



**Chambre Régionale
d'Agriculture de Lorraine**
5, rue de la Vologne 54524 LAXOU CEDEX

Rendement potentiel et raisonnement de la fertilisation azotée sur colza d'hiver en Lorraine

Intérêt de mesures physiologiques à la reprise de végétation
(biomasse aérienne, azote absorbé, diamètre au collet...).

Elaboration d'un outil d'aide au raisonnement
de la fertilisation azotée

par Emmanuel HANCE

MEMOIRE D'INGENIERIE AGRONOMIQUE

11 ème cycle

Encadrement scientifique par :

Marc BENOIT (INRA)

Raymond REAU (CETIOM)

1996

RESUME

Depuis le **début** des **années** 80, plusieurs travaux ont été menés en Lorraine pour déterminer les potentialités de production pour les principaux types de sol. Des recherches **conduites** par la Chambre Régionale d'Agriculture de Lorraine en collaboration avec la Chaire d'agronomie de **I.N.A.P.G.** (Institut National Agronomique **Paris-Grignon**) et le service Planteclimat de **I.T.C.F.** (Institut Technique des **Céréales** et des Fourrages) ont montré l'intérêt de plusieurs critères liés au sol dans l'élaboration du rendement en culture de blé d'hiver. Ces critères sont déterminés **à** partir d'observations de surface et par sondage à la tarière. Pour chaque type de sol codifié, le rendement potentiel est mis en relation avec le déficit climatique cumulé à la date de maturité physiologique. A partir de cette relation et d'une analyse **fréquentielle** d'apparition d'un niveau de déficit, il est possible de fixer un objectif de rendement tout en connaissant le risque de ne pas pouvoir le réaliser. En 1992, **cette** approche potentialité a été généralisée aux principales espèces cultivées dont la culture de colza d'hiver.

Les références de potentialités de productions établies sur le réseau O.P.A.L. montrent qu'elles dépendent du type de sol et du déficit climatique mais également de **l'excès** d'eau hivernal. L'étude de l'élaboration des composantes du rendement a montré que le nombre de **ramifications/m² florifères** devenait limitant pour des seuils **inférieurs** à **100/m²**. Palleau (1989) avait mis en évidence que cette composante était fonction du peuplement et du diamètre au **collet** à la reprise de végétation et donc qu'il était possible d'effectuer un diagnostic suffisamment tôt dans la prise de décision de l'agriculteur pour adapter son itinéraire technique en fonction de son nouvel objectif de rendement cohérent au potentiel physiologique de la culture et agronomique.

La diversité des conditions **pédo-climatiques** et des systèmes de cultures de la région rend difficile toute estimation ou mesure de l'ensemble des postes du bilan initial de Rémy et Hébert (1969), donc en limite son utilisation. L'utilisation de la méthode du bilan **simplifié faisant** appel à **l'estimation** des fournitures en azote du sol à partir de témoins non fertilisés semblait la mieux adaptée pour aider au raisonnement de la fertilisation azotée sur colza d'hiver. En 1992, le réseau O.P.A.L. avait également pour objectif d'établir un référentiel de fournitures en azote du sol sur colza. Contrairement au blé, les **critères** sols et systèmes de culture sont **insuffisants** pour expliquer toutes les variations des fournitures en azote du sol. Il était donc difficile d'élaborer une grille **d'estimation** comme celle réalisée sur blé en 1992. Les **quantités** d'azote mobilisées par une culture de colza dépendent également des conditions d'implantation. En **effet**, les cinétiques d'absorption d'azote sont différentes pour ces deux espèces car sur colza l'absorption d'azote à l'automne représente une part importante de l'azote total mobilisé à la récolte. Il semblerait que les quantités d'azote mobilisées soient dépendantes non seulement de la nature du profil et du système de culture mais également de la date d'implantation de la culture donc de son état végétatif. Les résultats d'essais analytiques ont montré que la biomasse aérienne ou l'azote mobilisé à la reprise de végétation pouvait être un indicateur des quantités d'azote absorbées à la récolte. Ce critère semblerait définir un potentiel physiologique d'absorption d'azote fourni au printemps.

Par rapport à la démarche initiale d'établir un référentiel de potentiels de production et de fournitures en azote du sol, les résultats acquis depuis 1992 nous amènent à prendre en compte de nouveaux critères complémentaires mais **également** à élaborer un outil de diagnostic pour être au plus proche des conditions de culture dans chaque situation. Cependant, ces nouveaux indicateurs devront être plus étudiés afin de préciser les relations qui ont **été** établies dans des domaines de **validité** propres à chaque année culturale.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	p. 4
I - PROBLEMATIQUE (Comment fixer un objectif de rendement et raisonner la fertilisation azotée sur colza ?)	p. 6
I - 1 - DEMARCHE ET ETUDE DES POTENTIALITES AGRONOMIQUES EN LORRAINE	p. 7
I - 2 - COMPRENDRE ET EXPLIQUER LES VARIATIONS DE RENDEMENTS EN CULTURE DE COLZA	p. 9
I - 3 - GESTION DE L'AZOTE SOUS CULTURE COLZA :	p.23
II - MATERIELS ET CONDITIONS EXPERIMENTALES (Elaboration d'un référentiel des potentialités agronomiques et des fournitures en azote du soi)	p.40
II - 1 - DISPOSITIF DU RESEAU O.P.A.L. :	p.41
II - 2 - DETERMINATION DES POTENTIALITES AGRONOMIQUES DES SOLS LORRAINS.	p.43
II - 3 - DETERMINATION DES FOURNITURES EN AZOTE DU SOL	p.44
II - 4 - ETUDE DE FACTEURS DE VARIATIONS DES FOURNITURES EN AZOTE DU SOL :	p.46
II - 5 - CONDITIONS CLIMATIQUES ANNUELLES :	p.47
III - QUEL OBJECTIF DE RENDEMENT EN CULTURE DE COLZA ? (Références potentialités colza sur le réseau O.P.A.L. depuis 1992)	p.50
III - 1 - POTENTIALITES AGRONOMIQUES POUR LES PRINCIPAUX SOLS LORRAINS :	p.51
III - 2 - ESTIMATION DES POTENTIALITES AGRONOMIQUES EN CULTURE DE COLZA A PARTIR DE REFERENCES ETABLIES SUR BLE :	p.64
IV - FOURNITURES EN AZOTE DU SOL SUR COLZA D'HIVER	p.69
IV - 1 - VARIABILITE DES FOURNITURES EN AZOTE DU SOL EN CULTURE DE COLZA :	p.70
IV - 2 - DIAGNOSTIC ET ESTIMATION DU NIVEAU DES FOURNITURES EN AZOTE DU SOL :	p.79
IV - 3 - ESTIMATION DES FOURNITURES EN AZOTE DU SOL SUR COLZA A PARTIR DE REFERENCES ETABLIES SUR BLE :	p.87
VF - PERSPECTIVES D'UTILISATION ET DE RECHERCHES (Valorisation des références acquises en Lorraine)	p.92
VF - 1 - DETERMINATION D'UN OBJECTIF DE RENDEMENT EN CULTURE DE COLZA	p.93
VF - 2 - RAISONNEMENT DE LA FERTILISATION AZOTEE	p.95
VF - 3 - PERSPECTIVES DE RECHERCHES	p.97
'CONCLUSION GENERALE	p.99
TABLE DES MATIERES	p.101
ABREVIATIONS	p.104
BIBLIOGRAPHIE	p.107
ANNEXES	p.113

INTRODUCTION

Depuis quelques années, l'agriculture est confrontée à trois problèmes majeurs : baisse des prix des produits agricoles, augmentation des charges inhérentes à la production et risque de pollution (en particulier nitrates). L'évolution de la Politique Agricole Commune induit une adaptation des pratiques agricoles actuelles. Sachant que le prix d'un quintal de colza équivaut à **près de 60 unités d'azote**, l'agriculteur refuse de prendre le risque sur sa culture pour des raisons économiques. Seule une prise en compte de l'aspect environnemental peut conduire à une **réduction** des situations de **surfertilisation** azotée. La recherche systématique d'une productivité élevée ne doit plus être l'objectif prioritaire car elle n'apporte plus la meilleure rentabilité. En effet, avec la diminution des prix des céréales, la marge brute la plus élevée ne peut être obtenue qu'en allégeant les **itinéraires** techniques parallèlement aux niveaux de production.

Pour que cette agriculture soit productrice, économe et non polluante, il faut adapter l'itinéraire technique pour produire au plus près du potentiel agronomique du sol. Les objectifs de rendement doivent être fixés en cohérence avec l'aptitude à produire du sol. Ils nécessitent donc de connaître son potentiel agronomique, et de mieux **maîtriser** la fertilisation **azotée** tout en conservant une méthode de raisonnement accessible à tous.

Dés 1986, la Chambre Régionale d'Agriculture de Lorraine valorisa les résultats d'une étude **régionale** des potentialités pédo-climatiques sur blé. Elle put ainsi établir des courbes **références** de potentiel de production par type de sol en fonction du déficit climatique, et les mesures d'azote absorbé par des témoins non fertilisés pour élaborer des grilles **prédictives de fournitures** en azote du sol en fonction des types de sol et des systèmes de cultures. Ces **références** débouchèrent sur la vulgarisation d'une méthode de raisonnement de la fertilisation **azotée** établie à partir du bilan simplifié.

En 1992, dans le cadre des actions proposées pour une meilleure maîtrise de la fertilisation azotée, **l'Etat**, le Conseil Régional (Mission Environnement), la Chambre Régionale d'Agriculture de Lorraine et l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse ont décidé de participer à la mise en place de sites expérimentaux permettant de mieux suivre les potentialités de production des différents types de sols lorrains pour les principales espèces cultivées et d'en apprécier les fournitures en azote. Ainsi douze sites expérimentaux représentatifs des grandes familles de sols lorrains ont été mis en place dans le cadre de l'Observatoire des Potentialités Agro-climatiques en Lorraine, en collaboration avec les Chambres Départementales d'Agriculture, pendant cinq ans, afin d'intégrer la variabilité pédo-climatique inter-annuelle et les contraintes des assolements et rotations pratiquées.

Cet observatoire permet d'établir un référentiel de potentiel de production par type de sol, pour une espèce végétale sous un climat donné et de déterminer les fournitures en azote du sol par type de sol et par système de culture. Ces références seront utilisées en priorité dans les zones sensibles (**Ferti-Mieux**) par rapport à la pollution des eaux en nitrates, permettant d'aider les agriculteurs à ajuster au mieux leur fertilisation azotée et plus généralement leurs itinéraires techniques.

Les travaux menés en culture de blé en région Lorraine et les résultats acquis depuis la mise en place du ce réseau O.P.A.L.' ont permis d'enrichir et de préciser le référentiel de potentiels de productions agronomiques et de fournitures en azote pour cette espèce. Par type de sol, codifié à partir d'une prospection du profil à la tarière, le rendement potentiel est mis en relation avec le déficit climatique calculé à la maturité physiologique. Ainsi, lorsque l'évolution du rendement maximum en fonction de ce déficit climatique a été établie, une analyse fréquentielle du climat permet d'estimer la **fréquence** d'apparition d'un niveau de déficit climatique **donné**. L'objectif de rendement que l'agriculteur pourra se fixer dépendra du risque qu'il accepte de prendre pour qu'un déficit donné se produise l'année considérée. A partir des grilles d'estimation des fournitures en azote du sol, il pourra raisonner la fertilisation **azotée** en corrélation à ses objectifs de rendement.

Depuis 1992, les résultats acquis sur le réseau O.P.A.L. permettent d'élaborer les premières **références** de potentialités et de fournitures en azote du sol en culture de colza. Toutefois sur de mêmes types de sols et pour des déficits climatiques similaires, les rendements mesurés 'restent variables. Dans quelques situations, ils sont **inférieurs** aux potentiels agronomiques de sols similaires malgré l'absence de **facteur** limitant dans l'itinéraire technique ou la séquence climatique.

Ce document présente dans une première partie, une synthèse des connaissances actuelles pour apprécier les potentialités agro-physiologiques en culture de colza et de raisonnement de la fertilisation azotée. Les paramètres type de sol, déficit climatique et système de culture semblent insuffisants pour définir avec précision un objectif de rendement et une fertilisation azotée pour chaque situation.

Dans une seconde partie, la culture de colza et plus particulièrement l'élaboration de l'ensemble des composantes du rendement et la réalisation de diagnostics en culture seront étudiées afin d'expliquer l'hétérogénéité de quelques références potentialités agronomiques et d'essayer de déterminer des critères facilement accessibles permettant de corriger l'objectif de rendement initialement fixé.

Pour préciser l'estimation des fournitures azotées du sol (fournies par les grilles élaborées en Lorraine) nécessaire au raisonnement de la fertilisation azotée de la culture, nous étudierons la cinétique d'absorption de l'azote par des témoins non fertilisés sur quelques essais analytiques (dates et densités de semis) et sur les stations du réseau O.P.A.L. pour définir des critères de correction de l'estimation du niveau des fournitures azote du sol pour chaque situation.

Quels critères physiologiques (diamètre au collet, biomasse aérienne, azote absorbé, indice foliaire...) rapidement observables ou mesurables permettraient d'identifier les situations de cultures où l'objectif de rendement initialement fixé en cohérence avec le potentiel agronomique ne peut plus être atteint et d'y corriger l'estimation des fournitures en azote du sol ? Comment extrapoler les nombreuses références de potentialités et de fournitures en azote du sol acquises sur blé à la culture de colza afin de les renseigner plus rapidement ? Telles sont les questions qui concluront ce mémoire.

1 - PROBLEMATIQUE

(Comment **fixer un objectif de rendement** et **raisonner la fertilisation azotée sur colza** ?)

I - 1 - DEMARCHE ET ETUDE DES POTENTIALITES AGRONOMIQUES EN LORRAINE	p. 7
1 - 1 - 1 - Quels critères pédo-climatiques pour traduire les potentialités agronomiques?	p. 8
I - 1 - 2 - Généralisation de la methodologie et mise en place du réseau O.P.A.L.	p. 9
I - 2 - COMPRENDRE ET EXPLIQUER LES VARIATIONS DE RENDEMENTS EN CULTURE DE COLZA	p. 9
1 - 2 - 1 - Fonctionnement de la plante et généralités sur l'élaboration du rendement	p. 10
1 - 2 - 1 - 1 - Production et accumulation de matière sèche :	p. 11
a - Phase automnale	p. 11
b - Initiation florale colza en hiver	p. 12
c - Phase printanière (Reprise de végétation - Floraison)	p. 12
I - 2 - 1 - 2 - Production de graines (floraison - maturité)	p. 13
a - Phase floraison - maturité	p. 13
b - Facteurs de variations d'élaboration des composantes du rendement	p. 14
I - 2 - 2 - Elaboration de diagnostic en culture :	p. 15
I - 2 - 2 - 1 - Diagnostic à partir de modèles généraux et références	p. 15
I - 2 - 2 - 2 - Diagnostic à partir de modèles spécifiques et indicateurs de croissance	p. 16
a - Modélisation de croissance automnale (Pouzet et al., 1983)	p. 16
b - Modélisation du taux de réussite des fleurs et remplissage des graines (Leterme, 1985)	p. 16
c - Indice foliaire	p. 17
d - Production de matière sèche	p. 18
e - Biomasse à la floraison	p. 18
f - Teneur en azote total	p. 19
g - Etude de la vitesse de croissance au printemps (Palleau, 1985)	p. 20
h - Diamètre au collet x nombre de pieds sortie hiver	p. 20
ETUDE DE L'AZOTE SOUS CULTURE COLZA :	p. 23
3 - 1 - l'azote dans le sol :	p. 23
3 - 2 - Cinétique d'absorption d'azote et besoins azotés d'une culture de colza	p. 23
I - 3 - 2 - 1 - Azote dans la plante et cinétique d'absorption	p. 23
I - 3 - 2 - 2 - Besoins azotés d'une culture de colza	p. 24
3 - Principe général du bilan azoté (Rémy et Hébert, 1969) et évolutions :	p. 24
I - 3 - 3 - 1 - Prévision des fournitures en azote minéral du sol :	p. 26
a - Approche du logiciel "Azobil"	p. 26
b - Estimation des fournitures en azote du sol à partir de témoins non fertilisés	p. 28
I - 3 - 3 - 2 - Quelles interactions entre les fournitures azote du sol et l'apport d'engrais ?	p. 30
Adaptation au raisonnement de la fertilisation azotée sur colza d'hiver	p. 31
I - 3 - 4 - 1 - Détermination de la dose globale à apporter	p. 31
I - 3 - 4 - 2 - Fractionnement et dates d'apport	p. 36
a - Fertilisation à l'automne	p. 36
b - Fertilisation azotée de printemps et fractionnement	p. 36
Choix d'une méthode de raisonnement de la fertilisation azotée adaptée en Lorraine	p. 36

II - MATERIELS ET CONDITIONS EXPERIMENTALES

(Elaboration d'un référentiel des potentialités agronomiques et des fournitures en azote du sol)

II - 1 - DISPOSITIF DU RESEAU O.P.A.L. :	P. 41
II-1-1-Dispositif dans chaque site	p.42
II - 1 - 2 - Caractérisation et codification du profil de chaque site	p.42
II-1-3-Suivi des cultures	p.43
II - 2 - DETERMINATION DES POTENTIALITES AGRONOMIQUES DES SOIS LORRAINS.	P. 43
II - 2 - 1 - Méthodologie de récolte	p.43
II - 2 - 2 - Déficit climatique	p.44
II - 2 - 3 - Analyse et interprétation des références établies	p.44
II - 3 - DETERMINATION DES FOURNITURES EN AZOTE DU SOL	P. 44
II - 3 - 1 - Quel stade optimum pour déterminer le maximum d'azote mobilisé par la culture ?	p.44
II - 3 - 2 - Méthodologie de récolte	p.45
II - 3 - 3 - Mesures des quantités d'azote mobilisées	p.45
II - 3 - 4 - Analyse et interprétation des références établies	p.46
II - 4 - ETUDE DE FACTEURS DE VARIATIONS DES FOURNITURES EN AZOTE DU SOL :	
P. 45	
II - 4 - 1 - Essai densités variétés	p.47
II-4-2-Essai dates des semis	p.47
II - 5 - CONDITIONS CLIMATIQUES ANNUELLES :	P. 47

III - QUEL OBJECTIF DE RENDEMENT EN CULTURE DE COLZA ?

(Références potentialités colza sur le réseau O.P.A.L. depuis 1992)

III - 1 - POTENTIALITES AGRONOMIQUES POUR LES PRINCIPAUX SOLS LORRAINS :	P.51
III-1-1-Facteursclimatiques	p.51
III - 1 - 2 - Relations rendement déficit climatiques par type de sol	p.52
III - 1 - 3 - Variabilité des rendements	p.54
III - 1 - 4 - Etude des composantes du rendement	p.54
III - 1 - 5 - Diagnostic du nombre de ramifications potentiels à la reprise de végétation	p.59
III - 1 - 6 - D&it climatique et élaboration des composantes du rendement	p.61
III - 2 - ESTIMATION DES POTENTIALITES AGRONOMIQUES EN CULTURE DE COLZA A PARTIR DE REFERENCES ETABLIES SUR BLE :	P.64
III-2-1-Cycleculturalpourchaqueespèce	p.64
III - 2 - 2 - Variations des rendements par type de sol en fonction du déficit climatique	p.64
III - 2 - 3 - Du rendement blé au rendement colza.	p.67

IV - FOURNITURES EN AZOTE DU SOL SUR COLZA D'HIVER

IV - 1 - VARIABILITE DES FOURNITURES EN AZOTE DU SOL EN CULTURE DE COLZA :	p.70
IV - 1 - 1 - Variabilités inter et intra-annuelles	p.70
IV - 1 - 2 - Variabilités en fonction des conditions d'implantation	p.71
IV - 1 - 2 - 1 - Effet date de semis	p.71
IV - 1 - 2 - 2 - Effet densité de semis	p.77
IV - 2 - DIAGNOSTIC ET ESTIMATION DU NIVEAU DES FOURNITURES EN AZOTE DU SOL :	P.79
IV - 2 - 1 - Facteurs de variations des fournitures en azote du sol sur O.P.A.L.	p.79
IV - 2 - 1 - 1 - Azote absorbé à l'entrée de l'hiver	p.79
IV - 2 - 1 - 2 - Relations azote absorbé à l'entrée de l'hiver et azote absorbé à la reprise de végétation en sortie d'hiver	p.79
IV - 2 - 1 - 3 - Azote absorbé à la reprise de végétation en sortie d'hiver	p.81
IV - 2 - 1 - 4 - Relation azote absorbé à la reprise de végétation en sortie d'hiver et à la récolte	p.81
IV - 2 - 1 - 5 - Fournitures en azote du sol de la reprise de végétation en sortie d'hiver à la récolte	p.83
IV - 2 - 1 - 6 - Relation fournitures en azote au printemps et azote absorbé	p.84
IV - 2 - 2 - Quels indicateurs d'estimation et de correction des fournitures en azote du sol.	p.85
IV - 3 - ESTIMATION DES FOURNITURES EN AZOTE DU SOL SUR COLZA A PARTIR DE REFERENCES ETABLIES SUR BLE :	P.87
IV - 3 - 1 - Des fournitures en azote du sol mesurées sur blé à celles mesurées sur colza :	p.89
IV - 3 - 1 - 1 - Types de sols	p.89
IV - 3 - 1 - 2 - Systèmes de cultures	p.89
IV - 3 - 1 - 3 - Excès d'eau hivernal	p.89
IV - 3 - 1 - 4 - Azote absorbé par le colza à la reprise de végétation en sortie d'hiver	p.89

CONCLUSION GENERALE

Face aux nouvelles **contraintes** économiques et environnementales, l'agriculteur doit adapter son **itinéraire** technique pour produire au plus **près** du potentiel agronomique variable selon l'hétérogénéité de sol au sein d'une même parcelle afin de limiter les risques de pollution et **réaliser** une meilleure rentabilité. Pour y parvenir, il est donc **nécessaire d'élaborer** des **méthodes** et donc des outils opérationnels,

-Pour déterminer un référentiel de potentiels de production et de grilles de fournitures en azote du sol nécessaires au raisonnement de la fertilisation azotée, un **dispositif expérimental** a été mis en place en 1992 (Observatoire des **Potentialités** Agroclimatiques en Lorraine). Les rendements potentiels **établis** par type de sol sont mis en relation avec le déficit climatique. Toutefois, les résultats acquis en culture de colza ont montré que ces deux critères (sol - climat) étaient **insuffisants** pour expliquer toute la variabilité des rendements mesurés. A partir de l'étude des conditions d'implantation de la culture et de l'analyse de l'élaboration des composantes du rendement, deux **facteurs** ont été **déterminés**. Le premier d'un caractère climatique, est la prise en compte de l'importance de la pluviométrie hivernale calculée selon le même principe que **celui** du déficit climatique c'est à dire par sommation décadaire des excès d'eau ($\Sigma P - ETP > 0$) du 1^{er} septembre au 28 **février**. Le second plus physiologique, est de déterminer le potentiel de ramification de la culture composante essentielle **du rendement, à partir** d'observations réalisées à la reprise de végétation donc à un stade **suffisamment tôt dans la** prise de décision pour adapter l'itinéraire en cohérence au nouvel objectif de **rendement. A partir de** grilles variétales, le nombre de ramifications potentielles est estimé en **fonction** du peuplement et du diamètre au collet à la reprise de végétation. Cet indicateur végétatif permet d'identifier les situations pour lesquelles cette composante devient **limitante** est nécessaire donc **de** redéfinir un nouvel objectif de rendement.

Lorsque l'agriculteur s'est fixé un objectif de rendement cohérent au potentiel agronomique en **connaissant** le risque climatique de ne pas l'atteindre, il va devoir adapter son itinéraire technique à **partir** de modèles d'élaboration du rendement.

Les mesures des fournitures en azote du sol à l'aide de témoins non fertilisés dépendent non **seulement** des trois critères types de sol, système de culture et richesse en matière organique de **l'horizon** labourable habituellement admis sur céréales, mais également des **conditions d'implantation** de la culture de colza. En **effet**, les cinétiques d'absorption d'azote sont **différentes** pour **ces espèces** car [colza l'absorption d'azote à l'automne représente une part importante de l'azote total mobilisé à la culture]. En culture de colza, l'analyse de la cinétique d'absorption de l'azote par les témoins non fertilisés permet d'identifier deux phases d'absorption importante d'azote par la culture (automne et printemps). Pour ces deux périodes, il semblerait que les quantités d'azote mobilisées soient **dépendantes** non seulement de la nature du profil mais également de la date d'implantation de la culture donc de son état végétatif.

Les **résultats** des essais analytiques conduits en collaboration avec le CETIOM de la station **expérimentale** de Nancy et le suivi des témoins non fertilisés du réseau **O.P.A.L.** ont montré que la teneur en azote dans la fraction gazeuse ou l'azote mobilisé par la culture à la reprise de végétation pourrait être un **indicateur** des quantités d'azote absorbé à la récolte. Ce critère semblerait définir un potentiel **physiologique d'absorption** d'azote fourni au printemps (reliques azote + minéralisation). Toutefois, **la relation est variable** sur les trois années de références. En effet, il semblerait que la mesure de la

biomasse aérienne ou de l'azote absorbé à la reprise de végétation ne soit pas réalisée au même stade physiologique de la culture d'où cette imprécision inter-annuelle. Si un potentiel d'absorption d'azote au printemps pouvait être déterminé à l'aide d'une telle approche, il serait intéressant de le prendre en compte comme diagnostic du niveau potentiel des fournitures en azote sur une situation estimée à partir des grilles de fournitures établies.

Par rapport à notre démarche initiale d'établir un référentiel de potentiels de production et de fournitures en azote du sol, les résultats acquis depuis 1992 nous ont amené à prendre en compte de nouveaux critères complémentaires mais également à élaborer un outil de diagnostic pour être au **plus** proche des conditions de culture dans chaque situation. Cependant, ces nouveaux indicateurs devront être davantage étudiés afin de préciser les relations qui ont été établies dans des domaines de validité propres à chaque **année** culturale.

Pour l'étude des fournitures en azote du sol, il serait nécessaire d'approfondir l'approche du potentiel d'absorption d'azote par la culture au printemps. La mise en place de dispositifs expérimentaux sur **différents** types de sols et dans différentes conditions climatiques créant plusieurs états végétatifs (date de semis x densité de semis) donc des potentiels d'absorption d'azote différents dans des conditions de fournitures en azote du sol élevées et faibles, permettrait de mieux cerner cette variabilité d'absorption d'azote par la culture. **Il faudrait** également vérifier les reliquats post-récolte sur ces dispositifs.

Cette remarque sur la variabilité de l'estimation des fournitures en azote du sol dans un même milieu selon le potentiel d'absorption de la culture doit nous rappeler que l'utilisation de témoins non fertilisés ne peut se faire sans vérifier que les conditions d'implantation et culturales ont été non limitantes du potentiel d'absorption d'azote par la culture.

Disposant de plus de références sur les potentialités et fournitures en azote du sol sur blé, il semblait intéressant d'essayer de les extrapoler à la culture de colza. Bien que ces deux espèces aient des cycles végétatifs différents, des comparaisons de rendements potentiels sur de mêmes sols ont été établies. Pour quelques sols dont nous disposons d'assez de références, des relations rendements **blé-colza** ont été définies. Cependant, cette comparaison ne peut être effectuée que sur des courbes enveloppes rendements-déficits climatiques et ne permet pas de valoriser les références de rendement mesurés pour les deux espèces sur le même milieu (rotation sur les stations du réseau O.P.A.L.). En effet, les conditions climatiques hivernales sont différentes d'une **année** à l'autre et n'ont pas la même incidence sur chacune de ces deux espèces. Pour établir plus rapidement cette relation, les deux espèces devraient être cultivées sur une même parcelle la même **année**.

Pour les deux espèces, les fournitures en azote du sol sont différentes selon les types de sols, les systèmes de cultures et les années (séquence climatique). Aussi, il semblerait intéressant de comparer les quantités d'azote mobilisées par ces deux espèces dans de mêmes conditions pédoclimatiques afin d'éliminer les critères de différenciations (précédant **cultural**, climat...) pour simplifier cette comparaison. Au dispositif expérimental proposé précédemment, des mesures de fournitures en azote du sol pourraient être réalisées sur des témoins non fertilisés des deux espèces. Ces expérimentations devraient être effectuées sur plusieurs types de sols et dans différents systèmes de cultures.