

Décembre 2014  
volume n° 4 / numéro n° 2  
www.agronomie.asso.fr

# Agronomie

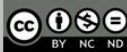
## environnement & sociétés

La revue de l'association française d'agronomie



## Variétés et systèmes de culture

Quelle co-évolution ? Quelles implications pour l'agronomie et la génétique ?



Agronomie, Environnement & Sociétés est une revue à comité de lecture et en accès libre éditée par l'Association Française d'Agronomie (AFA) sous le numéro ISSN 1775-4240. Plus d'informations [www.agronomie.asso.fr/aes](http://www.agronomie.asso.fr/aes). L'AFA est une association à but non lucratif qui publie des travaux en accès libre.

Les articles sont publiés sous la licence Creative Commons 2.0. La citation ou la reproduction de tout article doit mentionner son titre, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue AE&S et de son URL, ainsi que la date de publication.

## Étude préliminaire à la caractérisation du comportement des variétés de colza oléagineux d'hiver dans des itinéraires techniques particuliers sur la base du réseau CTPS existant<sup>1</sup>

Patrick BAGOT<sup>1\*</sup> - Frédéric SALVI<sup>2</sup>  
Julie GOMBERT<sup>1</sup>

<sup>1</sup>GEVES - 25 rue Georges Morel - CS 90024 - 49071 Beaucouzé Cedex - France

<sup>2</sup>CETIOM - Campus Inra/AgroParisTech - Avenue Lucien Brétignières, 78850 THIVERVAL GRIGNON

\*Auteur correspondant : patrick.bagot@geves.fr

### Résumé

L'un des principaux objectifs fixés par le groupe « Adopter des modes de production et de consommation durables » réuni lors du Grenelle de l'environnement, est de promouvoir des variétés végétales qui manifestent une faible dépendance vis-à-vis des intrants.

Pour réfléchir à comment atteindre cet objectif, un groupe de travail a été mis en place au sein de la section du Comité Technique et Permanent de la Sélection (CTPS) colza et autres crucifères. Ce groupe de travail, réunissant les partenaires de la filière a estimé qu'afin d'approfondir cette problématique complexe, un travail important sur les données disponibles au sein du Groupement d'Etude et de contrôle des Variétés et des Semences (GEVES), confrontées à celles du CETIOM, devait être initié. L'objectif de cette démarche, dans un premier temps, a été de faire l'état des lieux de la variabilité intrasèque du réseau d'essais, tant en matière de zones agropédoclimatiques, que de types d'itinéraires techniques rencontrés.

Le réseau d'essais mis en place dans le cadre des études de Valeur Agronomiques Technologiques et Environnementale (VATE) est composé d'une vingtaine de plateformes. Il est implanté majoritairement sur la diagonale Charentes - Lorraine, zone de culture principale du colza en France. Il répond tout à fait à son double objectif de recherche de situations pédoclimatiques contrastées conjoint à une bonne représentativité des différents bassins de production.

Les chiffres moyens et la distribution des indices de fréquence de traitement (IFT) selon leur catégorie ainsi que la diversité de situations rencontrées sur les lieux d'essais se sont révélés très concordant avec les pratiques nationales moyennes. Le niveau moyen de la protection des cultures au sein du réseau d'évaluation est de niveau 1 soit « raisonné » selon la classification Ecophyto R&D. Les pratiques de fertilisation rencontrées sont tout à fait conformes et dans la forme et dans les doses aux pratiques nationales. Les itinéraires techniques (ITK) dans le réseau ne sont pas uniformes et reflètent au mieux et sous contrainte d'expérimentation variétale, la diversité des pratiques françaises.

Pour caractériser les milieux, la recherche d'indicateurs s'est essentiellement axée sur les stress abiotiques.

L'utilisation conjointe d'un modèle (AZODYN) et d'un outil de dia-

gnostic (DIACOL) a permis de caractériser les situations en termes de statut azoté et de stress climatiques a posteriori. Les indicateurs en sortie des deux outils concordent assez bien entre eux et avec le dire d'experts pour l'année étudiée, année atypique marquée par un fort stress hydrique printanier, induisant un stress azoté.

La recherche d'indicateurs de comportement variétal s'est essentiellement axée sur l'analyse des Interactions x Géotypes x Environnement x Conduite (IGEC). La méthode d'analyse AMMI s'est révélée capable de ségréger les différents comportements variétaux et les différentes situations environnementales (4 ou 5 selon les séries d'essais) rencontrées sans pour cela les expliquer. Il a été possible d'identifier l'écovalence comme un indicateur synthétique pour caractériser les niveaux d'interactions environnemental et variétal. La régression PLS a permis d'identifier les facteurs limitants pour l'année testée et surtout de mesurer leurs impacts sur les lieux et les variétés avec une très bonne précision. Cette analyse n'a toutefois pas permis de caractériser les variétés dans des regroupements d'essais par ensemble de facteur limitant, le nombre d'essais étant trop faible.

### Mots-clés

Colza, CTPS, réseau d'essais, VATE, IFT, ITK, stress abiotique, Azodyn, INN, Diacol, AMMI, Régression PLS, Ecovalence.

### Abstract

One of the main aims selected by the group "Adopting sustainable modes of production and consumptions" gathered during the "Grenelle on the environment", was to promote plant varieties which present a low dependence towards inputs. In order to reach this goal, a workgroup was set up within the section of the Technical and Permanent Committee for Selection (CTPS) for oilseed rape and other crucifers. In order to deepen this complex issue, this workgroup, gathering the partners of the sector, undertook an important work on the available data within the Grouping of Study and Control of the Varieties and Seeds (GEVES), confronted with those of the CETIOM, should be introduced. The objective of this approach was first to establish the current situation of the intrinsic variability of the trial network, in terms of agropedoclimatic areas and technical practices.

The trial network set up within the framework of the studies of Value for Cultivation, Use and Sustainability (VCUS or VATE) is composed of about twenty locations. It is mainly located on the Charente - Lorraine diagonal, which is the main area of oilseed rape production in France. It completely meets its double objective of research for contrasting pedoclimatic situations and good representativeness of the various production areas.

The average figures and the distribution of the Index of Frequency Treatment (IFT) according to the categories as well as the diversity of situations observed on the different locations were really consistent with the national average practices. The average level of the crop protection in the trial network was level 1 or "reasoned" according to the Ecophyto R&D classification. The observed fertilization practices were completely in accordance with the national practices, in terms of technical supply and doses. The technical practices (ITK) in the network were not uniform and represented at best the diversity of the French practices, under constraint of variety testing.

In order to characterize the locations, indicators were looked for and were focused on abiotic stresses. Combination of a model (AZODYN) and a tool of diagnosis (DIACOL) was used to characterize the situations in climate terms and nitrogen status (relative N Concentration) a posteriori. Output indicators of both tools matched well enough between them and between to the experts thinking for the studied year, which had been atypical and marked by a strong spring water stress, leading a nitrogen stress.

The researched indicators of variety behavior were mainly focused on the analysis of the Interactions x Genotypes x Environment x Practices (IGEC). The Additive Main effect and Multiplicative Inter-

<sup>1</sup> Article dont la première publication a été faite dans la revue Innovations agronomiques (<http://www6.inra.fr/ciag/Revue>), Volume 35 / Mai 2014 (<http://www6.inra.fr/ciag/Revue/Volume-35-Mai-2014>)



action (AMMI) method led to good results to segregate the variety behaviors and the observed environmental situations (4 or 5 according to the trial series) without being able to explain them. Though, it was possible to identify ecovalence as a synthetic indicator to characterize the environmental and varieties levels of interactions. The Partial Least Square regression (PLSR) made it possible to identify limiting factors for the tested year and especially to measure their impacts on the locations and varieties with a very good precision. However, this analysis did not permit to characterize the varieties in the locations with the same limiting factors, the trial number for each situation being too low.

### Key-words

Oilseed rape, CTPS, trial network, VCUS, IFT, technical practices, abiotic stress, Azodyn, relative N concentration, Diacol, AMMI, PLS Regression, Ecovalence.

## Description analytique du réseau CTPS actuel

L'étude a porté sur les données de 547 essais (sur 593 implantés entre 2005 et 2010) ce qui représente 141 plateformes différenciées sur les 6 campagnes.

### Caractérisation géographique des lieux d'essais

Le réseau est composé de 19 à 23 plateformes d'essais par an, réparties sur tous les bassins majeurs de production de colza. Quelques départements sont surreprésentés (Eure-et-Loir et Côte d'Or), d'autres sont non couverts malgré une sole de colza élevée (Eure et Deux-Sèvres). Le réseau s'étend sur la diagonale Charentes - Lorraine bien connue comme étant l'axe majeur de la zone de culture du colza en France. Il répond tout à fait à son double objectif de recherche de situations pédoclimatiques contrastées conjoint à une bonne représentativité des différents bassins de production.

Le réseau étant multipartenaire, les lieux d'expérimentation sont en majorité situés sur des plateformes d'essais menées par les obtenteurs de colza eux-mêmes (60%). Le réseau démontre au fil des ans une bonne stabilité quant aux acteurs présents et aux zones couvertes avec très peu de changements entre années : pas plus de 10% de variation de localisation d'essais. La commission d'experts VATE s'attache tous les ans à ce que cette répartition reste optimale. Chaque nouvelle demande de prise en charge d'essais ou de changement de bassin de production est étudiée au regard des dernières données sur la répartition de la sole française.

### Caractérisation des pratiques culturales

#### Pratiques de protection des cultures

Par souci de comparaison avec l'étude Ecophyto R&D 2010, menée à la demande des Ministères en charge de l'agriculture et de l'environnement et coordonnée par l'Inra, mais aussi des sources provenant d'Agreste, nous avons retenu comme indicateur de protection des cultures l'Indice de Fréquence de Traitement (IFT) (Figure 1). Celui-ci a été mis au point au Danemark dans les années 1980. Il est un indicateur synthétique d'intensité d'utilisation des produits phytosanitaires. On le calcule par parcelle, il correspond au nombre de doses homologuées utilisées par campagne et

par hectare. La campagne commence à la récolte du précédent.

$$\text{IFT} = \frac{\text{Dose Appliquée} * \text{Surface}}{\text{Dose Homologuée} * \text{Surface}}$$

$$\text{IFT parcelle} = \sum \text{IFTs}$$

Figure 1 : Formule de calcul de l'Indice de Fréquence de Traitement

L'IFT peut se décomposer en quatre catégories de traitement : les molluscicides, les fongicides, les herbicides et les insecticides (Champeaux, 2006). Les IFT par catégorie ainsi qu'un IFT global ont été calculés.

Le rapport Ecophyto démontre que le colza est, parmi les grandes cultures (hors pomme de terre), l'espèce qui présente les IFT les plus forts, traduisant un recours élevé à l'utilisation de produits phytosanitaires pour lutter contre les nombreux ravageurs auxquels il est sensible.

L'analyse des enquêtes « Pratiques culturales » du SCEES sur les campagnes 1994, 2001 et 2006 révèle par ailleurs une augmentation assez régulière de l'IFT depuis 1994, augmentation assez parallèle à la forte progression des surfaces cultivées de colza dans tous les bassins de production (doublement des surfaces).

Les insecticides constituent en France le principal poste de traitement.

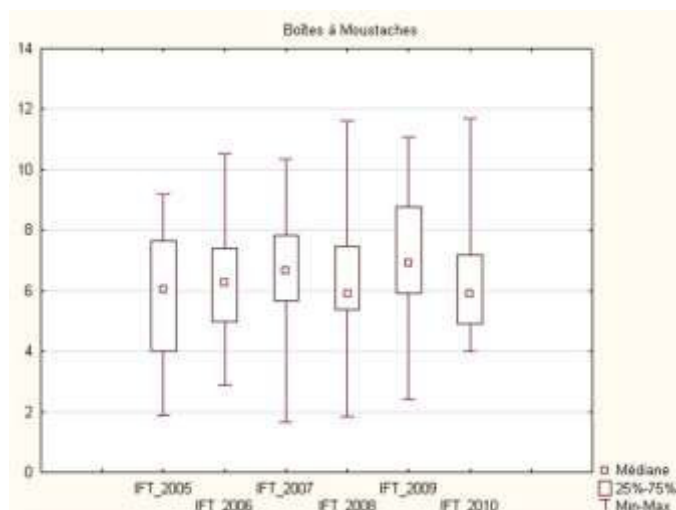


Figure 2 : Distribution de l'IFT Global de 2005 à 2010 dans le réseau CTPS

Dans le réseau d'essai VATE, la variabilité de l'IFT global est élevée au sein d'une même campagne mais reste répétable entre années. L'étude Ecophyto démontre la même chose entre parcelles de la même zone géographique.

Les valeurs minimales oscillent entre 1.7 et 4 tandis que les valeurs maximales fluctuent entre 9.3 et 11.7. Les IFT moyens (entre 5.7 et 6.8) sont très proches des chiffres issus des sources Agreste pour 2006 (entre 6.1 et 6.9) (Agreste, 2008 ; Agreste Poitou-Charentes, 2008) (Figure 2).

La répartition par catégorie elle aussi reflète les données nationales et on retrouve bien la part insecticides (42-65%) supérieure à la somme des parts fongicides (12-22%) et herbicides (24-27%) (Tableau 1).

Année	IFT Insecticides	IFT Herbicides	IFT Fongicides	IFT Molluscicides	IFT Global
2005	2.5	1.5	1.2	0.5	5.7
2006	3.3	1.3	1.2	0.3	6.2
2007	3.8	1.7	0.9	0.4	6.8
2008	2.8	1.8	1.3	0.8	6.7
2009	3.1	1.6	1.4	0.8	6.8
2010	3.1	1.6	1.5	0.5	6.6
<b>Moyenne</b>	<b>3.1</b>	<b>1.6</b>	<b>1.3</b>	<b>0.6</b>	<b>6.5</b>
<b>Agreste 2006</b>	<b>3.1</b>	<b>1.8</b>	<b>1.1</b>	<b>0.4</b>	<b>6.3</b>

Tableau 1 : IFTs du réseau VATE Colza sur la période 2005-2010 et pratiques nationales

Les chiffres moyens, la distribution des IFTs selon les catégories ainsi que la diversité de situations rencontrées sur les lieux d'essais sont totalement concordants avec les pratiques nationales moyennes. On peut qualifier le niveau moyen de la protection des cultures au sein du réseau d'évaluation comme étant de niveau 1 dit « raisonné » selon la classification Ecophyto R&D.

Les recommandations techniques concernant la protection des cultures des essais VATE doivent s'appuyer sur les conclusions du rapport Ecophyto R&D 2010, notamment en systématisant le raisonnement de la protection à travers l'emploi d'outil d'aide à la décision. Toutefois, il ne faudra pas perdre de vue que le fait d'expérimenter au champ, sur un nombre de lieux limités, des variétés ayant des différences de précocité et de sensibilité aux stress biotiques et abiotiques, dans un but d'homologation sur un catalogue national doit continuer à se faire sans biais trop important et en prenant des risques raisonnés.

#### • Pratiques de fertilisation

##### La fertilisation azotée

Année de récolte	Dose N apporté			
	Moyenne	Écartype	Minimum	Maximum
2005	160.7	20.2	120	192
2006	152.8	38.1	50	196
2007	148.2	33.0	76	190
2008	160.7	43.5	16	255
2009	163.7	42.3	60	236
2010	160.8	42.2	40	215
<b>Moyenne</b>	<b>157.8</b>	<b>36.5</b>	<b>60</b>	<b>214</b>

Tableau 2 : Dose moyenne appliquée et variabilité (kg N/ha) dans le cadre du réseau CTPS colza 2005-2010

A partir des données disponibles, c'est-à-dire la dose minérale apportée, nous avons confronté les apports moyens annuels rencontrés sur le réseau par rapport aux données issues des enquêtes bisannuelles menées par le CETIOM sur cette même variable (Tableau 2). La dose moyenne est de 158 kg N/ha, variant de 148 et 164 kg N/ha selon les années. Cette valeur est à rapprocher des 160 kg N/ha observés dans les dernières enquêtes CETIOM. Ces chiffres ne montrent pas de tendance affirmée à la hausse ou à la baisse. Dans les enquêtes sur les pratiques du CETIOM, on note plutôt une légère baisse. 50% des situations centrées sur la médiane se situent entre 140 et 190 kg N/ha.

Après enquête, tous les expérimentateurs, à partir de 2009, calculent la dose totale à apporter en se servant d'outils ou de méthodes telles celle des bilans ou la réglette CETIOM.

Les pratiques rencontrées sont tout à fait conformes dans la forme et dans les doses aux pratiques nationales.

##### La fertilisation soufrée

La dose moyenne est très stable entre années autour de 75 U/ha, hormis dans une situation où une erreur d'apports (150 U) s'est produite, les préconisations CETIOM sont respectées et la variation d'apport dépend du type d'engrais sélectionné ou disponible (simple ou mixte).

#### Caractérisation des milieux d'expérimentation

La priorité a été mise sur la caractérisation des stress abiotiques impactant le rendement en graines du colza. Les données disponibles étant des données historiques, peu de covariables étaient utilisables pour permettre de caractériser ces stress.

Après avoir listé tous les outils qui permettraient de simuler ces covariables a posteriori, Azodyn et DIACOL ont été choisis. Ces modèle et outil de diagnostic ont l'avantage de demander des variables d'entrées simples d'accès et en quantités limitées. Une enquête auprès des expérimentateurs a été faite afin de recueillir les variables d'entrée nécessaires au fonctionnement de ces deux outils. Afin d'avoir un jeu de données assez complet et sur un nombre conséquent de lieux, l'étude a été restreinte à l'année 2010 et sur les plateformes présentant des essais avec les variétés de type lignée (15 lieux). 11 plateformes seulement ont pu être caractérisées. Il a fallu estimer quelques variables : les données de sol manquantes ont été récupérées dans la base de données analyses de terre du GIS-SOL, les RU, Hcc, Hpf4.2 calculés avec la formule de Rémy ou de Gras. Les reliquats azotés laissés par le précédent de la culture de colza ont été estimés à partir d'abaques disponibles et les données climatiques fournies par Agroclim (INRA Avignon) ou le CETIOM.

#### • Caractérisation de la nutrition azotée à l'aide du modèle AZODYN-colza

Pour caractériser les conditions limitantes et non-limitantes en azote, l'indice de nutrition azotée (INN) est généralement utilisé. L'INN est le rapport entre la teneur en azote des parties aériennes mesurée à un moment donné du cycle et la teneur critique fournie par la courbe de dilution. Dans le cadre du réseau, aucune analyse de la teneur en azote des parties aériennes n'a été réalisée, écartant ainsi la possibilité de calculer l'INN. Le modèle de culture à pas de temps journalier, AZODYN, a été utilisé afin de réaliser un bilan azoté a posteriori et ainsi recalculer la cinétique de l'INN tout au long du cycle (Valantin-morison et al, 2004) (Tableau 3).

Lieux	Obj de rdt	Rdt obs	Rdt sim	Sorties Azodyn			
				INN EH	INN SH	INN F1	
Inr35	Mordelles	35	53	33.6	1.3	1.0	0.8
Lim77	Crisenoy	50	46	34	0.7	0.6	1.0
Des28	Houville la Branche	40	36	15.3	0.5	0.4	0.4
Mon28	Toury	35	44	25.1	0.7	0.5	0.8
Cau82	Pommevic	38	31	24.9	0.5	0.4	0.7
Inr21	Breteniere	45	44	20.7	0.4	0.4	0.6
Ser59	Houplines	40	43	23.4	0.5	0.6	0.4
Mom02	Prouvais	40	44	24.2	0.6	0.5	0.8
Cet54	Martincourt	35	39	18.4	0.5	0.4	0.7
Eur41	Selommes	40	49	32.1	0.9	0.7	0.9
Mai85	St Martin de Fraigneau	40	40	17	0.4	0.6	0.6

Tableau 3 : Indices de nutrition azotée simulés par plateforme par stade

L'INN Entrée Hiver est compris entre 0.4 et 0.7 à l'exception de deux lieux non stressés : Mordelles INN>1.2 et Selommes INN=0.9.

Même si les carences azotées à l'automne ne sont pas préjudiciables (Colnenne, 1999), l'INN Entrée Hiver est tout de même informatif car il permet de discriminer des situations de nutrition azotée contrastées au sein du réseau.

L'INN F1 présente une variabilité importante au cours des 10 jours encadrant le début de la floraison, ce qui conforte notre choix de calculer l'INN à F1. Les INN F1 de la campagne 2010 varient de 0.4 à 1 selon les plateformes mettant ainsi en évidence des situations de nutrition azotée très contrastées au sein du réseau. Ces situations ont bien été identifiées comme telles par les dires d'experts.

#### • Caractérisation des facteurs limitants climatiques à l'aide d'un outil de diagnostic agronomique, DIACOL

DIACOL (DIAGnostic COLza) est une méthode de diagnostic agronomique développée par le CETIOM. Dans le cadre du travail de caractérisation du réseau CTPS sur les campagnes 2005 à 2010, le CETIOM a adapté la méthode pour une utilisation *a posteriori* conduisant à étudier exclusivement les effets climatiques. Ainsi, DIACOL permet une caractérisation des facteurs limitants d'origine climatique. Son utilisation requiert des données météorologiques journalières (tempé-

rature, rayonnement, précipitations, évaporation et irrigation), pédologiques (type de sol et réserve utile) et phénologiques (dates de levée, d'arrêt de végétation, de début et fin de floraison ainsi que l'état de la culture en entrée hiver). L'outil calcule cinq indicateurs climatiques : 1. La somme des températures automnales ; 2. Le gel hivernal ; 3. Le quotient photothermique au cours de la floraison ; 4. Le déficit hydrique pendant la floraison ; 5. Le déficit hydrique post-floraison. Chaque indicateur répond à des seuils et peut prendre trois valeurs : non limitant, assez limitant et limitant. Des sorties graphiques permettent de visualiser la cinétique du bilan hydrique et du quotient photothermique. La caractérisation climatique de la campagne 2010 met en évidence des situations contrastées en termes de stress climatique. Le gel hivernal n'ayant été limitant dans aucune situation, il n'a pas été retenu comme indicateur. La somme des températures automnales a été « assez limitante » dans une seule situation (Prouvais). Le quotient photothermique pendant la floraison est généralement non-limitant mais deux situations assez limitantes et deux situations limitantes ont été observées. Un stress hydrique limitant au cours de la floraison a été noté dans la moitié des situations alors qu'un stress hydrique post-floraison a été observé dans 8 situations sur les 11 au total (Tableau 4).

	Sorties Azodyn			Sorties Diacol				Dire d'experts
	INN EH	INN SH	INN F1	Som temp aut	Q.PT flo	Stress H2O flo	Stress H2O post-flo	Situation N
Mordelles	1.31	1	0.82	957.8	1.67	2.24	1.36	Non stressée
Crisenoy	0.65	0.6	0.95	951.9	1.57	1.01	0.45	Non stressée
Houville la Branche	0.47	0.42	0.41	938.6	1.6	0.37	0.55	Très stressée
Toury	0.65	0.53	0.82	987.1	1.51	0.66	0.57	Moyennement stressée
Pommevic	0.51	0.39	0.68	812.3	1.43	1.73	1.17	Stressée, sol pauvre
Breteniere	0.41	0.36	0.62	870.2	1.41	2.19	1.65	Non stressée
Houplines	0.53	0.6	0.4	765.6	1.72	0.46	0.43	Moyennement stressée
Prouvais	0.58	0.47	0.81	548.1	1.59	1.16	0.47	Non stressée
Martincourt	0.48	0.38	0.65	1081.8	1.31	0.41	0.76	Moyennement stressée
Selommes	0.88	0.7	0.93	966.3	1.61	0.86	0.49	Non stressée
St Martin de Fraigneau	0.4	0.6	0.6	1150.9	1.49	0.77	0.34	Moyennement stressée

Tableau 4 : Présentation des indicateurs environnementaux issus d'Azodyn, Diacol et des dires d'experts

La confrontation de la caractérisation climatique de DIACOL, des états azotés et du dire d'experts montre qu'il y a une bonne concordance entre les approches pour les situations non stressées et moyennement stressées. Les situations les plus stressées selon DIACOL correspondent à des situations

qu'AZODYN avait classé moyennement à très stressées en azote mais qui n'avaient pas été identifiées comme telles par les experts (Martincourt et St Martin de Fraigneau). Les situations considérées comme très stressantes à dire

d'experts correspondent à des situations avec un stress hydrique à floraison qui se poursuit en post-floraison.

La méthode DIACOL développée dans le cadre de ce projet se limite à certains stress climatiques et pourrait être complétée par d'autres stress climatiques. Par exemple, le stress hydrique entre la reprise de végétation et le début de floraison pourrait être aisément rajouté. Cet indicateur contribuerait à une meilleure compréhension de la valorisation, ou non, des apports azotés de printemps.

### Conclusion sur la caractérisation des lieux avec les outils AZODYN et DIACOL

L'utilisation conjointe des deux outils a permis de caractériser les situations en termes de statut azoté (INN) à l'aide d'AZODYN et de stress climatiques à l'aide de DIACOL. Les sorties des deux outils concordent assez bien entre elles et avec les dires d'experts démontrant ainsi que le stress azoté est dû à des stress hydriques et non à une conduite très limitante en azote de la part de l'expérimentateur.

L'estimation de la réserve utile (RU), variable d'entrée pour les deux outils utilisés, est une difficulté récurrente déjà identifiée à chaque fois qu'elle intervient comme variable d'entrée pour une étude. Les stress hydriques devront être mesurés à l'avenir en s'appuyant sur un calcul de réserve utile qui soit robuste et reconnu de tous. Plusieurs programmes de recherche en cours amèneront dans un futur proche des solutions en ce sens.

### Comparaison et positionnement des itinéraires techniques suivis dans le réseau CTPS par rapport à la réalité des pratiques agricoles

La première partie faisait l'analyse comparative des conduites culturales technique par technique. Ici, les pratiques culturales appliquées dans le réseau CTPS et chez les agriculteurs sont comparées dans leur ensemble sur la totalité du profil.

Le CETIOM réalise tous les deux ans une enquête postale sur les pratiques culturales des agriculteurs dans les principales zones de production du colza d'hiver. Les données de l'année 2010 ont servi de base de comparaison. Des analyses multivariées ont été conduites pour analyser la diversité des pratiques agricoles et ses déterminants, (Schmidt, 2009).

La typologie 'agriculteur' a permis d'identifier 7 classes de conduite (Tableau 5) appliquées respectivement sur 4 à 24 % des surfaces de colza.

Au sein du réseau CTPS, deux types de conduites ne sont pas représentées : Conduite « Sud » et travail simplifié représentant environ 23% de la sole française. Cela s'explique, d'une part, par le positionnement du réseau très axé sur la diagonale Charente-Lorraine et, d'autre part, par le fait que pour des raisons d'expérimentation, les responsables d'essais ne se mettent volontairement pas dans des conditions de travail du sol simplifié. La conduite « éleveur » se retrouve un peu sous-représentée par rapport aux pratiques actuelles (8% contre 14%). La conduite « céréalière » est majoritaire dans les deux cas, même si, dans le réseau elle est surreprésentée. Les conduites « classique » et « haut-potentiel » se retrouvent respectivement 2<sup>èmes</sup> et 3<sup>èmes</sup> et couvrent à elles deux 45% des conduites présentes dans le

réseau et 34% de celles rencontrées dans les pratiques agricoles actuelles.

Même si on ne retrouve pas exactement à l'identique les conduites et proportions, l'adéquation entre le réseau d'essais CTPS et les pratiques agricoles actuelles est relativement bonne. Des ajustements à l'avenir pourront être réalisés en diminuant un peu les cas de conduite type « céréalière » tout en augmentant légèrement le nombre de plateformes en conduite « éleveur » et en travail du sol simplifié.

En tout état de cause, on peut conclure, que les ITK dans le réseau ne sont pas uniformes et reflètent au mieux et sous contrainte d'expérimentation variétale, la diversité des pratiques françaises. Le réseau d'essais est donc tout à fait robuste en termes de zones couvertes et d'itinéraires appliqués pour une homologation variétale nationale. Le souci de coller à la réalité, d'avoir de la diversité au sein du réseau et de tester de nouveaux itinéraires techniques de type intégrés, réduisant l'utilisation des herbicides et des fongicides (Valantin-Morison, 2007 ; Dejoux, 1999) doit rester cependant une préoccupation importante dans la gestion du réseau.

N°	Nom	Caractéristiques principales	Quantification (proportion des surfaces)	Proportion ITK CTPS (13 plateformes)
1	Conduite « éleveur »	Apport de matières organiques Pailles du précédent ramassées Dose d'azote minérale faible	14%	8%
2	Conduite « classique »	Labour Pas de matières organiques Désherbage du précédent sol	19%	23%
3	Conduite « Sud »	Travail simplifié majoritaire Pas de matières organiques Semenc. managériale, variété CHL	4%	0%
4	Conduite « céréalière »	Désherbage complet Pas de matières organiques Dose d'azote minérale élevée Nombre d'insecticides élevé	24%	46%
5	Conduite « haut-potentiel »	Labour & Variété hybride Dose d'azote minérale élevée Nb fong., insecticides et régul. importants	15%	23%
7	Conduite « travail simplifié »	Travail simplifié majoritaire & lignée Désherbage important ; interculture et prog. complet Nombre d'insecticides élevé	19%	0%

Tableau 5 : Typologie de conduite culturale 'agriculteur' en colza d'hiver (d'après les enquêtes CETIOM 2010) et répartition des plates-formes CTPS 2010 dans ces classes

### Identification de nouveaux indicateurs du comportement des variétés

#### Analyse et réflexion sur la prise en compte des Interactions Génotype x Environnement x Conduite dans le jugement des variétés

- Description des IGEC

La recherche d'indicateurs de comportement variétal s'est essentiellement axée sur l'analyse des Interactions Génotype x Environnement x Conduite (IGEC) et les données de sorties potentiellement utilisables.

Depuis le milieu des années 1990, la commission choix d'essais Colza utilise comme outil d'aide à la décision la méthode AMMI (Additive Main effects and Multiplicative Interaction) pour décrire les IGEC. Cet outil amélioré au fil des ans se base sur des Analyses en Composantes Principales et sur des Classifications Ascendantes Hiérarchiques, complétées par des boîtes à moustaches descriptives des interactions au niveau Génotype et au niveau Environnement et un



calcul d'écovalence (somme des termes d'interactions élevés au carré).

La méthode AMMI a fait ses preuves pour bien décrire les différents comportements variétaux, sans pour cela les expliquer. L'écovalence apparaît comme un indicateur relatif synthétique et robuste pour quantifier le niveau d'interactivité des variétés et des lieux. Les variétés très sensibles à l'environnement ont une forte écovalence, alors

que les variétés plus stables ou ayant un comportement, à chaque condition pédoclimatique rencontrée, très proche du comportement moyen de toutes les variétés, ont une écovalence faible.

Au final, les écovalences pourraient être une bonne variable candidate permettant de décrire les variétés et leur niveau d'interactivité. Il reste à tester et confirmer cette hypothèse sur d'autres jeux de données.

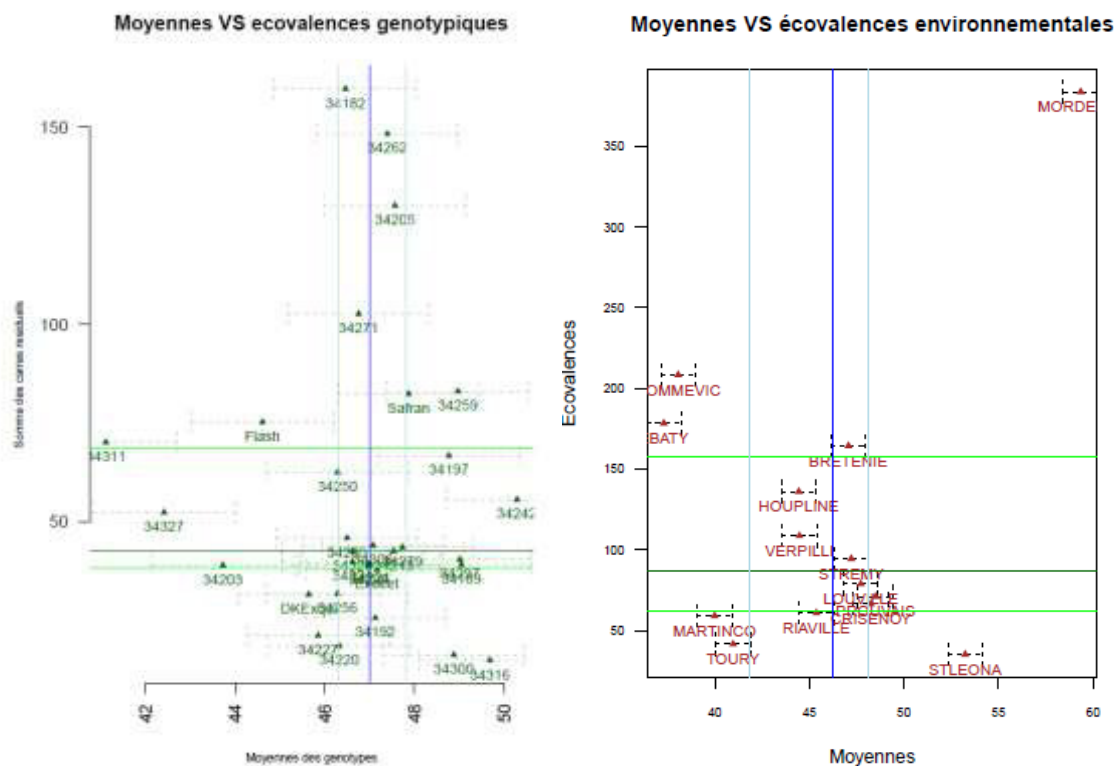


Figure 2 : Productivité en rendement graines : niveau et stabilité des variétés et des environnements (écovalence)

### • Explication des IGEC

Plusieurs méthodes sont testées actuellement pour expliquer les IGEC. On peut citer la régression factorielle qui cherche à décomposer l'effet de l'environnement par des covariables le plus souvent environnementales et considérées comme des facteurs explicatifs des variations de rendement. Cette méthode très utilisée dans les 20 dernières années a ses limites, notamment la non-prise en compte des corrélations entre variables. La régression PLS utilisée ici est une méthode plus puissante qui supprime cet inconvénient (Tenenhaus, 1998).

Toutes les covariables disponibles ont été testées comme prédictrices du rendement variétal :

Typologie d'ITK (4 classes de 1 à 4) : CTYP; INN Entrée Hiver : IEH; INN Sortie Hiver : ISH; INN début floraison : IF1; Somme des températures automnales : STA; Quotient photothermique à floraison : QPTF; Stress hydrique à floraison : SHF; Stress hydrique post floraison : SHPF; Situation azotée à dire d'experts (3 classes) : EXP.

Les lieux sont projetés dans l'espace multidimensionnel construit en tant que variables illustratrices. Ils ne participent pas à la construction des axes. Le logiciel statistique utilisé a été Tanagra, disponible sur Internet. Les développeurs de Tanagra ont implémenté la régression PLS en se basant essentiellement sur les travaux de Tenenhaus (1998).

Avec les 2 axes retenus, 73% de la variabilité du rendement (66% par le seul Axe 1) est expliquée par 61% de variation de ces descripteurs. Comparativement, en Analyse en Composantes Principales, dans la majorité des cas, il fallait au minimum 5 axes pour décrire 75% des IGEC.

Six variables explicatives se révèlent significatives dans l'explication du rendement variétal. Les dires d'experts et les INN entrée et sortie hiver (très corrélés entre eux) sont les plus importantes, suivies du type d'ITK puis du quotient photothermique à floraison et de l'INN F1. On retrouve dans cette analyse la corrélation dires d'experts, INN sortie hiver influencé lui-même par un stress hydrique printanier. Cela démontre à nouveau que le jugement des experts, cette année là, a été tout à fait juste et facilité par des stress facilement identifiables et dépendants (le stress hydrique amenant un stress azoté).

Les stress hydriques à floraison et après ainsi que la somme de température automnale n'ont pas ou peu d'influence dans cette analyse (figure 3).

Sur le premier axe (40% de l'information des descripteurs), les variables INN entrée hiver, sortie hiver, et dans une moindre mesure, les dires d'experts expliquent les 2/3 des variations du rendement variétal en moyenne. Trois variétés voient leurs variations de rendement expliquées à plus de 80%. Sur le deuxième axe (21% de l'information des descripteurs), les variables climatiques à floraison et après sont

prédominantes mais n'expliquent que peu de variance du rendement (6%) hormis pour trois variétés (+ de 10%) (résultats non présentés). La qualité de prédiction des valeurs de rendement est très bonne avec une corrélation de 0.93 par rapport aux valeurs observées (figure 5).

La représentation des lieux dans les plans factoriels permet d'analyser les proximités voire de délimiter des regroupements (figure 4). Ici on observe le rôle prépondérant des lieux INR35 et Des28 sur l'axe 1 où les covariables INN et dires d'experts jouent les rôles les plus importants. Le lieu INR35 ne se révèle pas limitant en azote alors que le lieu Des28 l'est tout au long du cycle. On peut conclure que pour l'année analysée (2010), le stress azoté induit par le stress hydrique printanier (dires d'experts) est le facteur limitant le plus important et que la réponse des variétés n'y est pas uniforme. Au final, peu de lieux se ressemblent et le regroupement de plusieurs lieux pour qualifier la réponse variétale au stress azoté se révèle délicat avec cette méthode et ce jeu de données.

La régression PLS a permis d'identifier les facteurs limitants pour l'année testée et surtout de mesurer leurs impacts sur les lieux et les variétés avec une très bonne précision. Les données obtenues affinent la connaissance des interactions variétés en conditions démontrées de stress et permettront d'alimenter le continuum inscription-post inscription afin de mieux caractériser les variétés. Toutefois, le nombre d'essais par année et par situation de stress démontrée devra être plus grand, ce qui implique de caractériser toutes les plateformes de manière très fine. Cette méthode n'ayant été testée que sur une année, elle reste à valider sur un nombre de données plus important et sur plusieurs années.

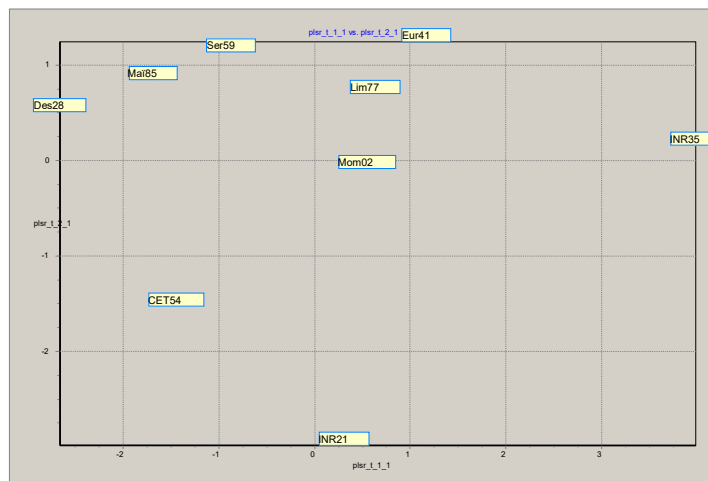


Figure 4 : Graphique des composantes PLS : Scores X (t1,t2)

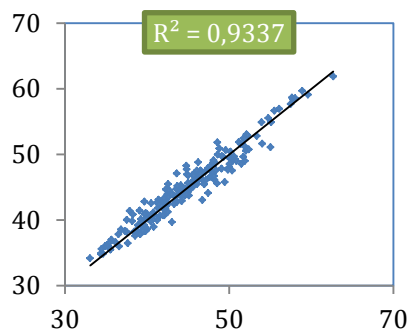


Figure 5 : Valeurs observées y et prédites ŷ

## Conclusions et perspectives

Ce projet a permis, malgré des réorientations dues à la disponibilité des données, de caractériser, avec l'état de l'art actuel, le réseau d'essais officiel pour les études VATE de colza. Il a ainsi permis de faire un recensement de l'existant et, ce faisant, de donner des pistes de réflexion, pour le futur, pour la mise en place du volet de « valeur environnementale » des variétés.

La principale originalité de ce programme aura été de coupler un modèle simple, un outil de diagnostic allégé et des dires d'experts afin de démontrer que la diversité existe dans le réseau d'essais, tant au niveau des ITKs suivis, que dans le comportement des variétés face à des stress abiotiques identifiés.

Ce programme aura aussi permis de s'assurer que le pilotage du réseau par les experts était efficace, tant en terme de positionnement géographique, que de protocole. La conduite des essais s'avère tout à fait raisonnée et en lien avec les pratiques agricoles actuelles. Les experts bénéficieront de ces données pour faire d'éventuelles propositions d'évolutions afin de couvrir encore mieux la gamme complète des pratiques.

Certains thèmes abordés au cours de cette étude mériteraient de faire l'objet d'un travail plus approfondi. Ainsi, en ne travaillant pas sur des données historiques mais sur des données demandées *a priori*, il sera plus facile de mieux caractériser tous les lieux d'essais du réseau, même s'il ne paraît pas envisageable d'augmenter énormément les informations demandées auprès des expérimentateurs partenaires.

Par ailleurs, les covariables descriptives des stress devront faire l'objet d'un travail spécifique. Ces covariables doivent

VIP (Variable Importance in Projection)		
Variable	Axe 1	Axe 2
CTYP	0.98	0.97
IEH	1.33	1.28
ISH	1.41	0.83
IF1	0.83	0.83
STA	0.07	0.17
QPTF	0.96	1.01
SHF	0.68	0.76
SHPF	0.24	0.50
EXP	1.46	1.41
Rôle de chaque descripteur dans l'explication des axes		
Variable	Axe 1	Axe 2
CTYP	-0.33	0.27
IEH	0.44	-0.13
ISH	0.47	0.20
IF1	0.28	-0.29
STA	-0.02	0.18
QPTF	0.32	0.46
SHF	0.23	-0.46
SHPF	0.08	-0.51
EXP	-0.49	-0.27

Figure 3 : Importance et rôle des descripteurs dans le rendement variétal



être mesurées ou estimées avec le plus grand soin et de manière harmonisée entre partenaires, pour qu'elles puissent être utiles au continuum préinscription, inscription et post-inscription.

Azodyn devra être revu pour estimer au mieux les indices de nutrition azotée avec les variétés actuelles et ce dans toutes les conditions agrométéorologiques de la sole française de colza. Cet outil à terme, devra servir à piloter et analyser la réduction de dose d'azote apportée sur les essais, axe majeur retenu dans le plan d'action de la mise en place du volet valeur environnementale dans les études VATE.

Les stress hydriques devront être mesurés en s'appuyant sur un calcul de réserve utile qui soit robuste et reconnu de tous. Plusieurs programmes de recherche en cours amèneront dans un futur proche des solutions en ce sens.

Dans une volonté de caractériser le comportement des variétés en conditions de stress, la caractérisation des facteurs limitants biotiques du réseau a été identifiée comme première priorité par la section CTPS Colza en 2012. Plusieurs pistes sont possibles pour cette caractérisation : les Bulletins de Santé du Végétal, le suivi parcellaire du CETIOM (kit pétales, insectes...), le modèle SIPPOM (Simulator for Integrated Pathogen Population Management), l'ajout d'un témoin de sensibilité au phoma dans le réseau CTPS classique (exemple : Eurol), le modèle Sclerotinia développé par Syngenta, le modèle insectes Proplant développé par le CETIOM, le suivi des cuvettes réalisé par les expérimentateurs. Des programmes de recherches actuels devraient permettre de mieux caractériser la résistance au sclerotinia. Ainsi par la voie de tests spécifiques (comme pour le phoma) et la mise en place d'un système de bonification, le CTPS pourra orienter l'inscription vers des variétés plus économes en fongicides. Lorsque les critères de compétitivité vis-à-vis des adventices seront mieux définis, ils pourront être pris en compte dans le protocole d'étude VATE. Les indicateurs de comportement variétal face à des stress existent, mais cette étude n'aura pas permis avec les données disponibles de s'assurer de leur robustesse au fil des ans.

Un travail devra être mené lorsque l'état de l'art le permettra pour choisir lesquels seront les plus pertinents et de quelle manière il faudra les utiliser pour orienter le progrès génétique vers des idéotypes plus adaptés à une agriculture durable.

## Bibliographie

Agreste, 2008. Enquête sur les pratiques culturales en 2006. Chiffres et Données - Série Agriculture n° 200 août 2008

Agreste Poitou-Charentes, 2008. Enquête Pratiques Culturales 2006 Utilisation des produits phytosanitaires - Colza. Agreste 13, septembre 2008

Chambre d'Agriculture des Vosges, 2009. Calculez votre indice de fréquence de traitement. Ferti-ouest 88. N° 66

Champeaux C., 2006. Recours à l'utilisation de pesticides en grandes cultures. Évolution de l'indicateur de fréquence de traitement au travers des enquêtes Pratiques culturales du SCEES entre 1994 et 2001. Champeaux C., 2006. Ministère de l'Agriculture et de la pêche, Institut national de la recherche agronomique, UMR 211 Agronomie Grignon, septembre 2006, 101 p

Colenne C., 1999. Les besoins en azote du colza d'hiver, courbe critique et effets de carences temporaires sur l'élaboration du rendement. Thèse de Doctorat, INAPG, Paris, 1999

Dejoux J.F., 1999. Evaluation agronomique environnementale et économique d'itinéraires techniques du colza d'hiver en semis précoces. Rapport de thèse [http://www.inra.fr/ea/EA\\_these](http://www.inra.fr/ea/EA_these)

GEVES, 2010. Protocole d'expérimentation Colza Oléagineux d'Hiver Essais de Valeur Agronomique et Technologique, 7 Août 2010 <http://cat.geves.info>

GEVES, 2012. Règlement technique d'examen des variétés de colza oléagineux en vue de leur inscription au Catalogue Officiel Français (liste A et liste B), 27 Septembre 2012 <http://cat.geves.info>

Schmidt A., 2009. Caractérisation des pratiques de protection des cultures et réflexions sur les conditions de réussite d'un plan de réduction de l'utilisation de produits phytosanitaires par les pouvoirs publics. Application à la production de blé et de colza. Mémoire de fin d'études AgroParisTech, INRA, 93 p. Agreste synthèses, synthèse n°2012/121 7p

Tenenhaus M., 1998. La régression PLS théorie et pratique, Ed. TECHNIP, janvier 1998, 254 p

Valantin-Morison M., Aubertot J.N., Lemarié S., Lacroix A., Reau R., 2007. Conduite intégrée du colza d'hiver pour une réduction de l'utilisation des pesticides. Rapport MEDD, 64p

Valantin-Morison M., Jeuffroy M.H., Champolivier L., 2004. Evaluation and sensitivity analysis of Azodyn-rape, a simple model for decision support in rapeseed nitrogen. 11th Congress of European Society of Agronomy, Copenhagen (Denmark).