

**METHODE
D'ESTIMATION DE
L'AZOTE RESTITUE PAR
LES COUVERTS
D'INTERCULTURE**

*Références pour la région Poitou-Charentes et le
département de l'Indre*



*Grégory Véricel
S. Minette*

Septembre 2009

Quelle quantité d'azote les couverts à base de légumineuses peuvent-ils capitaliser puis restituer au sol après leur destruction ?

La méthode d'estimation de la fourniture d'azote par les couverts proposée se veut simple et opérationnelle pour être facilement utilisée sur le terrain. Basée sur la mesure de la biomasse verte produite par la culture intermédiaire, elle s'inspire sur la méthode du Cétiom pour estimer l'azote piégé en sortie hiver par le colza.

I. Méthode d'estimation de la fourniture potentielle d'azote pour des couverts monospécifiques

La méthode est composée de **quatre étapes** : (figure 1)

1. mesure de la matière verte produite
2. estimation de la matière sèche produite correspondante
3. calcul de la quantité totale d'azote stockée par le couvert (aérienne + racinaire)
4. évaluation de l'azote potentiellement disponible

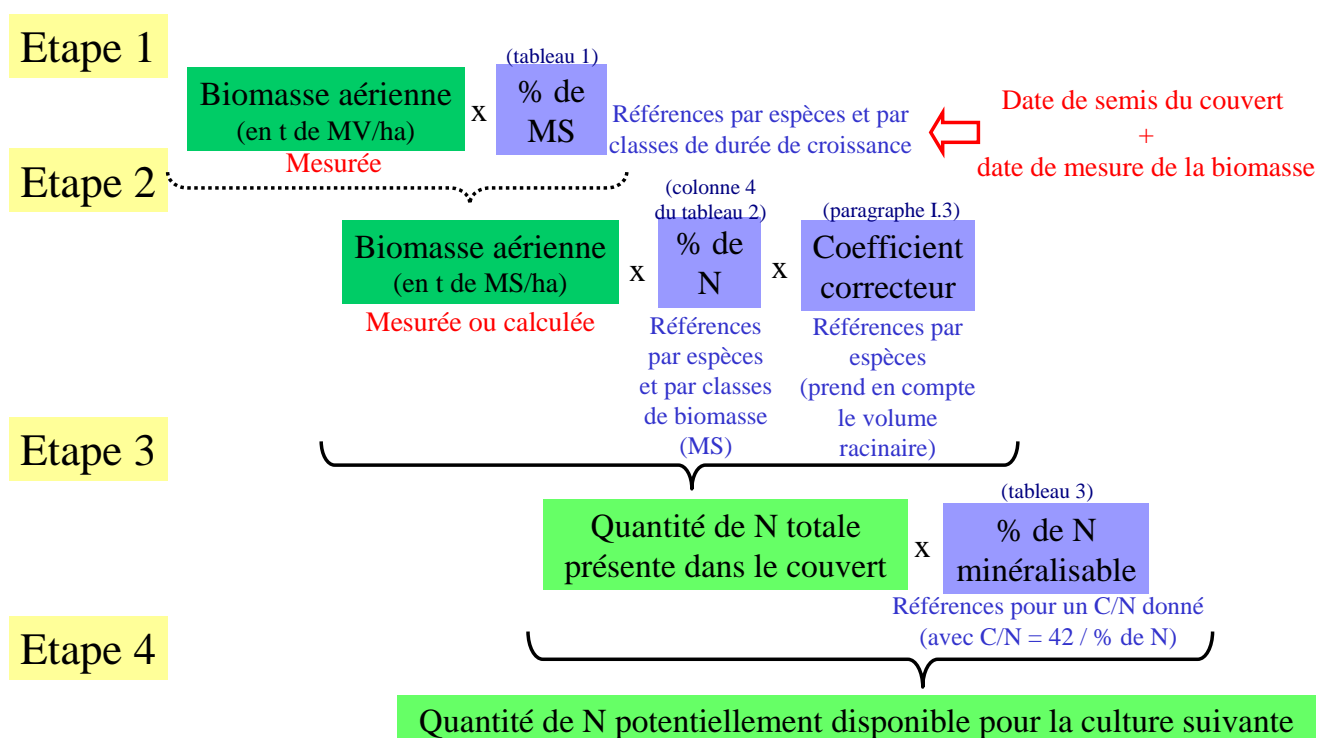


Figure 1. Méthode de calcul de la fourniture d'azote potentielle d'une culture intermédiaire

Remarque : les étapes 1 et 2 sont facultatives si l'on dispose de mesures de biomasse en matière sèche.

N. B. :

- **Mesure de biomasse aérienne verte** : très simple à mettre en œuvre mais nécessitant des précautions car la mesure peut être facilement faussée par la présence de rosée ou d'eau de pluie
- **Mesure de biomasse aérienne sèche** : plus contraignante à mettre en œuvre puisqu'elle exige un passage de : 48 h en étuve mais plus précise.

I.1. Mesure de la matière verte produite

La mesure de biomasse verte au champ sera réalisée **au moment de la destruction** du couvert en réalisant des prélèvements sur 1 m² en au moins trois points différents (3 fois 1 m² ou 6 fois 0,5 m²) pour tenir compte de l'hétérogénéité du terrain. On prendra soin de réaliser les prélèvements dans des **conditions météorologiques favorables** (un jour ensoleillé, de préférence en fin de matinée ou l'après-midi) pour éviter une surestimation de la biomasse due à la rosée ou aux précipitations (humidité supplémentaire).

1.2. Estimation de la matière sèche produite correspondante

La teneur en matière sèche est estimée en fonction de la durée de croissance (ou de développement) des couverts : *durée de croissance (en jours) = date de mesure - date de semis*

Famille	Espèce	Durée de croissance du couvert	% de MS
crucifères	repousses de colza d'hiver	Non disponible *	22
	moutarde blanche	< 60 j	13
		de 60 à 90 j	16
		> 90 j	18
	radis, navette	de 45 à 90 j	12
	moyenne crucifères	< 60 j	13
		de 60 à 105 j	17
> 105 j		26	
graminées	avoine d'hiver	< 60 j	16
		de 60 à 90 j	19
		> 90 j	21
	avoine strigosa	de 60 à 105 j	18
	repousses de blé tendre d'hiver	de 45 à 120 j *	23
	seigle	> 150 j	16
	seigle hybride	> 75 j	24
moyenne graminées	de 45 à 210 j	20	
hydrophyllacées	phacélie	< 90 j	8
		> 90 j	11
composées	niger	< 75 j	15
	tournesol	de 60 à 75 j	13
polygonnacées	sarrasin	< 60 j	23
linéacées	lin	< 60 j	22
légumineuses	fenugrec	de 75 à 120 j	16
	féverole d'hiver	< 75 j	15
	gesse	de 60 à 105 j	15
	lentille	de 75 à 105 j	17
	trèfles	de 45 à 105 j	11
	vesces	de 60 à 150 j	21
	moyenne légumineuses	de 45 à 150 j	15

Tableau 1. Teneurs en matière sèche de différentes espèces utilisées en interculture

Source : compilation d'essais Poitou-Charentes de 1982 à 2009 (CRA PC)

* La durée de croissance des repousses est calculée à partir de la date de levée observée. Cette date n'a été relevée que pour les repousses de blé tendre.

1.3. Calcul de la quantité d'azote stockée par le couvert

La teneur en azote est estimée par classe de biomasse pour prendre en compte l'effet de « dilution de l'azote » dans les couverts développés (colonnes 3 et 4 du tableau 2).

On peut en déduire la quantité d'azote stockée dans les parties aériennes (colonne 5 du tableau 2).

❖ Coefficients d'azote plante entière

(pour convertir l'azote des parties aériennes en azote plante entière : azote aérien + racinaire)

- **1,1** : plantes à racines pivotantes **peu ramifiées** (moutarde, phacélie, tournesol, niger),
- **1,2** : plantes à **système racinaire fasciculé** (graminées) ou à **pivot avec présence de racines secondaires** (colza, radis, navette),
- **1,3** : **légumineuses**.

Famille	Espèce	Classe de biomasse (t de MS aérienne / ha)	% d'azote de la MS	Azote stocké dans les parties aériennes (kg de N / ha)	C/N	Restitution d'azote potentielle (kg de N/ha)
crucifères	choux fourrager	< 1 t de MS	4,2	20	10	10
	colza d'hiver	< 1 t de MS	3,4	25	13	10
		de 1 t à 2 t de MS	2,5	35	17	20
		> 2 t de MS	2,0	50	21	20
	repousses de colza d'hiver	< 1 t de MS	3,2	20	13	10
		de 1 t à 2 t de MS	2,5	30	17	15
		> 2 t de MS	2,5	75	20	40
	moutarde blanche	< 1 t de MS	3,6	20	13	10
		de 1 t à 2 t de MS	2,8	45	16	20
		de 2 t à 3 t de MS	2,5	60	18	25
		>3 t de MS	2,3	90	21	35
	radis, navette	< 3 t de MS	2,7	40	16	20
moyenne crucifères	< 1 t de MS	3,1	20	15	10	
	de 1 t à 2 t de MS	2,7	40	17	15	
	de 2 t à 3 t de MS	2,6	60	18	25	
	>3 t de MS	2,3	90	20	35	
graminées	avoine d'hiver	< 1 t de MS	3,7	20	12	10
		> 1 t de MS	2,6	50	17	20
	avoine de printemps	< 2 t de MS	3,0	35	14	20
		> 2 t de MS	2,3	55	18	25
	avoine strigosa	< 2 t de MS	2,3	25	20	10
		> 2 t de MS	1,5	45	29	10
	blé tendre d'hiver	< 1 t de MS	3,0	20	15	5
	repousses de blé tendre d'hiver	< 1 t de MS	2,7	20	16	5
		> 1 t de MS	2,1	30	20	10
	ray-grass hybride	< 1 t de MS	2,3	5	19	0
	ray-grass d'Italie	< 2 t de MS	2,3	20	19	10
		> 2 t de MS	1,9	50	24	20
	seigle classique	< 1 t de MS	3,7	20	13	10
		de 1 t à 2 t de MS	2,9	45	16	20
		> 2 t de MS	2,3	70	20	30
	seigle hybride	< 1 t de MS	3,3	20	14	10
de 1 t à 2 t de MS		2,7	40	16	20	
> 2 t de MS		2,1	65	20	25	
moyenne graminées	< 1 t de MS	3,1	15	15	5	
	de 1 t à 2 t de MS	2,6	35	17	15	
	> 2 t de MS	2,2	65	21	25	
hydrophyllacées	phacélie	< 1 t de MS	3,1	20	14	10
		de 1 t à 2 t de MS	2,7	35	17	15
		de 2 t à 3 t de MS	2,5	65	17	30
		> 3 t de MS	2,4	90	19	40
composées	niger	< 2 t de MS	2,5	25	17	10
	tournesol	< 5 t de MS	1,8	35	26	10
polygonnacées	sarrasin	< 3 t de MS	2,2	35	20	10
linéacées	lin	< 1 t de MS	2,1	15	20	5
légumineuses	fenugrec	< 2 t de MS	3,2	35	14	15
	féverole d'hiver	< 1 t de MS	4,0	10	10	5
	gesse	< 1 t de MS	4,5	40	9	20
		de 1 t à 2 t de MS	4,1	65	10	40
		> 2 t de MS	3,9	105	11	65
	lentille	< 2 t de MS	4,3	55	10	30
	pois de printemps	< 2 t de MS	3,2	25	14	10
	trèfles	< 3 t de MS	3,2	50	13	30
	vesces	< 1 t de MS	4,1	25	10	15
		de 1 t à 2 t de MS	3,9	50	11	30
moyenne légumineuses	> 2 t de MS	3,5	105	12	65	
	< 2 t de MS	3,7	40	12	20	
	>2 t de MS	3,4	90	13	55	

Tableau 2. Teneurs en azote et restitutions potentielles de différentes espèces utilisées en interculture

Colonnes 4 à 6 : moyennes obtenues d'après les essais de la CRA PC et la CA 36 (1983-2008)

Colonne 7 : moyennes des restitutions estimées par essais à partir du C/N

1.4. Estimation de l'azote potentiellement disponible

La part d'azote des résidus de couverts rapidement minéralisée est donnée par le C/N :
(teneur en carbone des couverts relativement stable, 42 % en moyenne)

C / N	% de minéralisation
< 15	50%
de 15 à 20	40%
de 20 à 25	30%
de 25 à 30	25%
> 30	20%

Tableau 3. Correspondance entre le C/N des résidus de CI et leur pourcentage d'azote facilement minéralisable

II. Adaptation de la méthode aux couverts plurispécifiques

Pour les **couverts plurispécifiques**, la biomasse verte sera mesurée pour chaque espèce après un tri minutieux de celles-ci dans chaque prélèvement. Sinon, une mesure globale de la biomasse pondérée par le **pourcentage d'abondance massique** de chaque espèce conviendra (*méthode d'estimation visuelle lors du prélèvement de biomasse rapide mais subjective*).

Les trois premières étapes de la méthode décrite dans le paragraphe précédent seront ensuite appliquées à chaque espèce et les quantités d'azote obtenues seront cumulées pour donner la quantité d'azote stockée par le couvert.

Enfin, l'étape 4 de la méthode sera appliquée au couvert considéré dans sa globalité (figure 2). La valeur du C/N sera aussi calculée en pondérant par le pourcentage d'abondance de chaque espèce.

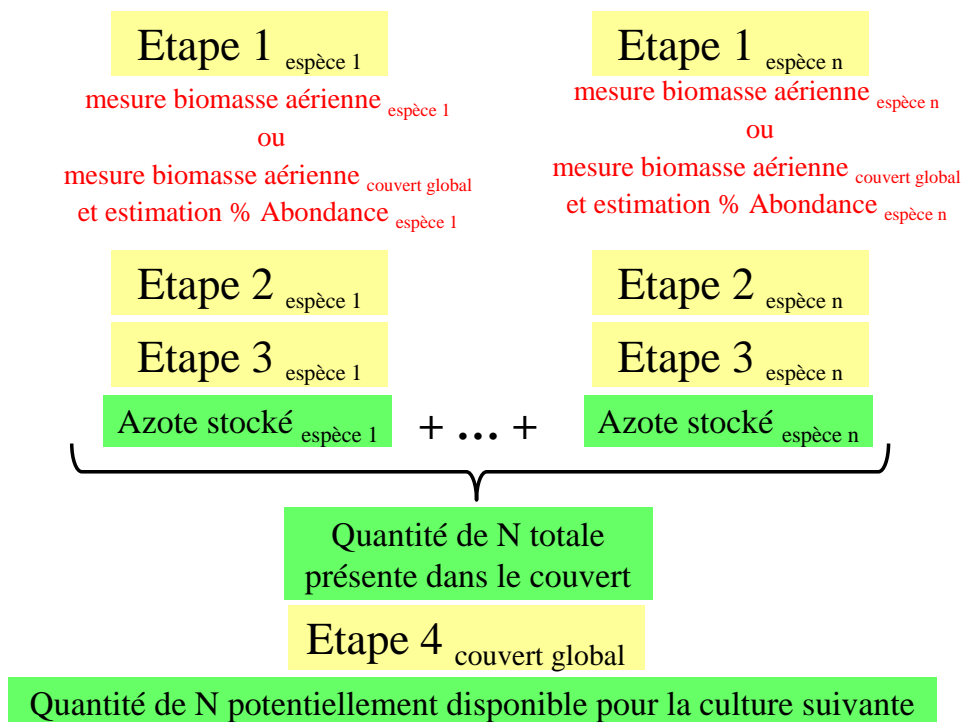


Figure 2. Méthode d'estimation de la fourniture d'azote potentielle appliquée à un couvert plurispécifique

Exemple de calcul :

Données sur la culture intermédiaire.

- Association : avoine strigosa (25 kg/ha) + vesce d'hiver (25 kg/ha)
- Dates : d'implantation : 22/08/08
de destruction : 05/01/09 \Rightarrow durée de croissance : 136 jours

Mesures réalisées au champ

- Biomasse totale (moyenne de 3 répétitions) : 1,6 kg / m²
dont : avoine strigosa = 0,95 kg / m² (60 %)
vesce d'hiver = 0,65 kg / m² (40 %)

Calcul de l'azote potentiellement disponible pour la culture suivante.

Couverts	avoine strigosa	vesce d'hiver
Biomasse verte	0,95 kg/m ²	0,65 kg/m ²
% MS de référence	18 %	21 %
MS en tonne par ha	1,7 t MS /ha	1,4 t MS/ha
% N de référence	2,3 %	3,9 %
N MSa en kg /ha	39 kg/ha	53 kg/ha
Total N MSa kg/ha	92 kg d'azote / ha	
Coefficient multiplicatif (« racines »)	Graminée : 1,2 ; légumineuse 1,3	
Total N MS plante entière kg/ha	1,2 x 39 + 1,3 x 53 = 114 kg d'azote / ha	
% N de référence	2,3 x 60 % + 3,9 x 40 % = 2,95	
C/N de référence	42 / 2,95 = 14	
% de restitution potentiel de référence	50 %	
Azote disponible en moyenne après ce couvert	55 kg/ha*	

* valeur arrondie au multiple de 5 inférieur

III. Date de destruction des couverts et azote du sol

Juste après la destruction du couvert, la quantité d'azote minéral du sol est **plus faible** que si le sol était resté nu. Un **délai minimal** est nécessaire pour que la minéralisation des résidus enrichisse le sol en azote et que la situation devienne équivalente à celle d'un sol nu. Cette durée, est récapitulée pour chaque type de couvert dans le [tableau 4](#).

Type de couvert	Caractérisation de la minéralisation des résidus du couvert	Période de retour à un état équivalent à un sol nu
<i>Légumineuse pure</i>	Rapide	2 à 3 mois (75-90 jours)
<i>Association</i>	Moyennement rapide (phase d'immobilisation peu marquée)	3 à 4 mois (100-115 jours)
<i>Classique</i>	Lente (phase d'immobilisation marquée au début)	plus de 4 mois (135-150 jours)

Tableau 4. Caractérisation de la dynamique de minéralisation des résidus pour les différents types de couverts

Une destruction tardive risque de pénaliser la culture suivante (risque de faim en azote) tandis qu'une destruction précoce peut augmenter le phénomène de lixiviation (azote libéré dans le sol mais non valorisé par la culture suivante qui n'en a pas encore besoin).

Des **dates de destruction** des couverts adaptées peuvent être préconisées pour différentes cultures de manière à mieux synchroniser la disponibilité de l'azote minéral du sol avec leurs besoins ([tableau 5](#)).

Période de semis de la culture suivante	Type de couverts		
	<i>Classique</i>	<i>Association</i>	<i>Légumineuse pure</i>
Février-mars : orge de printemps	15/11	15/12	01-15/01
Avril : tournesol, maïs	15/12	15/01	15/12

Tableau 5. Préconisations de destruction des couverts en fonction de la date de semis de la culture suivante

IV. Quelques références de production de biomasse par les différents couverts...

Couvert	Type de sol								Moyenne de tous les types de sols
	AC S	AC M	AC P	Ar	AS ou SA	Aub/Ch	Lim.	TRC	
Couverts classiques	1,9	1,5	1,7	2,1	1,2	1,5	2,3	2,5	1,8
Légumineuses pures	1,9	1,2				1,3			1,5
Associations	1,8	2,5	2,5		1,4	1,8	3,3		2,2
Moyenne de tous les couverts	1,9	1,7	2,1	2,1	1,3	1,6	2,8	2,5	1,8

Tableau 6. Biomasse (t de MS/ha) des couverts pour les différents sols du Poitou-Charentes

Biomasse en t de MS/ha calculée pour une **durée de croissance moyenne de 90 j.**

Explication des sigles :

AC S : argilo-calcaire superficiel (groie superficielle), AC M : argilo-calcaire moyen (groie moyenne), AC P : argilo-calcaire profond (groie profonde), Ar : argileux, AS : argilo-sableux, SA : sablo-argileux, Aub : aubue, Ch : champagne, Lim : limoneux (limons sains), TRC : terre rouge à châtaigniers

Données : Compilation des essais réalisés en Poitou-Charentes de 1983 à 2008 (CRA PC)

Types de sols	réserve utile du sol	minéralisation du sol à l'automne (disponibilité en azote pour le couvert)	facilité d'implantation	développement du couvert (accès à l'eau disponible, réchauffement du sol)
ACS	☹	☹	☺	☹ à ☺
ACM	☹	☹ à ☺	☺	☹ à ☺
ACP	☺	☺	☺	☺
Argile	☺	☺	☹ à ☺	☺
AS ou SA	☹	☹	☺	☹
Aub/champ	☹ à ☺	☹	☹ à ☺	☹
Limon sain	☺☺	☺☺	☺	☺☺
TRC	☺☺	☺☺	☺	☺☺

Légende : ☹ défavorable

☹ : aucun effet ou limité

☺ : favorable à très favorable

Tableau 7. Quelques éléments d'explication des différences de développement des cultures intermédiaires pour les différents types de sols