

François LIMAUX et Jean-Marc Meynard

Céréaliculture : la désintensification d'ores et déjà rentable

LA LOGIQUE DE LA DÉSINTENSIFICATION

Il y a 10 ans, dans les régions céréalières, on ne parlait que "d'intensification" de la culture du blé, 100 qx/ha devenait un objectif de production accessible ; le but clairement affiché était de maximiser le potentiel de production (semis précoce, densité de peuplement élevée) et d'éliminer tout risque de facteur limitant par une fertilisation azotée soutenue et l'emploi systématique et fréquent de traitements phytosanitaires. L'augmentation continue des rendements, les records de 1980, 1982, et surtout 1984, se sont accompagnés d'une augmentation considérable des quantités d'intrants employés.

Pour bien comprendre la logique du système intensif de conduite des céréales, il est nécessaire de se rappeler qu'au moment où il applique ses techniques, l'agriculteur ne sait pas quel sera le climat de l'année, donc quels seront exactement les besoins en azote, la pression de maladies ou les risques de verse.

Prenons l'exemple de la fertilisation azotée : le surcoût lié une fumure excessive est très faible comparé à la perte encourue en cas de fumure insuffisante : les agriculteurs ont donc tendance à majorer les doses apportées, afin que, si, par chance, l'année climatique autorise des rendements très élevés, la dose d'engrais soit encore suffisante. Chaque fois que le rendement n'atteint pas les sommets espérés, c'est-à-dire le plus souvent, une partie de l'engrais reste inutilisée. Une telle stratégie, où l'on accepte des surcoûts par souci de sécurité, se retrouve pour les autres techniques culturales (cf, par exemple, WAHL et al., 1986, pour les fongicides).

Ce que l'on oublie souvent, dans un tel raisonnement, c'est que les techniques nécessaires à l'obtention d'un potentiel de production très élevé augmentent aussi la probabilité d'occurrence de différents facteurs limitants : les semis précoces et denses, la fertilisation azotée élevée, augmentent, par exemple, les risques de maladies et de verse. Plus trivialement, plus on vise haut, plus on prend de risques de ne pas atteindre son objectif.

Désintensifier consiste à prendre le contre-pied de cette attitude : accepter d'emblée de ne pas atteindre des rendements-records, et diminuer ainsi les quantités d'intrants nécessaires ; deux questions se posent alors : quel objectif de production se fixer ? Comment répartir les économies entre les différents postes de dépenses : semences, engrais, pesticides... ?

DES BASES THÉORIQUES SOLIDES ISSUES DES RECHERCHES EN AGRONOMIE

Il doit être clair que la désintensification n'est pas un retour en arrière sur le plan technique.

Il y a une dizaine d'années, les expérimentations "système de culture" concluaient que l'intensification contribuait à l'augmentation de l'efficacité des intrants (Ambolet et Maumène, 1981 ; Bouchet, 1982. Dilz et al., 1982).

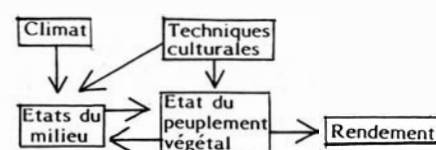
S'il est possible d'inverser ce résultat, ce ne sera qu'en valorisant, dans la conception d'itinéraires techniques moins intensifs, les progrès des connaissances agronomiques et des moyens techniques réalisés depuis.

En particulier, cette conception va bénéficier des avancées de la modélisation de "l'élaboration du rendement" : le rendement d'une culture est le résultat de processus complexes : photosynthèse, absorption d'eau et d'éléments minéraux, translocations d'assimilats dans la plante, accumulation dans certains organes (les grains en fin de culture)... Entre le semis et la maturité, on assiste successivement à la croissance des surfaces foliaires et des racines, au tallage (ramification de la céréale), à sa montaison (élongation des tiges) suivie de l'épiaison, de la floraison et du remplissage des grains.

Le sol évolue parallèlement, sous l'effet des événements météorologiques, des micro et macro-organismes qui l'habitent, et des techniques agricoles.

Même si tous les détails de ces processus ne sont pas connus, on dispose d'ores et déjà de modèles simples permettant de simuler, pour un climat donné, les effets des techniques culturales sur le milieu édaphique et le peuplement végétal, conduisant au rendement.

Nous ne donnerons que quelques exemples de modèles agronomiques utilisés pour la désintensification.



POTENTIALITÉS AGRICOLES

Dans la moitié Nord de la France, il est théoriquement possible, en année favorable, de réaliser partout des rendements de blé supérieurs à 90 qx/ha. Mais du fait de la diversité des sols et des climats, la probabilité de pouvoir atteindre ce rendement n'est pas la même dans toutes les parcelles : dans certains cas (sols peu épais, climats relativement secs, ou au contraire sols hydromorphes, évacuant mal les excès d'eau) cette probabilité peut même être très faible ; au contraire, dans les limons profonds du Soissonnais ou du Santerre, elle est très élevée. L'estimation, pour chaque combinaison (climat x sol) des rendements qu'il est raisonnable d'espérer est donc un préalable à la désintensification.

A titre d'illustration, le graphique n° 1 montre qu'à partir de références établies sur plusieurs années, on peut, pour un type de sol, se fixer un objectif de rendement pour un niveau de risque donné.

Dans un sol de limon profond où la production est relativement insensible à des niveaux de déficit climatique important, un rendement de 95 qx/ha est accessible tous les ans. Sous réserve d'être capable de maîtriser les différents facteurs limitants, ce rendement peut raisonnablement être adopté comme objectif.

En revanche, dans les sols à cailloux superficiels qui ont une faible réserve en eau, le rendement potentiel est très affecté par le niveau du déficit climatique. Seule, une analyse fréquentielle du climat (détermination des valeurs du 1er quintile, médiane et 4ème quintile) permet de choisir un objectif de rendement assorti d'une probabilité de l'atteindre.

Par exemple, 78 qx/ha ne sera atteint qu'une année sur cinq, 72 qx/ha une année sur deux ; choisir un objectif de 72 qx/ha

permet d'équilibrer les risques de sous-estimation et de surestimation des quantités d'intrants nécessaires.

LES BESOINS DU PEUPEMENT VÉGÉTAL

L'objectif de rendement permet de fixer, à l'aide de modèles quantitatifs adaptés aux conditions régionales, des objectifs intermédiaires de nombre de grains/ha, nombre d'épis/ha, nombre de plantes/ha nécessaires pour atteindre ce rendement. Ainsi plus le rendement visé est élevé, plus le semis doit être précoce ou le nombre de plantes/ha important.

La quantité totale d'azote dont le peuplement végétal devra disposer pour assurer sa croissance (fourniture du sol + engrais) est elle-même d'autant plus élevée que l'objectif de rendement (1) est fort.

Deux exemples de différenciation des objectifs intermédiaires selon l'objectif de rendement seront donnés dans les pages suivantes.

LES EFFETS DES TECHNIQUES CULTURALES

Les interventions de l'agriculteur - travail du sol, semis, fertilisation, traitements - ont des effets multiples ; certains de ces effets sont *voulus* : le travail du sol augmente l'aération de celui-ci, la fertilisation améliore la nutrition minérale du peuplement, un semis dense augmente la vitesse d'installation des surfaces foliaires et donc la photosynthèse..., mais d'autres effets, souvent indirects, existent aussi et sont souvent négligés : une nutrition azotée très favorable, un semis dense augmentent, par exemple, les risques de verse et de maladies.

Nous nous sommes attachés à identifier tous ces effets indirects, pour les intégrer dans le raisonnement des techniques.

DES MODALITÉS DE CONDUITE DES CULTURES QUI ROMPENT AVEC LE PASSÉ

Nous présentons deux exemples de travaux consacrés à la désintensification. Le premier, mené en Lorraine, correspond à l'adaptation de la conduite du blé à un niveau de potentialité faible, le deuxième exemple, issu de la Picardie, montre que la désintensification intéresse aussi les régions de productivité très élevée.

EXEMPLE DE RÉSULTATS ACQUIS EN LORRAINE SUR PETITES TERRES

Sous ce vocable de petites terres, on regroupe généralement des rendzines développées sur roche mère calcaire

(Portlandien - Séquanien - Bathonien - Bajocien) et pour lesquelles on retrouve fréquemment les caractéristiques suivantes :

- présence importante de cailloux de taille variable dès la surface. Toutefois ces couches caillouteuses sont en général colonisées par les racines.

- la profondeur maximum d'enracinement est faible, ce qui confère une forte sensibilité au déficit hydrique de mai, juin et début juillet.

- situation de plateaux dont l'altitude varie de 300 à 400 mètres.

Les systèmes d'exploitation rencontrés sont de type céréaliers ou céréales-viande, incluant une proportion importante de blé d'hiver, et compte tenu des contraintes évoquées ci-dessus, le potentiel de rendement de ce type de sol reste limité.

Par ailleurs, si on considère l'évolution du prix des céréales et des approvisionnements, on comprend aisément que les conduites culturales encore vulgarisées dans ces situations, résultant de la transposition pure et simple de préconisations issues de régions céréalières à fort potentiel (Marne, Schleswig-Holstein, Beauce), ne dégagent plus suffisamment de marge pour l'agriculteur.

Nous avons donc réfléchi dès l'automne 1987 à la possibilité de proposer des conduites moins coûteuses qui permettent toutefois l'obtention d'un rendement très proche du potentiel, et donc au total une augmentation sensible de la marge brute.

Bases du raisonnement de la conduite proposée (conduite B)

Le choix de l'objectif de rendement

L'utilisation d'un modèle préalablement établi a permis dans un premier temps de calculer le niveau de rendement potentiel de la parcelle. Compte tenu des caractéristiques du sol (profondeur et réserve en eau) d'une part, et de l'étude fréquentielle du climat (valeur médiane du déficit cumulé au 20 Juillet) d'autre part, ce potentiel s'établit à 65 qx/ha (rendement accessible une année sur deux). Ensuite, la démarche logique a consisté à prendre en compte les contraintes liées aux systèmes de culture et d'exploitation, pour moduler l'objectif de rendement par rapport au potentiel.

Dans le cas présent, nous avons choisi de retenir le précédent colza qui autorise des semis précoces. Par ailleurs, la nature des exploitations, à dominante céréalière pour la plupart, et donc sans contraintes majeures

RELATIONS ENTRE LES POTENTIALITÉS DU BLÉ D'HIVER

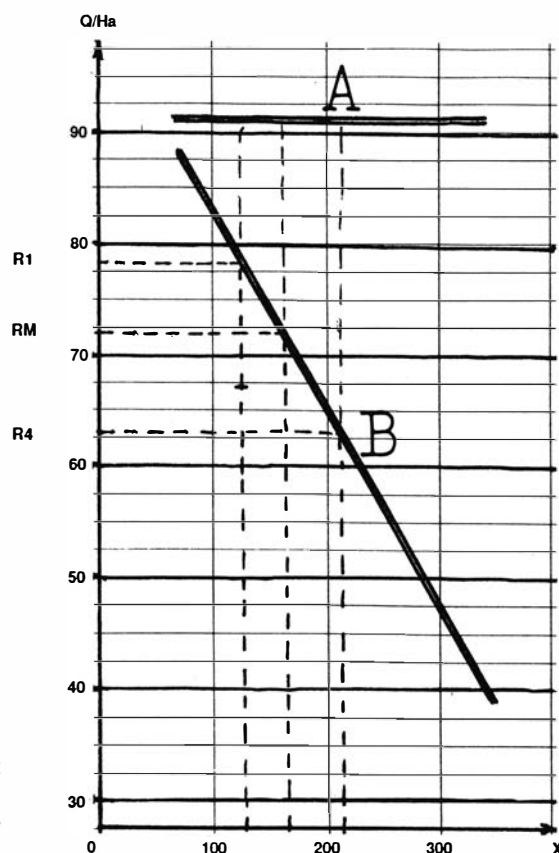
(rendement maximum permis par le milieu) et le déficit climatique pour deux sols lorrains (F. Limaux, CRA, Lorraine)

Graphique 1

- R1 = Rendement accessible 1 année sur 5 (déficit supérieur 4 années sur 5).
- RM = Rendement accessible 1 année sur 2 (déficit supérieur 1 année sur 2)
- R4 = Rendement accessible 4 années sur 5 (déficit supérieur 1 année sur 5)
- A : Courbe correspondant à des sols de limons profonds.
- B : Courbe correspondant à des sols à cailloux peu profonds reposant sur calcaire.

L'abscisse OX indique, en m/m d'eau, le déficit climatique, cumulé à la maturité physiologique.

L'ordonnée indique la quantité de Q/Ha (quintaux par hectare). Les valeurs correspondant aux rendements R1, RM, et R4 ont été calculées sur les 30 dernières années pour le poste Nancy-Essey;



(1) l'un de nous a montré que l'on améliorait, nettement l'estimation des besoins en azote en se basant non sur l'objectif de rendement, mais sur l'objectif de nombre de grains/ha (Meynard 1985).

quant à la possibilité de mettre en œuvre correctement l'itinéraire technique, nous a conduit à retenir un objectif de rendement égal au potentiel de la parcelle, soit 65 qx/ha.

Le niveau objectif des composantes du rendement

A partir de l'objectif de rendement obtenu, et en utilisant les modèles de référence établis en Lorraine sur des essais "densité x date de semis", nous avons proposé un objectif pour chaque composante du rendement et précisé l'itinéraire technique à mettre en œuvre pour atteindre ces niveaux.

La dose d'azote et son fractionnement

Les besoins de la culture sur l'ensemble du cycle sont estimés en fonction de l'objectif de nombre de grains/m².

$Q = \beta \cdot NG$ soit pour la variété CAMP REMY dominante dans le réseau, $1,1 \times 16,5$ mille grains/m² $\times 10 = 180$ kg d'azote/ha. (Q : Quantité d'azote absorbée, NG : Nombre de grains).

On prend par ailleurs en compte les fournitures du sol. En petites terres en semis précoce et précédent colza, les fournitures sur l'ensemble du cycle sont peu variables et voisines de 50 kg/ha. Ce chiffre a pu être établi à partir de références acquises au cours des dernières années, sur des témoins non fertilisés en azote. La dose totale calculée a donc été établie à : besoins 180 - Fournitures 50 = 130 kg/ha.

Cette dose a été fractionnée en deux apports : le premier en fin d'hiver au moment où l'absorption de la culture s'intensifie, suite au réchauffement des températures, le deuxième au stade épi 1 cm (début montaison).

Le calcul du 1er apport a été effectué en prenant en compte :

a) les besoins en azote du peuplement au stade épi 1 cm qui sont dépendants de l'objectif de biomasse (MS épi 1 cm).

b) les quantités d'azote déjà absorbées au moment du 1er apport.

c) les quantités d'azote fournies par le sol entre les apports et le coefficient réel d'utilisation de l'azote pendant cette période.

Après calculs, la dose proposée au 1er apport est de 40 kg/ha, celle du 2ème apport étant déduite de la dose totale, soit $130 - 40 = 90$ kg/ha.

La protection contre les maladies

Nous avons d'abord considéré l'importance relative des différentes maladies en Lorraine :

- les maladies du pied, notamment le piétin-verse, est peu présent en région Lorraine,
- les attaques importantes de rouille restent exceptionnelles,

- en revanche, la septoriose est fréquente chaque année et ses répercussions sur le poids du grain sont bien connues.

Par ailleurs, il faut remarquer que la structure de peuplement qui est recherchée (faible densité d'épis) et la dose d'azote relativement modeste, sont autant d'éléments qui permettent de penser que le développement des maladies sera limité.

En tenant compte de l'ensemble de ces arguments, nous avons adopté une politique à un seul traitement fongicide à l'épiaison avec un produit de contact peu cher et suffisamment efficace contre la septoriose.

Vérification des performances techniques et économiques

Afin de vérifier les performances techniques et économiques de cette conduite, elle a été mise en comparaison avec une conduite culturale très intensive, représentative de la pratique des meilleurs agriculteurs céréaliers (conduite A) et visant à assurer au moins la production maximum de la meilleure année.

EXEMPLE DE RÉSULTATS ACQUIS EN PICARDIE

A l'inverse du précédent exemple, les travaux engagés dans les régions agricole du Soissonnais et du Noyonnais proviennent de types de sols généralement plus profonds et de bonne potentialités agronomiques. En effet, les meilleurs rendements observés pour le blé d'hiver dépassent 95 qx/ha et les objectifs fréquemment annoncés par les agriculteurs se situent entre 80 et 90 qx/ha.

On peut donc se poser la question, dans ces conditions, de l'intérêt de proposer une démarche de désintensification. Pourquoi ne pas conseiller des conduites culturales visant à réaliser le meilleur rendement ?

En fait, lorsqu'on examine de près les pratiques des agriculteurs concernés, on s'aper-

çoit qu'elles sont relativement divergentes par rapport aux prescriptions qui leurs sont faites pour l'obtention de rendements élevés, et ce pour deux raisons majeures :

- les modes de conduites proposés sont très sensibles aux conditions climatiques de printemps

- pour des raisons de concurrence entre les activités, les contraintes d'organisation du travail conduisent les agriculteurs à privilégier d'autres productions (betteraves sucrières, pommes de terre).

C'est à partir de ce constat qu'on a pu proposer la mise en place d'un réseau visant à comparer deux conduites culturales.

La première conduite culturale (A) est conçue en vue l'obtention d'un rendement de plus de 80 qx/ha. On vise donc simultanément un nombre de grains/m² élevé et le poids de mille grains maximum compatible avec celui-ci. Les éléments de modélisation dont on dispose permettent de déterminer les nombres d'épis et de plantes/m qu'il faut au moins égaler pour atteindre le nombre de grains/m visé (cf tableau n° 2). Les besoins en azote, et donc la fertilisation, sont déduits de ces objectifs intermédiaires. Les risques de verse, et de maladies sont importants, du fait de la densité du peuplement et de la fertilisation azotée, et l'on sait que, dans ces conditions, il est nécessaire d'appliquer au moins un régulateur de croissance et deux traitements fongicides.

Dans la deuxième conduite culturale (B) la réduction des risques phytosanitaires est obtenue par le biais d'une réduction, de 15 qx/ha, de l'objectif de production : les nombres de grains, d'épis et de plantes/m strictement nécessaires sont plus faibles que dans le cas précédent : les besoins en azote, les risques de verse et de maladies sont corrélativement réduits, ce qui permet de réaliser des économies sur la fumure azotée, les traitements (pas de régulateur de croissance et réduction du nombre de fongicides), et les semences. Il est également

Tableau 1 : Récapitulatif des objectifs et des techniques pour la comparaison des 2 conduites culturales

	Conduite B	Conduite A
OBJECTIFS		
Rendement (qx/ha)	66	95
Nbre de grains/m ²	16 500	maximum
Nbre d'épis/m ²	550	*
Matière Sèche au stade épi 1 cm/m ² (g)	90	*
Nombre de pieds/m ²		
TECHNIQUES CULTURALES		
Date de semis	25/09	25/09
Densité semi (G/m ²)	225	350
Dose d'azote (kg/ha)	130	220
1er apport	40	90
2ème apport	90	130
Régulateur de croissance	non	non
Fongicides	1	2
Antigraminée	au printemps "selon obs."	à l'automne systé.
Anticotyldéone	au printemps "selon obs."	au printemps "selon obs."

possible d'envisager un semis plus tardif, limitant les risques d'attaque de pucerons tant à l'automne qu'au printemps, ou le choix de variétés résistantes, éventuellement en mélange, pour réduire les applications de fongicides.

DES MARGES SUPÉRIEURES, MOINS DE GASPILLAGES

Le test de ces différents itinéraires techniques illustre bien le changement de logique qui est caractéristique de la désintensification. Le rendement obtenu est, très fréquemment, inférieur à celui de l'itinéraire plus intensif, au sein d'un même essai : mais B atteint beaucoup plus souvent son objectif que l'itinéraire A et la différence des rendements mesurée à la récolte est, pratiquement toujours, inférieure à la différence fixée par les objectifs.

Il en résulte d'une part, que les marges brutes obtenues avec les deux itinéraires techniques sont relativement proches, avec un avantage pour B (tableau n° 3) qui croît d'autant plus que le prix du blé baisse. (voir tableau n° 4 réalisé à partir des essais suivis par Meynard.

D'autre part, l'azote apporté est mieux valorisé en B qu'en A où le rendement visé était souvent trop ambitieux.

Concernant plus particulièrement les risques de pollution nitratée, l'exemple qui suit (tableau n° 5) est assez démonstratif. Entre la conduite A et B, pour des rendements équivalents, et une marge brute supérieure pour la conduite B, l'excès d'azote (2) est multiplié par plus de 2 pour la conduite A.

Au total, on produit un peu moins, on gagne plus et on évite les gaspillages (pesticides et azote).

On voit donc que, par rapport à un système qui n'était pas même très intensif, on peut réussir à réduire, par ce qu'on pourrait appeler une "extensification raisonnée", le nombre de traitements et les excès d'azote sans perdre d'argent. Un résultat important est que la désintensification ne conduit pas à une augmentation de la variabilité des rendements. Les stratégies d'assurance mises en œuvre dans la culture intensive ont pu faire croire que celle-ci constituait le meilleur moyen de limiter la variabilité des rendements. On observe que, dans les expérimentations déjà citées, l'écart type des rendements n'augmente pas lorsqu'on diminue les

quantités d'intrants : ceci n'a été possible que parce que toutes les réductions de coût ont été raisonnées de manière cohérente avec la réduction de l'objectif de production ; une partie du temps de travail économisé par la diminution du nombre de passages doit être, pour ce faire, réinvesti en temps de surveillance.

LES RECHERCHES CONTINUENT

Cet article est écrit par deux agronomes, l'un est directement engagé dans le développement régional, en Lorraine, l'autre est chercheur à l'INRA ; cette association traduit bien le point essentiel de la démarche en cours : basée sur les connaissances théoriques, pour répondre aux questions du terrain.

Il est clair que cette démarche est potentiellement applicable à d'autres cultures que le blé (et ce sera nécessaire, car le prix payé à la production va, dans les prochaines années, baisser pour toutes les espèces de grande culture.

Mais sa généralisation bute sur deux obstacles :

- les connaissances agronomiques actuelles sur l'élaboration du rendement des différentes espèces et ses différenciations régionales sont encore insuffisantes. Cependant, des résultats encourageants sont connus sur colza ou maïs, qui devraient permettre des avancées notables à moyen terme.

- la formation agronomique des acteurs du développement, encore insuffisante dans beaucoup de cas, pour que les adaptations locales des modèles, essentielles à la validité des raisonnements techniques puissent être réalisés rapidement.

On aura vu qu'en fait, ce que nous entendons par "désintensification" est l'adaptation des itinéraires techniques à des objectifs de production **accessibles**, différenciés selon les régions climatiques, les sols et les systèmes d'exploitation. La tendance à la réduction des quantités d'intrants imposée par l'évolution des prix agricoles, et l'importante croissance accordée à la protection de l'environnement ne s'appliquera pas de manière uniforme. On peut même penser, que dans certaines conditions extrêmement favorables, la poursuite d'une intensification raisonnée et de la progression des rendements est encore possible. Pour s'adapter à cette **diversification** des modes de conduite des cultures, un effort sans précédent de la Recherche et du Développement sera nécessaire.

François LIMAUX

Chambre Régionale d'Agriculture
de Lorraine

Jean Marc MEYNARD

Institut National de la Recherche
Agronomique

(2) excès d'azote : différence entre l'azote présumé disponible (engrais + fourniture du sol) et l'azote retrouvé dans la plante.

Tableau 2 :

Référence et Organisme	Lieu et année d'expérimentat. Nbre d'essais	Objectifs de Production en qx/ha	Rendements moyens obtenus et fréq. d'obten. du meilleur Rdt	Ordre de grandeur de réduction des charges	Marge brute moyenne et fréquence d'obten. de la meilleure marge
LIMAUX 1989-1991 CRA Lorraine	Lorraine "Petites terres" 1988 - 1989 1990 11 essais	95 / 65	62,0 7/11 / 60,1 4/11	(1) 37 %	4.067 3/11 / 4.678 8/11
MEYNARD 1985-1989 INA PG-INRA	Noyonnais Soissonnais (60) 1982 - 1983 1985 - 1986 28 essais	80/90 / 65/75	80,2 25,28 / 75 3/28	(2) 35 %	5.260 7/28 / 5.500 21/28

(1) prix en Francs 1990 (2) prix en Francs 1986

Tableau 3

Année de références	Fréquence d'obtention des meilleures marges brutes	
	conduite A	conduite B
pour le prix du blé		
1983	12/28	16/28
1986	7/28	21/28
1991	5/28	23/28

Tableau 4 : Résultats de l'Essai de Viéville en Haye (54) Variété Camp-Rémy - 1989

	Conduite A	Conduite B
Objectif de rendement (qx/ha)	95	65
Objectif de NG/m ²	Maximum	16 500
Fertilisation azotée (kg/ha)	220	130
Rendement atteint en qx/ha	70	69
NG/m ² atteint	16 690	16 245
Azote en excès (kg/ha)	57	24
Marge brute	4 720	5 415