentation, au début des années 90, j'avais programmé une base de données communes aux deux sites et formé des techniciens pour son utilisation. Nous avons une traçabilité complète de la généalogie de nos plantes, de leur évaluation et des semences disponibles bien avant les programmes d'assurance qualité recherche (AQR) introduits dans nos laboratoires à la fin des années 90.

Une autre part importante de mon travail était de faire le lien entre les partenaires de la convention INRA-CERAFEL. Nous avons des réunions formelles établies dans le contrat mais l'essentiel se passait sur le terrain de façon informelle pendant toute la saison d'observation des hybrides expérimentaux de septembre à mai de l'année suivante. Un dispositif complexe d'évaluation des hybrides prometteurs consistait en un réseau d'essais associant l'INRA, les stations expérimentales des trois départements concernés et les agriculteurs. J'avais institué des « rencontres sélectionneurs » pour ajuster nos recherches et la sélection au plus près des besoins des professionnels.

## 2.5.2 Valorisation des recherches

Le programme étant financé en grande partie par les producteurs, l'objectif en était très finalisé : créer des variétés hybrides F1 et être en mesure d'assurer la production de semences dans des conditions économiques viables. Au moment de l'arrêt des programmes, nous avons pratiquement couvert l'ensemble de la période de production (tableau 6). Tous les hybrides passaient par le processus de l'inscription au catalogue. Notre difficulté était parfois le manque d'homogénéité des variétés car nous pouvions atteindre un niveau de qualité d'homogénéité suffisante de la pomme sans pour autant avoir une homogénéité parfaite au niveau de la partie végétative de la plante. Un hybride a même fait carrière sans avoir pu passer la barre de l'inscription : les producteurs ne voyaient pas pourquoi ils devaient se priver d'une variété intéressante pour ses qualités agronomiques seulement pour des raisons de critères DHS. Déjà, à l'époque, je trouvais leur position légitime ...

Tableau 6 : Variétés hybrides commercialisés de chou-fleur créées dans le cadre du programme INRA-CERAFEL (1982-2000) (\*APV = Autorisation Provisoire de Vente)

Nom de l'hybride	Précocité	Date de 1ère demande d'APV*	Date d'inscription	Système d'hybridation
<b>Segalen</b>	Septembre	08 10 98	1999	Stérilité mâle génique dominante
<b>Nominoé</b>	Novembre	08 11 95	1996	Stérilité mâle génique dominante
<b>Neven</b>	Novembre	09 11 93	1995	Auto-incompatibilité
<b>Dagan</b>	Décembre		1984	Auto-incompatibilité
<b>Déniéla</b>	Décembre		1982	Auto-incompatibilité
<b>Nédeleg</b>	Décembre	12 01 94	1995	Auto-incompatibilité
<b>Jaffrez</b>	Décembre-Janvier	12 01 94	1995	Auto-incompatibilité
<b>Jakavan</b>	Janvier	12 01 94	1996	Stérilité mâle génique récessive
<b>Jakez</b>	Janvier		1987	Stérilité mâle génique récessive
<b>Jaouen</b>	Janvier	12 01 94	1995	Auto-incompatibilité
<b>Juzel</b>	Janvier	14 01 97	1998	Auto-incompatibilité
<b>Joël</b>	Janvier	13 01 92	1996	Stérilité mâle génique récessive
<b>Jeff</b>	Janvier-Février	19 12 95	1997	Stérilité mâle génique récessive
<b>Fanch</b>	Février		1989	Stérilité mâle génique récessive
<b>Fragan</b>	Février	10 01 95	1996	Stérilité mâle génique récessive
<b>Faélan</b>	Février	24 02 97	1998	Stérilité mâle génique récessive
<b>Maudez</b>	Mars	31 01 95	refus 96	Stérilité mâle génique récessive
<b>Melar</b>	Mars-Avril	31 01 95	1996	Auto-incompatibilité

Co-obtention INRA-CERAFEL – OBS (2000-2003)

Nom de l'hybride	Précocité	Date de 1ère demande d'APV	Date d'inscription	Système d'hybridation
<b>Nélig</b>	Novembre	22/11/00	2002	Stérilité mâle génique dominante
<b>Deniol</b>	Décembre/janvier	10/01/00	2002	Auto-incompatibilité
<b>Donnan</b>	Novembre		2002	Stérilité mâle génique dominante
<b>Derog</b>	Décembre		2002	Stérilité mâle génique dominante
<b>Juluan</b>	Janvier	10/01/00	2002	Auto-incompatibilité
<b>Merwen</b>	Mars	08 03 99	2000	Stérilité mâle génique récessive
<b>Astell</b>	Avril	10/01/00	2002	Stérilité mâle génique récessive

Ma thèse, en 1994, synthétisant les 10 premières années de recherche sur les systèmes d'hybridation (auto-incompatibilité pollinique et stérilités mâles), a offert une vue d'ensemble de la variabilité de ces systèmes, leurs intérêts et limites pour la création et la multiplication de variétés hybrides F1 de chou-fleur. Parallèlement, ces travaux ont fait l'objet de plusieurs publications et d'un sujet de thèse.

Le contexte de la valorisation de mes travaux s'est élargi à l'ensemble des sélectionneurs français après mon recrutement à l'INRA en 1999, et le sujet majeur de mon poste fut la compréhension du phénomène d' « aberration » chez les choux. Le sujet est toujours d'actualité : mes connaissances sur le sujet se trouvent actualisées quand j'exerce mon rôle d'expert CTPS pour l'inscription des variétés de chou-fleur au catalogue officiel.

En même temps, j'ai aussi interagi avec la FNAMS (Fédération Nationale des Agriculteurs Multiplicateurs de Semences) en valorisant mes connaissances en matière de production de semences et des exigences physiologiques des choux au moment de la floraison. Cependant, le temps m'a manqué pour publier ces résultats dans des revues scientifiques car à l'époque le programme de sélection participative montait en puissance.

### 2.5.3 Evolution de ma compréhension des problématiques

La première période de ma période m'adonné de vivre d'une part, des aspects très complémentaires des approches de laboratoire et de terrain, d'autre part, un programme complet de création variétale de la mobilisation des ressources génétiques jusqu'à la multiplication des semences des variétés créées.

**J'ai acquis une certitude que sans une pratique régulière du terrain, on peut passer à côté de beaucoup d'information.** Le programme « plantes aberrantes » est un programme uniquement basé sur l'observation avec une ouverture à toute éventualité sans se laisser enfermer dans des présupposés figés. Je me revois encore tout vérifier mes notes, mon plan de terrain quand j'ai découvert que les plantes pouvaient recouvrir un aspect normal.

En sélection, le terrain m'a appris aussi les limites d'un système de création variétale sur le modèle hybride F1 répondant aux critères DHS. Combien d'hybrides aux qualités agronomiques et qualitatives satisfaisantes devaient être améliorés par 1 ou 2 cycles d'homogénéisation supplémentaires des lignées, tout simplement pour gagner en homogénéité pour l'inscription au catalogue ? Ensuite, les lignées trop consanguines devenaient fragiles et perdaient leur capacité à produire des graines. Quant au groupe de chou-fleur d'automne précoce qui naturellement était devenu autofertile, que d'effort pour introduire une stérilité mâle et rechercher ensuite les bonnes combinaisons hybrides ! Les populations traditionnelles se reproduisaient facilement, trop facilement pour un obtenteur devant vivre de la sélection et devant protéger ses trouvailles. Pourtant dans l'ouvrage de Doré et Varoquaux (2006), on parle de révolution en matière de chou : « La réelle révolution a eu lieu ensuite avec le passage aux variétés hybrides F1 auto-incompatibles, puis aux variétés hybrides F1 mâles stériles. » La vraie révolution fut dans l'organisation socio-économique autour de la création variétale.

Les choux m'ont aussi beaucoup appris sur la diversité. L'autoincompatibilité, un caractère parmi d'autres d'un végétal, m'a montré jusqu'à quel point la variabilité peut s'exprimer. Quel que soit l'angle d'approche, le caractère exprime de la diversité. Avec Houria, en thèse avec moi pendant de longues années, nous nous étions passionnées pour en découvrir tous les contours sur des milliers de fleurs elles-mêmes sur des centaines de plantes.

Ainsi, j'ai tendance à regarder tout caractère s'exprimant sur une plante avec tout un potentiel de diversification et d'évolution dans le temps, d'une plante à l'autre et d'une génération à l'autre, comme j'ai pu le vivre avec ma plante-compagne : le chou ...

#### 2.5.4 La recherche action

L'étude de la biologie de reproduction chez les choux et la compréhension du phénomène « plantes aberrantes » avaient une composante « recherche fondamentale » très marquée même si elles s'appuyaient sur un travail de terrain fréquent et régulier.

La sélection de variétés hybride F1 de chou-fleur pour les professionnels conventionnels bretons mêlait des approches fondamentales à la pratique de la sélection. Par convention, le programme devait aboutir à la fourniture de variétés sous forme de parents d'hybrides prêts pour la production de semences. Comme l'exprimait un des collègues en 1997 à l'issue d'un groupe de travail sur la recherche-action, le chercheur ne discute pas nécessairement les objectifs de ses interlocuteurs : les rôles sont bien séparés.

« Il reste au chercheur la possibilité de construire deux versions du problème à traiter, et de la suite de sa démarche, en associant une problématique et une démarche pour lui, à celles qu'il construit avec ses interlocuteurs. Ni illusion, ni démagogie : dans la recherche-action, tout n'est pas partageable. Le chercheur n'a pas à oublier ou à mettre à l'ombre sa partie propre d'activité, et il est vain de donner à la recherche-action un but de partage des activités scientifiques : la coopération se justifie autrement, par le fait que le chercheur ne sait pas tout de la pratique et que ce n'est pas lui qui, matériellement, fait et fera » (Darre 1997)

Dans l'organisation de la sélection pour les professionnels conventionnels bretons, les activités ne s'interpénétraient pas. Ils multipliaient les hybrides et nous apportions les éléments (plantes et méthodes) pour le faire. La durée des phases de sélection des lignées (création de lignées, introduction de stérilités mâles, recherche des combinaisons hybrides, mise au point de la multiplication) étaient souvent incompréhensibles pour les agriculteurs qui n'avaient aucune idées des contraintes de la recherche. Il fallait en moyenne 15 ans pour créer un hybride de chou-fleur d'hiver, une dizaine d'année pour un chou-fleur d'automne. Ces délais n'avaient rien à voir avec la production de populations fermières. Les réunions de bilan annuel n'étaient pas toujours faciles à vivre. Le chercheur était souvent vu comme inefficace. Pour faciliter le dialogue, j'avais instauré des « réunions sélectionneurs » pour rencontrer plus souvent et de façon moins formelle, les personnes du terrain, pas nécessairement présentes lors des réunions des décideurs. Ils s'agissaient de réunir, avec l'équipe INRA impliquée dans le programme, le personnel de l'OSB et du GMS, des stations expérimentales et aussi des personnes représentant la mise en marché des colis de choux-fleurs. Ces réunions donnaient une dimension participative au travail pour partager les contraintes des uns et des autres de façon plus concrète. Nous travaillons en outre ensemble pour orienter les décisions en matière d'objectifs de qualité pour le produit attendu.

La sélection participative pour les choux et choux-fleurs pour l'agriculture biologique ouvrait une forme nouvelle de relation avec les partenaires : nous partagions les mêmes objectifs.

### 3. Variétés et semences pour les agricultures biologiques et paysannes en France et en Europe

#### 3.1 Contexte et enjeux (agricole, scientifique, recherche)

L'Agriculture biologique (AB) re-questionne la recherche en Amélioration des Plantes à l'INRA depuis ses fondements. Quelle sélection pour quel système agricole, et aussi quelle société ? Lors de l'introduction d'un colloque à Montpellier à l'occasion des 40 ans de l'Amélioration des Plantes à l'INRA, Bertrand Hervieu, président de l'institution, faisait des constats toujours d'actualité sur la relation entre la culture scientifique inhérente à la discipline et la rupture avec les processus naturels d'une part, et la rupture avec la société paysanne, d'autre part.

« Ce processus d'amélioration des plantes a instauré et diffusé dans le corps social une culture scientifique marquée par une sorte de distanciation, d'éloignement et même de rupture vis-à-vis de la nature ; ceci afin de la connaître, la transformer et l'utiliser. Il s'agit là d'un processus banal, inhérent à toute démarche scientifique. La particularité de l'amélioration des plantes est que ce phénomène s'est heurté à une vision de la nature héritée des sociétés paysannes. La France – à la différence d'autre pays, notamment du Nord de l'Europe – est en effet un pays qui a mis longtemps à faire le deuil de son identité paysanne; un pays où l'état de paysan a cédé la place au métier d'agriculteur à la fois tardivement et brutalement : n'oublions pas qu'il y a moins d'un demi-siècle les agriculteurs représentaient près d'un tiers de la population active contre un peu moins de 4% aujourd'hui ! » (Hervieu B, 2004)

L'agriculture biologique est justement basée sur la connaissance et le respect des processus naturels. De plus, l'AB en Bretagne est soutenue aujourd'hui par des agriculteurs qui se revendiquent « paysans » (voir site d'une association bretonne [http://kaolkozh5.blogspot.com/2011\\_05\\_01\\_archive.html](http://kaolkozh5.blogspot.com/2011_05_01_archive.html)). Ces paysans sont d'abord attachés à la valorisation de leur terroir par des pratiques se voulant en harmonie avec les lois de la nature. Les pionniers de l'AB comme Howard portaient de l'hypothèse de la santé du sol pour construire un système agricole sain et durable : “The connexion which exists between a fertile soil and healthy crops, healthy animals and, last but not least, healthy human beings must be made known far and wide “<sup>16</sup>. Depuis le début de la sélection participative, j'ai associé les deux termes « biologiques » et « paysannes ». Bien souvent, seule l'adhésion à un organisme certificateur fait la différence entre les deux.

En fait, l'agriculture conventionnelle est très récente : la séparation entre agriculture industrielle et agriculture biologique ne date que du 19<sup>e</sup> siècle quand Liebig découvrit que les plantes absorbaient les sels minéraux contenus dans l'humus et non de la matière organique (Kristiansen, 2006). Après les mouvements fondateurs très marqués philosophiquement dans les années 70, l'AB ré-émerge comme une “écoagriculture” et on observe le renforcement des organisations existantes. De nouvelles organisations apparaissent, centrées sur les processus de certification des paysans et des transformateurs (Kristianssen 2004). Au niveau international, la création d'IFOAM a joué un rôle important pour conduire et assister les mouvements dans toute leur diversité. L'AB en France s'est organisée dans le courant des années soixante-dix avec la création la FNAB (Fédération Nationale des Agriculteurs Biologiques) en 1978 et le GRAB (Groupement de Recherche en Agriculture Biologique) en 1979. La reconnaissance officielle de l'AB est récente, en 1981 avec la loi d'orientation en France et en

---

<sup>16</sup> Howard (1940) *Le Testament Agricole*, Edition Vie et Action, 1940 et Editions Dangles, (24 juin 2010)  
Copyright 1943 by Oxford University Press, Inc.



1991 au niveau européen (EU Regulations 2092/1991). L'ITAB (Institut Technique pour l'agriculture biologique), avec qui j'ai interagi dès le début, n'a été créé qu'en 1982.

Les acteurs de l'AB contemporaine ne revendiquent pas toujours leur qualité de « paysan ». Desclaux et coll (2008) ont parfaitement décrit les différentes polarités de l'AB selon le type de marché visé, le degré d'autonomie vis-à-vis de ce marché et la technicité des praticiens. Depuis une prise de conscience du public des travers de l'agriculture industrielle, les produits bio ont connu une forte demande, induisant aussi une attirance de certains acteurs vers une « niche » rémunératrice en n'adhérant pas nécessairement à l'éthique des pionniers.

Quelle que soit la motivation première des praticiens d'aujourd'hui, il existe un dénominateur commun qui peut être résumé dans la définition du *Codex alimentarius* qui exclut toute connotation philosophique : « Organic agriculture is a holistic production management system which promotes and enhances agro-ecosystem health, including biodiversity, biological cycles, and soil biological activity. It emphasises the use of management practices in preference to the use of off-farm inputs, taking into account that regional conditions require locally adapted systems. This is accomplished by using, where possible, agronomic, biological, and mechanical methods, as opposed to using synthetic materials, to fulfil any specific function within the system. (FAO 1999).”

A l'INRA, les premiers travaux de recherche dédiés à l'AB ont surtout été portés par des sciences socio-économiques s'intéressant davantage au phénomène AB (c'est-à-dire à l'émergence de groupes d'acteurs et leur fonctionnement) qu'à ses pratiques. Au sein de l'institution, un Comité Interne de l'Agriculture Biologique (le CIAB), ouvert à tous les départements de recherche, a été chargé de promouvoir et valoriser des recherches en AB. Il intervient comme « passerelle scientifique, permettant de dépasser certaines frontières entre agricultures » (Bellon et al, 2011).

La réflexion sur les variétés et semences pour l'AB a véritablement émergé avec la perspective qu'en 2004, prendrait fin le système dérogatoire dans lequel les pays européens s'étaient installés devant un règlement (CEE/2092/91) parue en 1995 pour l'AB, imposant l'utilisation de semences issues de l'agrobiologie. Plusieurs années de dérogation avaient toléré les semences conventionnelles non traitées. Producteurs et sélectionneurs ne s'étaient pas encore organisés pour répondre durablement et efficacement à de telles exigences. Ce règlement donnait toutefois une impulsion nouvelle à l'agriculture biologique, parce qu'il amenait à expliciter ses dimensions à la fois culturelles, scientifiques, techniques, économiques et sociologiques [B4]. En 2000, le secteur semencier n'était pas du tout prêt à répondre aux besoins de l'AB. Ce constat était le même partout : “the organic sector is not only striving for organically produced seeds from conventional varieties, but is also urging for breeding and management strategies for better adapted varieties” (Lammerts et al. 2002, Wolfe et al. 2008).

Revenons aux choux et choux-fleurs en Bretagne. Dans les années 2000, on pouvait lire de la plume du directeur de l'OBS (Organisation Bretonne de Sélection) diffusant les variétés résultant du travail de collaboration entre l'INRA et la profession bretonne, une reconnaissance du lien très fort entre le choix des hybrides et l'organisation des « exploitations » pour un marché de gros :

« Il y a vingt ans, il y avait encore débat sur les hybrides. Les craintes portaient davantage sur l'organisation du marché que sur celle des exploitations. Aujourd'hui, avec l'agrandissement des exploitations et le recours à la main-d'œuvre salariée, il y a une tendance à s'orienter vers des variétés homogènes. ... Ceci dit, il n'est pas question de priver les producteurs d'un bon matériel génétique, où

qu'il se trouve. On estime d'ailleurs à 10 % du marché les variétés fermières, qui rendent encore bien des services, notamment sur mai et juin. Il y a des producteurs qui ont un instinct étonnant pour apprécier les plants qui donneront de bonnes graines. Il faut rendre hommage au talent de ces générations de producteurs. Notre travail est encore largement basé sur cet héritage. » Tim Lunn, directeur de l'OBS, en 2004<sup>17</sup>

Avec la sélection participative, les variétés populations ne seraient désormais plus seulement un héritage mais un outil de travail et un enjeu pour l'avenir des agricultures biologique et paysanne, en mobilisant de nouveau le talent des paysans-sélectionneurs.

### 3.2 Problématique et questions de recherche

La thématique des « variétés et semences » pour l'agriculture biologique m'ouvrait petit à petit sur une réflexion à plusieurs niveaux simultanément, depuis le type de populations végétales adaptées, les méthodes de sélection et l'organisation de la production de semences.

Les efforts de la sélection végétale de ces dernières décennies ont essentiellement tenu compte des objectifs productivistes de l'agriculture conventionnelle et intensive. Les agricultures AB et paysanne (désignée parfois comme agriculture à faibles intrants dans les projets récents) ont comme premier objectif la rusticité des plantes pour assurer une régularité des performances dans des environnements variés. La diversité des espèces et la diversité intravariétale sont posées en hypothèses<sup>18</sup> pour atteindre ces objectifs (Wolfe, 2000). En outre, ces critères ne sont pas en adéquation avec le contexte réglementaire semencier actuel construit sur l'homogénéité et la stabilité génétique des variétés. Ainsi, les travaux d'amélioration des plantes pour l'AB sont toujours étroitement associés à une réflexion sur les aspects réglementaires.

L'approche scientifique de cette thématique, et des questions qu'elle soulève, ressemblait à celle des plantes aberrantes : **chaque étape dépendait entièrement de la précédente et remettait en cause l'ensemble du processus « questions – hypothèses – méthodes – résultats »**. Finalement, le bilan de 10 ans d'activité sur le sujet ouvrira véritablement sur un changement de paradigme que j'aborderai dans la partie « Perspectives » de mon projet.

La première question sur cette thématique fut « Quelles variétés pour l'AB ? » et son corollaire « Quel processus de sélection ? ». Il en a résulté une organisation participative de la sélection et une préférence pour des variétés populations. La question suivante s'imposait : « Quels systèmes réglementaires adaptés à la diversité de ces variétés ? », afin d'assurer une pérennisation des actions engagées et des résultats. Ensuite, la sélection participative (SP) ouvrait des perspectives de sélection nouvelles, en particulier en matière d'agronomie et de qualité.

---

<sup>17</sup> Tim lunn (2005) Les enjeux de l'indépendance génétique / mai 2005 / [www.o-b-s.com/assets/files/OBS-enjeux.pdf](http://www.o-b-s.com/assets/files/OBS-enjeux.pdf)

<sup>18</sup> Je vais développer cette hypothèse dans la partie « perspectives »

### **3.3 Emergence de la sélection participative (2001-2003) avec les choux et choux-fleurs en Bretagne**

#### **Naissance et évolution de l'organisation de la recherche pour l'AB en Bretagne**

En 1999, je rejoignais les activités du GEPAB conçu comme un carrefour d'échanges et un espace de « co-construction » entre chercheurs des institutions bretonnes et les professionnels de l'AB. Jusqu'en 1996, le GEPAB était resté informel. Il prit ensuite la forme officielle d'un GIS (Groupement d'intérêt scientifique) pour 5 ans (1996-2001) regroupant la recherche et la formation (l'INRA, l'ENSAR, l'Université de Rennes I, le GERDAL, EPLEA Le Rheu), le développement (la CRAB) et les professionnels de l'AB (la FRAB). Son action était conçue sous forme de programme inter-instituts pour la Bretagne, mais la concertation était assurée au niveau national via l'ITAB (Institut Technique de l'Agriculture Biologique). Il visait à caractériser la viabilité des modes de production en AB, par deux approches complémentaires systémique et fonctionnelle, en relation avec les contraintes écologiques, environnementales, techniques, économiques et sociales. Le financement était national et régional jusqu'en 1996, ensuite régional et européen, en attendant que l'Etat français reprenne un investissement pour la recherche en AB avec la création du CIAB à l'INRA (Cluzeau, 2002). Les rencontres au sein de ce groupe ont rapproché les acteurs et fait émerger le contenu du projet CIAB déposé en 2001. Avant même l'existence du CIAB et de ces appels à projets internes, la nécessité de travailler sur les variétés et semences pour l'AB s'imposait. Il restait à lui trouver un cadre et des moyens.

Au moment du bilan du GEPAB en 2002, le GIS GEPAB s'est prolongé par une autre structure de coordination interprofessionnelle des recherches pour l'AB en Bretagne : la CIRAB (Commission Interprofessionnelle de Recherche en Agriculture Biologique). Elle est maintenant hébergée par IBB (InterBioBretagne) partenaire privilégié de la recherche pour l'AB en Bretagne depuis dix ans. Aujourd'hui, toutes les organisations ayant fait l'histoire de l'AB en Bretagne et de la recherche dans ce domaine sont à nouveau associées dans le projet régional PaysBlé, commencé en 2008.

#### **Un projet pour concrétiser l'action**

C'est dans le cadre du CIAB que j'ai commencé à orienter mes projets vers l'AB, et notamment avec l'appel à projets interne (AIP, Action Incitative Programmée) (2001-2003), intitulé « Crucifères légumières pour l'agriculture biologique : évaluation des ressources génétiques de choux et choux-fleurs, définition d'objectifs de sélection et de nouveaux types variétaux ». Il réunissait 5 partenaires : deux unités INRA, un laboratoire de l'Université de Rennes1 pour la recherche, et InterBioBretagne (IBB) et la Plateforme Agrobiologique d'InterBioBretagne à Suscinio (PAIS), site d'expérimentation sous la responsabilité des professionnels au lycée agricole de Suscinio à Morlaix, en plein cœur de la zone légumière. Le projet proposait de se donner les bases d'un travail de sélection à partir de ressources génétiques disponibles à l'INRA et dans d'autres « banques de gènes » européennes. Les actions ont consisté à :

- 1- évaluer des collections variétales dans les conditions de culture biologique, pour des critères de qualité des produits et des critères de rusticité (attractivité des insectes bio-agresseurs et auxiliaires, résistance aux maladies),
- 2- définir avec les professionnels des idéotypes et les objectifs de sélection, afin de proposer de nouvelles stratégies d'amélioration génétique.

Le tableau 7 illustre une synthèse d'observations qualitatives réalisées plante à plante sur les populations de choux-fleurs d'automne. Les populations réunissant qualité du produit et une bonne adaptation avaient plus de chances d'être choisies par les agriculteurs.

Tableau 7 : Evaluation de populations de choux-fleurs d'automne pour leur adaptation à une conduite agrobiologique et la qualité de la pomme (note qualitative 0, nulle à 5, très bonne). L'adaptation est une note synthétique correspondant à la présence/absence d'anomalies physiologiques, de maladies et d'insectes ravageurs. La qualité est une note synthétique des aspects visuels du produit. **[A8]**

Qualité Adaptation	5	4	3	2	1	0
5			1			
4		8	5		1	
3	1	3	13	12	1	
2			1	5	3	1
1				1		
0						

Nombre total observé : 55 populations

Une collaboration avec le laboratoire d'Ecobiologie des Insectes parasitoïdes de Rennes 1 avait pour ambition d'assurer le suivi des infestations d'insectes pour évaluer la collection variétale pour les critères suivants : attractivité des ravageurs phytophages et des auxiliaires d'une part et la capacité à assurer leur développement et leur reproduction, d'autre part. Finalement, pendant les deux années du projet, en utilisant les pratiques de protection des choux par des filets au moment du semis et pendant la période de pépinière, nous n'avons observé aucun dégât sur les plantes en culture. Aussi, la distance entre le laboratoire et la zone d'essai (plus de 200km) limitait beaucoup les possibilités de suivi par les collègues universitaires. Face à ses difficultés, notre collaboration s'est arrêtée.


L'encadré 4 retrace la progression du projet et son prolongement jusqu'à la création d'une association, Kaol Kozh, regroupant les acteurs de la sélection paysanne de choux et choux-fleurs, et associée au Réseau Semences Paysannes. L'investissement initial des professionnels s'est maintenu pendant toute la durée du programme. Des réunions régulières rassemblaient les partenaires, agriculteurs, techniciens, responsables des structures..., autour des populations à évaluer. Nous avons aussi observé une augmentation du nombre de personnes motivées (paysans, acteurs de la mise en marché, techniciens des coopératives...) par le sujet, pendant la durée du projet. Dans les suites du projet, la création d'une association s'est avérée une étape incontournable pour continuer à travailler dans le contexte législatif actuel (voir résultat Farm Seed Opportunities). Ce premier projet a donc porté beaucoup de fruits et même au-delà de son cadre breton : il est devenu un motif d'encouragement pour d'autres initiatives de SP en France et en Europe

Avec l'approche de l'échéance en 2004, la suite du programme s'est imposée d'elle-même. Pendant son déroulement et malgré la perspective de la fin de la dérogation évoquée plus haut, les firmes privées n'ont pas développé les programmes de sélection, ni la production de semences, à la mesure des besoins de l'agriculture biologique. Pour les choux, la situation était aggravée par le fait que les hybrides F1 du marché sont le plus souvent reproduits avec la stérilité mâle cytoplasmique issue de fusion de protoplastes à partir du radis Ogura. Or, cette stérilité mâle est le résultat de biotechnologies incompatibles avec les principes de « naturalité » de l'AB, du respect des barrières naturelles entre les espèces et de leur mode de reproduction (Lammerts et al, 2003 ; Lammerts and Struik, 2004). Les

#### ENCADRE 4 :

### Emergence de la sélection participative en Bretagne : description et organisation de la sélection

#### De la constitution du groupe d'acteurs à la production/commercialisation des produits

Description et étapes du processus	Méthodes et techniques mises en œuvre - Illustration																		
<p><b>1- Les ressources génétiques</b> Choix des populations étudiées Les choux-fleurs d'hiver sont cultivés de façon traditionnelle depuis le 19<sup>ième</sup> siècle en Bretagne et en Grande-Bretagne. Ils dérivent tous de type italiens bisannuels. Le chou-fleur d'automne n'a été que récemment cultivé et sélectionné en Bretagne à partir de plantes ayant des origines diverses : les types annuels du Nord de l'Europe, Italie, l'Australie. Les producteurs ont le plus souvent fait appel à des variétés de sélectionneurs professionnels. Quant aux choux pommés qui ont une origine plus ancienne, ils ont toujours montré des formes variées en Europe selon leur zone de culture. Ainsi, le choix des variétés répond à une stratégie différente selon les trois types de choux considérés. Pour les choux-fleurs d'hiver et les choux pommés, nous avons d'abord exploré les ressources génétiques locales, pour les choux-fleurs d'automne, nous avons d'emblée recherché une gamme plus diversifiée dans ses origines</p>	<p>Origine et effectif des variétés populations observées pendant le projet CIAB</p> <table border="1"><thead><tr><th rowspan="2">Cultigroupe</th><th rowspan="2">Origine</th><th colspan="2">Nombre de populations</th></tr><tr><th>2001</th><th>2002</th></tr></thead><tbody><tr><td>Chou-fleur d'automne</td><td>- Gene Bank of Wellesbourne – HRI – GB - Centre for Genetic Resources – Wageningen - PB - Ressources génétiques GEVES - Sélectionneurs français</td><td>31</td><td>42</td></tr><tr><td>Chou-fleur d'hiver</td><td>- Ressources génétiques maintenues à l'UMR APBV INRA ENSAR Rennes-Le Rheu</td><td>24</td><td>30</td></tr><tr><td>Chou pommé</td><td>- Ressources génétiques maintenues à l'UMR APBV INRA ENSAR Rennes-Le Rheu</td><td>19</td><td>16</td></tr></tbody></table> <p>Après le programme CIAB, de 2003 à 2005, nous exploré 130 échantillons de chou-fleur d'automne et de couleur, une soixantaine de brocoli et une centaine d'autres populations de chou-fleur d'hiver</p>	Cultigroupe	Origine	Nombre de populations		2001	2002	Chou-fleur d'automne	- Gene Bank of Wellesbourne – HRI – GB - Centre for Genetic Resources – Wageningen - PB - Ressources génétiques GEVES - Sélectionneurs français	31	42	Chou-fleur d'hiver	- Ressources génétiques maintenues à l'UMR APBV INRA ENSAR Rennes-Le Rheu	24	30	Chou pommé	- Ressources génétiques maintenues à l'UMR APBV INRA ENSAR Rennes-Le Rheu	19	16
Cultigroupe	Origine			Nombre de populations															
		2001	2002																
Chou-fleur d'automne	- Gene Bank of Wellesbourne – HRI – GB - Centre for Genetic Resources – Wageningen - PB - Ressources génétiques GEVES - Sélectionneurs français	31	42																
Chou-fleur d'hiver	- Ressources génétiques maintenues à l'UMR APBV INRA ENSAR Rennes-Le Rheu	24	30																
Chou pommé	- Ressources génétiques maintenues à l'UMR APBV INRA ENSAR Rennes-Le Rheu	19	16																
<p><b>2 - Site expérimental</b> : la plate-forme agrobiologique d'Interbio Bretagne (IBB) à Suscinio (la PAIS) Créée en 2000 par IBB (sur fonds opérationnels 1999) la PAIS est un site expérimental basé au Lycée Agricole de Morlaix pour répondre aux problématiques de la filière Fruits et Légumes bio Bretonne, en particulier :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- l'évaluation des ressources génétiques, en conduite agrobiologique, puis la mise au point de variétés adaptées à l'Agriculture Biologique pour les espèces majeures cultivées en Bretagne (choux, pomme de terre, artichaut, échalotes..),</li><li>- la mise en place d'une filière semences biologiques,</li><li>- les diverses questions techniques des producteurs (essais de produits ou variétés bio du commerce...)</li></ul> <p>La PAIS est pilotée par IBB (Inter Bio Bretagne) en partenariat avec des professionnels:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- organisations de producteurs : l'APFLBB (Association de Producteurs de fruits et Légumes Biologiques de Bretagne) et l'Armorique Maraîchère</li><li>- expéditeurs : Biomas, Maraîchers bretons, Poder</li><li>- scientifiques et techniques : INRA, GRAB</li></ul>	<p>L'essai était conduit sur 1,5 hectare en 2001 et 2 hectares en 2002. Chaque population était représentée par 100 à 200 plantes. Les observations ont été réalisées afin d'améliorer nos connaissances des populations stockées dans les banques de gènes et de les évaluer pour leur utilisation en agriculture biologique. Ainsi, chaque population a été décrite :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- pour les critères IPGRI minima (précocité, type de feuilles, type de pomme...)</li><li>- son adaptation au milieu : présence ou non d'anomalie physiologique, impact des maladies et des insectes,</li><li>- la qualité du produit, en respectant les normes du marché et précisant le nombre de types différents repérables dans les populations pour les choux pommés</li></ul> 																		

### 3 - Organisation de la reproduction des variétés

Le savoir-faire des agriculteurs concernait le chou-fleur d'hiver dont la pomme monte à fleurs après les froids de l'hiver, et ne demande pas d'installation particulière et peuvent être reproduit dans des parcelles de production en veillant à respecter une distance entre chaque variété.



Pour le chou-fleur d'automne, il est nécessaire d'assurer une hibernation des porte-graines. La technique développée à l'INRA est enseignée aux agriculteurs à la PAIS qui est un lieu d'échanges privilégié. Des moyens sont pas ailleurs recherchés pour installer des tunnels de producteurs (par exemple, projet leader +, UE).



Démonstration de bouturage sur racines des plantes sélectionnées au champ et ramenée sous abri.

### Découverte de nouveaux types

L'histoire des plantes a toujours été faite d'échange entre régions du monde. Les choux ont aussi voyagé. Aujourd'hui, à l'aide des ressources génétiques stockées dans la banque de gènes d'Angleterre, les agriculteurs biologiques de Bretagne ont enrichi la biodiversité comme c'était le cas pendant la période italienne, lorsqu'il existait une grande richesse de formes et de couleurs des choux-fleurs. En ce début de XXIe siècle, les agriculteurs biologiques trouvent un intérêt dans les couleurs et la variabilité de la forme de la pomme pour leurs marchés spécifiques. Le climat et le sol bretons continuent à proposer de bonnes conditions de développement aux choux-fleurs préalablement cultivés en Italie. Un siècle et demi après l'aventure du chou-fleur de Roscoff, arrivé en France via la Grande-Bretagne, les choux-fleurs italiens sont revenus jouer un nouvel épisode de l'histoire du chou-fleur, via l'Angleterre.

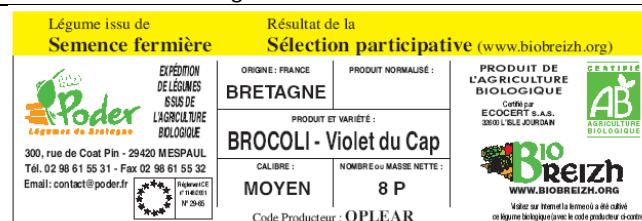


Le brocoli du Cap a fait un détour par l'Afrique du Sud avant de regagner l'Europe et trouver des conditions pédo-climatiques tout à fait favorables en Bretagne.

### 4 - Promotion du produit

<http://www.biobreizh.org/>

Lors de la commercialisation, les producteurs assurent une promotion de processus de sélection participative en mentionnant la nature « fermière » de la semence à l'origine du produit.



### 5 - Création de Kaol Kozh

Pour pérenniser la sélection paysanne et de l'échange de semences, les paysans ont créé l'association Kaol Kozh (« vieux choux » en breton). La loi prévoit des possibilités d'échange de petites quantités de semences à des fins de recherche et d'expérimentation mais pas pour la production. Une association type loi 1901 institue une forme de propriété collective des semences et permet de sortir hors des cadres des lois semences actuelles. Cette organisation a été reconnue comme une « solution » dans le cadre du programme européen FarmSeedOpportunities.



<http://kaolkozkh5.blogspot.com/>

### 6 - Kaol kozh est membre du Réseau Semences Paysannes

Le réseau Semences Paysannes a été créé lors des premières rencontres des semences paysannes en 2003. Il est un réseau constitué d'une soixantaine d'organisations, toutes impliquées dans des initiatives de promotion et de défense de la biodiversité cultivée et des savoir-faire associés.

Il joue un rôle primordial dans les négociations réglementaires avec les législateurs français et européens pour faire reconnaître les droits des paysans en matière de variétés et semences.



<http://www.semencespaysannes.org/>

variétés de l'OBS pouvaient être adaptées mais un passif politique très tendu existait entre les agriculteurs conventionnels adhérents au CERAFEL : les bio revendiquaient leur indépendance, et en conséquence, le CERAFEL bloquait toute vente de semences entre eux. Au vu de la qualité des populations observées à la PAIS, les producteurs ont proposé d'apporter leur contribution à la poursuite du programme, à savoir améliorer les variétés évaluées pour produire leur propre semence comme ils savaient encore le faire ou comme ils avaient vu la génération précédente le faire.

### 3.4 Consolidation de la recherche participative (2003-2010) : objectifs de recherche

**A la fin du projet CIAB , une dynamique était donc lancée. Il n'était plus d'actualité de concevoir des variétés pour les paysans, mais avec les paysans :** ils prenaient en charge matériellement la sélection de populations. Avec un animateur de l'ITAB, nous avons commencé à réfléchir sur un concept de « variétés composites à caractères utiles fixés » [B3] pour associer la diversité nécessaire à l'adaptation et un minimum d'homogénéité du produit et de certains traits comme la précocité (journée ITAB-2002)<sup>19</sup>. Les professionnels organisaient les nouvelles évaluations des ressources génétiques à la PAIS, la répartition des porte-graine sélectionnés chez les producteurs, un "apprentissage" de la multiplication végétative des plantes sélectionnées à précocité d'automne.

En parallèle du projet choux en Bretagne, Dominique Desclaux, du GAP de Montpellier, fut à l'initiative d'un autre projet CIAB conduit en même temps sur le blé dur aboutissant aussi à une organisation participative de la sélection en Camargue. Pour poursuivre la dynamique CIAB et accompagner la SP naissante en France, nous avons proposé un projet commun dans le cadre d'une initiative INRA, nommée « Impact, Acceptabilité et gestion des Innovations Variétales » en intégrant les sciences sociales de l'UMR Innovation et les agronomes du centre de Montpellier. Le projet, dont j'avais pris la responsabilité du montage s'organisait en neuf actions regroupées en quatre pôles : innovation variétale, impacts agronomiques et environnementaux, impacts sociaux et économiques, gestion de l'innovation. Seuls quelques aspects ont été retenus sur le blé dur à l'époque, le reste n'a pas été financé. Il a fallu attendre SOLIBAM en 2010 (voir Perspectives) pour que les sujets proposés se développent.

A la clôture de la première AIP CIAB, je n'avais donc plus de mission officielle sur le sujet. J'ai poursuivi l'animation de la construction de ce réseau sur mon temps personnel. Mes contacts avec le monde professionnel de l'Agriculture Biologique ne se sont pas limités aux membres d'IBB et aux partenaires du projet CIAB. Des activités professionnelles et principalement extra-professionnelles, m'ont amené à rencontrer d'autres acteurs de cette filière agricole, notamment les responsables des structures représentatives françaises (ITAB, FNAB, IFOAM) ainsi que des paysans, en particulier les animateurs du réseau français des paysans-boulangers. En 2003, j'ai participé à la naissance du Réseau Semences Paysannes (RSP) qui est devenu un partenaire privilégié de nombreux projets. Grâce aux travaux et séminaires RSP, je tissais les premiers contacts d'un réseau européen fort utiles au moment du montage des programmes européens.

Ces contacts ont contribué à enrichir ma connaissance de l'Agriculture biologique, complétée par visites dans les fermes et un suivi bibliographique des recherches sur le sujet. **A partir de là, j'ai construit le**

---

<sup>19</sup> Journées Techniques Nationales Fruits et Légumes biologiques – 3 décembre 2002 – Morlaix. -

**projet « Sélection Participative » pour le SAD où il a pris son développement actuel par une succession de projets se complétant et respectant globalement la ligne directrice affichée.**

### **3.4.1 La sélection participative pour les agricultures biologiques et paysannes. Projet d'intégration au SAD**

Des deux initiatives CIAB (2001-2003), le département GAP ne gardait qu'un seul modèle de sélection participative : le blé dur en Camargue. Une seule perspective était envisageable : le transfert de la thématique dans un autre département. En concertation avec le directeur de l'unité SAD Armorique (devenu SAD Paysage) et le chef de département, j'ai proposé un projet scientifique pour valider ce transfert en fin 2004. Trois aspects importants ont été mentionnés dans un programme interdisciplinaire, chacun avec une dominante :

- écologique : la qualification des terroirs en valorisant les compétences de mon équipe d'accueil, en déterminant les paramètres influençant la sélection participative et réciproquement,
- génétique et amélioration des plantes : les objectifs et les méthodes de sélection dans un fonctionnement participatif, avec les paysans construisant ce terroir,
- socio-économique : l'organisation collective de la sélection participative au sein de réseaux de paysans, en redéfinissant la place relative du chercheur et du paysan, et en abordant les aspects réglementaires des échanges de variétés et semences.

Tous les sujets proposés ont été « mis en musique » dans des délais plus ou moins courts en fonction des moyens disponibles. A partir de là, il s'agissait de répondre à des appels à projets pour réunir des moyens nécessaires au fonctionnement du programme. Le chou ne devenait qu'un modèle parmi d'autres.

**Deux projets vont donner toute sa dimension à la nouvelle problématique à ses débuts au SAD : Farm Seed Opportunities et Paysblé.**

### **3.4.2 Variétés et réglementations. Projet européen Farm Seed Opportunities**

La rencontre fondatrice du Réseau Semences Paysannes à Auzeville<sup>20</sup> en 2003, le représentant du GNIS déclarait : « On ne peut pas réglementer ce qui n'existe pas. Existez ! et nous aviserons ensuite ... ». L'aspect réglementaire a déclenché des débats très vifs dès le début de la sélection participative et du renouveau des semences paysannes. Tout le système réglementaire est basé sur le concept « fixiste » des variétés, et sur une vision conventionnelle (intensive et productiviste) de l'agriculture. L'entre-deux guerres a vu la professionnalisation de la sélection et l'expansion du marché des semences. La rémunération de cette activité passait par la réglementation. L'INRA, depuis sa création en 1946 et sous l'impulsion très forte du ministère de l'Agriculture, a contribué de façon majeure à imposer une réglementation stricte ne laissant pas de place à d'autre alternative. Christophe Bonneuil et Frédéric Thomas (2009), dans leur ouvrage « Gènes, pouvoirs et profits » décrivent la mise en place pas à pas d'un système où la variété population ne peut plus trouver sa place. Ils citent Jean Bustarret qui voit les populations avec deux handicaps majeurs « beaucoup plus difficiles à décrire et caractériser » que les lignées pures et « susceptibles de varier dans l'espace et dans le temps ». Ce dernier « handicap » est précisément le point fort des populations pour les agriculteurs car c'est justement ce qui traduit leur

---

<sup>20</sup> [http://www.confederationpaysanne.fr/premieres-rencontre-semences-paysannes--culti\\_401.php](http://www.confederationpaysanne.fr/premieres-rencontre-semences-paysannes--culti_401.php)



capacité d'adaptation. Un de ses collaborateurs écrivait encore : « L'avantage de variété stable est la possibilité d'en fixer théoriquement une fois pour toutes les réactions au milieu, aux techniques culturales et par voie de conséquence, d'en obtenir le rendement maximum ». Ces notions d'uniformité et de stabilité sont devenues les critères impératifs et incontournable d'inscription au catalogue officiel des variétés. En 1949, on ajouta par décret que tout échange gratuit ou onéreux de semences serait soumis à l'obligation de l'inscription au catalogue des variétés.

C'est dans ce contexte mis en place il y a un demi-siècle que la commission européenne a conçu un appel à projets pour avoir l'aide de scientifiques pour réfléchir aux conditions d'inscription de variétés patrimoniales désignées sous les termes de « variétés de conservation ». Les responsables s'inquiétaient du risque de disparition de variétés « historiques » ayant encore un intérêt pour une agriculture de niche. Nous en avons profité, en rédigeant le projet Farm Seed Opportunities (FSO) comme réponse à l'appel d'offre avec les collègues européens, pour élargir le sujet à toutes variétés n'entrant pas dans le système catalogue actuel, et particulièrement à celles pour lesquelles les semences sont produites à la ferme.

Farm Seed Opportunities<sup>21</sup> (sous-titre : "Opportunities for farm seed conservation, breeding and production") dont j'ai assuré la coordination du montage et du fonctionnement, a donc été construit pour servir de soutien à la mise en œuvre des réglementations sur les « variétés de conservation » (directive 98/95/CE et nouvelles directives 2008/62/CE et 2009/145/CE) et pour proposer des scénarios de réglementations complémentaires intégrant la diversité des systèmes semenciers européens. Pour atteindre cet objectif, notre consortium composé de douze organisations (de recherche, de développement, de l'AB et paysannes) de 6 pays européens, a mené les actions suivantes :

- inventaire de la diversité des initiatives de sélection des variétés de pays et locales en Europe, en précisant
  - o les notions utilisées dans la directive telles que l'adaptation locale et l'érosion génétique,
  - o les attentes des acteurs impliqués dans la filière de la biodiversité cultivée,
- description par une expérimentation de l'évolution de variétés paysannes sélectionnées et reproduites à la ferme, et la qualité des semences de variétés paysannes,
- identification des défis pour la conservation et la sélection à la ferme des variétés en Europe,
- analyse des cas pertinents sur le rôle des marchés innovants pour promouvoir l'utilisation durable de la biodiversité cultivée,
- identification des adéquations et inadéquations entre le texte de la directive 2008/62/CE, les pratiques et les positions des agriculteurs, et proposant des pistes pour une évolution réglementaire en Europe.

Ce travail a été réalisé en étroite collaboration avec Isabelle Goldringer, de l'UMR de Génétique Végétale du Moulon. Elle a pris la responsabilité du pilotage de la partie expérimentale que nous avons ensuite partagée sur le terrain sur quatre espèces : blé, maïs, épinard et haricot.

---

<sup>21</sup> STREP (Specific Targeted Research project) - Sixth Framework Programme - Thematic Priority 8.1 - Specific Support to Policies Project number: 044345

### 3.4.3 Structure des variétés, performances au champ et qualité des produits. Projet régional breton, PaysBlé

Une fois le cadre réglementaire proposé, nous pouvions continuer à assurer un avenir aux variétés paysannes et les étudier avec les paysans. Combien de paysans, en arrivant dans un groupe, posaient la question : « on a le droit de faire ça ? ». L'existence de Farm Seed Opportunities redonnait un sentiment de pouvoir exister.

En France, quelques paysans boulangers ont été les premiers à s'intéresser aux variétés paysannes à la fin des années 90 pour promouvoir le traditionnel pain au levain. Ces pionniers se sont reconnus les mêmes objectifs à Auzeville, de valoriser les variétés anciennes, parfois difficilement panifiables autrement que dans un contexte artisanal, et de les réinsérer dans un processus de création de populations adaptées à leur contexte culturel. Les premières rencontres nationales autour de la boulangerie paysanne en juin de la même année avaient réunies une quarantaine de personnes (paysans, boulangers, paysans-boulangers, chercheurs ...) chez Nicolas Supiot en Bretagne. Pendant près de 10 ans, nous avons « mûri » le contenu du programme régional « PaysBlé » financé dans la cadre d'un appel à projets ASOSC (Actions pour l'appropriation sociale des sciences) visant au rapprochement de la science et de la société en Bretagne. Pendant cette période, les paysans bretons se sont organisés. Une première association ASPAARI (Association de Soutien aux Projets et Activités Agricoles Innovants), créée en 1999, avait une mission de développement rural, en même temps que la sauvegarde de la biodiversité en céréales et une recherche en matière de conduite des cultures. Une seconde association, Triptolème a émergé de ce groupe en 2006 et s'est focalisée sur les variétés et semences en étendant son action aux départements limitrophes de la Bretagne et les Pays de Loire.

Triptolème s'est jointe aux partenaires déjà identifiés dans le programme CIAB pour proposer ensemble PaysBlé, dont le titre développé est « Développement d'un réseau régional pour expérimenter, maintenir et promouvoir la diversité cultivée des blés de terroir bretons en agriculture biologique ». Le programme a commencé en 2009 et s'achèvera fin 2012. L'objectif affiché est de rechercher, de remettre en culture et de redonner un avenir aux blés de pays bretons, en consolidant et diffusant les actions de paysans et de tous ceux qui valorisent les produits (farine, pain et paille), en rapprochant leurs expériences de celles des scientifiques. Un objectif est de définir des critères agronomiques et qualitatifs pertinents pour caractériser le comportement des populations de blé (avec des niveaux de diversité intra-variétale différents) dans des itinéraires techniques associés à la production des blés de pays pour des pratiques variées d'agriculture biologique et/ou paysanne. Nous élaborons des critères pour les rendre accessibles à la pratique paysanne afin d'optimiser la démarche de sélection pour la panification au levain. Le projet rentre dans sa dernière année.

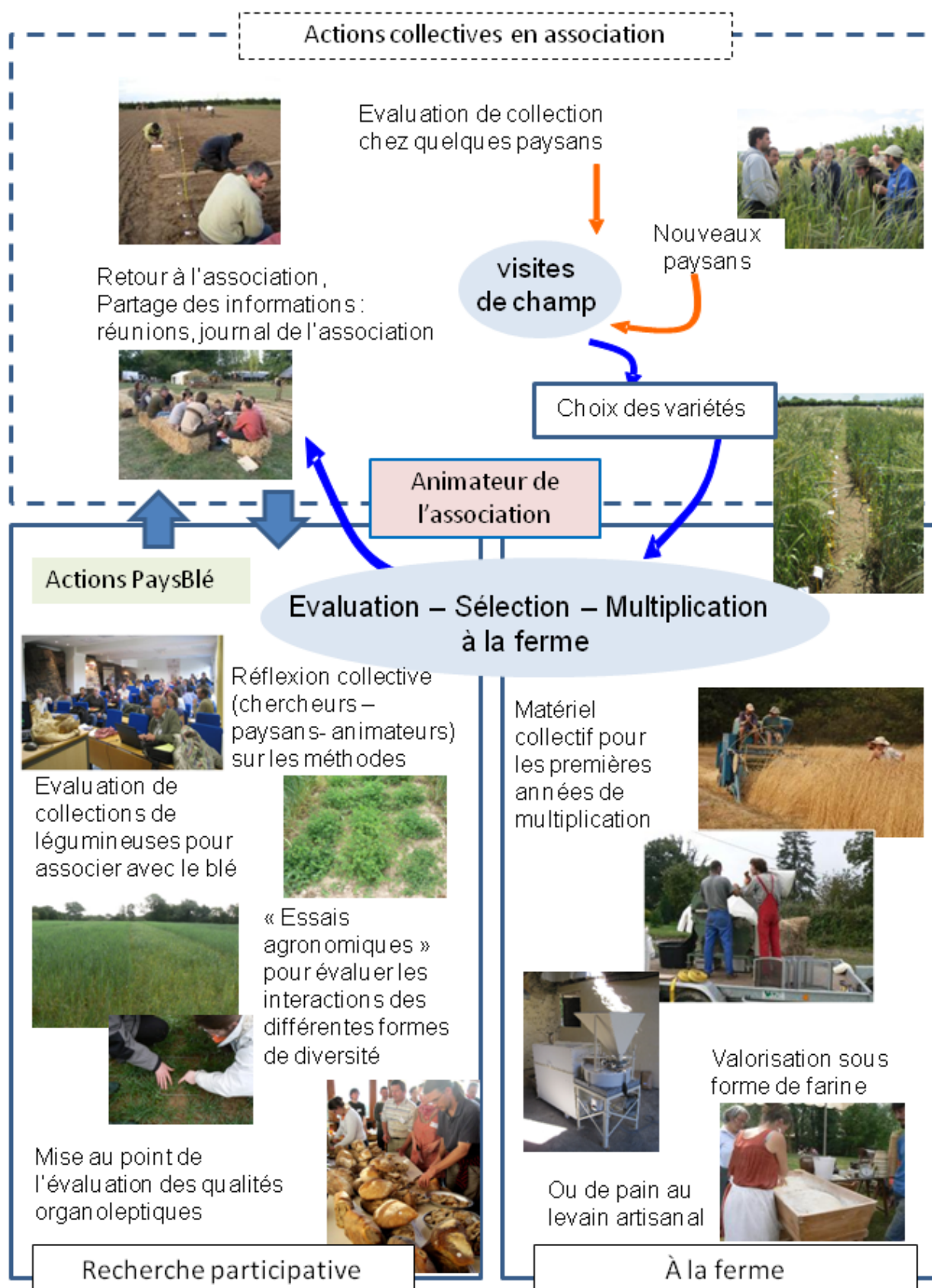
De son côté, Isabelle Goldringer nous avait précédé en coordonnant en Ile de France un programme ayant une problématique voisine. Il s'agit d'un programme PICRI (Partenariat Institutions-Citoyens Pour la Recherche et l'Innovation) qui a donné modèle aux ASOSC bretons. Le projet commencé en 2007 se termine cette année et avait pour objectif de construire un programme de gestion et de sélection de populations de blé pour la production de pains bio de qualité, en rapprochant là aussi la société civile et les organisations de recherche. Il comportait deux volets de recherches : étude des mécanismes fondamentaux d'adaptation locale et évaluation de la qualité, articulés sur un pôle central de recherche-action paysanne. Je faisais partie du comité de pilotage de même que des partenaires de l'ITAB qui assurent le lien et la complémentarité des deux programmes pour les aspects qualité.

**ENCADRE 5 :**

**Sélection participative du blé en Bretagne,**

*Les actions collective sont animées par l'association Triptolème [A18]*

*PaysBlé (2009-2012), programme régional de recherche participative autour de la sélection, les pratiques culturales et la qualité du pain*



## 3.5 Résultats

Avant de présenter dans le détail les avancées cognitives de cette première partie de mes recherches en matière de sélection participative, il me semble que le principal résultat est probablement d'avoir créé les bases organisationnelles et conceptuelles d'une recherche compatible avec le développement de l'AB et l'agriculture paysanne, en stimulant la création de populations végétales adaptées. Beaucoup de temps et d'énergie ont été consacrés à l'organisation d'un travail collectif entre chercheurs et acteurs professionnels. Il va sans dire que ce travail est collectif et que les résultats sont ceux des équipes constituées lors des projets. Toutes ces données n'existeraient pas sans Estelle Serpolay, ingénieur d'études, en CDD financée sur les projets européens et les nombreux stagiaires que nous encadrons au sein du SAD-Paysage. C'est aussi le fruit des collaborations avec l'équipe d'Isabelle Goldringer, de l'UMR Génétique Végétale du Moulon pour l'INRA, les paysans et les animateurs des associations du Réseau Semences Paysannes ainsi que les collègues des institutions européennes, notamment (i) Riccardo Bocci de l'AIAB (Associazione Italiana Agricoltura Biologica) en Italie, avec qui j'ai préparé le livrable des propositions réglementaires dont j'avais la responsabilité, (ii) l'équipe du Louis Bolk Institute (Edith Lammerts van Bueren, Aart Osman) avec qui nous avons réalisé les essais, (iii) Michel Pimbert avec sa très grande expérience d'animation des groupes, (iv) les collègues du FiBL en Suisse pour leur expérience de la recherche en AB.

### 3.5.1 Organisation de la SP et accompagnement du monde paysan

Le parcours des paysans-sélectionneurs, dans une aventure de sélection participative, s'effectue globalement en plusieurs étapes :

- constitution du groupe et d'un espace d'échanges : rencontres chercheur-paysan pour rassembler les moyens d'une action collective,
- définition du créneau de production prioritaire et recherche des ressources génétiques, définition des outils de travail communs pour évaluer les populations,
- découverte, adaptation, évolution et sélection dans les champs des paysans dans les contextes de culture définis par le groupe,
- organisation de la production et de la distribution de semences, dans un cadre collectif,
- valorisation des produits des variétés par le paysan.

Cette description correspond au programme CIAB avec les choux (encadré 4). Un autre exemple est décrit dans l'encadré 5 pour les paysans boulangers. Les cinq points énoncés sont illustrés dans les cadres « actions collectives » et « à la ferme » dans le cas des paysans-sélectionneurs de blé de l'association Triptolème en Bretagne. Avec un programme comme PaysBlé, un cadre de recherche participative s'ajoute où on se donne les moyens d'étudier ensemble les questions-clés nécessaires pour rendre plus performante la démarche de sélection. Une figure analogue pourrait être proposée pour les choux très bientôt, pour lesquels des actions de recherche démarrent pour optimiser la sélection du brocoli, de même pour les maïs dans le cadre de SOLIBAM (voir Perspectives). Le rôle de l'animateur (salarié ou non de l'association partenaire, au centre des échanges (rôle d'animation et de lien entre et avec les acteurs), est primordial pour assurer aussi le côté administratif des projets de recherche, travail très contraignant dans un cadre associatif et qui limite beaucoup l'engagement des associations dans des projets. Ainsi, dans les différents projets de sélection participative, nous pouvons toujours vérifier ce trio « paysans – animateur/technicien – chercheur/ingénieur »

### 3.5.2 Etude des variétés soumises à la sélection paysanne

Dans le cadre de Farm Seed Opportunities, nous avons étudié l'évolution, ou tout au moins les changements phénotypiques, de différentes populations cultivées et parfois sélectionnées dans des environnements contrastés. Pour cela, nous avons mis en place un dispositif expérimental d'une durée de trois ans, sur trois pays et quatre espèces qui visait à mesurer la capacité d'évolution sur deux générations de multiplication avec une sélection plus ou moins marquée des paysans selon les espèces. Ainsi 5 à 8 agriculteurs étaient concernés par espèce. Une seule consigne leur avait été donnée : cultiver et sélectionner les variétés selon leurs techniques et critères pour fournir un lot de semences dans 3 ans. En troisième année (2009), nous avons évalué les changements phénotypiques dans deux conditions différentes : (1) à la ferme où l'échantillon de départ était cultivé à côté de celui récolté à la ferme après deux multiplications (figure 10 – partie gauche) ; (2) sur un site commun (la ferme bio du lycée agricole de Le Rheu) où toutes les « versions » des variétés étaient réunies à côté de l'échantillon de départ (figure 10 – partie droite).

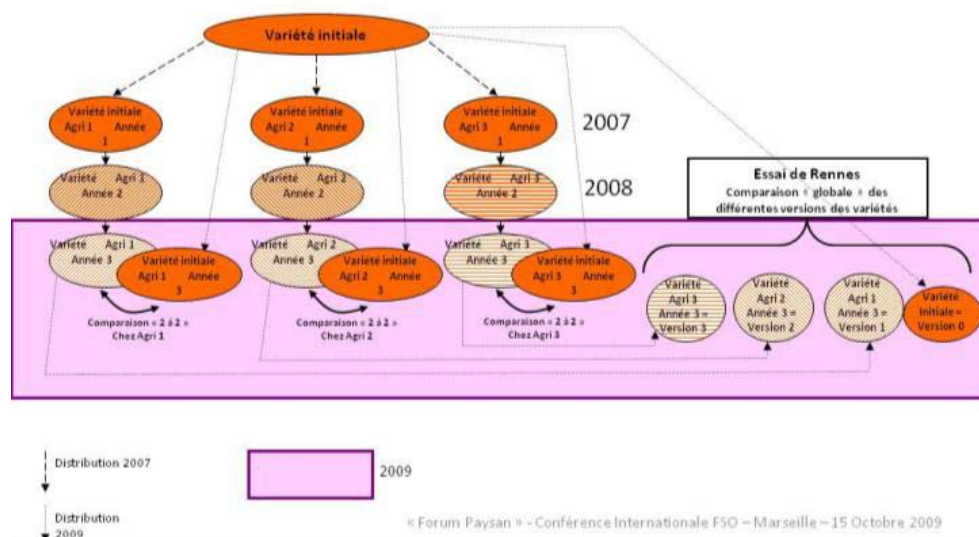


Figure 10 : Dispositif expérimental de Farm Seed Opportunities pour mesurer l'évolution de variétés paysannes. A gauche, schéma de l'organisation de l'essai sur 3 ans chez les paysans ; à droite, en dernière année, introduction d'un essai dit « global » sur un seul site où toutes les « versions » des populations paysannes sont observées ensemble [deliverable D1.3 – conférence internationale Marseille - [www.farmseed.net](http://www.farmseed.net)]

Pour toutes les espèces des évolutions phénotypiques se sont révélées significatives. Cependant, de grandes différences existent d'un fonds génétique à l'autre dans une même espèce. Dans le cas du maïs (tableau 8) les différences sont significatives sur certains critères mais les différentes versions restent néanmoins très proches morphologiquement de la version originale. Les paysans cherchaient surtout à conduire les plantes à maturité, d'où des différences particulièrement significatives pour les dates de floraison. Les populations italiennes avaient des cycles inadaptés à l'ouest de la France et des changements significatifs ont été observés. Pour les épinards, espèce sur laquelle les paysans ont vraiment dirigé la sélection selon les critères de qualité qu'ils souhaitaient, les variations morphologiques étaient significativement détectées. Une variété a particulièrement évolué : 'Alvaro' sélectionnée sur deux générations par un paysan était aussi différente de sa version initiale que d'autres variétés (figure 10). Le même type de résultats a été obtenu avec les blés. Cependant, les capacités d'évolution phénotypique n'étaient pas nécessairement associées à la structure génétique de la variété initiale. Les mélanges de variétés populations montraient bien sûr les plus grandes capacités

de diversification mais des variétés lignées pures modernes (mises en témoin) ont dans certains cas exprimé également des différences significatives entre les différentes versions [A15, A17]. Quant aux haricots, des variations de dates de floraison ont été notées et surtout l'apparition de variants qui ont suscité de l'intérêt pour quelques agriculteurs.

Tableau 8 : récapitulatif des observations concernant l'évolution des variétés de maïs (essai du Rheu). Les tests de significativité sont des Anova de type III pour les caractères quantitatifs et pseudo-qualitatifs et des tests de Fisher exact pour les caractères qualitatifs.

Variétés	Biancoperla	Grand Roux Basque	Italien	Narguilé	Sponcio
<b>Caractères quantitatifs</b>					
Floraison mâle	***	**	***	***	***
Floraison femelle	***	**	***	***	***
Hauteur de la plante	***	NS	***	***	NS
Hauteur de l'insertion de l'épi le plus haut	.	NS	***	***	NS
Distance entre dernier épi et base de la panicule	***	NS	NS	*	NS
<b>Caractère pseudo-qualitatif</b>					
Diamètre tige	**	*	*	*	NS
<b>Caractères qualitatifs</b>					
Couleur première fleur femelle	.	.	NS	NS	.
Charbon	NS	*	*	*	NS

\*\*\* : Différences entre versions significatives avec un risque d'erreur de 0,1 %  
 \*\* : Différences entre versions significatives avec un risque d'erreur de 1 %  
 \* : Différences entre versions significatives avec un risque d'erreur de 5 %  
 . Différences entre versions significatives avec un risque d'erreur de 10 %  
 NS : Différences entre versions non significatives

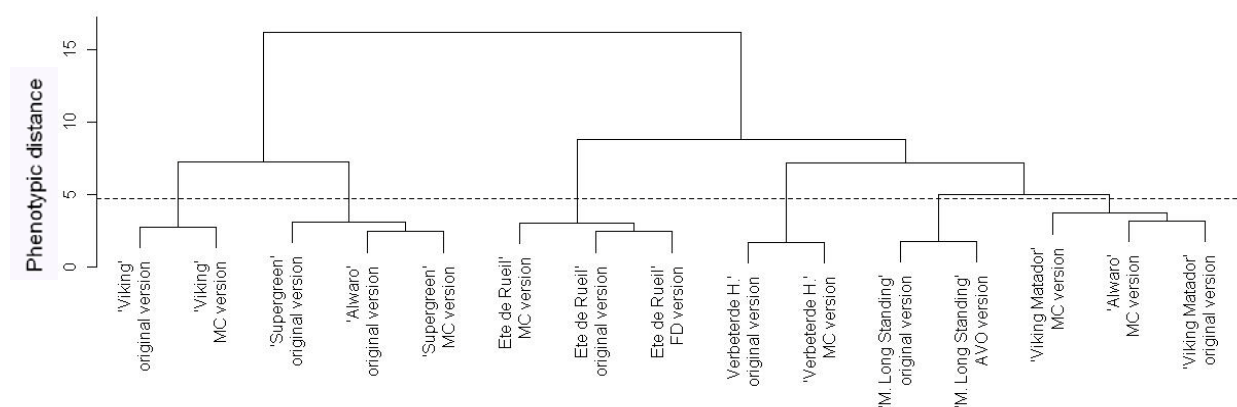


Figure 10 : Ascending Hierarchical Classification (AHC) of the different varieties of spinach for all the measured morphological traits (16 criteria) in Le Rheu trials. The dotted line is drawn to split the tree into six groups. [A16]

Beaucoup de données ont été collectées dans les essais avec les quatre espèces. Une partie des résultats sont déjà publiés, pour les épinards [A16] et le blé [A15, A17]. La publication concernant le maïs est en cours de rédaction. Dans un premier temps, l'essentiel a été exploité pour une perspective réglementaire dans les livrables de Farm Seed Opportunities pour souligner les grandes capacités de variations dans le temps et l'espace des variétés cultivées si on laisse les plantes évoluer selon les

contraintes environnementales et des pratiques agricoles très diversifiées, et sous la sélection et les choix des agriculteurs. En soi, ce n'est pas une découverte mais nous avons chiffré les capacités d'évolution rapide des variétés soumises aux conditions paysannes et la nécessité de les décrire et les caractériser d'une façon différente de celle du système catalogue, comme l'avaient déjà souligné ses promoteurs au milieu du XXe siècle (Bonneuil et Thomas, 2009). En outre d'un point de vue scientifique, ces données sont aussi intéressantes car notre expérimentation qui a duré trois ans et donc, deux générations seulement, telle qu'elle était proposée, était loin de convaincre les tenants de la sélection professionnelle qui prétendent que le pas de temps nécessaire à la sélection paysanne est très long (Gallais, 2004),

Nous accumulons des données sur les capacités d'évolution rapide des populations soumises à la sélection paysanne, ce qui confirme leur intérêt dans un contexte de changement climatique et de réduction d'intrants.

### 3.5.3 Notion de co-évolution

Le terme de « sélection » n'est pas toujours le terme préféré des paysans engagés en sélection participative et/ou paysanne pour désigner leur rapport à la plante. **Le terme de "co-evolution" pris au sens large (évolution génétique, épigénétique, culturelle et sociale) semble mieux convenir aux acteurs car il traduit l'interaction complexe qui existe entre les plantes et les hommes.** Le choix des plantes est souvent fait d'opportunités non planifiées au départ. Ce terme est aussi utilisé par les auteurs qui ont travaillé auprès des centres de diversification où on retrouve encore les traces culturelles de la diversification des plantes.

Centers of domestication and diversity – such as maize they grow. A priori, then, we expect that in Mesoamerica for maize (*Zea mays* L.) – are particularly promising locations for on-farm conservation because they exhibit a high level of infra-specific diversity that reflects a long process of **co-evolution** between the crop and the local human population. Hence, the cultural significance of the crop, its multiple uses by rural communities, and specialized tastes and preferences for foods prepared from the crop are expressed in farmers' selection criteria and the diversity present among the crop populations they grow. (Bellon, 2003)

Dans le processus de sélection participatif, les acteurs sont les paysans et les chercheurs, mais aussi les plantes ! (Brac et al, 2011)<sup>22</sup>. Notre rôle de chercheur est à ce niveau important. Nous avons eu plusieurs occasions, en tant que chercheur, d'ouvrir des voies nouvelles de sélection ou d'introduire de la diversité non attendue par les paysans dans les champs. Je citerai deux exemples le maïs Biancoperla et le brocoli du Cap.

La variété de maïs 'Bianco perla' est une des populations choisies dans la partie expérimentale de Farm Seed Opportunities pour observer son comportement d'adaptation. Cette population italienne n'enthousiasmait pas du tout les paysans poitevins tant elle était inadaptée à la région (figure 11), mais ils avaient accepté de « jouer le jeu » pour le bon déroulement du programme. L'inadaptation se traduisait par un taux important de plantes « charbonnées » et un faible taux allant à maturité tellement la population était tardive pour la région. En France, la variété Biancoperla a un index de

---

<sup>22</sup> Actes d'un séminaire intitulé « Retour d'expériences en sélection participative », coordonné par la Fondation Sciences Citoyennes, dans le cadre du projet REPERE et publié sous forme d'un livret, collection Emergence, PEUV ([www.bede-asso.org](http://www.bede-asso.org).)

maturité entre 500 et 600, or dans le Poitou, les variétés les plus utilisées ont un index 350. Cependant la beauté de la plante et de ses épis et son utilisation (population destinée à l'alimentation humaine sous forme de polenta) ont convaincu l'un d'entre eux de poursuivre la sélection qu'il avait commencée sans conviction, de sorte qu'il s'est persuadé qu'il finirait par trouver le créneau de production pour ce maïs sur sa ferme.



Figure 11 : évolution phénotypique et qualitative du maïs 'Bianco perla', une population italienne observé et cultivé par un paysan poitevin pendant le programme Farm Seed Opportunities. Les deux répétitions sont représentées et montrent la qualité des épis prélevés au hasard dans les parcelles en 2007 (à gauche), en 2009 après 2 générations d'adaptation (2009) et la sélection du paysan pour l'année suivante (à droite)

Une seconde situation où le chercheur influence le processus est dans le choix des ressources génétiques à la base de la sélection paysanne. Cette étape est très difficile pour les agriculteurs qui n'ont pas d'accès direct aux centres de ressources génétiques (ou aux sélectionneurs privés qui détiennent une collection personnelle), ni la connaissance de la diversité potentielle des plantes qu'ils souhaitent introduire dans leur ferme. Pour de nombreuses espèces, on ne retrouve plus les variétés locales nécessaires et il s'agit alors de rechercher les ressources provenant de zones aux conditions pédo-climatiques voisines. Même si on essaie de respecter au maximum les souhaits des professionnels, la curiosité du chercheur pousse aussi à ajouter quelques échantillons pour voir et maximiser la gamme de variabilité à observer chez la plante cultivée au moment des « essais découvertes » (première expérimentation organisée par le groupe). L'intérêt est aussi de mesurer indirectement la plasticité et les capacités d'adaptation de l'espèce dans la zone considérée. Ce fut déjà le cas lors de la première expérience pour les choux pour laquelle l'introduction des choux fleurs de couleur, cultivés en Italie ou ailleurs, n'était pas spécifiquement demandée par les producteurs bretons, à l'exception du romanesco qu'ils connaissaient déjà. Le brocoli du Cap, inconnu de tous, fut néanmoins un des premiers à être valorisé par les paysans sur leur marché (voir encadré 4) [A8, P3].

### 3.5.4 Propositions réglementaires

Avant de concevoir des propositions réglementaires pour l'Europe, une mission de Farm Seed Opportunities était de rendre compte de la diversité européenne en matière de variétés et semences. Même si tous les pays ont un système catalogue pour les variétés cultivées et adhèrent à l'UPOV pour



assurer la protection intellectuelles des variétés, il existe une diversité de situations liée à l’histoire et la culture des pays qu’il nous a paru importante de décrire pour discuter de la place de tous les types de variétés qui ne rentrent pas dans le catalogue officiel.

Travaillant spécifiquement sur une directive sur les variétés dites de « de conservation » par les législateurs, (terme utilisé pour désigner des variétés traditionnelle ou « landraces » en anglais), nous pouvions avoir une idée du contexte de chaque pays en considérant la traduction du titre de la directive dans la langue du pays considéré. Cet exercice (deliverable D1.2) montrait déjà la complexité de la situation pour les législateurs. La traduction française est l’une des plus originale et dénote aussi une connotation péjorative des variétés considérées.

Tableau 9 :Translation of the term “landraces” in the text of the 2008/62/CE directive in the national versions (from D1.2, D4.6, www.farmseed.net)

Country	Translation of the word “Landraces”	Re-translation in English	Point of view
France	Races primitives	Primitive, original or basic	Historical, social or biological
Germany	Landsorten	Landraces	Historical, biological
Italy	Ecotipi	Ecotypes	Ecological
Spain	Variedades	Varieties	Biological
Romania	Soiurilor locale	Local variety	Geographical
Portugal	Variedades autoctones	Autochthonous varieties	Geographical and social
Hungary	Honos fajok	Home variety	Sociological

Nous avons conclu le projet en décrivant 4 situations possibles en matière de variétés en Europe (tableau 10). Le catalogue créé pour des variétés répondant aux normes DHS (Distinction, Homogénéité, Stabilité) et les dites variétés de « conservation » tout nouvellement référencées et pour lesquelles un catalogue spécial vient d’être conçu, et deux autres catégories qui ne remplissent pas le critère fondateur de la sélection moderne, l’homogénéité. Nous avons aussi à discuter suite à nos études de la pertinence des critères retenus pour les variétés de conservation. En aucun cas, les textes des directives ne sortaient du concept « fixistes » même pour cette catégorie nouvellement identifiée, et visant à sauvegarder les variétés patrimoniales et valorisées dans les terroirs européens. Nous avons largement discuté (deliverable D1.4) de l’incohérence des objectifs de la directive et du contenu du texte. La justesse de notre analyse se vérifie aujourd’hui par le fait que ce catalogue reste quasi « vide ». Farm Seed Opportunities conclut sur la mise en évidence de plusieurs situations non actuellement prises en compte en Europe, dont principalement :

- Les nouvelles variétés populations ou composites créées notamment par des sélectionneurs du domaine privés ou public qui ont investi pour les agricultures biologiques ou à faibles intrants, en voulant favoriser la rusticité par une hétérogénéité génétique ;
- Les nouvelles variétés issues de sélection participative, créées par les agriculteurs.

Tableau 10 : Récapitulatif des types de variétés répertoriées en Europe, du contexte auquel elles sont rattachées, avec l'exemple du blé pour illustrer chaque type. [A18, C16, B26]

	Variété conventionnelle	Variété de conservation	Nouvelles variétés populations	Nouvelles variétés paysannes
Réglementation semences	DHS/VAT et catalogue	DHS adapté et catalogue	Non homogène	Diverses situations d'homogénéité
Recherche/sélection	Recherche formelle	Recherche formelle/informelle	Recherche formelle/informelle	Recherche informelle et Sélection Participative
Marché	International	Aire d'origine, et possibilité de marché national et international	Marché local, national or international	Marché local, et échanges informel
<b>Exemple: Blé tendre</b>	Lignée pure issue de sélection dite conventionnelle et inscrite au catalogue officiel des variétés	Variétés populations associée à une région européenne: Rouge de Bordeaux, mais présente un intérêt certain hors de sa zone traditionnelle	CCP (Composite Cross populations), créées pour leur rusticité et montrant un intérêt pour l'AB	Nouvelles variétés à partir des variétés traditionnelles créées par exemple, par des paysans boulangers en France

### 3.6 Bilan 2001-2011 : 10 années de transition

La période 2001-2011 est une période de transition à plusieurs points de vue : (1) positionnement dans l'institution (du GAP au SAD), (2) contexte agricole (du conventionnel au bio/paysan), (3) positionnement méthodologique (de l'analytique au systémique). Cependant, ces dix dernières années ont été vécues comme une « maturation » de mon métier d'ingénieur de recherche plutôt que comme une rupture, l'espèce « chou » assurant une forme de continuité entre les problématiques.

#### 3.6.1 Compétences développées et collaborations

Abandonner le regard sur la plante vue comme une « individualité génétique » pour celui qui la voit comme un « membre d'une population, elle-même insérée dans une parcelle dans une ferme chez un agriculteur ayant choisi un système de production pour répondre à une nécessité socio-économique dans une éthique choisie » change fondamentalement le travail de recherche. Cette évolution, je l'ai vécue au cours du programme CIAB. Je parlais d'une question d'amélioration des plantes où j'avais déjà imaginé une structure variétale répondant à la nécessaire diversité intravariétale pour assurer une rusticité des cultures en bio et j'ai réalisé très vite que nous avions à répondre à une question beaucoup plus large pour embrasser toutes les dimensions de l'agriculture biologique dans le contexte économique et sociale de l'agriculture du début du XXI<sup>e</sup> siècle. Je conclusais le programme CIAB en 2003 sur ce constat :

« Les "généticiens" ne pourront répondre seuls aux questions soulevées par la création variétale en bio. Nous avons à créer des peuplements végétaux adaptables et évolutifs, avec des produits aux qualités bien identifiées. L'originalité d'un tel programme d'amélioration des plantes est aussi d'intégrer d'emblée

une approche pluridisciplinaire avec, entre autres, la recherche de critère d'adaptabilité à travers d'une meilleure connaissance de la rhizosphère et son interaction avec la plante, la recherche d'une intégration socio-économique de la sélection participative et d'un espace réglementaire où elle puisse évoluer. (Chable et Conseil, conclusion du rapport CIAB publié en 2004) **[B17]** ».

A partir de là, mon activité de recherche a consisté à intégrer mes compétences de sélection végétale dans des programmes de plus en plus complexes pour mettre en relation des approches complémentaires de la plante dans son « système » le plus global possible. Cette démarche a abouti à la construction de SOLIBAM que je décrirai dans la partie « Perspectives ».

Pour aboutir à la conception de SOLIBAM, les deux projets plus modestes Farm Seed Opportunities et PaysBlé dont j'ai assuré également le montage et la coordination m'ont permis de me familiariser avec une approche systémique de la recherche, dont l'étape la plus importante est de définir les objectifs et décrire le système dans lequel on les inscrit. Je reprendrais les 4 points caractérisant une approche systémique, tels que P. Barret les présente (Barret, 2011) (*et en italique comment la SP y répond*) :

- elles impliquent plusieurs acteurs : *la sélection participative regroupe les acteurs d'une filière et les chercheurs ;*
- elles sont multi-échelles : *nous avons appris à traiter le sujet du choix des ressources génétiques, de l'organisation de la sélection et la production de semences, à l'évaluation de ses qualités agronomiques et du produit, jusqu'aux aménagements réglementaires nécessaires à son développement ; tous les niveaux d'approche sont d'égales importance ;*
- elles articulent dimensions techniques et sociales : *l'organisation des associations semences et la prise de responsabilité en matière de propositions réglementaires sont aussi importantes que les connaissances techniques nécessaires à la sélection ;*
- elles privilégient la description des interactions sur la description des objets : *un schéma tel que celui de l'organisation de la sélection du blé des paysans-boulangers (encadré 5) montre que l'ensemble n'a de sens que dans les interactions des différents acteurs, dans l'étude de l'interaction de la plante avec son milieu les pratiques culturelles et la valorisation que le paysan en attend.*

### 3.6.2 Valorisation

#### ***Connecter les paysans avec le patrimoine végétal créé par les générations précédentes***

Christophe Bonneuil et Frédéric Thomas (2009) ont résumé cette activité en me décrivant (à la page 520) comme « un maillon clé de la rupture avec la gestion déléguée des « ressources génétiques » mise en place pendant les « Trente glorieuses », où la mutualisation des ressources se faisait entre sélectionneurs mais délimitait une frontière avec des agriculteurs simples usagers de quelques variétés inscrites au catalogue. »

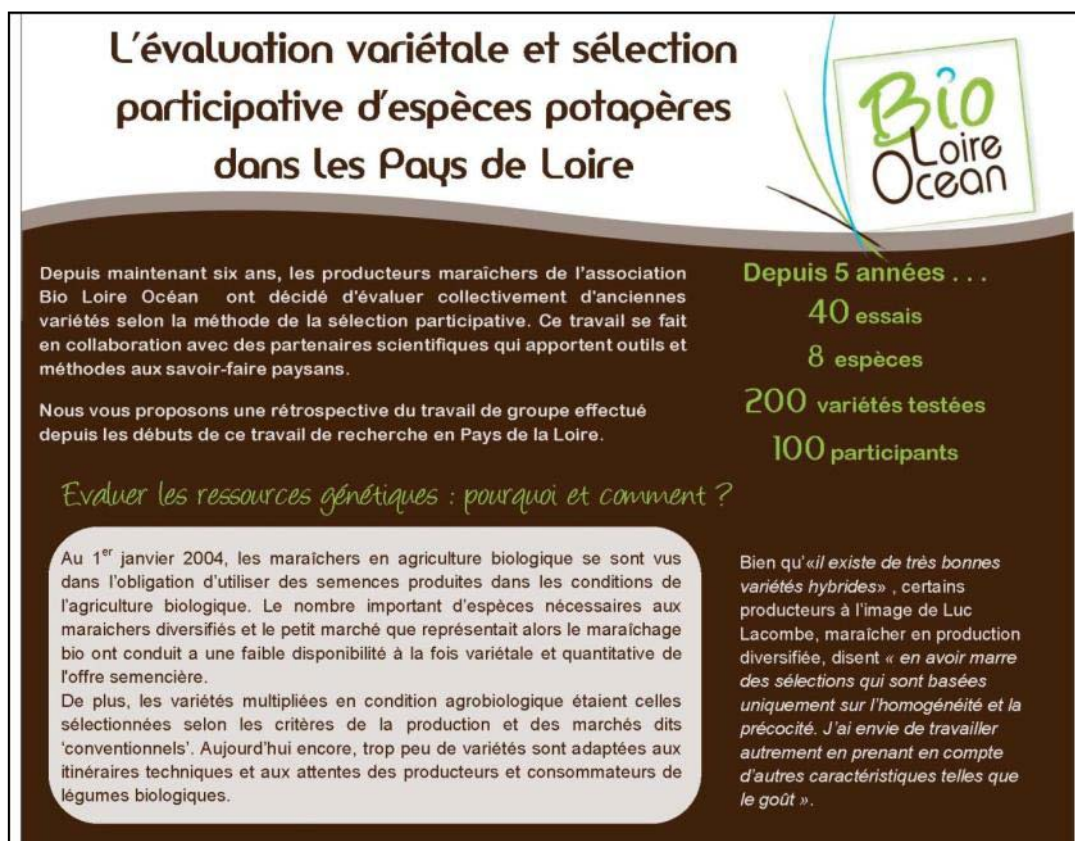


Figure 12 : extrait d'une plaquette réalisée par une apprentie-ingénieure à BLO (Bio Loire Océan) pour récapitulé nos interactions en matière de sortie de ressources génétiques

Environ une trentaine d'espèces et une vingtaine de groupes, d'organisations très diverses (coopératives, CIVAM...), sont concernés dans de nombreuses régions françaises, aussi bien en plantes maraîchères qu'en grandes cultures. La figure 12 illustre un bilan de quelques années d'investigation en Pays de Loire. Cette activité de recherche et propositions de ressources pour évaluation à la ferme (et le démarrage de nouveaux projets de SP) est régulière depuis 2002. Elle ne demande pas de moyens particuliers, seulement du temps pour reconsidérer le passé en sélection des espèces concernées afin de vérifier sa compatibilité avec les exigences des principes de l'AB. Les contacts noués lors de cette activité sont mobilisables pour les autres programmes.

### **Connaissance scientifique des variétés et semences issues de la SP et de la sélection paysanne**

Dans le contexte du paradigme fixiste de la variété végétale, la notion d'adaptation des variétés et leur possibilité d'évolution phénotypique sont très mal connues. En introduction d'un ouvrage très bien documenté, sur l'amélioration de cinquante espèces cultivées (Doré et Varoquaux, 2006), on lit :

« Jusqu'au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle, le soin apporté à la production de semences, le choix des meilleurs individus comme porte-graines (et parfois leur isolement), à condition qu'ils aient été produits dans les bonnes conditions, étaient les seules façons d'améliorer les variétés. La « dégénérescence des races végétales », concept alors banal, était combattue par le changement de terrain ! Les véritables progrès en sélection vont commencer au XIX<sup>e</sup> siècle ... »

Ce genre d'affirmation, c'est déjà oublier la formidable diversité des variétés obtenues par des générations de paysans, mais c'est aussi ignorer les processus d'adaptation en partie explicables par le contrôle épigénétique des caractères.

La première étape est donc de décrire la diversité et l'évolution phénotypique des variétés soumises à la production paysanne de semences. C'est ce que nous avons entrepris avec l'expérimentation sur 3 pays et sur 3 années de Farm Seed Opportunities. Nous avons non seulement obtenu beaucoup de données (en cours de valorisation sous forme de publications) mais aussi des graines dont nous avons l'historique et pour lesquelles nous avons proposé des analyses génétiques et épigénétiques dans le cadre de SOLIBAM (voir Perspectives).

### *Associations semences et propositions réglementaires*

En Bretagne, les deux groupes de paysans investis sur un projet de SP ont formé les associations Triptolème et Kaol kozh, la première centrée sur les grandes cultures et la seconde, sur les plantes maraîchères. Je me suis impliquée directement dans leur création et en reste proche, par la participation au CA entre autres. Lors des discussions avec la DG SANCO<sup>23</sup> terminant le projet européen Farm Seed Opportunities, les commissaires européens nous ont suggéré de ne pas chercher d'autres solutions que celles que nous avons déjà trouvées avec la création d'associations semences où les variétés sont une propriété collective, et donc par là, il n'y a même plus de notion d'échanges (deliverable D4.6, articles et proceedings).

### *La communication avec la commission européennes autour de la SP*

Nos actions de SP sont néanmoins prises en compte au niveau de la Commission. Le rapport final de l'enquête « Better regulation »<sup>24</sup>, réalisée en même temps que Farm Seed Opportunities, demandée par la commission sur les « acquis » en matière de variétés et semences propose que la réglementation prenne en compte les deux systèmes formel et informel : "the two different systems of the large commercial breeding companies and the smaller market or regional breeders and producers could run side by side because they are targeting completely different markets" (FCEC, 2008). Il y est aussi précisé : « Pour l'heure, les systèmes de sélection commerciaux influencent fortement à la fois l'interprétation des critères DHS et VAT<sup>25</sup> et le système d'évaluation. Avec l'accroissement des considérations environnementales, il devient nécessaire maintenant de proposer une interprétation plus large des DHS et VAT pour les variétés qui sont utilisées pour les agricultures biologiques et à faibles intrants ».

## **3.6.3 Evolution de ma compréhension du problème**

### *Notion de ressources génétiques, variétés et sélection*

Par les échanges, les variétés paysannes sont dans un continuum de diversité dans chaque ferme et d'une ferme à l'autre (Demeulenaere et al 2008). Par les échanges d'une région à l'autre, les variétés évoluent rapidement et constituent une réserve toujours renouvelée de ressources génétiques. La rapidité d'évolution est vraiment un enseignement de ces 10 ans de suivi des variétés à la ferme.

---

<sup>23</sup> DG SANCO : Directorate-General for Health and Consumer Protection dont l'abréviation SANCO or DG-SANCO reprend les mots français Santé [Health] & Consommateurs [Consumers].

<sup>24</sup> FCEC 2008. Evaluation of the Community acquis on the marketing of seed and plant propagating material (S&PM). Food Chain Evaluation Consortium Final Report, European Commission Directorate General for Health and Consumers.

[http://ec.europa.eu/food/plant/propagation/evaluation/s\\_pm\\_evaluation\\_finalreport\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/food/plant/propagation/evaluation/s_pm_evaluation_finalreport_en.pdf), on December 2010

<sup>25</sup> VAT : valeur agronomique et technologique

Sur le plan réglementaire, avec Farm Seed Opportunities, nous avons mesuré la difficulté de catégoriser les populations végétales. Dans le deliverable D4.6, de FSO, nous avons resitué les dynamiques des unes par rapport aux autres (Figure 13).

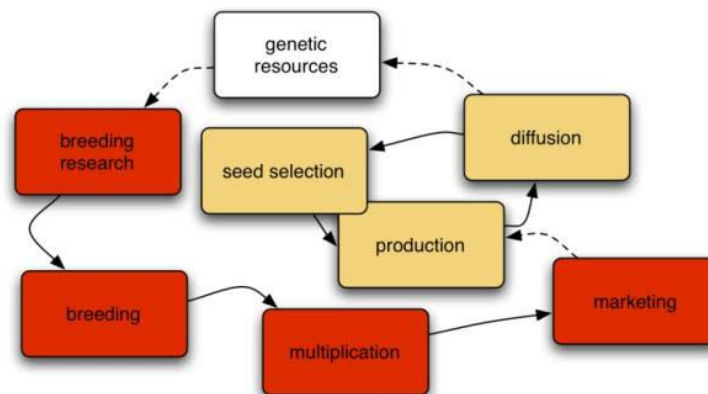


Figure 13: Informal (red colour) and Informal (orange colour) seed systems and their relationships [deliverable D4.6, Farm Seed Opportunities, www.farmseed.net]

Cette compétence à l'interface entre RG et sélection me vaut aujourd'hui d'être dans l'External Advisory Board d'un projet européen (PGR-Secure) du FP7 centré sur la gestion des RG : « Novel characterization of crop wild relative and landrace resources as a basis for improved crop breeding ».

### *Insertion des recherches dans le contexte socio-économique et politique : la responsabilité du chercheur*

Le système semencier informel est largement reconnu pour les pays en développement (Louwaars, 2007) mais en Europe, et surtout en France, il est complètement nié. La dernière loi sur l'application des COV (Certification d'Obtention Végétale), publiée par le ministère de l'Agriculture au Journal officiel du 10 décembre 2011 une loi sur les certificats d'obtention végétale, en est le témoin. La loi CVO (Contribution Volontaire Obligatoire) autorise les semences de ferme (semence issue de la multiplication à la ferme d'une variété inscrite au catalogue), une pratique qui, jusqu'alors, ne bénéficiait que d'une tolérance mais à la condition que les agriculteurs qui utilisent des semences de ferme s'acquittent d'une contribution pour rémunérer la recherche du semencier (cette taxe était déjà appliquée mais uniquement sur le blé tendre depuis 2001). Cette disposition CVO s'élargit à 21 espèces (celles pour lesquelles les semences de ferme sont autorisées), et devrait être mise en place après conclusion d'accords interprofessionnels à partir des surfaces emblavées. Pour les autres, la semence de ferme n'est pas autorisée. Un accord était déjà conclu pour le blé tendre au début des années 2000, mais la rémunération était prélevée au niveau de l'organisme stockeur. Cette fois-ci, la base de calcul sera la surface emblavée. Les arguments des agriculteurs sont nombreux pour démontrer que cette nouvelle loi restreint leurs droits et leur liberté. L'évolution réglementaire nationale montre que les législateurs ne reconnaissent pas l'existence des paysans-sélectionneurs et le fait que toute semence de ferme n'est pas nécessairement une variété sous COV. Apporter les éléments scientifiques à la réflexion sur cette question et partager les avancées de la sélection participative et paysanne auprès des instances de décision est l'objet du projet financé par le ministère de l'Ecologie et que je coordonne : « Reconnaissance sociale et réglementaire de l'innovation variétale par la sélection participative pour les agricultures biologique et paysanne ». Ce sont des chercheurs qui ont contribué à instaurer les systèmes de protection des variétés des semenciers en concertation avec les autorités politiques, il

reste du rôle des chercheurs de montrer les limites d'un seul système et d'aider les politiques à suivre l'évolution du monde agricole dans toute sa diversité.

### 3.6.4 Recherche participative

Je terminais ma première partie sur ce que j'ai découvert de la recherche action et comment elle m'a préparé à recherche participative. La recherche-action, vécue dans le cadre de la création d'hybride F1 pour les professionnels bretons, séparait bien les rôles de décision. L'objectif était défini par les demandeurs (et financeurs). En contrepartie, lors de la phase « création », des RG à la fourniture des parents pour multiplication, les professionnels étaient informés de l'avancement des recherche mais ne participaient pas. Le processus restait top-down (figure 14A). La sélection participative pour les agricultures bio et paysannes suit un tout autre schéma (figure 14B). Elle est un investissement dès le choix des objectifs : c'est notre projet commun où les réponses appellent de nouvelles questions, où agriculture et culture sont très liées, où les variétés créées redeviennent immédiatement ressources pour un autre groupe, où la production et l'expérimentation sont associées sur la ferme.

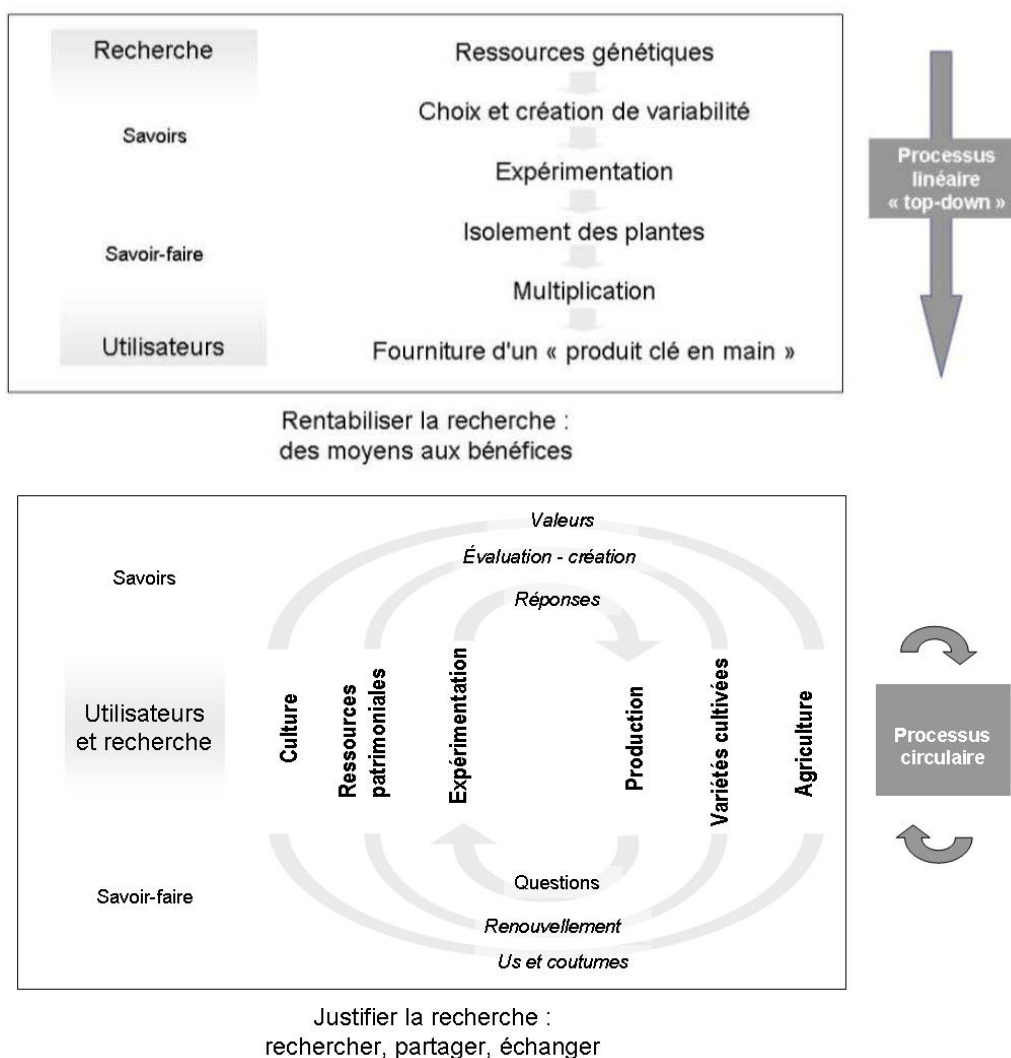


Figure 14 : La sélection végétale, le rôle de ses acteurs, ses objectifs, ses méthodes, ses formes de résultats pour les sélections « déléguée » (A) et participative (B) [P3]

Le contexte de l'AB est particulier. Le dispositif scientifique de l'INRA s'est construit pour intensifier l'agriculture et lui donner les moyens d'être productive. La recherche scientifique qui participera au développement de l'AB est à promouvoir.

*« Quand le chercheur aborde l'agriculture biologique, il s'appuie sur des connaissances et une position institutionnelle pour participer à une aventure humaine, engagée par des pionniers au siècle dernier. Il travaille à l'acquisition et à la reconnaissance de savoirs spécifiques. On n'applique pas seulement des connaissances « neutres » et « passe-partout » à un groupe plutôt qu'à un autre, on repense totalement la façon de les acquérir, les interpréter et les utiliser. »*

**[P3]**

Dès le début des projets participatifs de sélection, je fus confrontée au fait qu'il fallait avancer sur tous les fronts en même temps. Il ne s'agissait de faire sa science et d'en restituer les résultats. Nos collègues Pascal Béguin et Marianne Cerf (2010) résument très bien la situation dans l'ouvrage collectif issu d'une « Ecole-chercheurs » sur la recherche participative au SAD :

« La recherche participative, quelle que soit l'appellation qui la désigne (action, intervention, en situation, sur problème, etc.), apparaît comme une tentative de fonder les rapports sciences-sociétés sur de nouvelles bases qui donnent plus de place aux partenaires du monde scientifique dans l'élaboration des enjeux, problèmes, questions et connaissances de nature scientifique.

Ces démarches sont en particulier explorées dès lors que la recherche ne vise plus seulement à produire des connaissances per se mais à accompagner des processus de changement technique et social.

Mais, au-delà du principe, cette perspective de recherche ne va pas de soi et nécessite la production de nouvelles normes et pratiques s'élaborant dans les situations de changement où ce type de recherche est mené. C'est d'une nouvelle composition des rapports au réel, à autrui et à l'action dont il est question. »

La semence<sup>26</sup>, base de toute agriculture et résumant en elle-même le passé de son espèce, est un « objet » de choix pour aborder, en perspective, le caractère holistique du « modèle » bio dans la compréhension globale d'un système agricole.

---

<sup>26</sup> Semence : « La semence est la graine que l'on sème », d'après le dictionnaire Larousse. La graine du paysan est un organe de reproduction et support d'une « variété cultivée ». **[B11]**



# Projet de recherche et perspectives

---

## 1 - Introduction : contexte et perspective d'évolution

### 1.1 Les défis agricoles, environnementaux, éthiques et sociaux : vers un changement de paradigme

Si à la naissance de l'INRA, les enjeux étaient de nourrir le pays et de moderniser la « ferme France », aujourd'hui, il s'agit de nourrir une planète de plus en plus peuplée dans un contexte de sols dégradés, d'eaux polluées, d'une biodiversité perturbée, d'une réduction des produits pétroliers, d'un climat instable. Les enjeux sont devenus planétaires, et un groupe d'experts tels que l'IAASTD (International Assessment of Agricultural Science and Technology for Development)<sup>27</sup> proposent que ces enjeux impliquent une reconsidération du développement. **Le développement agricole doit prendre en compte la complexité du fonctionnement des systèmes agricoles ainsi que leur diversité selon les contextes socioéconomiques et culturels et les spécificités des écosystèmes.** Cette réflexion multidisciplinaire entérine un « changement de paradigme » important, objet d'un large consensus entre experts : l'agriculture est multifonctionnelle, multifactorielle, elle nécessite des approches tenant compte des contextes spécifiques dans lesquels elle se pratique, associant l'ensemble des acteurs de la chaîne alimentaire et prenant en considération les savoirs locaux. **Ce nouveau paradigme, qui signe l'affaiblissement des solutions universelles et réductrices, propose des options diversifiées pour l'action.** La production ne peut plus être considérée isolément (Even, 2009). Au niveau de l'INRA, la nécessité d'intégrer l'environnement est maintenant bien perçue.

Limité à l'origine au périmètre de « l'agriculture et des industries qui lui sont liées », le champ d'investigation de l'Inra est, depuis 2001, défini par le « tripode » de l'agriculture, l'alimentation et l'environnement. (Document d'orientation Inra 2010 – 2020 une science pour l'impact, Marion Guillou)

De très nombreuses études montrent que le système alimentaire (production-distribution-consommation) actuel n'est pas durable mais les solutions pour en sortir ne font pas unanimité. Les perspectives d'évolution de ce système alimentaire sont décrites selon des « paradigmes » différents : le système de masse productiviste majoritaire depuis quelques décennies et deux nouveaux, l'un introduisant une segmentation de la production de masse et l'autre favorisant les circuits courts et la vente à la ferme. En parallèle, deux tendances scientifiques proposent d'améliorer la durabilité des systèmes agricoles : l'une prétendant apporter des solutions de durabilité par le génie génétique et

---

<sup>27</sup> IAASTD (International Assessment of Agricultural Science and Technology for Development) est un processus participatif international d'évaluation des sciences et des technologies agricoles à l'instar du MEA (Millennium Ecosystem Assessment) et du GIEC (Groupe Intergouvernemental sur le Changement Climatique). Il a été accepté en 2004 sous la forme d'un processus intergouvernemental pluridisciplinaire, cofinancé par l'Organisation des Nations unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), le Fonds pour l'Environnement mondial (FEM), le Programme des Nations unies pour le Développement (PNUD), le Programme des Nations unies pour l'Environnement (PNUE), l'Organisation des Nations unies pour l'Éducation, la Science et la Culture (UNESCO), la Banque mondiale et l'Organisation mondiale de la Santé (OMS). La composition multilatérale du bureau respecte un équilibre géographique et la parité entre les représentants des États et les représentants de la société civile (ONG, associations de paysans et de consommateurs, entités privées et organisations internationales).

l'autre intégrant les connaissances de l'agroécologie (Vanloqueren and Baret, 2009). Le courant dominant soutient le fait que l'AB est incapable de nourrir le monde bien que des recherches récentes démontrent le contraire. (Badgley et al., 2007; FAO, 2007). Badgley et al (2007) conclut même que les chiffres sont probablement sous-estimés car une marge de progrès importante existe en AB : par exemple les agriculteurs bio qui pratiquent les cultures associées ont des potentiels plus importants que ceux qui sont actuellement répertoriés.

“Yet the dual opposition between genetic engineering and agroecology already exists in the real world, both in science and in society. Proponents of both paradigms claim that their paradigm is the only one able to feed the world and solve environmental issues, and that the other paradigm puts the world at great risk. **Paradigms consequently influence science and technology choices.** » (Vanloqueren & Baret, 2009)

**L'agroécologie, l'application de la science écologique pour concevoir, étudier et gérer une « agriculture durable », offre un modèle d'agriculture pour relever le défi de considérer un système agricole dans sa globalité et ses interactions environnementales et sociales. C'est ce modèle que j'entends soutenir en intégrant la problématique des variétés et semences au centre d'une réflexion globale du système alimentaire qui lui est associé.** Le programme majeur qui soutient cette démarche est SOLIBAM (Strategies for Organic and Low Input Breeding and Management) (annexe 2 et encadré 6), programme européen que je coordonne et qui intègre toutes les disciplines de la génétique à l'économie.

## 1.2 Agro-écologie et Agriculture Biologique

Le contexte privilégié de l'émergence de la sélection participative en France fut l'agriculture biologique. L'agriculture biologique a une antériorité et une reconnaissance de part du public par le système de certification. Mais ce système de certification crée des délimitations qui ne sont ni techniques, ni socio-économiques. Assez rapidement, j'ai ajouté le qualificatif « paysanne » pour désigner les agricultures pour lesquelles nous organisons la sélection participative, puisque de nombreux paysans avec qui nous travaillions avaient adoptées une « vision bio » ou « écologique » de l'agriculture sans pour autant être adhérents à un organisme certificateur. Inversement, des agriculteurs « bio certifiés » adoptaient une démarche productiviste pour profiter du créneau économique et trouvaient les variétés modernes tout à fait adaptées à leur type de production. A contrario, nous avons initié des expériences de SP avec des agriculteurs conventionnels, résolument engagés dans une démarche de désintertification en prenant petit à petit conscience de toutes les marges de manœuvre offertes par variétés adaptables et diversifiées pour tendre vers une pratique agroécologique.

Ainsi, agroécologie et AB ne recouvrent pas totalement les mêmes réalités, même si elles sont parfois confondues. Stéphane Bellon, responsable du CIAB (Comité Interne pour l'Agriculture Biologique) à l'INRA a bien positionné agroécologie et agriculture biologique lors du dernier congrès IFOAM en Corée en 2011, et propose une voie de convergence des deux approches pour une agriculture basée sur des valeurs écologiques et sociales.

“OF (organic farming) is still a reference, due to its history (almost a century), its principles for action (set of rules) and codified practices (regulations), its controls and certification, its growing economic importance and its identification by consumers. AE (Agroecology) which is gaining importance in the academic world and in many social movements has to strengthen its identity as an action-oriented interdisciplinary project. This entails (i) deepening relationships between AE and OF as built in literature, in social movements and in individual curricula and (ii) developing beneficial convergences through

crossfertilisation. In this respect, research efforts should contribute to the design of dynamic agricultural models embedded in social-ecological systems. (Bellon et al, 2011).

Pour ma part, je reste très convaincue par l'AB telle que les pionniers l'avaient initiée. C'est encore celle des paysans profondément attachés à la nature. Ils co-évoluent avec elle et en font émerger une « science empirique » qui nourrissent les savoir-faire et le bon sens des paysans d'autrefois. Ce sont aujourd'hui des agriculteurs qui s'engagent totalement dans un projet de société, acceptant parfois de lourdes contraintes matérielles, pour un idéal et un avenir auquel ils croient sincèrement. Matthieu Calame, le précédent président de l'ITAB (Institut de l'Agriculture Biologique) expriment ainsi ce choix dans l'un de ses ouvrages :

« Pour bien des personnes, l'agriculture biologique est d'abord perçue comme une modalité d'agriculture – une réponse agricole à des problèmes agricoles. Mais les promoteurs de l'agriculture biologique ne l'entendent pas de cette oreille. Ils ne se sont jamais restreints à une réflexion agricole-agricole. Bien au contraire, ils considèrent l'agriculture biologique comme l'expression en agriculture de questions plus fondamentales et plus profondes, touchant au rapport de l'homme au vivant » (Calame, 2007)

### 1.3 Le contexte INRA : le département SAD

En 2005, la direction scientifique de l'INRA a estimé que la sélection participative (SP), relevant à la fois d'une thématique d'amélioration de plantes et d'une thématique de développement par son insertion dans une activité et un projet agricole, devait trouver sa place au SAD.

Le schéma stratégique du département du SAD soutient la nécessité de recourir aux approches systémiques, à l'interdisciplinarité et aux approches ingénieriques pour l'innovation. Les objectifs de conception de nouveaux systèmes agricoles, et de recherche de cohérences territoriales y sont également clairement mis en avant. » Le document d'orientations invite à « fonder l'identité du département sur de 3 piliers : (i) un renouvellement de l'approche systémique - sur laquelle le département s'est construit autour d'un nouveau cadre conceptuel, (ii) une affirmation de notre positionnement spécifique sur l'objet « territoire » (iii) une contribution à l'innovation centrée sur la question des processus d'innovation. » Aujourd'hui, la sélection et la recherche participative visant une innovation variétale, ancrée sur un territoire par les acteurs de ce territoire, sont facilitées et stimulées par ce contexte pluridisciplinaire du SAD et ses orientations actuelles.

Jean-Marc Meynard, chef de département SAD, concluait le colloque DinABio en 2008<sup>28</sup> sur le constat que les démarches systémiques, interdisciplinaires en partenariat sont devenues la norme en AB. « Alors qu'il y a encore quelques années, un nombre important de travaux en agriculture biologique s'alignaient sur les canons du réductionnisme dominant, la majorité des recherches abordent maintenant des objets complexes, en valorisant les acquis des approches systémiques et les outils de plusieurs disciplines » (Meynard , 2009).

### 1.4 Le contexte de l'Unité SAD-Paysage

L'unité de recherche INRA SAD-Paysage développe des recherches sur les interactions entre activités agricoles, paysage et biodiversité, au niveau de territoires agricoles et ruraux. Le point commun entre les programmes de mon unité d'accueil et la sélection participative était la gestion de la diversité en prenant en compte les activités agricoles. Outre la génétique appliquée à la SP, les disciplines présentes

---

<sup>28</sup> <http://www1.montpellier.inra.fr/dinabio/>

dans l'unité sont l'écologie du paysage, l'agronomie et la zootechnie systémiques, et la modélisation informatique. **L'intégration du programme SP s'est faite progressivement et a été particulièrement prise en compte lors du montage SOLIBAM où plusieurs « ponts disciplinaires » ont été conçus pour stimuler les interactions avec les écologues et les agronomes de l'équipe**, pour intégrer la dimension paysage. Comme le soulignait la commission en conclusion de l'évaluation collective de l'unité, « L'unité doit veiller à ne pas confier à d'autres équipes avec lesquels elle collabore l'étude des interactions entre biodiversité cultivée et biodiversité sauvage hébergée. Ce thème mérite d'être développé au sein de l'unité qui valorisera ainsi pleinement les compétences en génétique et renforcera la cohérence du projet et des personnels de l'unité. »

## 2 – Problématique - thématiques de recherche

***Promoting agroecological approaches does not mean that breeding new plant varieties is unimportant. Indeed, it is vital.***

*Olivier De Schutter and Gaëtan Vanloqueren (2011)*

Le développement d'une agriculture agroécologique et/ou biologique, et non seulement en considérant le système agricole seul mais le développement d'un système alimentaire « durable » dans sa globalité, est un vaste chantier (Francis et al, 2003). Le changement vers une agriculture plus respectueuse de l'environnement ne se fait pas au rythme escompté et le besoin de recherche et de développement de stratégies agricoles durables innovantes devient crucial (Kiers et al. 2008; Ostergard et al. 2009). Nous allons essayer d'y répondre par l'accompagnement scientifique de la création de plantes adaptées capables d'accompagner et de stimuler ce développement.

D'une façon générale, l'agroécologie traite de la complexité au niveau de l'écosystème. Partant de la plante cultivée, **la problématique de recherche peut se résumer par :**

- **créer des populations végétales qui optimisent**
  - **et étudier comment elles optimisent,**
- les différents niveaux, et leurs interactions, dans l'écosystème du système alimentaire,** dans une population, dans un assolement, une rotation, un marché.

**Des objectifs de recherche se rattachent à ce plan général :**

- Aborder les mécanismes génétiques (et épigénétiques) de l'adaptation
- Définir des stratégies de création variétale pour augmenter les performances et la qualité des cultures pour les agricultures biologiques et paysannes, dans des environnements et pour des pratiques variées
- Mesurer l'impact des stratégies développées et intégrer les résultats pour proposer des outils d'aide à la décision pour un cadre réglementaire adapté

Construire un projet de recherche sur cette thématique n'est pas encore vraiment une voie privilégiée pour un chercheur. Vanloqueren & Baret (2009) ont bien résumé la situation : (1) l'agroécologie est toujours regardée comme une agriculture de niche avec l'AB, et donc ne peut pas appeler beaucoup de fonds de recherche, (2) l'innovation en agroécologie ne sait pas se placer entre recherche et développement et (3) les retombées en terme de valorisation financière ou commerciale sont faibles. Néanmoins, avec une insertion dans un département SAD de l'INRA qui associe science et développement jusque dans son titre, et une organisation participative de la recherche, donc directement en lien avec les utilisateurs, on peut faire à la fois le pari d'une reconnaissance scientifique

et d'une valorisation immédiate des résultats par la société civile. De plus, la société civile et les pouvoirs publics ont pris conscience des problèmes environnementaux et la nécessité de proposer des voies nouvelles de développement si bien que les fonds ne manquent pas, mais seulement les bras pour écrire et mettre en action les projets. Le maillon qui deviendra à développer prioritairement est probablement la reconnaissance par les pairs de cette recherche et les moyens de la qualifier autrement que par le nombre de publications.

Dans le prolongement des actions de recherche et sélection participative engagées entre 2001 et 2011, j'envisage de poursuivre sur une problématique de sélection des plantes pour l'AB en considérant donc les différents niveaux d'étude de la plante du champ jusqu'à la valorisation du produit :

- les populations végétales : adaptation aux conditions de l'AB et l'agriculture à faibles intrants
- la parcelle cultivée : (1) le rôle conjoint de la sélection et des pratiques culturales pour améliorer les « performances » des cultures, en se posant particulièrement la question de ce que recouvre la notion de « performances » ; (2) la relation entre la structure génétique de la population cultivée et la biodiversité « non cultivée » de l'environnement
- le contexte réglementaire des variétés et semences en Europe

On retrouve les thématiques déjà initiées les projets CIAB, PaysBlé et Farm Seed Opportunities et celui qui associé à mon insertion dans mon équipe d'accueil du SAD-Paysage. Cependant, elles seront développées dans un réseau plus complexe de collaborations tel que le projet européen SOLIBAM (2010-2014) nous a donné l'occasion de le construire. D'autres projets complètent ce réseau sur des thématiques et des plantes déjà considérées dans SOLIBAM renforçant localement la démarche (voir encadré 6).

Néanmoins, si la complexité des relations s'accroît du fait de l'augmentation du nombre de projets de recherche, je garde le fil directeur de l'analyse de la diversité et de sa promotion en support du développement de l'AB. Cette diversité végétale se veut le pilier d'une résilience<sup>29</sup> des populations dans un environnement fluctuant. Nous avons emprunté le terme de « résilience » aux écologues et nous l'avons déjà retenu dans un titre de colloque EUCARPIA<sup>30</sup> dont Isabelle Goldringer (INRA Le Moulon) et Frédéric Rey (ITAB) avaient la responsabilité.

Une définition de la résilience proposée par un groupe de chercheurs travaillant sur les systèmes socio-écologiques ont précisé le concept<sup>31</sup> de la résilience tel qui peut être transposé à une population végétale. Ce concept recouvre :

- Le degré de changement qu'un système peut subir tout en conservant les mêmes contrôles sur ses fonctions et structures = stabilité des performances pour une variété
- La capacité d'auto-organisation du système = capacité de développer des interactions positives avec la biodiversité environnante

---

<sup>29</sup> Le concept de résilience écologique et sociale se caractérise par le niveau de changement que peut supporter un système sans changer de domaine d'attraction (c'est-à-dire en restant toujours piloté par les mêmes facteurs) et par ces capacités d'auto-organisation et d'apprentissage. (Deconchat, 2009)

<sup>30</sup> 2nd EUCARPIA Organic and Low-input Section Conference "Breeding for resilience: a strategy for organic and low-input farming systems?" Paris, France - 1-3 December 2010

<sup>31</sup> Séminaire « Résilience, Eau et Prospective » Montpellier, 18 et 19 janvier, 2011, CEMAGREF, CIRAD

- La capacité de créer et augmenter la capacité d'apprentissage et d'adaptation = capacité d'évolution (génétique, épigénétique).

**La diversité a été au cœur de la construction du projet SOLIBAM.** Elle est posée comme hypothèse de la « résilience » des cultures dans des environnements fluctuants et comme préalable à tout processus d'adaptation. Nous avons conçu le schéma de la figure 15 pour résumer notre approche de la biodiversité cultivée en relation avec tout autre forme de diversité dans le projet.

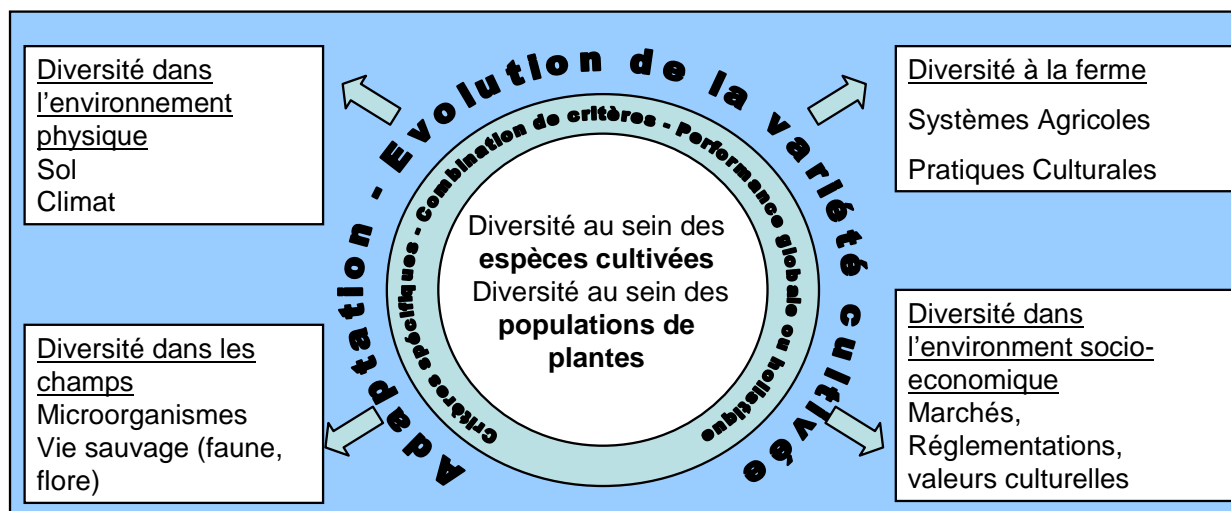


Figure 15 : relation entre les différents niveaux de diversité proposée dans le projet européen SOLIBAM

SOLIBAM est le fruit des réflexions et des pistes ébauchées dans les programmes décrits dans la partie 2 de ce document, et l'expériences des partenaires du projet. L'appel d'offre du FP7 prévoyait une application aux agricultures biologiques et faibles intrants (nous garderons cette dénomination pour la suite du texte, sachant que nous avons focalisé sur une approche agroécologique telle que je la décrivais dans le contexte). J'ai prévu de m'investir particulièrement sur des thématiques précises tout en assurant la coordination générale du projet :

- Les **critères de sélection, les notions d'adaptation et de « performances » des plantes en AB** en prenant des exemples parmi les plantes modèles du projet (blé, maïs, féverole, haricot, tomate et chou)
- La **création de diversité au sein d'une espèce**, en prenant l'exemple du brocoli, en créant des types correspondant aux besoins de l'AB et des marchés visés, et en travaillant en parallèle pour une sélection professionnelle et la sélection participative
- La **caractérisation du comportement de populations aux structures génétiques variées**, en prenant l'exemple du blé, sur la base des résultats et du réseau d'expérimentation de PaysBlé, en intégrant le maximum de données par le réseau pluridisciplinaire constitué par notre consortium
- Le **suivi des propositions réglementaires et l'interaction avec les décideurs**, à partir des résultats de SOLIBAM qui viendront confortés ceux de Farm Seed Opportunities, à savoir supporter la reconnaissance de systèmes formel et informel pour les semences en Europe.

Avant de décrire plus en détail ces thématiques, je précise que 3 personnes du SAD-Paysage m'assistent dans ce travail : Estelle Serpolay, ingénieure d'étude en CDD financé par les projets européens, Nicolas Schermann, chargé de recherche affecté à temps partiel sur la SP, et Lucie Le Jeanne, apprentie-

ingénieure de l'ESA Angers en alternance. Au niveau de l'INRA, ces thématiques sont aussi l'occasion d'une collaboration privilégiée avec l'équipe d'Isabelle Goldringer, de l'UMR Génétique Végétale du Moulon, dans le prolongement de Farm Seed Opportunities. Sa participation a été déterminante dans le montage global de SOLIBAM. L'interaction avec Dominique Desclaux de l'INRA Montpellier se poursuit sur la thématique de la sélection participative. Ce projet a aussi l'occasion de démarrer des collaborations avec (1) Marie Gosme, chargée de recherche de formation pathologiste dans une équipe d'agronomie à l'INRA de Grignon, (2) Stéphane Lemarié, directeur de recherche en économie à l'INRA de Grenoble, (3) Anne Zanetto, ingénieure à Montpellier sur la gestion de ressources génétiques, et (4) l'équipe SAD de Mirecourt. Je tiens aussi à préciser que SOLIBAM fut l'occasion d'intensifier de façon très sensibles nos collaborations avec l'ITAB (Institut Technique pour l'Agriculture Biologique). Frédéric Rey, animateur dès 2002 de la sélection participative « tomate » dans le sud est de la France, est devenu responsable de la commission semences de l'ITAB. Nous interagissons dans de nombreuses tâches de SOLIBAM (enquête, sélection participative, communication...). Bruno Taupier Letage, aussi de l'ITAB, est l'interlocuteur pour les approches qualité du programme.

## 2.1 Critères de sélection, notion d'adaptation et de « performances »

Sélectionner des populations végétales pour l'AB (et FI) consiste à favoriser les interactions positives des plantes avec leur environnement (biotique ou abiotique) pour qu'elles expriment tout leur potentiel. Ces interactions dépendent du choix du fonds génétique et de la structuration de la diversité intravariétale, associés au choix des pratiques agricoles. Les critères recherchés chez les plantes comprennent donc la capacité à s'adapter à l'environnement physique (climat, sol) et aux pratiques de l'agriculteur, et à s'adapter à l'environnement biotique (micro-organismes, adventices et insectes). Les systèmes en AB et FI sont aussi caractérisés par des variations spatiales et temporelles importantes (Lammerts van Bueren et al. 2002). Alors que la « sélection formelle » a surtout créée des variétés hautement productrices, répondant efficacement aux intrants gommant les hétérogénéités du milieu, pour être ainsi diffusées sur de grandes surfaces (Desclaux 2005, Lammerts van Bueren et al. 2007), l'AB et le FI ont, *a contrario*, besoin d'une sélection pour des adaptations spécifiques à des environnements précis.

Dans SOLIBAM, la définition des critères et de la notion l'adaptation correspond à l'activité d'un WP (workpackage<sup>1</sup>) dont j'ai pris la coordination. Il a été défini comme un « umbrella WP » qui se donne comme objectif de synthétiser des données des expériences des partenaires. L'ambition est à plusieurs niveaux : (1) discuter traits par traits, leur intérêt pour les espèces données, et leur prise en compte selon l'organisation de la sélection (professionnelle ou participative) ; (2) essayer de définir des notions plus générales comme la notion de performance pour une culture ou la notion de santé des plantes.

Les caractéristiques vont être très différentes d'une espèce à l'autre, et dans des conditions agro-écologiques à l'autre. Dès le début du programme, nous avons réalisé un document sur la base des données bibliographiques et des expériences des partenaires pour chacune des espèces modèles. Nous ambitionnons de caractériser la gamme de variation pour chacun de ces traits dans tous les environnements du consortium, et aussi selon le regard des sélectionneurs (semenciers, chercheurs ou paysans-sélectionneurs). La hiérarchisation des différents critères sera probablement différente d'un acteur à l'autre.

C'est seulement vers la fin du programme que des notions plus générales seront dégagées de nos expériences. Sur la notion de santé des plantes, des travaux récents mettent en avant des interactions

fortes avec la diversité intravariétale (Wyss & Pfiffner, 2008, Laine et al. 2011, Doring et al, 2011). Depuis très longtemps, il a été démontré (Berg, 2009) qu'une diversité bactérienne et fongique présent dans le milieu pouvait aussi protéger les plantes des effets négatifs des microorganismes pathogènes, et même renforcer la vigueur des plantes. Nous essaierons également de discuter les niveaux de tolérance compatibles avec une production acceptable selon des critères agro-socio-économiques. Quant à la notion de performance, l'aspect « stabilité » des critères associés à la production sera aussi mis en avant dans un contexte de durabilité des agro-systèmes.

WP1 dépend aussi des résultats des autres WPs, comme le (WP7) dédiés à la mise au point de critères qualitatifs des produits qui entrent particulièrement dans les critères attendus pour l'AB. Un lien « prospectif » existe avec le WP8 du projet (Sustainability assessment of innovations) qui s'intéresse aux aspects énergétiques, écologiques et socio-économiques des systèmes alimentaires considérés dans SOLIBAM. A terme, nous avons pour objectif de définir une « stratégie SOLIBAM » en tenant compte de tous les aspects depuis la définition des critères attendus pour les populations cultivées jusqu'au produit arrivé dans l'assiette du consommateur. Cette interaction vise à élaborer la notion de performance qui devra tenir compte des données du contexte actuel et sortir de mesures classiques comme le seul rendement ou la productivité par unité de travail. Des suggestions sont déjà avancées dans le document récent de De Schutter et Vanloqueren (2011) :

In a world of finite resources and in a time of widespread rural unemployment, productivity per unit of land or water is a vital indicator of success. Overall, measuring efficiency in the new agricultural paradigm of agroecology requires a comprehensive set of indicators that assesses the impacts of agricultural projects or new technologies on incomes, resource efficiency, hunger and malnutrition, empowerment of beneficiaries, ecosystem health, public health, and nutritional adequacy.

## 2.2 La création de diversité au sein d'une espèce : le brocoli

Le brocoli est l'espèce que j'ai privilégié dans mon engagement dans SOLIBAM : elle fait le lien de toute ma carrière. Le besoin de sélection pour l'AB pour cette espèce est reconnue sur plusieurs continents (Lammerts et al, 2011). Tout d'abord, les variétés hybrides F1 reproduites à l'aide d'une stérilité mâle cytoplasmique ne sont pas acceptées en AB, par le fait que la stérilité mâle est issue d'un processus biotechnologique [A8]. Les agriculteurs bio américains veulent aussi travailler avec des variétés populations pour les reproduire eux-mêmes. En Europe, les types traditionnels adaptés aux conditions-pédo-climatiques n'ont pas le standard commercial actuel. Le standard des marchés de la grande distribution est issu de la sélection des hybrides F1. Les "têtes" ont une forme arrondie et régulière comme celle du chou-fleur, et sont vertes foncées, alors que traditionnellement, il existe le « brocoli à jets » sur lequel on récolte des mini-pommes au niveau des bourgeons axillaires, et le type « calabrese » à pomme unique, mais plate.

Dans l'histoire de la plante, le mot « brocoli » a souvent porté à confusion. Il a désigné pendant longtemps, les tiges terminées par des boutons floraux de tout type de chou. En Bretagne, on vend sur le marché des « bricolins » désignant les pousses en boutons de choux fourragers (Marchenay & Berard, 2008). On trouve beaucoup de landraces de brocolis à jets en Italie. Avant le développement des variétés modernes, on trouvait le « calabrese », probablement originaire de Calabre.

Dans le cadre de SOLIBAM, une variété locale de brocoli à jets remarquable pour son goût rentre dans une stratégie de sélection pilotée par l'Université de Pérouse en essayant de créer des populations synthétiques de ce type adaptables en France et en Grande-Bretagne. Au niveau français, nous ajoutons une question plus ouverte sur la forme, la couleur et le goût pour ce groupe de l'espèce *Brassica*



*oleracea*. Est-il possible de créer un brocoli à bon goût et beau, facile à cultiver et à récolter (le brocoli à jets est très cher en main d'œuvre à la récolte) ? Nous avons formé une équipe pour développer ce programme de création de diversité puis de création variétale sous deux formes d'organisation complémentaire :

- La sélection participative avec les partenaires de la PAIS (et IBB, inter Bio Bretagne) et Kaol Kozh (l'association semences issue du premier programme CIAB). Mathieu Conseil, animateur du premier programme CIAB, le reste également pour ce projet.
- La sélection par un semencier privé, Gautier semences, qui reste une entreprise familiale et avec qui les paysans collaborent très facilement. Frédéric Dalmon, sélectionneur de chou-fleur dans l'entreprise, fut un de mes stagiaires sur les stérilités mâles à l'UMR APV.

L'ITAB fait partie de cette équipe pour faire le lien avec tous les acteurs de la filière.

En effet, les maraîchers en sélection participative collaborent facilement avec les entreprises familiales ou artisanales de sélection. Ils ont besoin d'une gamme très large de variétés et même s'ils sont organisés en association, ils sont loin de couvrir tous leurs besoins. L'intérêt est d'aussi d'interagir avec un semencier privé chez qui, les normes DHS, restent les seules imposées pour l'inscription. Nous essayons de construire avec eux des variétés qui garderont une diversité interne pour favoriser l'adaptation et nous travaillerons en parallèle à faire reconnaître ce type de variétés au niveau réglementaire. Nous aurons ainsi pour la même espèce deux cas de situations juridiques (colonnes 3 et 4 du tableau 10, résultats de Farm Seed Opportunities).

L'originalité de la démarche de sélection est d'introduire le critère goût dès le début du programme qui consiste à créer une population synthétique issue de croisements entre origines différentes, chacune ayant un ou deux critères intéressants les sélectionneurs : un brocoli à jets « di cicco » pour son goût, un brocoli à forme moderne exempt de stérilité mâle, un brocoli du cap (violet et tardif), des choux-fleurs violets (bons, beaux et roses, à très petits grains – forme intermédiaire entre brocoli et chou-fleur). Au départ les croisements deux à deux sont suivis individuellement pour étudier la transmission du caractère goût sur les premières générations (voir thèse Camille Vindras, annexe 3).

La thématique du brocoli émerge à plusieurs WPs de SOLIBAM. Je citerai en particulier l'étude moléculaire du processus d'adaptation sur les populations italiennes, à l'Université de Pérouse, suivi avec des marqueurs de méthylation. Une continuité avec mon travail plantes aberrantes est assurée avec une interaction spécifique avec l'équipe de Maria Manzanares et les résultats obtenus lors de la thèse de Armel Salmon que je co-encadrais [A9].

Le lien avec le département SAD va être méthodologique, pour nous aider à dégager clairement dans le suivi du travail de thèse de Camille, la méthodologie de mise en œuvre d'outils d'aide à la décision dans un processus de sélection participative.

### 2.3 Caractérisation du comportement de populations aux structures génétiques variées optimisant les pratiques dans les terroirs, cas du blé

Cette question de SOLIBAM (WP4) est directement issue du programme PaysBlé. Le projet régional PaysBlé contenait en germe plusieurs thématiques développées aujourd'hui dans SOLIBAM : comment la diversité au sein des populations optimise le lien au terroir, comment adapter en même temps pratiques culturales et populations végétales, quelle incidence sur la qualité du produit ? Elle a été construite par les apports de disciplines très diverses (génétique, agronomie, écologie, microbiologie).

Elle a cependant été la plus difficile à mettre en action : une « culture scientifique » du pluridisciplinaire demande du temps pour prendre réalité sur le terrain et dans les questions de recherche traitées de façon collective. Les expérimentations de ce WP constituent le principal « pont thématique » entre la SP et les thématiques de mes collègues agronomes et écologues du SAD.

Cette thématique peut se décliner à deux niveaux de réflexion :

- La population cultivée : comment construire et gérer la diversité intravariétale, à partir de quel fonds génétique ?
- La population en interaction avec l'agro-écosystème : études des pratiques culturales (travail du sol, contrôle de l'enherbement, mulching...), des associations d'espèces et du milieu biotique (micro-organismes du sol, lombric, insectes dans et autour de la parcelle cultivée).

L'intérêt des mélanges de variétés est connu depuis longtemps. Les premiers travaux sur les céréales datent des années 20 mais leur mise en pratique est limitée par la réglementation sur les semences actuelle. Chez les céréales, les effets positifs de la diversité sous différentes formes (mélanges de variétés, composites cross populations...) sont mentionnés dans de nombreuses publications (Finckh et al. 2000 ; Mille et al. 2006 ; Wolfe 2000 ; Wolfe et al, 2008) et la capacité adaptative des populations évoluant avec leur environnement a déjà été décrite (Goldringer et al 2006 ; Rhoné et al, 2008).

Le projet PaysBlé, arrivant en dernière année en 2012, met en comparaison trois types de populations : une variété moderne, une population de blé « ancien » (ou landrace, en anglais) et une population dynamique composée de 11 populations/variétés (Mercier, 2010). Cette expérimentation n'était certes pas suffisante pour obtenir des conclusions sur ces 3 types de population végétale. Le but était de regarder dans le détail comment elles se comportaient tout au long de leur cycle et quelles étaient leurs composantes de rendement dans des milieux très contrastés et des pratiques aussi très différentes. L'ambition d'un tel dispositif n'était pas de relier les causes et les effets mais de cerner la gamme de variation pour un maximum de critères de chacun des types de variétés dans les conditions de six fermes bio/ paysannes et sur deux années consécutives. Outre, les données acquises sur les plantes, nous accumulons des données sur le milieu :

- Observation des symbioses mycorhiziennes sur les 3 types de variétés sur les 6 sites (collaboration avec Manuella Giovannetti (Università di Pisa)
- Observation des populations de lombrics avec l'équipe de Daniel Cluzeau (Unité EcoBio, université de Rennes1)
- Observation des plantes adventices avec les collègues du SAD-Paysage (dont Didier LeCoeur, Agrocampus),
- Observations des populations d'insectes dans et autour de la parcelle (Collaboration avec Marie Gosme, INRA Versailles et aide technique de Jean-Luc Roger, SAD-Paysage)

Ces observations seront poursuivies et enrichies d'année en année dans le cadre de SOLIBAM. L'idée est de cerner les critères les plus pertinents pour aborder la notion de performances des cultures et pour se donner des critères de caractérisation des populations en évolution pour suivre leur adaptation, et pour aborder également les traits spécifiques de cette adaptation selon les milieux et/ou les pratiques (lien avec WP1). Nous nous situons dans un cadre SAD où ces critères sont amenés à devenir des outils d'aide à la décision pour les paysans intéressés par sélection participative, qui doivent choisir leur stratégie de création/sélection de populations anciennes et/ou dynamiques. Avec les populations dynamiques les agriculteurs introduisent des populations au fonds génétiques très différents en même

temps dans leur parcelle. Une troisième voie est explorée par Isabelle Goldringer, et étudiée dans le WP dédié à la SP, l'évolution multi-caractère de populations hétérogènes créées par croisement et sélectionnées à la ferme. Une thèse dans son laboratoire étudiera également la variation de l'expression des caractères dans des environnements contrastés. Nous sommes dans une phase de recherche où nous accumulons les observations. Quelle source de diversité initiale est nécessaire à la stabilité des performances que nous recherchons ? Quelles modalités de gestion pourrions-nous conseiller aux paysans pour préserver le potentiel évolutif ?

Il faut considérer que les stratégies à développer sont certainement multiples et dépendront aussi du contexte socio-éco, des débouchés, marchés etc... . Nous ne recherchons pas une solution unique (type variétal x pratiques) mais un ensemble de stratégies possibles disponibles pour les paysans.

Une autre voie de recherche démarre timidement faute de moyens humains et face aux difficultés de mettre en place les expérimentations chez les agriculteurs : il s'agit de la co-sélection de céréales et de légumineuses. L'idée est de sélectionner ensemble les deux types de plantes en recherchant milieu par milieu les associations les plus favorables. Le temps de SOLIBAM ne sera pas suffisant pour obtenir des résultats probants. Un autre projet est en cours de montage avec l'ESA d'Angers, avec le laboratoire LEVA, animé par Joëlle Fustec, où l'ambition est de compléter puis de poursuivre les travaux SOLIBAM avec :

- étude d'interaction plante à plante entre blé et légumineuse avec un choix de cas étudiés à partir des dispositifs à la ferme. La mycorhization et son effet sur les interactions entre plantes sera aussi étudiée.
- étude de l'interaction sur quelques critères (à définir) la fixation symbiotique, la mycorhization, le rendement, la teneur en protéines de grains, le développement des adventices d'un grand nombre de légumineuses de plusieurs espèces de légumineuses et différentes structures génétiques de variétés de blé
- et un dispositif à la ferme en Bretagne et Pays de Loire pour comparer des variétés de blés et différentes modalités de création de diversité en co-sélection.

A terme, nous souhaitons avoir des critères pour mesurer un impact de la diversité cultivée sur les paramètres du milieu : quelles populations végétales favorisent la biodiversité dans le milieu, pour quel gain en retour en matière de performance de la culture ? Avec l'ESA d'Angers, nous espérons avancer sur le sujet et nous préparons un projet qui nous a été demandé par le Pôle Agronomique Ouest. Les légumineuses enrichissent le sol en azote par la rhizodéposition (Wichern et al. 2008, Fustec et al. 2010), et la complémentarité avec la céréale pour l'acquisition de l'azote est mesurée sur le rendement en grain comparé aux monocultures (Corre-Hellou et al. 2007, Hauggard-Nielsen and Jensen 2005). Aussi, les associations à base de légumineuses présentent aussi des avantages de modifier l'installation des adventices (Corre-Hellou et al. 2011) et l'interaction avec les microorganismes/insectes (et l'intégration de légumineuses dans les rotations ou en association peut aider au contrôle de la pression des bioagresseurs (Malézieux et al, 2009). Les paysans de nos réseaux se sont aussi lancés dans d'autres types d'association, telle cameline – blé. Certains réfléchissent aussi à la fonction « tuteur » des plantes compagnes pour les blés anciens qui atteignent facilement 1,50 et qui sont très sujets à la verse.

Toute cette thématique nous rapproche des agronomes qui dégagent plusieurs pistes de recherche après le Grenelle (Doré et al, 2011), très voisines de celles issues des questions de la SP :

- Mieux valoriser la diversité génétique des plantes cultivées ;

- À l'échelle parcellaire, assembler différemment dans le temps (succession de cultures, rôle des couverts d'interculture) et dans l'espace (mélanges variétaux, cultures annuelles associées, agroforesterie, plantes de service) les couverts végétaux ;
- Mobiliser aux échelles parcellaire comme régionale les régulations biologiques (régulation naturelle des communautés de bioagresseurs, valorisation des organismes « ingénieurs de l'éco-système » comme les lombrics, orientation des communautés de microorganismes telluriques vers des fonctions positives) ; ...

## 2.4 Suivi des propositions réglementaires et l'interaction avec les décideurs

Le chantier réglementaire demandera encore de longues années pour aboutir. La variété DHS est omniprésente dans les esprits des décideurs même si tout le monde conçoit que des aménagements doivent être proposés pour mieux couvrir les besoins « environnementaux ».

Nos programmes de sélection visant à valoriser la diversité intravariétale aussi pour les variétés des semenciers, vont stimuler la réflexion sur la nécessité d'un catalogue ou d'un aménagement du catalogue pour permettre la commercialisation de variétés non homogènes mais dont l'hétérogénéité est « stabilisée » par une reproduction à l'identique [A17].

Le nouveau texte de loi de fin 2010 (paragraphe 3.6.3) montre bien qu'à aucun moment le législateur français ne perçoit l'existence des variétés paysannes. Dans SOLIBAM, nous avons prévu une tâche complètement dédiée aux propositions réglementaires car tout notre travail restera limité dans ses applications si une place légale n'apparaît pas pour des « variétés » hétérogènes et/ou la reconnaissance du système informel. Les paysans souhaitent un minimum de définition légale de la variété paysanne pour en protéger l'éthique.

Les semences paysannes se distinguent des semences "industrielles" par leur processus de sélection, de multiplication et de conservation (pratiques techniques et sociales). Les paysans du Réseau Semences Paysannes ont esquissé une première liste d'éléments qualifiant la semence paysanne

- toujours liée de plus ou moins près au champ de production agricole des paysans,
- sélection d'une manière qui s'effectue naturellement par multiplication et/ou par recombinaison naturelle,
- multiplication et conservation : multiplications successives en pollinisation libre dans les champs des paysans.

Un minimum de connaissance « historique » de la variété est nécessaire (nom du ou des paysans, lieu et région, historique). Cette première approche exclut toutes les biotechnologies et les hybrides F1. Donc une semence paysanne est nécessairement reproductible et issue d'une variété population non inscriptible au catalogue actuel.

Les systèmes semenciers informels sont situés entre la législation sur les variétés et celles sur les ressources génétiques. Dans le cadre de Farm Seed Opportunities<sup>32</sup>, nous avons discuté une stratégie pour la mise en application de l'article 6 du Traité International sur les Ressources Phytogénétiques pour l'Alimentation et l'Agriculture (TIRPAA), traité signé par l'Union Européenne et ses membres en 2004. Cet article est obligatoire pour les signataires et concerne toutes les cultures. Il existe aussi un débat sur les droits des paysans (article 9) aux niveaux régional et international comme

---

<sup>32</sup> Voir site [www.farmseed.net](http://www.farmseed.net)

- la promotion et l'utilisation des variétés locales et des espèces peu usitées concourent à la protection des savoirs locaux (Article 9.2(a))
- l'augmentation du choix variétal des agriculteurs grâce à la sélection participative contribue au partage des bénéfices non-matérielles (Article 9.2(b)). Par conséquent, une stratégie s'appuyant sur le système semencier informel et ses variétés doit conforter le développement de la sélection participative afin d'aider les agriculteurs à répondre à leurs besoins, en leur facilitant l'accès aux ressources génétiques et en élargissant le champ des espèces disponibles. Toutes ces actions sont avantageuses pour les agriculteurs.
- enfin, la promotion d'une diversité de systèmes agricoles par des législations qui soutiennent les systèmes semenciers informels renforcera les échanges, l'utilisation et la vente de semences fermières en accord avec l'article 9.3.

Pour compliquer encore la situation réglementaire, il faut aussi composer avec les exigences de la certification en AB. Actuellement, nous sommes bloqués au sein des associations semences pour partager le travail de production de semences avec les jardiniers pour les paysans bio. Le statut d'association permet « les échanges » de semences qui ne deviennent qu'un partage des biens de l'associations mais ne résout pas le problème de la certification. Pour cet aspect, il conviendra de négocier des systèmes de certification participative à moins que les organismes certificateurs aient d'autres suggestions.

**Le rôle du chercheur, dans ce dédale réglementaire, est de réunir des données concrètes aux législateurs et d'apporter des arguments scientifiques pour justifier l'intérêt de légiférer en faveur de la diversité.**

Un projet vient juste de démarrer, et je vais aussi en assurer la coordination. Devant le découragement des partenaires paysans et associatifs lors de la sortie de la loi sur les CVO (Contribution Volontaire Obligatoire) en novembre, nous avons déjà l'outil pour la concertation avec les décideurs français. Il s'agit du projet ReSoRIV (Reconnaissance sociale et réglementaire de l'innovation variétale par la sélection participative pour les agricultures biologique et paysanne) financé par le MEDDTL<sup>33</sup> qui offre un cadre d'échange et de proposition. D'une façon générale et partout dans le monde, les agriculteurs des agricultures vivrières ou à petites échelles, les premiers à pratiquer l'agroécologie, sont marginalisées dans les décisions politiques (de Schutter et Vanloqueren, 2011), donc notre rôle dépasse notre simple fonction de chercheur.

### 3- Stratégies - Organisation de la recherche

Dès qu'on aborde l'agroécologie, le pas de temps de la recherche s'allonge considérablement et l'espace nécessaire pour la conduire (Vanloqueren et Baret, 2009). Mes dix premières années en sélection participative peuvent paraître peu productives en matière de publications (de rang A). Par contre, elles furent l'occasion de nombreuses communications en congrès tant le sujet interpelle et appelle à partager ses expériences. La dernière occasion fut au congrès IFOAM en Corée (en septembre 2011) où une pré-conférence de deux jours fut entièrement consacrée aux semences avec une très

---

<sup>33</sup> Cadre de l'appel d'offre :REPERE2 « Réseau d'échange et de projets sur le pilotage de la recherche et l'expertise », Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des transports et du Logement (MEDDTL)

large part pour les semences paysannes. Les paysans coréens et les chercheurs qui les accompagnaient parlaient avec enthousiasme de leurs semences « natives ». L'organisation des essais d'exploration de la diversité étaient très semblables à ceux qu'on observe dans les fermes françaises (Ahn, 2011). J'y ai aussi retrouvé une collègue indienne (Kalyanasundaram, 2011) qui a démarré en même temps que nous au début des années 2000. Nous avons déjà partagé nos "début" au congrès IFOAM de 2005 à Adelaïde. En 2011, elle rapportait comment elle avait fait évoluer son programme, en expérimentant des nouvelles pratiques culturales pour les riz paysans déjà sélectionnés et multipliés par les paysans depuis quelques années. Dans le workshop de conclusion (« The relationship between organic farming and indigenous plant genetic resources »), la relation entre l'AB et les semences locales semblait à privilégier prioritairement. Un défi a été lancé vers les scientifiques à qui il revenait d'animer les échanges au niveau international : SOLIBAM et son consortium ont été particulièrement interpellé pour se mobiliser avec les forces d'IFOAM et ECO-PB<sup>34</sup> pour soutenir la démarche.

### 3.1 Une démarche nourrie par des projets de recherche aux origines variées et complémentaires

Au niveau français, ces dix premières de SP ont tissé un réseau complexe comprenant le monde paysan, les ONG associées à l'AB ou attachées à la sauvegarde de la diversité. **Le coeur de ma discipline de recherché « sélection et adaptation des populations végétales » est inextricablement lié à un contexte social de plus en plus mobilisé et moteur dans les projets.** Les chercheurs du SAD, réunis<sup>35</sup> pour préparer le projet du département pour les quatre années à venir, rapportaient dans leurs synthèses des discussions lors de l'atelier « Agroécologie pour l'action » : Il faut développer des méthodes et approches pour la mise en synergie des savoirs pratique et scientifique... Il y a des liens forts avec la priorité innovation. Il ne faut pas penser l'innovation indépendamment de ses finalités et du rapport au développement (Tichit et al 2011).

La conséquence est la sollicitation très forte pour répondre à des appels à projets pour concrétiser les idées issues des échanges. En 2011, nous avons atteint un rythme élevé de dépôts atteignant une moyenne d'un projet par mois avec un taux de réussite atteignant 9/12. Sur les trois non financés, deux sont reconnus intéressants à redéposer au printemps avec quelques modifications. Ils ont tous une cohérence les uns avec les autres pour faire progresser notre vision de l'AB en France et en Europe. Le seul recalé avec aucun recours est un projet européen sur la coexistence des cultures OGM et cultures non OGM en Europe. Nous avons réuni les acteurs particulièrement concernés par sujet, mais probablement trop ! Son projet homologue déposé au ministère de l'Ecologie pour la France a été accepté mais bloqué à ses débuts par notre institut à cause du partenariat, déclaré « peu objectif » sur le sujet ....

Le dernier projet accepté "Plant breeding for an EU Bio-Based economy 2020 : the potential of public sector an public/private partnerships " pour la commission européenne, et coordonné par Daniel Traon, responsable du bureau Arcadia qui avait déjà mené l'enquête « Better regulation » sur la réglementation semences et dont les conclusions sont arrivées en même temps que celles de Farm Seed Opportunities (FCEC, 2008). Ce projet où je dois positionner les intérêts de la sélection participative et les efforts (à promouvoir) de la recherche publique en la matière, est une opportunité

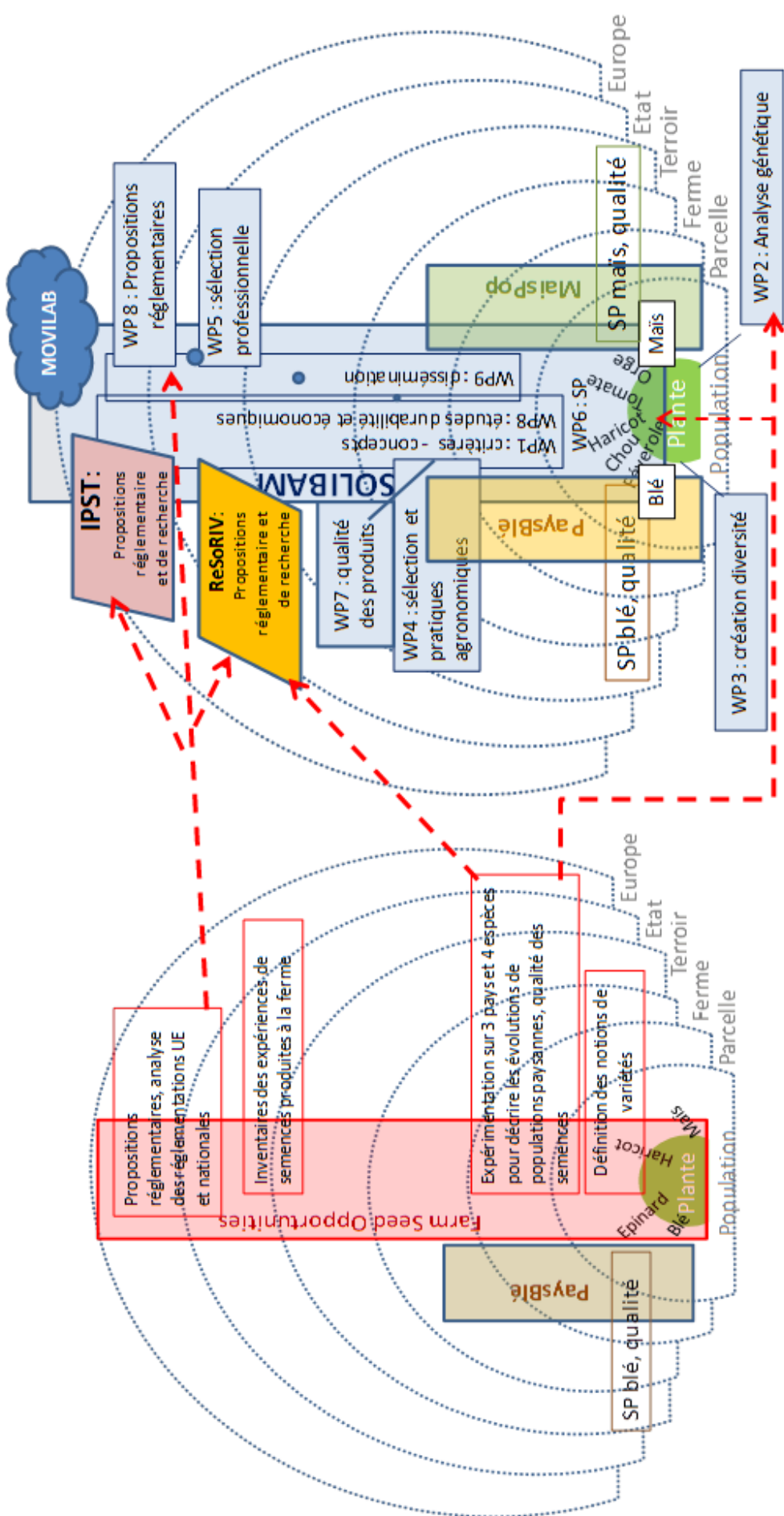
---

<sup>34</sup> ECO-PB : European Consortium for Organic Plant Breeding (ECO-PB) créé en 2001 <http://www.ecopb.org/>

<sup>35</sup> Journées scientifiques du SAD 2011, Lyon –Valpré – 13-14 septembre 2011

**ENCADRE 6 :****Projets de recherche de 2005-2012**

Nom du projet - type	Objectifs / WPs / Etapes
<b>Projet achevé</b>	
<b>UE : Farm Seed Opportunities (2007-2010)</b> Opportunities for farm seed conservation, breeding and production 12 partenaires, 6 pays	WP1 : attentes des acteurs, définitions des concepts, analyse des testes réglementaires WP2 : expérimentations sur 3 pays, 4 espèces dans un réseau de 30 fermes WP3 : qualité des semences produites à la ferme WP4 : analyse des marchés - propositions réglementaires - communication
<b>Projets en cours</b>	
<b>Bretagne : PaysBlé (2009-2012)</b> Développement d'un réseau régional pour expérimenter, maintenir et promouvoir la diversité cultivée des blés de terroir bretons en agriculture biologique 5 partenaires	Etape 1 : recherche variétés locales, enquête, construction du dispositif d'expérimentation ; séminaire chercheurs/paysans/société civile Etape 2 : expérimentations champ, SP, mise au point expé boulange et qualité Etape 3 : expérimentations champ, boulange, qualité, communication
<b>UE : SOLIBAM (2010-2014)</b> <b>Strategies for Organic and Low Input Breeding and Management</b> 23 partenaires, 12 pays	WP1 : identifier les caractères spécifiques de l'adaptation et de la performance en AB et FI - caractérisation diversité des situations en Europe. WP2 : développer des outils moléculaires d'évaluation de la diversité et de son évolution WP3 : créer de la diversité à partir de différentes stratégies WP4 : quantifier les interactions entre la sélection et les innovations en matière de conduite des cultures, sur des aspects nutritionnels, organoleptiques et pour la transformation. WP5 : comparer l'efficacité des différentes voies de sélection pour déterminer les meilleures stratégies de création de variétés pour l'AB et le FI WP6 : développer des méthodes de recherche participative avec les agriculteurs en relation avec les besoins des marchés locaux. WP7 : méthodes d'évaluation des qualités nutritionnelles et organoleptiques WP8 : mesurer les impacts de ces stratégies sur l'environnement, la qualité des aliments, la rentabilité des innovations pour faciliter leur adoption par les consommateurs et proposer une législation adaptée WP9 : communication et dissémination.
<b>National : ReSoRIV (2011-2013)</b> Réseau d'échange et de projets sur le pilotage de la recherche et l'expertise 2 partenaires + associés	Etape 1 : Elaboration et diffusion de fiches de synthèse des projets en sélection participative déjà menés ou en cours Etape 2 : séminaire préparatoire avec représentants des institutions Etape 3 : « classe verte » avec l'ensemble des acteurs de la SP et les institutions législatives, de recherche et politiques
<b>Bretagne : MaisPop (2012-2014)</b> "Développement d'un réseau régional pour expérimenter et promouvoir la diversité du Maïs « population » en Bretagne » Coordination : ADAGE 35, 2 partenaires	Etape 1 : créer le groupe et définir son organisation en Bretagne en lien avec les autres expériences françaises Etape 2 : créer un dispositif d'expérimentation en FI et AB, selon les protocoles définis collectivement : décrire le processus d'adaptation, mise au point des méthodes de sélection à la ferme et production de semences, qualité des produits Etape3 : formation et communication
<b>UE : IPST (2012)</b> Plant breeding for an EU-Bio Based economy 2020 : the potential of public sector and public/private partnerships Coordination : Arcadia international – Bruxelles - Groupe de 8 experts	Etat des lieux de la sélection en Europe en lien avec l'implication des institutions publiques et privés – prospectives – Place de la sélection participative
<b>National : MOVILAB (2012-2013)</b> Recherche ingénierique pour le déploiement d'un dispositif d'incubateurs de modes de vie durables <i>in vivo</i> ; Coordination : SKEMA - 2 partenaires + organisations associées	Etape 1 : biblio – enquête – études méthodologiques Etape 2 : terrain, expérimentation sur chaque site pilote Etape 3 : analyse et exploitation des données – propositions territoriales



2007-2010

Début 2012



pour relier nos efforts en matière de réglementation, de propositions de recherche en sélection participative qui seront issues de ReSoRIV et de SOLIBAM.

Même si la nécessité de communiquer avec les instances de décision semblent primordiales, je ne perds pas de vue l'intérêt d'ancrer fortement ce travail dans l'action sur le terrain et l'avant-dernier projet accepté est MaisPop<sup>36</sup>, de l'appel à projet ASOSC breton, l'équivalent de PaysBlé, concrétise cette volonté.

D'autres projets sont en gestation. La plus importante source de financement, mais aussi d'interactions scientifiques stimulantes pour développer nos actions, reste la commission européenne. Nous avons déjà discuté de la suite de SOLIBAM au moment du Kick off meeting du projet en proposant d'intégrant l'arbre et l'agroforesterie aux projets pour l'AB. Il faut au moins deux ans entre l'écriture la première ligne d'un projet européen et son financement. Ainsi, 2012 est l'année où il faut préparer concrètement la suite de SOLIBAM qui s'achèvera en fin 2014. Lors du récente discussion avec notre « scientific officer » de Bruxelles, elle me confirmait qu'un tel appel à projet se profilait. Elle ajouta que pour étudier un système agro-écologique dans toute sa cohérence, il ne fallait pas oublier les productions animales !!! Et justement, le SAD Paysage a récemment acquis des compétences en production animale...

## 3.2 Ma position d'ingénieur de recherche en perspective

### La définir ?

#### *a) Un apprentissage de la pluridisciplinarité ?*

En conclusion d'un article de synthèse sur l'approche scientifique de l'agroécologie, des collègues français mettaient l'accent sur son caractère interdisciplinaire et appliqué :

In spite of the existence of different approaches and definitions, the new views and dimensions brought into agroecology as a scientific discipline will help facilitate the efforts to respond to the actual challenges of agricultural production, because of increasingly applied systems thinking and interdisciplinary research approaches.(Wezel et al 2009)

La pluridisciplinarité est à la base de nombreux WPs dans SOLIBAM, et nous avons prévu une tâche spécifique, dont je suis responsable, pour la valorisation scientifique de ces travaux pluridisciplinaires. Une étape importante est de partager un vocabulaire commun, et ce n'est pas chose facile quand on associe des sciences génétiques, agronomiques et sociales, des chercheurs et des praticiens. Ce travail est à faire entre scientifiques mais aussi entre scientifiques et partenaires professionnels..

#### *b) Une recherche-intervention ?*

Keith Warner, très impliquée dans la promotion de recherche participative en Californie pour le développement de l'agroécologie part du principe que les dispositifs localisés d'action collective vont permettent aux agriculteurs et aux chercheurs d'apprendre sur les conditions écologiques locales afin de les valoriser (Warner, 2006). Dans un autre article, elle précise : "Agroecology is more than merely the promotion of new technologies or practices, but rather a fresh understanding of how to optimize

---

<sup>36</sup> Action pour l'Appropriation Sociale des Sciences (461-ASOSc) \_ MaisPop (Développement d'un réseau régional pour expérimenter et promouvoir la diversité du Maïs « population » en Bretagne)

the configuration of biological and technological components of farming systems informed by ecological principles”. (Warner 2008).

Elle reste néanmoins surtout attachée aux actions même si elles sont sous-tendue par des principes écologiques, mais ne va pas jusqu’aux concepts.

**c) « Recherche expérientielle » : des aller-retour expériences – concepts ?**

Pour le développement future de l’AB, Ton Baars (2010) considère essentielle l’intégration des innovations des praticiens dans les programmes de recherche. Il a conceptualisé ce co-apprentissage et l’a désigné “recherche expérientielle”. Son approche intègre les sciences humaines et sociales, les science biologiques et agronomiques, et appartient au champ des recherches « transdisciplinaires ». Il observe un processus « bottom-up” réflexif et stimulé par une culture du dialogue, de l’égalité et des échanges mutuels. En « science expérientielle”, les savoirs implicites et les connaissances scientifiques sont également pertinents et nécessaires. La réconciliation des savoirs se manifeste par une alternance entre des stratégies déductives (à partir des éléments concrets et des connaissances formelles préexistantes) et le développement d’hypothèses pour de nouveaux savoirs acquis par des expériences ou l’intuition.

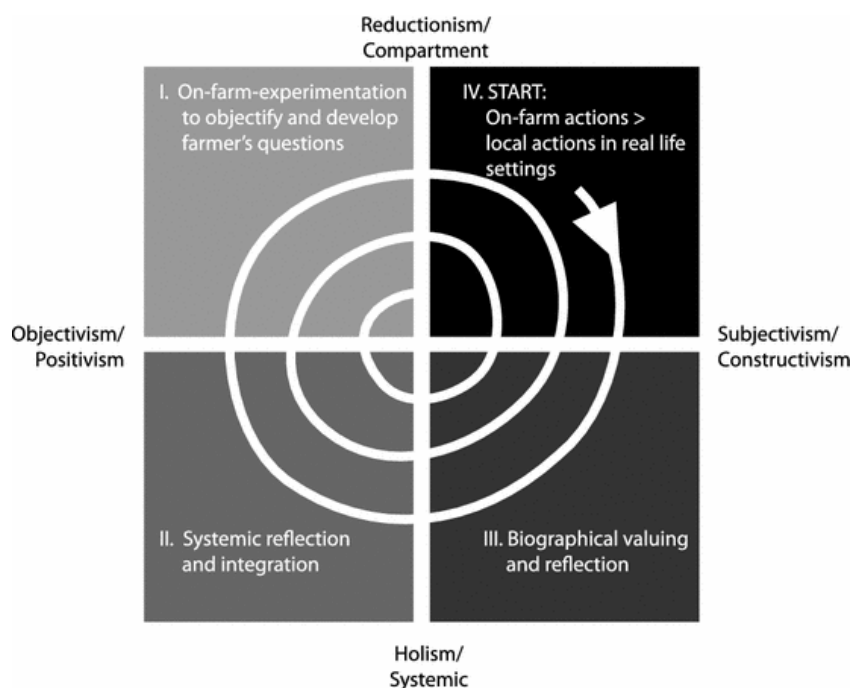


Figure 11 : The cyclic nature of experiential science begins by focusing on specific actions, performed by practitioners within real-life settings, that are new or different (quadrant IV). In evaluating these actions it is relevant to examine two levels of context; the personal, biographical (quadrant III) and the eco-systemic (quadrant II). Following reflection at these levels, on-farm experimentation provides for the new insights to be tested and developed (quadrant I). After a series of repeated reflections and experiments, the overall outcome is a stepwise growth in understanding of how the system is working as a whole (Baars, 2011).

Dans sa description de l’activité scientifique, même si Ton Baars introduit une phase de réflexion et d’intégration sur le fonctionnement du système, sa description de l’acquisition du savoir reste attachée au système étudié. Par notre expérience, je proposerai une flèche dans l’autre sens : l’accumulation des connaissances enrichit des concepts qui deviennent capables de sortir du système où ils ont été créés (la flèche de la figure 11 serait dans l’autre sens et la spirale finirait pas sortir du cadre). Cette sortie de cadre est décrite dans un concept de recherche ingénierique.

#### **d) « Recherche ingénierique » : faire émerger des connaissances scientifiques nouvelles**

Dans un projet récemment accepté, nous ambitionnons de décrire plus précisément l'activité scientifique qui associe des processus de co-création de connaissances sur le terrain et une activité conceptuelle pour définir les hypothèses attachées à un paradigme qui sous-tend un processus de développement de développement en rupture avec celui qui a créé la situation contemporaine. MOVILAB<sup>37</sup> « Recherche ingénierique pour le déploiement d'un dispositif d'incubateurs de modes de vie durables in vivo », coordonné par Christophe Sempels, Professeur de Stratégie et Développement Durable et Thanh Ngheim, ingénieure des Mines de Paris.

La recherche ingénierique implique les acteurs affectés par le changement dans la démarche de recherche, mais elle se distingue de la recherche-action "en imaginant un nouveau statut de "chercheur-ingénieur" qui conçoit l'outil support de sa recherche, le construit, et agit à la fois comme animateur et évaluateur de sa mise en œuvre dans les organisations, contribuant ce faisant à l'émergence de représentations et de connaissances scientifiques nouvelles. (extrait texte du projet)

Le dispositif MOVILAB s'appuie sur des étudiants des grandes écoles et universités associées au programme, qui seront immergés en observation participante (démarche propre des anthropologues) pendant un an dans les sites pilotes, et un étudiant en thèse à la SKEMA qui supervisera l'ensemble. La recherche comportera deux volets, interagissant étroitement tout au long du projet : 1) une recherche théorique destinée à qualifier ces tendances de fond pour offrir une base robuste de compréhension des changements en cours et leurs implications macro, et 2) une recherche ingénierique destinée à bâtir un cadre opérationnel « d'incubation des modes de vie durables » partant du micro/local pour l'articuler au macro/global et permettre un changement à grande échelle. La sélection participative et paysanne sera l'un des modèles étudiés. Notre expérience sera ajoutée à d'autre pour décrire l'émergence de propositions de développement durable se positionnant en « rupture » du modèle de développement dominant. C'est la notion d'émergence qui différencie cette description de l'activité de recherche des précédentes.

### **3.3 Promouvoir la recherche ingénierique pour l'agroécologie (AB/FI)**

Outre les projets de recherche qui confrontent les différentes positions des chercheurs et concourent à l'affinage de la définition de notre « science », l'enseignement et l'encadrement des étudiants sont aussi une « école » où les échanges avec les jeunes qui sont proches de la vie professionnelle, sont très enrichissants. Beaucoup ont une conscience de l'urgence de promouvoir une approche agroécologique de l'agriculture. Ils ont été bercés avec les inquiétudes d'un monde devant affronter les conséquences de pollutions diverses et variées, les changements climatiques et ils voient arriver une crise économique déstabilisant les certitudes du mode de développement dominant.

Nous avons un grand nombre de candidatures spontanées pour effectuer un stage dans notre équipe. Il est amusant de constater que un certain nombre d'étudiants arrivent en pensant étudier la relation entre le chercheur et le paysan, comment ils construisent ensemble un nouveau projet de société. Nous passons du temps à leur expliquer que **notre travail au quotidien, bâti sur une confiance réciproque, est d'abord de rechercher des ressources, d'observer des plantes, des populations, le milieu où elles**

---

<sup>37</sup> Projet RÉPONSE À L'APPEL À PROPOSITIONS DE RECHERCHE DU PROGRAMME MOVIDA du MEDDTL, durée 24 mois, avec un budget prévisionnel de 124 900 €(dont une contribution de 77 k€pour MOVIDA, coordonné par la SKEMA Business School et une équipe scientifique des Mines St Etienne

**poussent, pour accumuler des données, les interpréter pour bâtir l'agro-écosystème que nous avons choisi ensemble.** Le travail participatif est en filigrane et sous-tend tout le dispositif mais n'est pas accessible sur de courtes périodes. Nous travaillons chez les agriculteurs mais les échanges sont dans la durée dans une complicité établie sur la confiance réciproque.

### **Encadrement de jeunes ingénieurs/thésards et d'étudiants**

La création d'un poste d'ingénieur (d'abord attaché au programme Farm Seed Opportunities et prolongé dans SOLIBAM) est ma première expérience de transmission en matière de recherche participative. Depuis 2007, Estelle Serpolay, ingénieure de l'ESA d'Angers (et dont j'avais assuré le co-encadrement de son mémoire d'ingénieur sur la PAIS à Morlaix en SP) est ingénieure d'étude affectée totalement à la mise en place et la valorisation d'expérimentations en sélection participative. Elle assure d'une part l'accompagnement au jour le jour des agriculteurs et l'échange des informations et d'autre part, la collecte de données pour leur valorisation sous forme de publication scientifique. Cette description de la tâche paraît banale à première vue, mais bâtir une expérimentation à la ferme avec autant de conditions que de ferme et une multiplicité de contraintes différentes dans chaque ferme, demande un solide sens du compromis et de l'organisation. Son premier dispositif expérimental de PaysBlé a demandé 18 mois de préparation [C34]. Ses deux premières publications en premier auteur ont déjà été acceptées [A15, A16] en 2010 et 2011, d'autres sont en préparation.

Après cette première expérience, la seconde étape fut de favoriser la formation de jeunes chercheurs et ingénieurs à la pratique participative de la recherche par l'encadrement de masters et de thèses. Il s'agit de leur faire acquérir des compétences disciplinaires tout en travaillant dans la pluridisciplinarité. Au printemps 2010, j'ai aussi acquis le statut de maître d'apprentissage à l'INRA suite à la candidature d'ingénieurs en formation. L'apprentissage est bien adaptée à la recherche participative où le temps est nécessaire pour bien s'imprégner du contexte et établir des relations de confiance. Lucie, notre apprentie, partage son temps INRA entre les activités d'Estelle et les miennes. En particulier, je lui ai confié une mission de démarrage de sélection paysanne pour les plantes textiles. Elle découvre ainsi toutes les phases : (1) constitution du groupe d'acteurs intéressés, (2) recherche des ressources génétiques et (3) établir le passé en sélection des ressources concernées. Je n'avais pas encore pu transmettre le savoir-faire pour cette phase de la SP. Elle assure également le contact avec les paysans et autres acteurs de la filière. Le cas des plantes textiles (et aussi tinctoriales) est intéressant puisqu'il faut aussi considérer la transformation avec des acteurs différents des paysans. En outre, d'un point de vue socio-économique, on part de loin avant de créer une filière textile locale. Actuellement, tous les textiles bio vendus en France font un détour par l'Asie !

Actuellement, nous démarrons la première thèse en partenariat avec l'ITAB (Institut Technique de l'Agriculture Biologique) financée avec une bourse CIFRE. La thématique est centrée sur la qualité des produits dans le cadre participatif de nos expérimentations, où les questions partent des acteurs et les réponses seront directement apportées par l'interaction du thésard avec ces mêmes acteurs pour la « Construction d'un outil d'évaluation de la qualité sensorielle des produits pour la sélection participative : cas du blé et du brocoli ». L'organisation de cette première thèse a demandé beaucoup d'efforts pour mobiliser les compétences nécessaires à l'encadrement. Toutes les disciplines et acteurs du processus devaient être représentées. Le comité de thèse rassemble huit personnes. L'étudiant doit apprendre à composer avec les contraintes de deux disciplines principales : la génétique et l'analyse sensorielle. L'exercice est d'optimiser la démarche pour rester efficace sur les deux approches tout en la rendant accessible aux acteurs de la SP. (voir résumé du sujet en annexe 3)

Un deuxième sujet est en préparation sur le haricot, avec un partenariat semblable à celui de l'ITAB. L'institution partenaire est l'IBLA (Institut für biologische Landwirtschaft an Agrarkultur) en charge du développement de l'AB au Luxembourg. Le montage de cette thèse s'appuie aussi sur SOLIBAM pour le caractère pluridisciplinaire et la logistique d'expérimentation. Le thème sera "sélection participative et aspects microbiologiques, l'exemple des haricots". Ce sujet « Plant adaptation and plant health in a context of on-farm breeding of common bean (*Phaseolus vulgaris*) in European organic farms » est au carrefour de deux (voire trois) thématiques : adaptation des populations (génétique), aspects sanitaires et qualitatifs. La problématique a émergé des trois années Farm Seed Opportunities où les discussions ont été très animées pour les haricots à la fin du programme. L'objectif est de contribuer à la compréhension de relations fonctionnelles entre la "performance" de la culture et la santé des plantes avec les paramètres de l'écosystème, pour déterminer les critères les plus pertinents dans des conditions de sélection à la ferme, en tenant compte des besoins des acteurs, de la réglementation semences (contraignante pour le haricot) et de la conservation des ressources génétiques. Nous travaillerons avec un réseau d'agriculteurs et de producteurs de semences d'entreprises artisanales (Biaugerme en France et Semailles, Belgique-Luxembourg), français et luxembourgeois. Ce thème intéresse les partenaires de SOLIBAM engagés dans la réflexion du WP1 sur les critères de sélection et du WP6 de la sélection participative.

Un groupe de réflexion constitué par les thésards de SOLIBAM se met aussi en place pour les amener à partager leur expérience de recherche en agroécologie et sous une forme pluridisciplinaire, deux défis pour des jeunes chercheurs. Ils organiseront à l'aide de quelques chercheurs seniors leur premier workshop lors de la prochaine rencontre annuelle du programme à Rome, au printemps 2012.

## Conclusion

« Dans cette crise, la question de la relation à la nature et au vivant, qu'il soit animal ou végétal, est pourtant essentielle. Or la recherche n'a pas su y apporter un minimum d'explications et encore moins de réponse, alors même que la science portait une lourde responsabilité dans le bouleversement de la conception du vivant. On a mis la science du côté du progrès en oubliant qu'elle était aussi synonyme d'arrachement et de transformation de notre identité. Au final, c'est le deuil inachevé de cette identité perdue qui suscite des tensions très fortes aujourd'hui. Tout cela n'est pas l'écume des jours ou le clapotis des vagues : nous sommes en face de problèmes extraordinairement profonds qui sont loin d'être réglés (Hervieu, 2004) »

L'expression importante à retenir dans cette citation de Bertrand Hervieu est « conception du vivant ». C'est bien là le nœud, les différences de conception faussent les discussions sur les méthodes à retenir pour relever les défis agricoles à venir. Je rejoins le haut responsable de notre institution dans sa vision de problèmes très profonds qui sont loin d'être réglés. Je soutiens aussi le constat que la science dominante est associée à une conception particulière du vivant. Je ne parlerais pas de modification mais de création d'une conception nouvelle conférant une nature uniquement matérielle aux organismes vivants, justifiant toutes biotechnologies. Cette conception prend difficilement en compte toutes les dimensions relationnelles, toutes les formes d'interactions entre les organismes qui fondent une vision écologique de la vie.

Prenons un exemple : la notion de santé chez les plantes. La science dominante a conçu le terme de bio-agresseurs pour désigner l'origine des maladies sur une culture considérée. Elle va répondre en recherchant des formes de résistances pour « limiter l'agression ». Une vision agro-écologique va voir dans la plante souffrante, un désordre au niveau global de l'agro-écosystème considéré. Elle cherchera préférentiellement des solutions dans l'environnement de la plante et non seulement dans la plante elle-même. Selon une conception du vivant ou une autre, la stratégie sera complètement différente voire opposée. L'émergence d'un nouveau paradigme revendiquée par de nombreux auteurs sous-entend le retour au sensible, qualité propre au vivant, et de redevenir capable d'une relation avec la nature qui nous entoure. Les paysans-sélectionneurs parlent parfois de la sélection de leurs populations comme d'un compagnonnage : « Parce que moi, je ne sais rien du blé, c'est le blé qui m'apprend tout » (JF Berthelot, « paysan-boulangier-chercheur », in Bonneuil et Thomas, 2009).

Ma place de chercheur investie en recherche participative pour les agriculture biologique et paysanne dans une institution publique, a été parfois délicate à gérer au quotidien. Ma position m'oblige à faire référence à un système de pensée tout en sachant qu'il faut en préparer un autre qui, petit à petit, rejoindra celui des paysans qui fonctionnent entièrement dans cet autre. J'ai expérimenté plusieurs formes de recherche (recherche fondamentale, recherche-action, recherche participative) et pour terminer par quelque chose qui se rapproche d'une recherche-ingéniérique. Les trois premières formes positionnent le chercheur par rapport aux destinataires de sa recherche, on cherche à exprimer dans la dernière, la recherche-ingéniérique, un processus d'émergence de connaissances étayant de nouveaux concepts.

Je rappellerai les objectifs que la direction de l'INRA nous a donné pour les dix ans à venir. Ils sont déjà mon quotidien depuis 10 ans (à l'exception des approches prédictives en biologie !) :

**L'Inra pour cela ...doit évoluer.** Evoluer, avec quelques objectifs forts pour les dix ans à venir.

Dix ans pour devenir un acteur de la recherche internationale, mobilisée par les grands défis mondiaux du millénaire.

Dix ans pour progresser en agro-écologie et sur les approches prédictives en biologie.

Dix ans pour co-construire avec les acteurs, professionnels comme associatifs ou territoriaux, des trajectoires d'innovation appropriables, durables et performantes.

Dix ans pour anticiper et contribuer à l'expertise publique en matière d'alimentation, d'environnement et d'agriculture.

Dix ans pour accompagner les innovations en travaillant leurs impacts sur les pratiques professionnelles et la société, et les conditions d'un accès ouvert à leur diffusion. »

Je terminerai par une anecdote. Je me suis présentée au concours d' « ingénieur Hors-classe » en 2010. D'entrée de jeu, avant toutes questions, le président de jury regarde mon dossier, lève les yeux et déclare : « Alors, Véronique, on est chercheur militant ? » Ce à quoi j'ai répondu : « pour développer des projets sur la biodiversité cultivée, l'agriculture biologique, la recherche participative au début des années 2000, il a bien fallu forcer quelques portes ». Finalement, est-ce du militantisme ou tout simplement, la passion du métier ?

## Références

- Ahn WS (2011) Korean native species collection plus their diffusion and exchange in the private sector- Preconference on seeds – IFOAM congress 26-27 September Korea.
- Albaladejo F, Casabianca F (1997) Introduction. *In* La recherche-action. Ambitions, pratiques, débats. C. Albaladejo F. Casabianca, éd. Etud. Rech. Syst Agraires Dev. 30: 7-10.
- Allen BW, Goodenough PW, Lee JSC, Rutherford PP (1986) Evolution of cauliflower types grown in Great Britain as indicated by the isoenzyme composition of the cauliflower curds. *Euphytica* 35 : 25-31.
- Astarini IA, Plummer JA, Lancaster RA, Yan G (2008) Identification of 'Sib' plants in hybrid cauliflowers using microsatellite markers, *Euphytica* 164: 309–316.
- Baars T (2011) Experiential Science; Towards an Integration of Implicit and Reflected Practitioner-Expert Knowledge in the Scientific Development of Organic Farming *J Agric Environ Ethics* (2011) 24:601–628.
- Badgley C, Moghtader J, Quintero E, Zakem E, Chappell MJ, Aviles-Vazquez K, Samulon A, Perfecto I (2007) Organic agriculture and the global food supply. *Renewable Agriculture and Food Systems*: 22(2): 86–108.
- Bechsgaard JS, Bataillon T, Schierup MH (2004) Uneven segregation of sporophytic self incompatibility alleles in *Arabidopsis lyrata*. *J Evol Biol* 17: 554–561.
- Béguin P, Cerf M (2009) Dynamique des savoirs, dynamique des changements, Editions Octares, Collection Travail et Activité humaine.
- Bellon MR, Berthaud J, Smale M, Aguirre JA, Taba S, Aragon F, Diaz J and Castro H (2003) Participatory landrace selection for on-farm conservation: An example from the Central Valleys of Oaxaca, Mexico. *Genetic Resources and Crop Evolution* 50: 401–416.
- Bellon S, Lamine C, Ollivier G, de Abreu LS (2011) The relationships between organic farming and agroecology. 17th IFOAM Organic World Congress. 26th September-4<sup>th</sup> October 2011 Seoul, Republic of Korea.
- Bellon S, Penvern S, Ollivier G, Debaeke P, Cabaret J (2011) Promouvoir des travaux sur l'AB dans un institut de recherche (INRA) : enseignements d'un collectif interdisciplinaire. Colloque "Transversalités de l'Agriculture Biologique". Strasbourg (FRA), 23 et 24 juin 2011.
- Berg G (2009) Plant–microbe interactions promoting plant growth and health: perspectives for controlled use of microorganisms in agriculture. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 84 (1): 11-18.
- Bombail V, Moggs JG, Orphanides G (2004) Perturbation of epigenetic status by toxicants. *Toxicology Letters* 149: 51–58.
- Bonneuil C, Demeulenaere É (2007) Vers une génétique de pair à pair ? L'émergence de la sélection participative, in CHARVOLIN Fl., MICOUD A. & NYHART L.K. (éd.), *Des sciences citoyennes ? La question de l'amateur dans les sciences naturalistes*, La Tour d'Aigues, L'Aube: 122-147.
- Bonneuil C, Thomas F (2009) Gènes, pouvoirs et profits. Recherche public et régimes de production des savoirs de Mendel aux OGM, Quae, Versailles.
- Brac de la Perrière BA, de Kochko P, Neubauer C, Storup B (2011) Visions paysannes de la recherche dans le contexte de la sélection participative : comment co-construire et mutualiser les connaissances sur les plantes? Collection Emergence PEUV, 62p.
- Brewbaker JL (1957) Pollen cytology and self-incompatibility systems in plants. *J. Heredity* 48: 271-277.
- Brugière N, Cui Y, Rothstein SJ (2003) Molecular mechanisms of self-recognition in Brassica self-incompatibility. *Trends in Plant Science* 5 (10): 1360-1385



- Cai Q, Guy CL, Moore GA (1996) Detection of cytosine methylation and mapping of a gene influencing cytosine methylation in the genome of Citrus. *Genome* 39: 235-2.
- Calame M (2007) Une agriculture pour le XXI<sup>e</sup> siècle : : manifeste pour une agronomie biologique. Éditions Charles Léopold Meyer. 154p.
- Charlesworth D, Kamau E, Hagenblad J, Tang C (2006) Trans-specificity at Loci near the self-Incompatibility loci in *Arabidopsis*. *Genetics* 172: 2699-2704.
- Chaux C, Foury C (1994) Ouvrage : Productions légumières, Tome 2 Légumes feuilles, tiges, fleurs, racines et bulbes. ed Tec et Doc Londres, Paris New york- Lavoisier.
- Cluzeau D (2002) La structuration de la recherche en agriculture biologique en Bretagne. INRA Website. Retrieved March 15, 2008, from <http://www.inra.fr/internet/projets/ciab/pdf/cluzeau.pdf>
- Corre-Hellou G, Brisson N, Launay M, Fustec J, Crozat Y (2007) Effect of root depth penetration on soil N sharing and dry matter in pea-barley intercrops given different soil N supplies. *Field Crops Research*, 103: 76-85.
- Crisp P (1982) The use of an evolutionary scheme for cauliflowers in the screening of genetic resources. *Euphytica* 31: 725-734.
- Darre JP (1997) Une condition de la recherche-action : la coopération sur la problématique et son évolution. *Etud. Rech. Syst Agraires Dev* 30 : 177-182. *In* La recherche-action. Ambitions, pratiques, débats. C. Albaladejo, F. Casabianca , éd. *Etud. Rech. Syst Agraires dev.* 30:183-196.
- De Schutter O, Vanloqueren G (2011) The New Green Revolution: How Twenty-First-Century Science Can Feed the World. (July-August 2011) *Solutions* 2 (4), <http://www.thesolutionsjournal.com>
- Deconchat M (2009) Résilience et systèmes socio-écologiques. <https://dynafor.toulouse.inra.fr/web/index.php/fre/Presentation/Cadres/Resilience-et-systemes-socio-ecologiques>
- Demeulenaere E, Bonneuil C, Balfourier F, Basson A, Berthelot JF, Chesneau V, Ferté H, Galic N, Kastler G, Koenig J, Mercier F, Payement J, Pommart A, Ronot B, Rousselle Y, Supiot N, Zaharia H, Goldringer I (2008) Étude des complémentarités entre gestion dynamique à la ferme et gestion statique en collection : cas de la variété de blé Rouge de Bordeaux. *Les Actes du BRG*, 7: 117- 138.
- Desclaux D, Nolot JM, Chiffolleau Y, Goze E, Leclerc C (2008) Changes in the concept of genotype 3 environment interactions to fit agriculture diversification and decentralized participatory plant breeding: pluridisciplinary point of view. *Euphytica* 163: 533–546.
- Divaret I (1999) Elaboration des bases de la gestion des ressources génétiques d'une collection de choux cultivés (*Brassica oleracea* L.) Thèse ENSAR, mention biologie-agronomie.
- Doré C, Varoquaux F (2006) Histoire et amélioration de cinquante plantes cultivées. Collection Savoir faire. Edition Quae, INRA, Cemagref, Cirad, Ifremer, Paris 812 pages.
- Doré T, Le Corre-Gabens N, Meynard JM (2011) Le Grenelle de l'Environnement : implications pour l'agronomie et les métiers d'agronomes *Revue AE&S* 1 (1): 3.
- Döring TF, Pautasso M, Finckh MR, Wolfe MS (2011) Concepts of plant health – reviewing and challenging the foundations of plant protection. *Plant Pathology* Article first published online: 13 JUL 2011. DOI: 10.1111/j.1365-3059.2011.02501.x
- Even MA (2009) L'IAASTD1 : une expertise internationale qui marque un changement de paradigme pour l'agriculture et le développement. *Analyses PROSPECTIVE ET ÉVALUATION* n° 6 - Avril 2009. Retrieved from [http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/\\_Analyse\\_6\\_IAASTD.pdf](http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/_Analyse_6_IAASTD.pdf), le 04 janvier 2012

- FAO (1999) Organic Agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. <<http://www.fao.org/unfao/bodies/COAG/COAG15/X0075E.htm>>.
- Finnegan EJ, Liang D, Wang MB (2011) Self-incompatibility: *Smi* silences through a novel sRNA pathway. *Trends in Plant Science*. 16 (5): 238-241.
- Fobis-Loisy I, Miege C, Gaude T. Molecular evolution of the *s* locus controlling mating in the brassicaceae. *Plant Biol (Stuttg)*. 2004 Mar-Apr;6(2): 109-18.
- Francis C, Lieblein G, Gliessman S, Breland TA, Creamer N, Harwood R, Salomonsson L, Helenius J, Rickerl D, Salvador R, Wiedenhoeft M, Simmons S, Allen P, Altieri M, Flora C, Poincelot R (2003) Agroecology: the ecology of food systems. *Journal of Sustainable Agriculture* 22: 99–118.
- Fustec J, Lesuffleur F, Mahieu S, Cliquet JB (2010) Nitrogen rhizodeposition of legumes. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 30: 57-66.
- Gallais A (2004) Evolution des concepts, méthodes et outils de l'amélioration des plantes. Actes du colloque « L'Amélioration des Plantes, continuités et ruptures ». Pierre Boistard, Claire Sabbagh et Isabelle Savini, éditeurs. Montpellier 17-18 Octobre 2002.
- Gates RR(1953) Wild cabbages and their effect on cultivation...*J. Genet.* 51: 363-372.
- Gaude T, Friry A, Heizmann P, Mariac C, Rougier M, Fobis I, Dumas C (1993) expression of self-incompatibility gene in a self-compatible line of *Brassica oleracea*. *Plant cell* 5: 75–86.
- Goldringer I, Prouin C, Rousset M, Galic N & I Bonnin (2006) Rapid differentiation of experimental populations of wheat for heading-time in response to local climatic conditions. *Annals of Botany* 98: 805–817.
- Hatakeyama K, Takasaki T, Suzuki G, Nishio T, Watanabe M, Isogai A, Hinata K (2001) The S Receptor Kinase gene determines dominance relationships in stigma expression of self-incompatibility in Brassica. *Plant J.* 26: 69–76.
- Hauggaard-Nielsen H, Jensen E (2005) Facilitative root interactions in intercrops, *Plant Soil* 27: 237–250.
- Hauser MT, Aufsatz W, Jonak C, Luschnig C (2011) Transgenerational epigenetic inheritance in plants. *Biochimica et Biophysica Acta* 1809: 459–468.
- Hervé Y, Olivier L, Chauvet M (1994) Les choux. 1994. Les choux. Sauve qui peut !, 6-7: 17-21. <http://www.inra.fr/dpenv/herves06.htm>
- Hervieu B (2004) L'amélioration des plantes, un domaine emblématique pour l'INRA : histoire, identité, horizons. Actes du colloque « L'Amélioration des Plantes, continuités et ruptures ». Pierre Boistard, Claire Sabbagh et Isabelle Savini, éditeurs. Montpellier 17-18 Octobre 2002 .
- Jaligot E, Rival A, Beulé T, Dussert S, Verdeil JL (2000) Somaclonal variation in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.): the DNA methylation hypothesis. *Plant Cell Rep*19:684–690.
- Kakutani T, Jeddelloh JA, Flowers SK, Munakata K, Richards EJ (1996) Developmental abnormalities and epimutations associated with DNA hypomethylation mutations. *Proceedings Of The National Academy Of Sciences Of The United States Of America* 93: 12406-12411.
- Kalyanasundaram V (2011) System of rice intensification as a tool for indigenous seed conservation and organic seed production. Preconference on seeds – IFOAM congress 26-27 September Korea.
- Kiers ET, Leakey RRB, Izac AM, Heinemann JA, Rosenthal E, Nathan D (2008) Agriculture at a crossroads. *Science* 320: 320–321.
- Kovalchuk I, Abranov V, Pogribny I, Kovalchuk O (2004) Molecular aspects of plant adaptation to life in the Chernobyl zone. *Plant Physiol* 135:357–363.

- Kovalchuk O, Burke P, Arkhipov A, Kuchma N, James SJ, Kovalchuk I et al (2003) Genome hypermethylation in *Pinus silvestris* of Chernobyl—a mechanism for radiation adaptation? *Mutat Res* 529:13–20.
- Kristiansen P (2006) Overview of organic agriculture. In *Organic Agriculture: A Global Perspective*, Edited by Paul Kristiansen, Acram Taji and John Reganold, CSIRO PUBLISHING, 2006, 484pp.
- Laine AL, Burdon JJ, Dodds PN, Thrall PN (2011) Spatial variation in disease resistance: from molecules to metapopulations. *Journal of Ecology* 99 (1): 96-112.
- Lammerts van Bueren ET, Jones SS, Tammd L, Murphy KM, Myers JR, Leifert C, Messmer MM (2011) The need to breed crop varieties suitable for organic farming, using wheat, tomato and broccoli as examples: A review. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences* 58: 193– 205.
- Lammerts van Bueren ET, Struik PC (2004) The consequences of the concept of naturalness for organic plant breeding and propagation. *Neth J Agric Sci* 52(1): 85–95.
- Lammerts van Bueren ET, Struik PC, Jacobsen E (2002) Ecological concepts in organic farming and their consequences for an organic crop ideotype. *Neth J Agric Sci* 50(1): 1–26.
- Lammerts van Bueren ET, Struik PC, Tiemens-Hulscher M, Jacobsen E (2003) Concepts of intrinsic value and integrity of plants in organic plant breeding and propagation. *Crop Sci* 43(6): 1922–1929.
- Lewis NL, Zhan S (2007) The plant genome's methylation status and response to stress: implications for plant improvement. *Current Opinion in Plant Biology* 10(3): 317-322.
- Louwaars N (2007) *Seeds of Confusion; The impact of policies on seed systems*. PhD dissertation, Wageningen, The Netherlands – with references – with summaries in English and Dutch.
- Malezieux E, Crozat Y, Dupraz C, Laurans M, Makowski D, Ozier-Lafontaine H, Rapidel B, de Tourdonnet S, Valantin-Morison M (2009) Mixing plant species in cropping systems: concepts, tools and models. A review *Agron. Sustain. Dev.* 29: 43–62.
- Marchenay P, Beérard L (2008) Variétés, savoir-faire, usages alimentaires : les cultures légumières locales dans L'inventaire du patrimoine culinaire de la France. In *Les légumes, un patrimoine à transmettre et à valoriser*. Actes du Colloque d'Angers, 7-9 septembre 2005. Ed. AFCEV. : 106-136.
- Marris V (2010) *Philosophie de la biodiversité. Petite éthique pour une nature en péril*. Eds Buchet, Chatel, Ecologie. 213p.
- McClelland, M, Nelson M, Raschke E (1994) Effect of site-specific modification on restriction endonucleases and DNA modification methyltransferases. *Nucleic Acids Research* 22: 3640-3659.
- Mercier F (2011) *Le blé bio...diversité*, Edition Réseau Semences Paysannes.
- Meynard JM (2009) Conclusion : Quelles priorités pour la R&D en agriculture biologique ? *Innovations Agronomiques* 4: 495-498.
- Mille B, Fraj MB, Monod H, de Vallavieille-Pope C (2006) Assessing four-way mixtures of winter wheat cultivars from the performances of their two-way and individual components. *European J Plant Pathology* 114: 163-173.
- Molinier J, Ties G, Zipfel C, Hohn B (2006) Transgeneration memory of stress in plants. *Nature* 442(31): 1046-1049.
- Nasrallah JB, Liu P, Sherman-Broyles S, Schmidt R, Nasrallah ME (2007) Epigenetic mechanisms for breakdown of self-incompatibility in interspecific hybrids. *Genetics* 175: 1965-1973.
- Nasrallah JB, Nasrallah ME (1993) Pollen-stigma signalling in the sporophytic self-incompatibility response. *Plant Cell* 5: 1325-1335.

- Nasrallah JB, Nishio T, Nasrallah ME (1991) The self-incompatibility genes of Brassica: expression and the use in genetic ablation of floral tissues. *Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol* 42: 393-422
- Ockendon DJ (1975) The S-allele collection of *Brassica oleracea*. *Incompatibility Newsl.* 5: 82-84.
- Østergård H, Finckh Mr, Fontaine L, Goldringer I, Hoad Sp, Kristensen K, Lammerts Van Bueren Et, Mascher F, Munk L & Wolfe Ms (2009) Time for a shift in crop production: embracing complexity through diversity at all levels. *J Sci Food Agric* 89: 1439–1445.
- Pelletier G, Ferrault M, Lancelin D, Boulidard L (1989) CMS Brassica oleracea cybrids and their potential for seed production. XIIth EUCARPIA Congress. Göttingen 11/7, Vortrage fur Pflanzenzuchtg: 15.
- Pelletier G, Primard C, Vedel F, Chetrit P, Remy R, Rousselle P, Renard M (1983) Intergeneric cytoplasmic hybridization in Cruciferae by protoplast fusion. *Mol Gen Genet* 191: 244–250.
- Rhoné B, Remoue C, Galic N, Goldringer I, Bonnin I (2008) Insight into the genetic bases of climatic adaptation in experimentally evolving wheat populations. *Molecular Ecology* 17: 930–943.
- Roussel V, Koenig J, Beckert M & F. Balfourier (2004) Molecular diversity in French bread wheat accessions related to temporal trends and breeding programmes. *Theor Appl Genet* 108: 920–930.
- Sato K, Nishio T, Kimura R, Kusaba M, Suzuki T, Hatakeyama K, Ockendon DJ, Satta Y (2002) Coevolution of the S-Locus Genes SRK, SLG and SP11/SCR in *Brassica oleracea* and *B. rapa*. *Genetics* 162: 931–940.
- Sherman-Broyles S, Boggs N, Farkas A, Liu P, Vrebalov J, Nasrallah ME Nasrallah JB (2007). S Locus Genes and the Evolution of Self-Fertility in *Arabidopsis thaliana*. *The Plant Cell* 19: 94-106
- Snogerup (1980) The wild forms of the *Brassica oleracea* group (2n=18) and their possible relations to the cultivated ones. In : Tsunoda S., Hinata K., Gomez-Campo C. (Eds), *Brassica crops and wild allies, biology and breeding*, Japan Scientific Societies Press, Tokyo, Japan : 121-132.
- Sutherland JE, Costa M (2003) Epigenetics and the environment. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 983: 151–160.
- Thomas M, Dawson JC, Goldringer I, Bonneuil C (2011) Seed exchanges, a key to analyze crop diversity dynamics in farmer-led on-farm conservation. *Genet Resour Crop Evol* 58: 321–338.
- Tichit M, Bellon S, Deconchat M (2011) Synthèses des discussions lors de l’atelier « Agroécologie pour l’action » des journées scientifiques du SAD 2011 et idées complémentaires. Doc interne INRA SAD.
- Uyenoyama MK (1995) A generalized least-squares estimate for the origin of sporophytic self-incompatibility. *Genetics* 139: 975–992.
- Vanloqueren G, Baret PV (2009) How agricultural research systems shape a technological regime that develops genetic engineering but locks out agroecological innovations. *Research Policy* 38: 971–983.
- Warner KD (2006) Extending agroecology: Grower participation in partnerships is key to social learning. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 21: 84-94.
- Warner KD (2008) Agroecology as Participatory Science: Emerging Alternatives to Technology Transfer Extension Practice Science, *Technology & Human Values* November 2008 33: 754-777.
- Wichern F, Eberhardt E, Mayer J, Joergensen RG, Muller T (2008) Nitrogen rhizodeposition in agricultural crops: methods, estimates and future prospects. *Soil Biology & Biochemistry* 40, 30–48.
- Wolfe MS (2000) Crop strength through diversity. *Nature* 406: 681-682.
- Wolfe MS, Baresel JP, Desclaux D, Goldringer I, Hoad S, Kovacs G, Löschenberger F, Miedaner T, Østergård H, Lammerts Van Bueren ET (2008) Developments in breeding cereals for organic agriculture in Europe. *Euphytica* 163: 323–346.

Wyss E, Pfiffner J (2008) Biodiversity in organic horticulture - an indicator for sustainability and a tool for pest management. *Acta Horticulturae*, 767: 75-80.

Zhang X, Yin D, Ma C, Fu T (2010) Phylogenetic Analysis of S-Locus Genes Reveals the Complicated Evolution Relationship of S Haplotypes in Brassica. *Plant Mol Biol Rep* 29, 2: 481-488.

## **Annexe 1 : résumés des thèses encadrées**

N° de série :

# **THESE**

*Présentée devant*

L'ECOLE NATIONALE SUPERIEURE AGRONOMIQUE DE RENNES

*POUR OBTENIR LE TITRE DE DOCTEUR DE L'ENSAR*

*Mention : Biologie et Agronomie*

*par*

**Armel SALMON**

**Contrôle épigénétique du caractère aberrant chez *Brassica oleracea* L.**

*Préparée à l'UMR INRA-Agrocampus Rennes*

*Amélioration des Plantes et Biotechnologies Végétales, 35653 LE RHEU*

Soutenue le 14 mars 2007 devant le jury :

**Mme Malika AINOUCHE**

**M. Alain RIVAL**

**M. Patrice CRETE**

**M. Rémi LEVIEL**

**Mme Véronique CHABLE**

**Mme Maria MANZANARES-DAULEUX**

**M. Grégoire THOMAS**

**Rapporteur**

**Rapporteur**

**Examineur**

**Examineur**

**Co-encadrante de thèse**

**Co-encadrante de thèse**

**Directeur de thèse**

## **Résumé**

Des aberrations du développement affectant la morphologie foliaire et la vigueur des plantes sont observées chez les choux-fleurs en cours de culture. De précédentes études ont montré que la proportion d'aberrants (de 3 à 20%) dépendait du génotype et de l'environnement, et que l'aberration était transmissible de façon mendélienne ou non. Cette modification phénotypique est potentiellement réversible, suggérant l'implication de mécanismes épigénétiques. L'objectif de la thèse est d'identifier un ensemble de gènes susceptibles d'être impliqués dans le phénomène de l'aberration.

Deux approches ont été développées : sans *a priori*, en recherchant des fragments différemment exprimés ou méthylés par AFLP-ADNc et MSAP, et avec *a priori*, en analysant l'expression de gènes impliqués dans les mécanismes épigénétiques et dans la morphologie foliaire. Ces analyses ont permis d'identifier 25 séquences présentant une homologie avec des gènes connus. L'identification des gènes *Bowax9A-E* a retenu notre attention étant donné qu'ils appartiennent à la famille des *LTPs*, impliquée dans le transport de composés cuticulaires, dans les réponses aux stress, et dans les mécanismes de résistance systémique induite.

Le polymorphisme de méthylation a été analysé afin de comparer son amplitude au sein de l'espèce et entre choux normaux et aberrants d'une même variété. Le taux de méthylation MSAP de *B. oleracea* (52-60 %) est supérieur à ce qui a été rapporté chez d'autres espèces. Les classifications phénétiques des populations et lignées sont apparues être différentes en fonction des polymorphismes générés par MSAP ou AFLP. Aucun marqueur de méthylation différentielle des génomes « normaux » et « aberrant » n'a été détecté.

L'étude approfondie des conséquences phénotypiques au niveau cuticulaire et des voies de régulation impliquées dans la morphologie foliaire (de type miRNA) devrait permettre à terme d'identifier les voies de régulation du caractère aberrant et d'initier un programme de contre-sélection.

---

### **Epigenetic control of the aberrant character in *Brassica oleracea* var. *botrytis***

---

Developmental aberrations can arise in cauliflowers during their cultivation, 2 to 3 months after plantation. These phenotypic aberrations, concerning 3 to 20% of plants, affect leaf thickness, leaf shape and/or plant vigor. Previous studies showed that the proportion of aberrant plants varied according to both plant genotype and environment. The phenomenon can be reversible, suggesting the involvement of epigenetic mechanisms. The aim of this work is to identify genes implied in the aberrant character expression.

Two approaches were developed: without *a priori* by researching genome expression and methylation screening using cDNA-AFLP and MSAP, and with *a priori* by choosing genes implied in epigenetic and leaf shape regulations from bibliography. We identified 25 sequences presenting homology to genes in genomic databases, of which the *Bowax9* genes (*LTPs* –Lipid Transfer Proteins–gene family) that could have multiple roles related to the aberrant character expression. *LTPs* are known to be implied in cuticular wax layer components transport, responses to stress, and recently to systemic acquired resistance.

An analysis of genome methylation level and polymorphism in *B. oleracea* has been led on different populations and lines. We compared the overall species polymorphism to the polymorphism observed within a variety between normal and aberrant plants. We showed that *B. oleracea* displayed a MSAP genome methylation rate (52-60%) higher than what have already been reported in other species. Phenetic classifications of populations/lines appeared to be different by considering AFLP or MSAP polymorphisms. No differentially methylated fragments were detected between normal and aberrant plants.

Further investigations on phenotypic consequences at the cuticular level and of regulation pathways of leaf morphology (under miRNA control) should contribute to identify regulation pathways responsible for the aberrant phenomena and initiate a counter-selection program.

---

**MOTS-CLES** choux aberrants – morphologie foliaire – épigénétique – méthylation – MSAP

---

**DISCIPLINE** Biologie et Agronomie

---

Laboratoire Brassica, UMR INRA-AGROCAMPUS RENNES 118 "Amélioration des Plantes et Biotechnologies Végétales", 35327 LE RHEU

**UNIVERSITE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE HOUARI BOUMEDIENNE**



# THESE

présentée devant la  
**Faculté des Sciences Biologiques**

pour obtenir le titre de

## DOCTEUR

en biologie  
option biologie végétale

par

**Houria HADJ-ARAB**

### **Génétique de l'incompatibilité dans le genre *Brassica* L.**

Variation de la réaction de l'auto-incompatibilité  
dans des contextes diploïde (*B. oleracea*) et polyploïde (*B. napus*)

**Soutenue le 14 décembre 2011 devant le jury:**

Mme BOUGUEDOURA Nadia	Professeur à l'USTHB	Présidente
Mme CHEVRE Anne-Marie	Directrice de Recherche à l'INRA de Rennes	Directrice de thèse
Mme CHABLE Véronique	Chargée de Recherche à l'INRA de Rennes	Co-Directrice de thèse
Mme KHALFALLAH Nadra	Professeur à l'université de Constantine	Examinatrice
Mme BELKEBIR Aïcha	Maître de Conférences à l'USTHB	Examinatrice
M. ABDELGUERFI Aissa	Professeur à l'Institut National Agronomique	Examineur
M. AMIROUCHE Rachid	Maître de Conférences à l'USTHB	Examineur



## Résumé

L'auto-incompatibilité (AI) joue un rôle clé dans la diversité génétique et l'évolution des espèces car elle favorise la pollinisation croisée en rejetant l'autopollen. Chez les Brassicaceae, l'AI est sous le contrôle d'un locus-S complexe et polyallélique avec au moins trois gènes liés qui co-ségrègent avec le phénotype auto-incompatible. Ce système de reconnaissance est associé à des variations quantitatives de la force de rejet du pollen incompatible. Dans ce travail, nous avons analysé la variabilité de la réaction d'AI dans un contexte diploïde chez *Brassica oleracea* et dans un contexte polyploïde chez *Brassica napus*. Chez *B. oleracea*, nous avons montré l'existence d'une variation phénotypique considérable aussi bien dans une situation génétique hétérogène que dans une situation consanguine. Le niveau de l'AI varie de l'AI stricte à l'autofertilité. L'analyse moléculaire a montré que l'autocompatibilité partielle (ACP) est liée à la variation de l'expression des gènes (*SRK* et *SCR/SP11*) du locus-S. Une réduction significative de l'expression du gène *SRK* chez les fleurs âgées caractérise les plantes à ACP par rapport aux plantes auto-incompatibles, elle se traduit par une baisse du niveau de l'AI au cours de la vie de la fleur. Chez le colza (*B. napus*, génome AACC,  $2n = 4x = 38$ ), espèce allopolyploïde issue d'hybridation spontanée entre le chou (*B. oleracea*, CC,  $2n = 2x = 18$ ) et la navette (*B. rapa*, AA,  $2n = 2x = 20$ ), les parents diploïdes sont généralement auto-incompatibles tandis que le colza est autocompatible. Dans cette étude, nous avons tenté d'élucider les conséquences de la polyploïdie sur ce système complexe en analysant l'expression de l'AI chez plusieurs colzas synthétiques. Les résultats ont montré que l'effet de la polyploïdie sur le phénotype de l'AI est variable selon les progéniteurs et leur composition allélique. Le phénotype d'AI est plus ou moins modifiée suivant les générations. Par ailleurs, nous avons montré que le locus S subit quelques modifications structurales suite à la polyploïdisation. En S0, le locus S des deux génomes parentaux A et C est présent chez toutes les plantes, tandis qu'en S3, il y a perte du locus S du génome parental A chez quelques plantes. L'analyse de l'expression des gènes parentaux chez tous les hybrides (S0 et S3), montre une expression différentielle de *SRK* et *SCR* selon les plantes. Ce matériel constitue un modèle de choix pour identifier de nouveaux mécanismes qui pourraient contribuer d'une part à élucider l'étendue de la plasticité phénotypique de l'auto-incompatibilité et d'autre part clarifier les mécanismes de son altération chez les polyploïdes conduisant à l'établissement de génotypes autofertiles stables.

Mots clés : *Brassica oleracea*, *Brassica napus*, auto-incompatibilité, polyploïdie, locus-S, haplotype  $S_{15}$

## Abstract

Self-incompatibility (AI) plays a key role in genetic diversity and evolution of species as it promotes outcrossing. In Brassicaceae, SI is under the control of a complex multiallelic S-locus which contains at least three genes that co-segregate with the SI phenotype. This recognition system is associated with quantitative variation of the strength of the SI reaction. We analyzed the variability of the SI response in diploid *Brassica oleracea* and in polyloid *Brassica napus*. In *B. oleracea*, we found a continuous phenotypic variation for SI response in plants with heterogeneous and plants with homogenous genetic backgrounds, from the strict SI reaction to self-compatibility. Molecular analysis revealed that partial self-compatibility (PSC) was associated with decreased *SRK* or *SCR/SP11* expression. A significant reduction of the *SRK* gene expression in old flowers characterizes the PSC plants, resulting in reduction of the SI phenotype during the life of the flower. In rapeseed (*B. napus*, genome AACC,  $2n = 4x = 38$ ), an allotetraploid species produced after a spontaneous hybridization between *B. oleracea* (CC,  $2n = 2x = 18$ ) and *B. rapa* (AA,  $2n = 2x = 20$ ), diploid parents have generally a self-incompatibility system while *B. napus* is self-compatible. In this study, we investigated the consequences of polyploidy on the SI complex system by analyzing the phenotypes and the S-products in several synthetic rapeseeds. The results showed that the effect of polyploidy on the phenotype of self-incompatibility was variable depending on the progenitors and their allelic composition and they showed variable modifications following generations. Furthermore, structural or functional changes at the S locus were observed following the polyploidization. While S0 plants inherited the S loci of both parental genomes A and C, some S3 plants lost the S locus of the A parental genome. The analysis of the expression of *SLG* and *SRK* parental genes in all hybrids (S0 and S3) showed a differential expression of these genes among plants. The plants described in this study, constitute a material of choice to identify new mechanisms that could contribute to clarify the extent of phenotypic plasticity in SI and also to clarify the mechanisms of alteration of self-incompatibility in polyploids leading to the establishment of stable self genotypes.

Key words: *Brassica oleracea*, *Brassica napus*, self-incompatibility, polyploidy, S-locus,  $S_{15}$  haplotype

## Annexe 2 : le projet Européen SOLIBAM

### Strategies for Organic and Low Input Breeding and Management

Large collaborative project FP7 KBBE- 245058 (2010-2014)

Le projet européen SOLIBAM, coordonné par l'INRA, a été lancé le 12 mars 2010 à Nice. Ce projet, qui fédère 23 partenaires publics et privés, issus de dix pays européens, deux pays africains et un centre de recherche international, a pour objectifs de développer la qualité, la diversité et les performances des cultures en agriculture biologique ou à faible intrants, c'est-à-dire peu consommatrices en engrais et pesticides. Il s'agit de développer des approches intégrées de la création variétale et des pratiques agronomiques pour améliorer la « durabilité », la qualité, les performances ainsi que la stabilité des performances de ces cultures en agriculture biologique et faibles intrants. La diversité des systèmes agricoles sera prise en compte et notamment le cas des petites fermes africaines.

Aujourd'hui, les pratiques agricoles conventionnelles sont basées sur une forte consommation d'énergie fossile et l'épandage à grande échelle de fertilisants et de pesticides. Le développement de cette agriculture a été favorisé par l'amélioration des plantes cultivées et la création de variétés valorisant au mieux ces intrants, dans le but d'atteindre de hauts rendements.

Cependant, la demande croissante des consommateurs d'une alimentation saine et diversifiée, produite dans des conditions respectueuses de l'environnement a favorisé le développement de filières de production à faible intrants et de l'agriculture biologique. Actuellement, la majorité des variétés proposées sur le marché sont peu adaptées à ces conditions de culture et présentent des rendements aléatoires. De plus, les produits sont peu diversifiés et de faible qualité.

Le maître mot du projet SOLIBAM est la diversité. Celle-ci sera permise à la fois au sein de l'agro-écosystème, du sol et des cultures, grâce aux techniques de rotations et de cultures associées et à l'utilisation de variétés permettant une production diversifiée. La diversité génétique au sein des variétés cultivées permet de stimuler les capacités d'adaptation et de résistance aux stress ; cet intérêt est bien connu théoriquement. SOLIBAM vise à comprendre, stimuler et valoriser cette diversité au sein des cultures par l'exploration des ressources génétiques, la création de populations nouvelles, la combinaison de nouvelles stratégies de sélection et d'innovations agronomiques. Les outils moléculaires seront introduits pour comprendre l'évolution de la diversité et la gérer dans des programmes de sélection.

Dans cette optique, le projet SOLIBAM consistera à :

- identifier les caractères spécifiques de l'adaptation et de la performance de ces cultures en agriculture biologique et à faibles intrants dans une grande variabilité de situations en Europe.
- développer des outils d'évaluation moléculaire de la diversité pour l'aide à la décision lors des processus de sélection
- développera l'utilisation de la diversité de chaque variété pour répondre à la diversité des situations en agriculture biologique et à faibles intrants
- comparer l'efficacité des différentes voies de sélection sous des conditions conventionnelles, faibles intrants et biologiques pour déterminer les meilleures stratégies de création de variétés pour l'agriculture biologique et à faibles intrants.
- quantifier les interactions entre la sélection et les innovations en matière de conduite des cultures, sur des aspects nutritionnels, organoleptiques et pour la transformation.
- développer des méthodes de recherche participative avec les agriculteurs dans le contexte de l'agriculture biologique et à faibles intrants, en relation avec les besoins des marchés locaux.
- mesurer les impacts de ces stratégies sur l'environnement, la qualité des aliments, la rentabilité des innovations pour faciliter leur adoption par les consommateurs et la législation.

La dissémination des connaissances acquises par les partenaires de SOLIBAM vers tous les acteurs concernés : agriculteurs, semenciers, politiques, législateurs, secteur agro-alimentaire et consommateurs, sera l'un des points clés du projet. Le projet SOLIBAM a été sélectionné par la Commission Européenne dans la thématique « Alimentation, Agriculture et Pêche, et Biotechnologies

du 7eme Programme Cadre pour la Recherche et le Développement. Son coût total est de 7,7 millions d'euros dont 5,9 millions sont financés par la Commission Européenne.

Source : Communiqué de presse INRA, le 12 mars 2010

### **SOLIBAM Workpackages (WP)**

**WP 1** Identify traits for organic/low-input systems

**WP 2** Identify and monitor genetic diversity

**WP 3** Exploitation of diversity in breeding

**WP 4** Exploitation of diversity in management

**WP 6** Comparison of conventional/organic breeding

**WP 6** Participatory plant breeding and management

**WP 7** Breeding/management effects on crop quality

**WP 8** Sustainability assessment of innovations

**WP 9** Dissemination, training and technology transfer

**WP 10** Project coordination and management

The 23 partners of the SOLIBAM :

#### **Academic Partners**

Institut National de la Recherche Agronomique (France)

Associazione Italiana per l'Agricoltura Biologica (Italy)

The Organic Research Centre, Elm Farm (UK)

RISØ National Laboratory for Sustainable Energy (Denmark)

Institut Technique de l'Agriculture Biologique (France)

Technical University of Munich (Germany)

Instituto de Tecnologia Quimica e Biologica (Portugal)

Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Cientificas/Instituto de Agricultura Sostenible (Spain)

Escola Superior Agraria de Coimbra (Portugal)

Agricultural Research Institute of the Hungarian Academy of Sciences (Hungary)

Scuola Superiore Sant'Anna, Pisa (Italy)

University of Perugia (Italy)

Agroscope Reckenholz-Taenikon Research Station ART (Switzerland)

Institute of Food and Resource Economics (Denmark)

INRA Transfert (France)

University of Pisa (Italy)

#### **Crop breeding companies**

Saatzucht Donau - cereal breeding (Austria)

Gautier Semence - vegetable breeding (France)

Agrovegetal - legume breeding (Spain)

Arcoiris - vegetable breeding (Italy)

#### **Institutions from African countries and international organisation**

International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (International)

Coordination Nationale des Organisations Paysannes du Mali (Mali)

Mekelle University (Ethiopia)

## **Annexe 3 : Sujet de thèse de Camille Vindras, bourse CIFRE (ITAB-INRA) commencé le 1<sup>er</sup> octobre 2011**

### **« Construction d'un outil d'évaluation de la qualité sensorielle des produits pour la sélection participative : cas du blé et du brocoli »**

Le sujet est au carrefour de deux thématiques scientifiques : la sélection participative et l'évaluation de la qualité organoleptique. L'objectif principal est de créer des méthodes simples d'évaluation de la qualité sensorielle et d'évaluer leur pertinence dans un processus de sélection participative. L'ITAB, accueillant la thèse, le contexte de l'agriculture biologique sera privilégié. L'agriculture biologique (AB), liée aux terroirs, cherche aussi à se démarquer de l'agriculture conventionnelle par la qualité de ses produits, et c'est une attente très forte des consommateurs (Zanoli et al.). La sélection des variétés cultivées pour l'AB intègre les dimensions environnementales et culturelles des terroirs.

#### **1 – Contexte :**

##### a- Contexte global

Les attentes du consommateur : élargissement de la gamme et amélioration du goût.

La qualité sensorielle et nutritionnelle des productions agricoles a sensiblement décliné depuis plusieurs années comme en attestent les nombreuses plaintes des consommateurs (François, 2006). Les sélectionneurs pour l'agriculture conventionnelle se sont surtout concentrés sur des caractéristiques de performances agronomiques (rendement, la résistance aux maladies, aspect visuel des fruits) au détriment bien souvent des qualités nutritionnelles ou sensorielles (Saha et al., 2009). Certains projets traitant des qualités sensorielles des produits issus pour certains de l'AB et du FI ont vu le jour ces dernières années : QualiTomFil, European Solanaceae, Quality Low Input Foods ou encore Ecropolis, Organic Taste. La plupart de ces programmes s'attachent à décrire les caractéristiques sensorielles des produits issus de l'AB et du FI et à comprendre les attentes du consommateur. Ils ne prennent que très peu en compte les produits frais tels que les fruits et légumes, sauf pour la tomate (Causse et al, 2009). Bien que des différences de qualités aient été mises en évidence (un contenu en protéine plus faible dans le blé biologique, un taux de matière sèche et de vitamine C plus élevé dans les légumes feuilles biologiques), aucune tendance claire ne distinguait les propriétés organoleptiques des légumes conventionnels et biologiques (Martens 1986, Woese et al., 1997).

##### *La sélection participative pour l'AB*

La sélection spécifique pour l'AB est encore peu développée (Lammerts et al., sous presse). Bien qu'un règlement européen (CE, 889/2008) préconise l'utilisation de semences produites selon des règles de l'AB, des dérogations pour des semences traditionnelles non traitées sont toujours possibles en raison du faible développement de l'offre. Les variétés modernes issues de la sélection conventionnelle ont été créées pour une large adaptation géographique aidée par des intrants alors que l'AB cherche à mieux valoriser le terroir par une diversité de variétés répondant à la grande diversité des systèmes de culture dans des environnements variés. Pour répondre à cette « diversité », la sélection participative (SP), avec les agriculteurs et autres acteurs de la filière, explore des structures variétales variées (lignées pures, mélanges, populations) pour augmenter la résilience en condition de stress et l'adaptation progressive des populations végétales à l'environnement de culture et aux techniques de l'agriculteur. Ainsi, la SP augmente l'efficacité de sélection en intégrant l'interaction génotype x milieu, les savoir-faire locaux, et confère une plus grande indépendance aux communautés rurales (Almekinders et Ellings, 2001, Ceccarelli et al, 2009). Pour satisfaire les exigences en matière de qualité organoleptique des produits, une méthodologie d'aide à la décision pour les acteurs de la SP pour l'AB s'avère d'une importance primordiale.

##### *Mesure de la qualité sensorielle*

La qualité sensorielle est difficile à mesurer de par la difficulté d'analyse de la perception humaine. Deux approches sont envisageables pour qualifier et quantifier la qualité organoleptique : par l'homme, on parle alors d'analyse sensorielle, par la « machine », on parle alors d'analyse instrumentale. Les mesures instrumentales sont souvent préférées aux mesures sensorielles car elles réduisent les

variations inhérentes aux jugements individuels et fournissent un langage commun aux chercheurs, industriels et consommateurs (Lespinasse et al., 2002). Cependant, un instrument de mesure ne peut traduire la complexité inhérente à la perception intégrée de l'homme. Pour plusieurs critères organoleptiques, seule l'analyse sensorielle les caractérise, comme il est facile de le constater dans le domaine de l'œnologie.

#### b- Contexte scientifique et institutionnelle

Cette proposition rentre dans le cadre du projet SOLIBAM (Strategies for Organic and Low input Integrated Breeding and Management) coordonné par l'Unité de Recherche INRA « SAD Paysage » et dans lequel l'ITAB est partenaire. L'objectif général de SOLIBAM est de développer des approches combinées de la sélection et des pratiques agronomiques, ceci afin d'améliorer la durabilité, la qualité, les performances et la stabilité de ces performances en Agriculture Biologique (AB) et en Faible Intrans (FI) en Europe (10 pays) et en Afrique (Ethiopie, Mali). Avec la mise en place d'une recherche participative, ce projet cherche à favoriser les échanges entre acteurs (maraîcher, paysans/boulangers, boulangers, sélectionneurs, chercheurs...) et à stimuler l'élargissement de la diversité cultivée et la durabilité des pratiques agricoles capable de s'adapter continuellement au marché. Outre la SP, ces outils trouveront aussi une application chez les artisans semenciers et sélectionneurs professionnels partenaires de SOLIBAM. L'outil créé devra être relativement facile à mettre en œuvre dans tous les pays concernés par le projet SOLIBAM et à un coût satisfaisant tout en assurant sa fiabilité, favoriser son adoption et permettre la comparaison des résultats entre les pays. Un « work package », sur une totalité de 10 dans le programme, est entièrement consacré à la qualité et est relié à tous les autres. L'ITAB est leader de la tâche centrée sur la qualité organoleptique des produits. Les autres aspects sont pilotés par une équipe hongroise (Agricultural Research Institute of the Hungarian Academy of Sciences, HAS) et une équipe portugaise (Instituto de Tecnologia Quimica e Biologica).

## **2 – Objectifs**

La question centrale est : « Comment améliorer la qualité organoleptique de produits végétaux dans un processus de sélection participative ». Cette question se décline en plusieurs sous questions :

- Quels sont les facteurs intervenant dans l'élaboration de la qualité gustative ?
- Quelles méthodes de sélection pour prendre en compte les critères gustatifs ?
- Quelles méthodes pour mesurer la qualité gustative ?

La thèse proposée repose sur deux hypothèses :

- En agriculture biologique, la diversité au sein des populations végétales favorise les performances des systèmes biologiques (qualitativement et quantitativement)
- L'amélioration des qualités organoleptique d'une production implique une approche complexe, globale (de la génétique aux pratiques culturales).

Cette thèse développera des outils d'aide à la décision pour les agriculteurs/sélectionneurs afin de faciliter le choix des plantes en sélection sur des critères de qualité, critères s'ajoutant à toutes les caractéristiques agronomiques recherchées. Un partenariat avec l'équipe GRAPPE de l'ESA d'Angers, assurera la recherche d'un compromis entre facilité de mise en œuvre et robustesse des tests afin d'assurer la transférabilité de la méthodologie. Les modalités, le nombre de dégustateurs, le degré de connaissances des sujets, seront testés pour rechercher le meilleur compromis.

La méthodologie déployée s'insérera dans des schémas de sélection du blé et du brocoli afin de mesurer le caractère, d'en suivre la transmission à travers les générations et/ou de gérer la diversité au sein des populations pour augmenter globalement le niveau de qualité.

Ces outils seront accessibles aux paysans et autres acteurs de la sélection pour identifier des leviers d'actions et les hiérarchiser : variétés, systèmes de cultures, conditions pédoclimatiques, processus de transformation (notamment dans la qualité du pain), tout en mesurant leurs interactions.

## **3 – Organisation des travaux de recherche**

Stratégie de sélection : blé et brocoli

Les deux espèces ont été choisies comme modèle car elle représentent des situations contrastées, pour la sélection comme pour l'approche qualitative, pour le produit analysé (produit transformé/produit frais), le type de culture, la biologie florale de l'espèce (autogame/allogame) et les structures variétales considérées (homozygote/hétérozygote).

Pour le blé, la thèse s'appuiera sur un dispositif expérimental mis en place depuis fin 2010 dans le cadre des deux projets PaysBlé et SOLIBAM. Une expérimentation centrale évalue trois structures de variétés de blé. La problématique génétique est centrée sur la gestion de la diversité majoritairement composées de populations de terroir breton. Elles sont soumises à différentes pratiques pour évaluer l'interaction génotype x milieu sur le goût du pain et les aspects qualitatifs depuis la farine jusqu'au pain. L'objectif est de produire des données pour aider les paysans à concevoir et sélectionner des populations adaptées à leur environnement et leurs pratiques (culturelles et boulangères)

La sélection de variétés de brocoli spécifiquement adaptées à l'agriculture biologique est peu développées. Au cours de la thèse, nous aborderons deux modèles qui correspondent à deux phases d'un programme de sélection, à la fois dans une démarche de sélection participative et de celle d'un sélectionneur professionnel, partenaire de SOLIBAM. Dans le premier modèle, nous suivrons les paramètres de la qualité dès les premiers étapes de la sélection quand des plantes de différents groupes sont combinées pour constituer un pool de base, en étudiant le cas de la sélection de brocoli à jets (connus pour sa qualité gustative mais inadapté aux techniques actuelles de production des agriculteurs). Dans le second, les populations ont déjà subi un ou deux cycles de sélection pour des qualités agronomiques et phénotypiques, il s'agira d'apporter des méthodes pour maintenir les qualités sélectionnées au cours de l'amélioration des populations et/ou pour la sélection de lignées, parents d'hybride. Outre l'intérêt pour ces qualités gustatives, ce produit présente un évident intérêt pour des aspects nutritionnels (glucosinolate) qui seront également suivis.

#### Analyse sensorielle

Des « Focus Group » permettront d'identifier les attentes des consommateurs et des préparateurs sur les marchés concernés et d'établir ainsi une grille sensorielle pour l'évaluation des produits, des tests de classement permettront de diriger la sélection vers les critères identifiés, enfin des tests descriptifs et/ou discriminatifs faciliteront la description des nouvelles variétés obtenues en termes sensoriels et permettront d'évaluer le progrès fait en terme de qualité organoleptique. Des tests consommateurs impliquant également les acteurs aval de la filière (préparateurs) seront mis en place pour valider la correspondance des nouvelles variétés avec leurs attentes. Une équipe de recherche de l'ESA d'Angers, GRAPPE, assurera l'encadrement scientifique dans le domaine de l'analyse sensorielle.

Les données sensorielles seront croisées avec des données des données physico-chimiques (spectrométrie infra-rouge, pénétrométrie...) pour assurer la validité et la fiabilité des tests mis en place.

Enfin, des corrélations entre mesures instrumentales et mesures sensorielles seront recherchées afin de faciliter la compréhension des facteurs à privilégier pour améliorer la qualité et la communication sur la qualité des produits. Les données agronomiques et génétiques acquises dans le programme SOLIBAM sur les mêmes populations seront confrontées aux données organoleptiques pour faire émerger les stratégies d'amélioration de la qualité.

#### Références bibliographiques

- Almekinders, C.J.M. and Ellings, A. 2001. Collaboration of farmers and breeders: Participatory crop improvement in perspective, *Euphytica* 122: 425-438.
- Cause, M., Friguet, C., Coiret, C., Lépicier, M., Navez, B., Lee, M., Holthuysen, N., Sinesio, F., Moneta, E., Grandillo, S. (2009) Consumer Preference for fresh Tomato at the european scale ; a common segmentation on taste and firmness. For peer review, *Journal of Food Science*.
- Ceccarelli S., Guimarães E.P., Weltzien E. (eds). 2009. Plant breeding and farmer participation, FAO, Rome
- François, M. (2006). Consumer perceptions and behaviour regarding organic and low input foods. European focus group discussion results, Synthesis of national report (QLIF).
- Lespinasse, N., Scandella, D., Vaysse, P., Navez, B. (oct. 2002) Mémento évaluation sensorielle des fruits et légumes frais, édition CTIFL. *NJAS -Wageningen Journal of Life Sciences*

- Lammerts von Bueren, E.T. Jones S.S., Tamm L., Murphy K.M., Myers J.R., Leifert C. and Messmer M.M. (sous presse) The need to breed crop varieties suitable for organic farming, using wheat, tomato and broccoli as examples: A review.
- Martens, M. (1986) Determining sensory quality of vegetables, a multivariate study. Dr Agric. Thesis Agricultural University in Norway, Ås.
- Saha, S., Hedau, N.K., Mahajan, V., Singh, G., Gupta, H.S., Gahalain, A.(2010). Textural, nutritional and functional attributes in tomato genotypes for breeding better quality varieties. *J Sci Food Agric* 90 : 239-244.
- Taupier-Letage, B. (2009) Méthodes globales d'analyse de la qualité, état des connaissances, ITAB.
- Woese, K., Lange, D., Boess, C., Werner Bögel, K. (1997) A comparison of Organically and Conventionally Grown Foods-Results of a Review of the Relevant Literature. *J Sci Food Agric* 74: 281-293.
- Zanoli, R., François, M., Midmore, P., O'Doherty-Jensen, K., Ritson, C. (2007) Determining consumer expectations, attitudes and buying behavior towards "low input" and organic food. Proceeding of the 3rd International Congress of the European Integrated Project Quality Low Input Food (QLIF), March 20-23, 2007.