

Éléments de décision pour une fertilisation raisonnée en azote sur les cultures fruitières et légumières

Introduction

La fertilisation azotée des cultures légumières et fruitières est au cœur d'enjeux économiques, sanitaires et environnementaux. Une gestion raisonnée doit répondre à des objectifs de production, en termes de rendement et de qualité, et de protection de l'environnement. La base de ce raisonnement est d'ajuster les apports d'azote aux besoins de la culture en tenant compte des fournitures du sol.

Cette note a pour objet de présenter la démarche de raisonnement des fertilisations azotées sur le principe d'un équilibre entre offre et demande en azote de la culture permettant de limiter les transferts d'azote dans l'environnement.

Dans son concept, l'équilibre repose sur un bilan Entrées- Sorties d'azote au niveau de la parcelle cultivée.

Si la méthode du bilan, telle que définie en grandes cultures, n'est pas transposable *in extenso* aux cultures légumières et fruitières, un bilan simplifié posant les bases du raisonnement, peut s'écrire comme suit ;

$$X = B - F$$

X= quantité d'azote efficace¹apporté par l'engrais (kg/ha)

B= besoins de la culture (kg/ha)

F= fournitures du sol (azote minéral issu de la biotransformation des matières organiques d'origine endogène et/ou exogène et azote minéral présent dans les intrants organiques).

Maîtriser les fertilisations repose sur la connaissance des besoins de la culture et l'appréciation des fournitures du sol.

1. Les besoins en azote des cultures fruitières et légumières

Le besoin d'une culture se définit comme étant la quantité d'azote minimum nécessaire pour assurer le potentiel de production de l'espèce considérée, autrement dit atteindre l'objectif de production déterminé, ceci en l'absence de facteurs limitants par ailleurs. Les références en la matière ont été construites à partir de courbes d'absorption en cultures fruitières et courbes de réponse à l'azote avec définition de la courbe de dilution critique, base du diagnostic azote, en cultures légumières.

¹ Azote efficace = azote apporté *coefficient apparent d'utilisation

Les besoins en azote des espèces fruitières et légumières sont répertoriés dans les tableaux suivants (Tableaux 1, 1bis et 2) :

Tableau 1 : besoins en azote des jeunes vergers

Age du verger	Besoins (kg/ha N)	Fractionnement et mode d'apport (c)	Modulation de la dose d'apport
1 ^{ère} année	20	De un à trois apports localisés sur le rang et dépendants du type de sols (risque de lessivabilité à estimer en fonction de la texture du sol et de la CEC). En cas de fertirrigation, le fractionnement peut être plus important.	En fonction du niveau de vigueur, de la précocité d'aoûtement, de la formation des boutons floraux, et sur conseil d'expert, la dose de fertilisant azoté peut être modulée, afin d'atteindre le développement optimum (+ ou - 30 kg/ha N)
2 ^{ème} année	40		
3 ^{ème} année Entrée en production (a) (b)	60 à 70		

(a) : pour de jeunes vergers présentant un potentiel de rendement proche d'un verger adulte, se reporter aux données des vergers en production.

(b) : Pour certaines espèces fruitières (amandiers, cerisiers,...) ayant une entrée en production plus tardive, les besoins en 4^{ème} année sont identiques à ceux de la 3^{ème} année.

(c): nombre d'apports indicatifs pour des apports au sol. Si ferti-irrigation, le fractionnement peut être supérieur.

Tableau 1bis : besoins en azote des vergers en production

Types	Espèces	Age du verger	Besoins (kg/ha N)	Potentiel de rendement (t/ ha)
Fruits à pépins	Pommier	à partir de la 3 ^{ème} feuille	= 0.6 * Rdt + 80	30 à 100
	Pommier à cidre		= 1.2 * Rdt + 90	20 à 50
	Poirier	à partir de la 4 ^{ème} feuille	= 0.7 * Rdt + 80	20 à 80
	Actinidia (Kiwi)	à partir de la 5 ^{ème} feuille	= 1.4 * Rdt + 90	15 à 50 t
	Raisin de table	à partir de la 3 ^{ème} feuille	= 2 * Rdt + 20	8 à 25
Fruits à noyaux	Abricotier	à partir de la 4 ^{ème} feuille	= 1.2 * Rdt + 90	5 à 40
	Cerisier	à partir de la 5 ^{ème} feuille	= 1.3 * Rdt + 90	5 à 25
	Pêcher	à partir de la 4 ^{ème} feuille	= 1.3 * Rdt + 90	10 à 70
	Prunier	à partir de la 5 ^{ème} feuille	= 0.9 * Rdt + 90	10 à 40
	Prune d'Ente	à partir de la 5 ^{ème} feuille	= 0.9 * Rdt + 90	10 à 35 (fruits bruts)
	Olivier	à partir de la 4 ^{ème} feuille	= 10 * Rdt + 20 à 30	2 à 8
Fruits à coques	Amandier	à partir de la 5 ^{ème} feuille	= 15 * Rdt + 40	3 à 4 (coques)
	Châtaignier	à partir de la 7 ^{ème} feuille	= 5 * Rdt + 90	1 à 5
	Noisetier	à partir de la 6 ^{ème} feuille	13.5 * Rdt + 70	3 à 4
	Noyer	à partir de la 6 ^{ème} feuille	= 10 * Rdt + 90	1 à 5
Petits fruits	Framboise	à partir de l'entrée en production	3* Rdt	5 à 15
	Cassis	à partir de l'entrée en production	3.33 *Rdt	4 à 15
	Groseille	à partir de l'entrée en production	3* Rdt	5 à 20

Tableau 2 : mobilisation en azote des cultures légumières

Espèces	Besoins (kg/ha N)	Potentiel de rendement (t/ ha) (t/ha sauf mention spécifique)
Artichaut Camus - 1 ^{ère} année (région Nord)	120	8
Artichaut Camus - 2 ^{ème} année (région Nord)	150	10-12
Artichaut Camus - 3 ^{ème} année (région Nord)	150-180	10-12
Artichaut (région Sud)	250 (140-400)	16 (10-25)
Asperge 1 ^{ère} pousse	108	Feuilles + tiges pour 20 000 plantes/ha
Asperge 2 ^{ème} pousse	124	Feuilles + tiges pour 20 000 plantes/ha
Asperge 3 ^{ème} pousse et suivantes	125	Feuilles + tiges pour 20 000 plantes/ha + 8-10 (turions)
Aubergine de plein champ	150-210	25-30
Aubergine sous abri en sol	220	120
Carotte cycle cultural d'été	130-165	60-80 (commercial)
Carotte cycle cultural de printemps	100-130	65-75 (commercial)
Carotte cycle cultural primeur	110	60 (commercial)
Chicorée géante maraîchère - Octobre	89	51
Chicorée fine maraîchère - Printemps	152	69
Chicorée fine maraîchère - Eté-automne	122-124	72-73
Chicorée fine maraîchère – Printemps sous abri	94	55
Chicorée frisée - Eté	130	54
Chicorée frisée - Automne	145	48
Chou fleur d'été	320-340	24000 plants/ha
Chou fleur d'automne	210-250	12000 à 14000 plants/ha
Chou fleur d'hiver	250-300	11000 à 12000 plants/ha
Concombre	330 - 500	210 - 300 kg/ha
Courgette sous abri	200-300	60-100
Endive	Sensible : 90-110 Tolérante : 125-155 Préférante : 150-185	35-40
Fraise de saison (Elsanta)	115	30,6 t fruits ou 6,5 t matière sèche
Fraise précoce (Gariguette)	180	30 t fruits ou 11 t matière sèche
Fraise remontante (Selva)	250	55 t fruits ou 17 t matière sèche
Laitue	80-90	400-450 g/plante
Mache	50-70	5 à 10
Melon sous abri	90-120	20-40
Melon plein champ irrigué	60-100	20-30
Poireau	160-255 selon créneau de production	50-80 selon créneau de production
Poivron sous abri en sol	180-300	60-110
Pomme de terre primeur	150-175	35-50
Radis	50-60	17
Tomate d'industrie	120-180	80-120
Tomate de plein champ	150	60
Tomate sous abri en sol, non chauffée	320	150
Tomate sous abri en sol chauffée	420	200
Oignon, ¹	120-150	70-90
Céleri Rave ²	160-260 (densité 30 000 à 50 000 /ha)	50-80

Source : Fertilisation Agronomie CTIFL, 2012

⁽¹⁾ sources : CTIFL, ISAB, CA Bretagne ⁽²⁾ sources : CTIFL, PLRN, CA Bretagne

Par ailleurs, les besoins sont évolutifs au cours du cycle cultural. La détermination de la dynamique d'absorption de l'azote permet de situer les stades de développement à forte mobilisation, bases nécessaires pour asseoir la démarche de fractionnement de l'azote. A titre d'exemple, sont présentées ci-dessous les courbes d'absorption de l'azote du pêcher (figure1), de la laitue (figure 2a et b) et de la carotte (figure 2c).

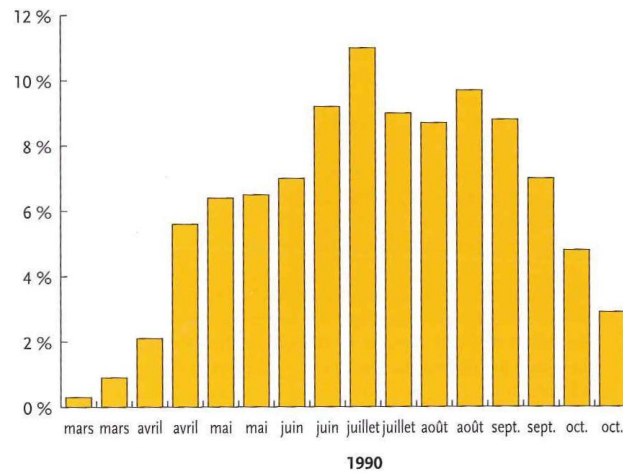


Figure 1 : absorption de l'azote par le pêcher au cours d'une saison (arbres en quatrième année, cultivés en bacs) d'après Soing et Mandrin, 1993

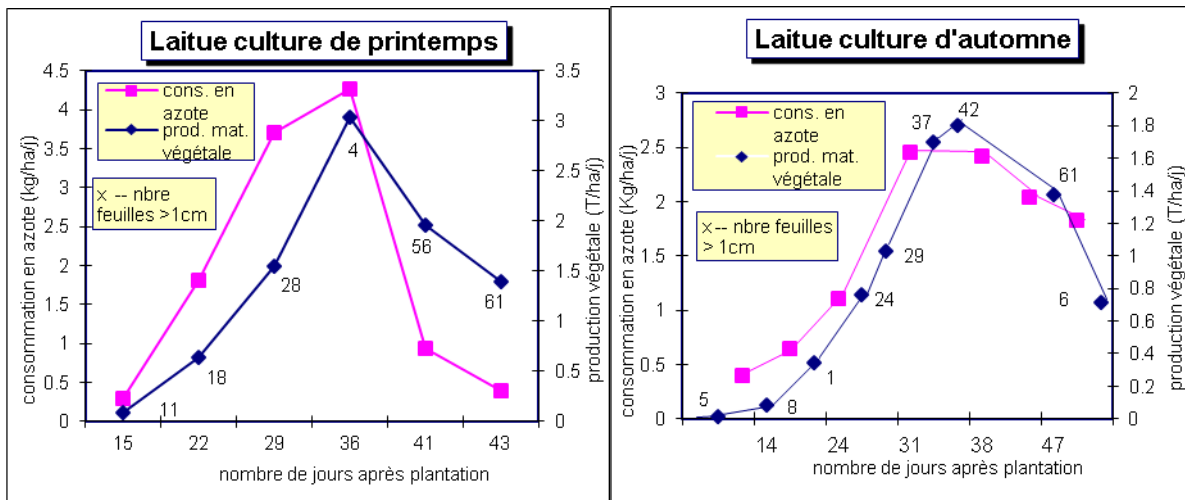


Figure 2 a et b : dynamique des prélèvements en N (kg/ha/j) de la laitue en cultures de printemps (mai-juin), d'automne (septembre-novembre) d'après Raynal, 1997-2004

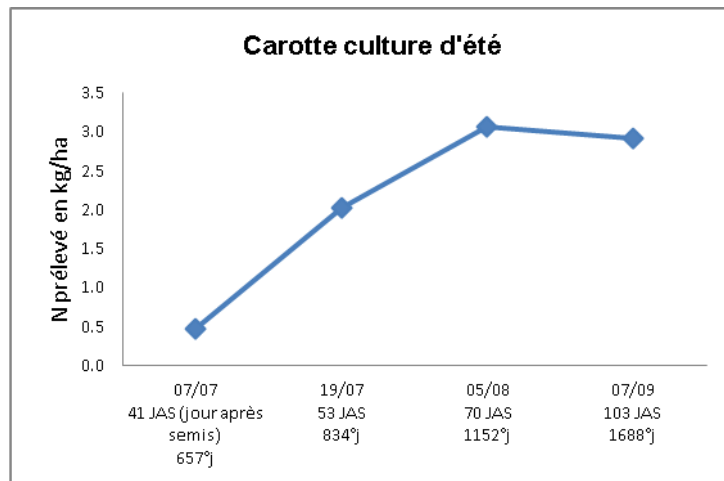


Figure 2c : dynamique des prélèvements en N (kg/ha/j) de la carotte en culture d'été (juillet-octobre) d'après Raynal, 1997-2004

Dans le cas particulier des arbres fruitiers, la notion de besoin est caractérisée par une quantité inter-annuelle quasi constante et représentant la mobilisation par les parties végétatives (branches, tronc, feuilles), et par les fruits (partie annuelle variable). Ce besoin annuel total prévisionnel peut cependant être modulé en fonction de la vigueur de la plante (faible, normale ou forte). Une bonne approche du niveau vigueur peut être évaluée par les techniciens ou producteurs en s'appuyant sur des observations de terrain (longueur de pousse, couleur des feuilles, vitalité des apex...). Cette appréciation visuelle permet des ajustements au plus près des besoins de la plante ce qui, dans la pratique, peut se traduire par une modulation de la dose complémentaire d'azote de + ou - 30 kgN/ha (cf tableau 1).

En ce qui concerne les cultures légumières, les besoins en azote (tableau 2) sont définis par rapport au potentiel de production, considéré en termes de rendement et de qualité, de l'espèce considérée. Ces données sont fondées, pour bon nombre d'entre elles, sur la définition de la courbe de dilution critique de l'azote, à l'origine de la méthode PILazo® développée en cultures légumières pour optimiser les fertilisations azotées sur le cycle cultural.

2. Les fournitures en azote du sol : une source d'azote pour les cultures

La biotransformation des matières organiques du sol conduit à la libération d'azote minéral qui est la source principale d'alimentation en azote des espèces végétales (excepté les légumineuses). Les processus en jeu sont d'ordre biologique essentiellement en rapport avec l'activité de la biomasse microbienne du sol. Cette activité est étroitement liée à des facteurs abiotiques (température et l'humidité du sol). Influente par ailleurs certaines caractéristiques du sol (structure, pH...).

L'azote organique du sol est d'origine :

- endogène : humus, biomasse microbienne
- exogène : produits résiduels organiques (fumiers, produits du commerce, déchets verts compostés), engrais verts introduits dans les rotations puis enfouis, résidus de culture.

Les fournitures d'azote *via* la minéralisation peuvent représenter une part importante des besoins en azote de la culture. Cette source d'azote est à prendre en compte dans l'optique de fertiliser en complément de ces fournitures du sol. Elle est multiple et ses composantes peuvent être évaluées comme suit :

- Apport d'azote par minéralisation de l'humus

La quantité d'azote minéralisée dépend d'abord du stock d'azote organique. Il faut considérer la quantité d'azote organique humifiée de la couche minéralisante (horizon 0-30 cm). Ce stock d'azote minéralisable peut être déterminé sur la base d'une

analyse de sol (réalisée dans les 5 dernières années) ou d'une estimation à partir de la teneur en carbone (C) ou en matière organique(MO)² et du rapport C/N de la MO humifiée (doit être proche de 9)³.

Seule une partie de cet azote organique est minéralisable dans la période de culture considérée définie en jours normalisés. Le taux de minéralisation est basé sur l'équation suivante (assimilée à la formule du K2- Hebert et Mary).

$$K = 22750 / ((110 + A) * (600 + CaCO_3))$$

avec

A = teneur en argile en g/kg (après décarbonatation)

CaCO₃ = teneur en calcaire en g/kg

Dans les situations à fortes restitutions organiques, ce qui est assez courant dans les systèmes de cultures légumières et fruitières, il convient de pondérer ce taux de minéralisation pour prendre en compte des apports répétés de produits résiduaux organiques (PRO). En première approche et faute de références bien établies à ce niveau, la valeur K peut être corrigée d'un facteur 1 à 1.2 cas où ont lieu tous les ans des apports de types composts et fumiers avec enfouissement (cf. grille COMIFER).

En cultures légumières, la vitesse de minéralisation varie de 0.3 à 0.6 kgN/ha/j N ce qui, dans les conditions de culture de laitues irriguées en sol bien pourvu en matière organique (jusqu'à 20 g/kg sol sec), couvre au moins 30% des besoins en azote de la salade. Ce niveau peut être nettement accru par enfouissement d'un engrais vert et la contribution du sol peut alors doubler. De même, le retournement d'une prairie de 3 ans peut conduire à des niveaux de minéralisation de l'ordre de 1kgN/ha/j N.

Ces ordres de grandeur, établis expérimentalement, restent à préciser régionalement pour l'acquisition de références propres aux conditions agronomiques et systèmes de culture des zones de production.

En cultures fruitières, la situation est plus complexe car l'horizon exploité par les racines est plus important que pour les cultures légumières. L'équation définie ci-dessus peut permettre une première estimation de la fourniture en azote issue de la matière organique. Elle devra toutefois être précisée par les techniciens de chaque secteur géographique, tenant compte des types de sol, du mode d'entretien des sols et des pratiques usuelles en matière d'apport d'amendements organiques.

- **Apport d'azote par les produits résiduaux organiques (PRO)**

La grande variété de PRO utilisés, qu'il s'agisse d'engrais organiques (NFU 42-001, fertilisants de type II) ou d'amendements organiques (NFU 44-051, NFU 44-095, fertilisants de type I), se traduit par des niveaux de fourniture en azote minéral très différents.

Par ailleurs, les produits se distinguent par leur dynamique de minéralisation. Les produits de type engrais libèrent rapidement de l'azote puis le % N minéralisé évolue relativement peu par la suite. Les amendements organiques peuvent présenter, dans un premier temps, une phase d'organisation (avec prélèvements d'azote dans le milieu) plus ou moins longue selon la composition du produit, son niveau de compostage. Leur valeur fertilisante reste faible sur le court/moyen terme.

La quantité de N minéral provenant des PRO dépend de la teneur en Ntotal du produit (indiquée sur le sac d'emballage/noté sur la fiche technique du produit/déterminé par analyse), de la quantité de produit épandu dans la couche minéralisante et du potentiel de minéralisation du produit.

² La teneur en matière organique est égale à C*1.72 ou 2 selon les laboratoires

³ La valeur de C étant connue, la valeur de N organique sera égale à C/9

Les références sur la minéralisation de ces produits (en % Norg contenu dans les produits) sont établies à partir de suivis au champ et de tests d'incubation. Les Instituts techniques, l'INRA et les Chambres d'Agriculture ont produit de nombreuses données en la matière ces dernières années pour évaluer l'apport d'azote minéral par les PRO.

Le tableau suivant donne les références pour un ensemble de produits

Caractérisation chimique et minéralisation nette de l'azote (% de l'apport initial en azote organique du produit)

Produit organique type engrais	Composition en C total et N total (g pour 100g de produit sec)			Evolution du % d'azote organique libéré sous forme minéral : 7, 28 et 91 jours à 28°C (Incubations)		
	Nom commercial/composition du produit	C total	Ntotal	C/N	A 7j	A 28j
Orgafor/Concentré de vinasse de betterave (3-2.8-6 + 3MgO + OE)	26,8	4,2	6,4	42+12	45+6	48+4
Cédabior/Dérivé de la production de levure	34,2	4,2	8,2	26+5	28+4	32+7
Orgaliz B+/Compost avicole et végétal (3.5% N org)	32,2	4,4	7,3	23+2	24+1	33+6
Guanomag 4-8-10/Guano + farine de plume	17,7	3,8	4,7	38+3	46+4	51+4
UFAB/Soies de porc	48,8	14,3	3,4	42+3	49+3	50+0

Produit organique type amendement	Composition en C total et N total (g pour 100g de produit sec)			Evolution du % d'azote organique libéré sous forme minéral : 7, 28 et 91 jours à 28°C (Incubations)		
	Composition du produit	C total	Ntotal	C/N	A 7j	A 28j
Compost déchets verts + fientes de volailles	13,7	1,2	11,1	-10+7	0+4	2+4
Fumier de volailles sur paille frais	30,8	3,4	9,0	7+3	14+4	18+13
Compost fumier poulet (6 mois)	35,7	3,3	10,9	-16+1	-14+5	-10+2
Fumier de cheval	44	1,4	31,0	-69+2	-64+7	-62+3
Compost déchets verts + fumier de cheval	19,2	1,3	14,5	-16+6	-16+4	-13+2
Fumier de cheval frais	42,4	1,4	31,4	-14+2	-13+14	-10+2
Compost fumier de cheval (4 semaines)	39,3	1,7	23,8	-28+3	-26+6	-20+3
Compost fumier de cheval (2 mois)	34,4	1,9	17,9	-13+1	-14+0	-6+4
Compost déchets verts + fumier de bovins	7,6	0,8	9,6	-20+8	-22+4	-16+6
Compost fumier + tourteaux (Vegor 70)	39,5	2,8	13,9	-32+1,5	-29+1	-23+2

Source : Fertiagribo 2004-2005

Des données sont par ailleurs diffusées par le COMIFER.

- Apport d'azote par les engrais verts(EV) inclus dans les rotations et résidus de culture

Concernant les résidus des EV, leur minéralisation est rapide et leur contribution à l'alimentation de la culture qui suit va dépendre de l'espèce, de son niveau de croissance et donc du rapport C/N de l'engrais vert qui est enfoui. A titre d'exemple, des cultures de radis fourrager et de seigle génèrent respectivement 75 et 115 kg d'azote/ha pour des quantités de biomasse enfouies de 7.5 T matière sèche/ha dans le 1^{er} cas et 25 T matière sèche/ha dans le 2^{ème} cas, ceci en 15j à 28°C. Un certain nombre de données existe (cf. Azobil, STICS) et le référentiel s'enrichit avec les acquis sur EV d'intérêt dans les systèmes de cultures légumes.

L'évaluation des fournitures du sol peut souffrir d'approximations importantes et l'utilisation de référentiels bien adaptés aux conditions des régions de production est une voie de progrès certaine dans la prise en compte de l'azote d'origine organique.

Par ailleurs, un apport de fertilisant azoté n'est pas efficace à 100 %. L'efficacité de la fertilisation est liée à la présence d'azote disponible dans le sol à un moment où la plante en exprime un besoin. Ainsi, une pratique de fertilisation efficace fait intervenir le fractionnement des apports en fonction de la cinétique d'assimilation des éléments

minéraux et le type de fertilisants dont la rapidité de l'assimilation est très dépendante de la forme initiale de l'azote contenue dans le produit.

Attention : dans certaines situations, une quantité maximale d'azote par passage ou fertirrigation peut être souhaitable (cas de sols légers) ou même imposée.

3. Pour une gestion optimisée de l'azote en cultures fruitières et légumières

L'utilisation d'outils d'aide à la décision associée au fractionnement de l'azote pour tenir compte de l'évolution des besoins sur le cycle de culture est, pour les fruits et légumes, l'axe privilégié dans le sens d'une amélioration des pratiques. L'optimisation des apports doit reposer sur une meilleure adéquation entre les apports et les besoins de la culture sur son cycle de développement. Le pilotage de l'azote, modulé dans le temps, est une voie efficace et nécessaire de réduction de l'impact environnemental des pratiques.

En cultures fruitières, outre le recours à des critères visuels pour ajuster les apports, il convient, pour conserver un équilibre entre apport, fourniture du sol et besoin des arbres, de faire une séparation des pratiques de fertilisation entre la phase d'établissement du verger (constante linéaire) et la phase de production, à partir de laquelle un ajustement en fonction du niveau de rendement est souhaitable. Si une équation du bilan simplifié de l'azote peut apparaître simple (apport efficace = besoin maximal-fourniture du sol), la variabilité plus ou moins maîtrisable de certains paramètres (fourniture du sol en fonction des conditions météo notamment) induit des variations du bilan difficile à estimer a priori. Néanmoins, les acteurs de terrain (producteurs et techniciens) ont acquis une longue expérience dans la gestion de ces variations à l'échelle d'une région ou d'un bassin de production. Le jugement d'expert qu'ils sont amenés à produire (fourniture du sol, efficacité des engrais azotés), basé sur une connaissance pointue du milieu, ainsi que l'observation du comportement de la culture (vigueur) s'avèrent souvent suffisamment précis pour réajuster opportunément les apports de fertilisants en cours de campagne.

En culture fruitière, l'utilisation de diagnostics appréciant le niveau de nutrition de la plante à un instant donné (diagnostic foliaire, poids et analyse de bois de taille, ...), permet de juger de la valeur du bilan à l'échelle de la parcelle en année n et ainsi d'en déduire des informations pertinentes pour la fertilisation à envisager en année n+1 (fruits).

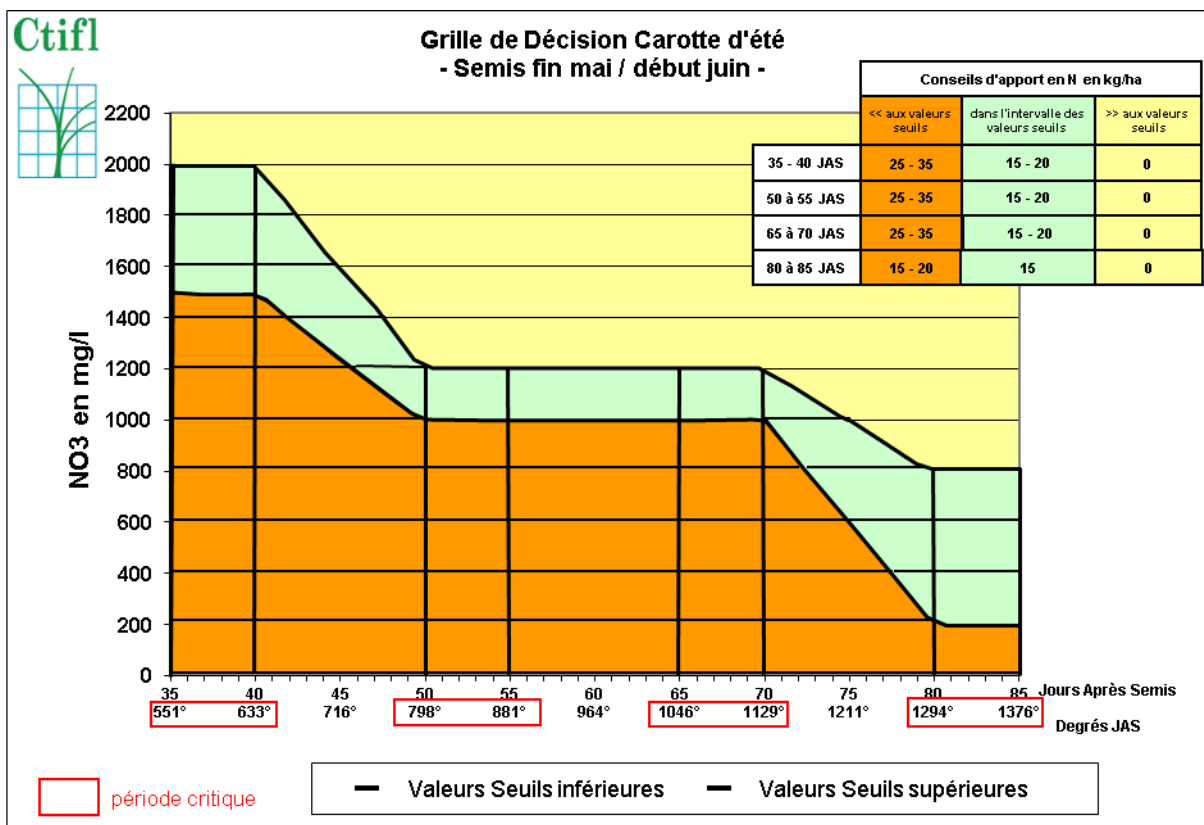
En cultures légumières, des tests rapides au niveau de la plante ou du sol sont proposés.

Le test « plante » est à la base de la méthode PILazo®. Celle-ci, mise au point en cultures légumières, pour raisonner les apports en fonction des besoins réels exprimés par la culture, est opérationnelle pour les cultures suivantes : aubergine, carotte, fraisier, melon, pomme de terre primeur, tomate, et, objet de références expérimentales complémentaires et/ou de validations en conditions agronomiques sur chou-fleur, poivron, poireau. Elle est associée au fractionnement des apports qui offre un intérêt majeur pour lutter contre les excès d'azote à la parcelle et les risques de fuites de nitrates vers les nappes.

Dans la pratique, l'application de la méthode consiste à faire, en général, une mesure Nmin sol à la mise en place de la culture pour assurer une disponibilité en azote suffisante au démarrage de la culture puis des tests N plante par la suite. Ces tests permettent d'objectiver les réapports d'azote à des stades clefs du développement des plantes pour les cultures non fertirriguées et de moduler l'azote tout le long du cycle cultural pour les cultures fertirriguées à partir de la réponse de l'indicateur plante.

A titre d'exemple, les grilles de décision liées à l'application de la méthode PILazo® pour la conduite des apports azotés en culture de carotte et de melon sont présentées ci-dessous.

Grille PILazo® Carotte-cycle d'été



Grille PILazo® Melon

> à 4000 mg/l								4500
								4400
								4300
								4200
								4100
3500 à 4000 mg/l								4000
								3900
								3800
								3700
								3600
3000 à 3500 mg/l								3500
								3400
								3300
								3200
								3100
2500 à 3000mg/l								3000
								2900
								2800
								2700
								2600
Semaines après plantation	2	3	4	5	6	7	8	
	Azote en excédent							
	Suffisant : ne pas fertiliser mais suivre de près							
	20 à 25 kg par hectare (fractionné)							
	50 kg par hectare (fractionné)							

Outre cette méthode, basée sur des suivis de l'état de nutrition azotée et de satisfaction des exigences en azote des plantes, les suivis sol, à travers des tests Nmin sol, renseignent sur la disponibilité en azote du milieu. Ces mesures sont de nature à orienter les décisions d'apports en azote.

En conclusion, raisonner les apports azotés suppose d'inclure l'azote libéré par minéralisation des matières organiques. L'apport d'azote doit venir compléter les fournitures du sol de façon à couvrir les exigences nutritives de l'espèce dans ses conditions de culture. Les outils de pilotage sont un moyen d'optimisation des intrants N en intégrant indirectement ces fournitures du sol. Ils permettent d'ajuster l'apport d'azote aux besoins réels des cultures dans un milieu soumis en permanence aux processus biologiques régissant la libération d'azote minéral à partir des différentes sources d'azote organique.

A noter que dans la pratique le matériel d'épandage n'offre pas toujours une précision satisfaisante à l'échelle de la parcelle de culture et il convient d'en tenir compte dans le conseil de fertilisation.

Références bibliographiques :

Soing P., 2004. Fertilisation des vergers Ctifl. Ed. Ctifl :

Le noyer - Ctifl - Eric Germain, JP Prunet & A Garcin

Prune d'ente : Etude ESERCA Bip

L'olivier - Ctifl - JM Ricard

Petits fruits : Revue Suisse Vitic. Arboric. Hortic. Vol 30 (2): 135-136, 1998

Courbes d'absorption des éléments minéraux des cultures annuelles - SCPA DGER – B Bourrié 1994

Courbes d'absorption des éléments minéraux en cultures légumières – SCPA DGER UNILET – B Bourrié – 1995 à 1998.

Teneurs des produits organiques en azote : Valeurs des principaux PRO Arvalis- COMIFER 2012

Raynal-Lacroix C. et Al., 1999. Azote, Cultures légumières et fraisier-Environnement et qualité. Ed. Ctifl : 224p.

Raynal-Lacroix C. et Al., 2005. PILazo® Gestion pratique de l'azote-Cultures légumières et fruitières. Ed. Ctifl : 76p.

Bertuzzi P. et al., 2002. Culture d'une salade sous abri- Savoir évaluer la minéralisation nette de l'azote au champ. Infos-Ctifl, n°183 : 40-45.

Raynal-Lacroix C. et Nicolardot B., 2006. Les produits organiques utilisés en AB- Caractérisation et étude de la minéralisation. Infos-Ctifl, n° 224 : 43-48.

COMIFER – Guide méthodologique de calcul de la fertilisation azotée. Edition 2011.

Les éléments qui ont permis l'établissement de cette note ont fait l'objet d'une large concertation avec différents partenaires du Ctifl : Stations régionales, Chambre d'Agriculture, Inra, BIP, IFPC...que nous remercions de leur contribution.