



HAL
open science

Décomposition des résidus: une affaire d'histoire culturelle et de travail du sol

Bernard Nicolardot, Sylvie Recous

► To cite this version:

Bernard Nicolardot, Sylvie Recous. Décomposition des résidus: une affaire d'histoire culturelle et de travail du sol. Perspectives Agricoles, 2001, pp.1-6. <hal-03613411>

HAL Id: hal-03613411

<https://hal.inrae.fr/hal-03613411v1>

Submitted on 18 Mar 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

Matières organiques et activités biologiques des sols cultivés

Décomposition des résidus : une affaire d'histoire culturelle et de travail du sol

La dynamique de décomposition des résidus de culture par les micro-organismes dans le sol est la résultante des interactions complexes entre leur nature, leurs caractéristiques physiques et leur environnement physique dans le sol. Par ailleurs, tous les processus biologiques du sol sont également influencés par les conditions climatiques que sont la température et l'humidité du sol. Le point sur les interactions entre tous ces facteurs...

Des quantités très variables

Pour les sols cultivés avec des cultures annuelles, les sources de matières organiques sont principalement constituées des résidus de culture produits au cours de la croissance des plantes ou présents au moment de la récolte. Les résidus se présentent sous des formes très diverses : pailles, fanes, feuilles, résidus de battage pour les céréales et le système racinaire des plantes que l'on a trop tendance à ignorer. Les quantités restituées sont également très variables et dépendent du type de culture et des exportations par l'agricul-

teur. Pour les céréales d'hiver, le rapport entre le rendement grain sec et les quantités sèches de pailles et balles est voisin de 1, alors que pour la betterave le rapport entre rendement sec de racines et rendement sec de feuilles varie de 3,5 à 4. Les quantités restituées représentent donc annuellement plusieurs tonnes de matière sèche à l'hectare. Par exemple, une culture de colza qui produit 40 q restitue 14 t de matière sèche par ha

dont respectivement 41, 30, 22 et 7 % sont constitués par les pailles, les feuilles, les parois de siliques et les racines. A ces résidus visuellement identifiables doivent être rajoutés les composés organiques excrétés par le système racinaire des plantes au cours de la croissance et que l'on regroupe sous le terme d'exsudats racinaires. Les quantités excrétées par la plante au cours de son cycle représentent 10 à 15% du carbone photosynthétisé, ⇨

Bernard Nicolardot
INRA,
Unité d'agronomie de
Reims &
Sylvie Recous
INRA,
Unité d'agronomie
de Laon



"Seulement 5 à 20 % du carbone apporté annuellement est incorporé à la matière organique stable du sol"



La gestion des résidus de culture a une répercussion à court terme sur la culture suivante, mais également à plus long terme sur le statut organique du sol, en favorisant ou pas la séquestration du carbone

⇒ soit plusieurs tonnes de carbone par hectare et par an.

Le rôle déterminant de la microflore du sol

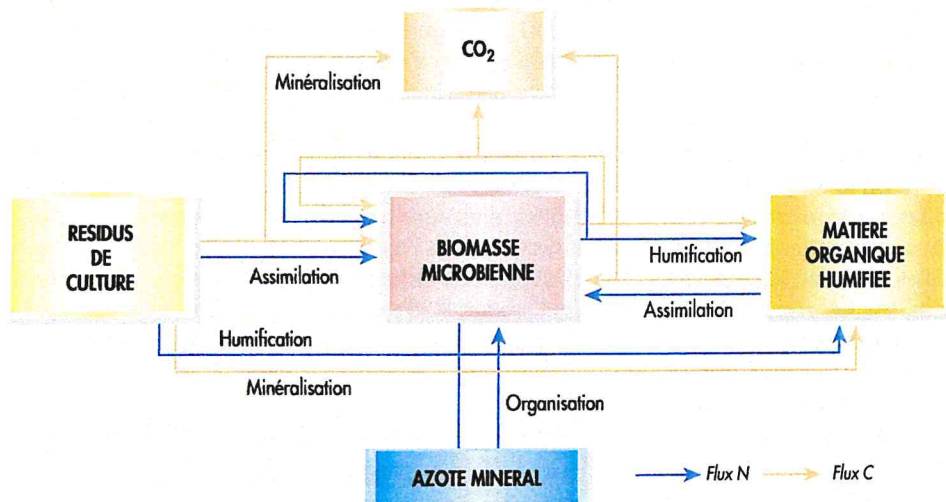
Une fois restitués au sol, les résidus de culture vont subir une dégradation due à l'acti-

té de la microflore du sol (biomasse microbienne). Celle-ci est qualifiée d'hétérotrophe, car les micro-organismes utilisent dans ce cas les composés organiques pour leurs besoins de maintenance et de croissance (figure 1). Au cours de la décomposition, une partie du

carbone est assimilé par les micro-organismes, l'autre partie est minéralisée et rejetée dans l'atmosphère sous forme de gaz carbonique (CO₂). Parallèlement à l'assimilation de carbone, les micro-organismes utilisent de l'azote pour construire leur protéines (figu-

re 2). Lorsque les résidus décomposés contiennent plus d'azote que les besoins azotés de la microflore, la dégradation des résidus conduit à la libération d'azote minéral dans le sol (minéralisation nette). Dans le cas contraire, les micro-organismes emprunteront de l'azote minéral présent dans le sol (organisation nette). Parallèlement, les micro-organismes subissent une mortalité et font également l'objet de dégradation microbienne qui

Au cours de la décomposition, une partie du carbone est assimilé par les microorganismes. Principaux processus impliqués lors de la décomposition du carbone et de l'azote des résidus de culture (figure 1)



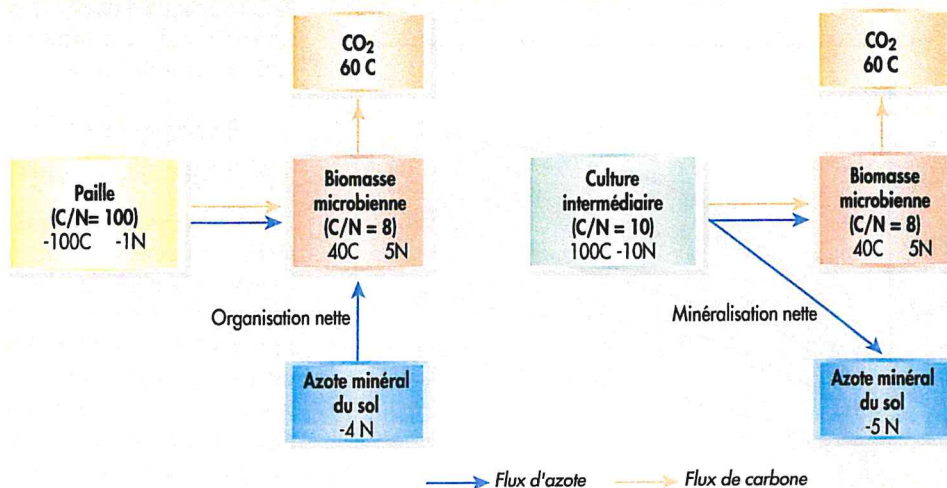
"Le rapport carbone/azote est un critère qui permet de prédire globalement l'effet net de l'incorporation des résidus sur la dynamique de l'azote minéral du sol"

produit du CO_2 et de l'azote minéral. L'épuisement des matières organiques décomposables entraîne donc en retour une diminution du niveau de biomasse microbienne générée par la décomposition des résidus (figure 3). Lors de la décomposition des micro-organismes, une partie de leur carbone et de leur azote peut être incorporée dans des fractions de matières organiques stables (humification). Les matières organiques humifiées font également l'objet de décomposition par les micro-organismes du sol avec libération de CO_2 et d'azote minéral. A noter enfin que certains composés organiques (lignine, précurseurs d'acides humiques...) contenus dans les résidus peuvent être directement incorporés dans les matières organiques humifiées sans subir de transformation biologique. En définitive, la majeure partie du carbone apporté par les résidus de récolte est, à terme, minéralisée sous forme de CO_2 ; seulement 5 à 20 % du carbone des résidus apporté annuellement est incorporé aux matières organiques stables du sol.

Nature et décomposition des résidus végétaux dans le sol

Les caractéristiques biochimiques et physiques des résidus organiques déterminent la cinétique de décomposition, la proportion de composés susceptibles de diffuser vers le sol, le mode de colonisation microbienne et la nature des populations microbiennes impliquées lors de leur décomposition. Ces caractéristiques varient avec l'espèce végétale, son degré de maturité et ses conditions de croissance et de nutrition. Les tissus végétaux sont principalement constitués de composés solubles, d'hémicelluloses, de celluloses et li-

Flux nets de carbone et d'azote impliqués lors de la décomposition de résidus de différents rapports C/N. Pour cet exemple, le rendement d'assimilation du carbone par la biomasse microbienne et son rapport C/N sont respectivement considérés égaux à 40% et 8 (40 C et 5 N assimilés pour 100 C décomposés) (figure 2)



gnine dont les proportions respectives déterminent l'aptitude intrinsèque des résidus à être décomposés, tout au moins sur le court terme (figure 4). Par ailleurs, ces caractéristiques biochimiques et l'organisation des parois des tissus végétaux déterminent également les propriétés mécaniques (résistance au cisaillement et à la flexion) des résidus, qui jouent par exemple un rôle très important lorsque les opérations mécaniques de

travail du sol et de semis ont lieu en présence de pailles. La teneur en azote (ou le rapport carbone/azote) est quant à elle un critère qui permet de prédire globalement l'effet net de l'incorporation des résidus sur la dynamique de l'azote minéral du sol (minéralisation nette ou organisation nette d'azote). C'est le critère qui sera retenu dans la future version d'Azobil[®] (Azofert), le logiciel de prévision de la fertilisation azotée, pour décrire la qualité des résidus

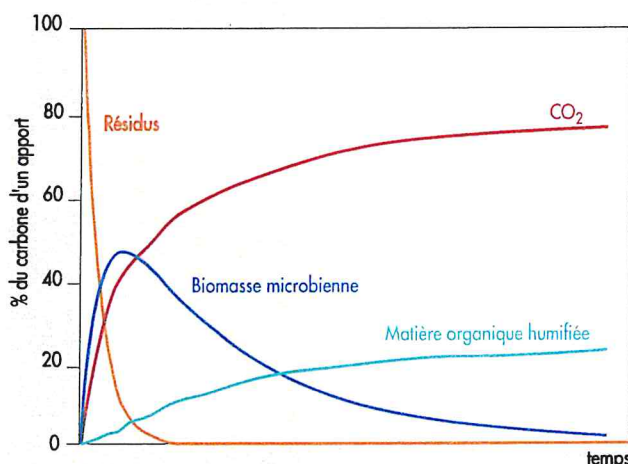
de culture et prévoir les quantités d'azote libérées lors de leur décomposition.

La décomposition limitée par la disponibilité en azote

Précédemment, nous avons vu que le rapport C/N du résidu contrôlait la dynamique de l'azote minéral du sol. Inversement, la disponibilité en azote minéral du sol agit sur la dynamique et la décomposition des résidus. En effet, le manque d'azote restreint la croissance des micro-organismes hétérotrophes et/ou modifie leur métabolisme en affectant leur taux de renouvellement ou leur rendement d'assimilation. En définitive, ce manque finit par réduire non seulement la vitesse de décomposition du carbone (figure 5), mais également le ratio quantité d'azote minéral nécessaire par unité de carbone décomposé. Ces situations de manque d'azote disponible ont été mises en évidence au champ. Elles peuvent ainsi expliquer le ralentissement de la décomposition des résidus pendant des périodes (par exemple période automnale) où toutes les conditions (tem-

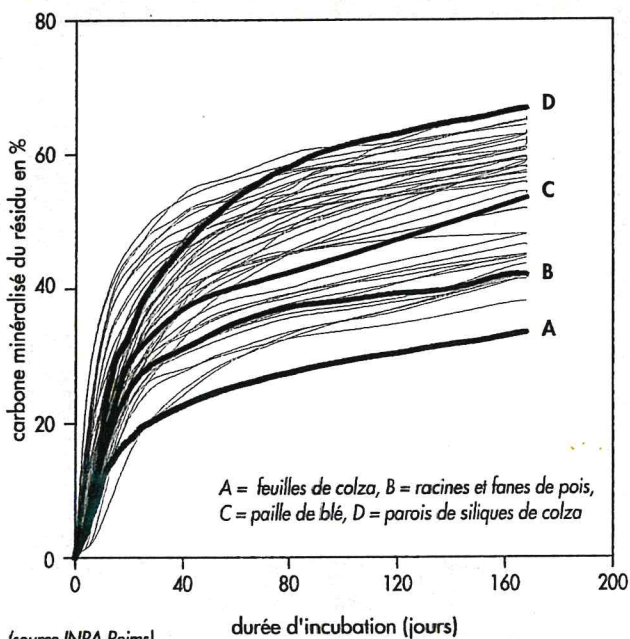
L'épuisement des matières organiques décomposables entraîne une diminution du niveau de biomasse microbienne.

Evolution respective des différents compartiments impliqués lors de la décomposition des résidus (figure 3)



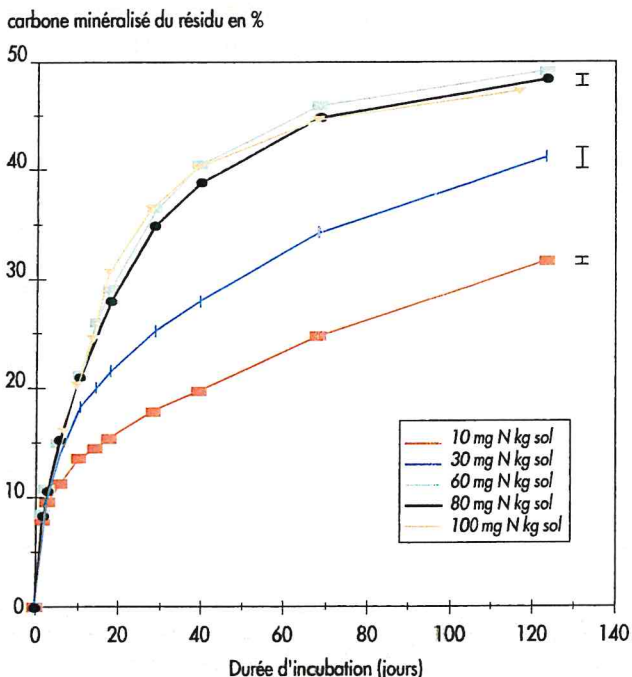
La teneur en azote est un critère permettant de prédire l'effet de l'incorporation des résidus.

Minéralisation du carbone de 47 différents résidus de culture mesurée par incubation de sol en conditions contrôlées (figure 4)



"Les propriétés physiques des sols peuvent être fortement influencées par la présence de résidus"

Un manque d'azote réduit la décomposition du carbone. Effet de la teneur en azote minéral du sol sur la décomposition d'une paille de blé mesurée en incubation de sol (figure 5)



↳ pérature, humidité...) sont a priori réunies pour favoriser leur évolution, mais où l'azote minéral est peu disponible (faibles reliquats azotés, présence de cultures intermédiaires prélevant l'azote...).

Environnement physique des résidus

L'environnement physique des résidus influe également très fortement la cinétique de décomposition dans le sol. L'environnement peut se définir, pour un résidu donné, par la taille des particules de résidus, leur distribution, leur localisation dans le sol, et les propriétés du sol environnant (porosité et potentiel hydrique). La taille du résidu et la porosité du sol agissent sur la surface de contact existant entre le sol et le résidu. Cette surface influe sur la colonisation du résidu par les micro-organismes du sol et sur les possibilités d'échange d'eau et de nutriments entre le résidu et le sol (figure 6). Ainsi, plus cette surface de contact est importante, plus la décomposition est facilitée (figure 7). Toutefois, le broyage des rési-

cus, qui diminue la taille des particules, n'a pas le même effet quel que soit le type de résidu, montrant ainsi qu'il existe des interactions complexes entre la nature des résidus et leurs propriétés physiques : par exemple, des expérimentations conduites en laboratoire ont montré que le broyage de racines de colza augmentait fortement leur décomposition dans le sol, alors que cela affectait peu la décomposition des parois de siliques. Par ailleurs, la localisation des résidus de culture, qu'ils soient laissés à la surface, enfouis par une opération de labour ou incorporés de manière relativement homogène ainsi que l'intensité du contact du sol avec les résidus (passage de roue par exemple) jouent un rôle fondamental sur les transferts d'eau, de solutés, de chaleur dans le sol. Les propriétés physiques des sols (stabilité structurale par exemple) peuvent être également fortement influencées par la présence de résidus (en fonction de leur nature, quantité et distribution) à la surface du sol. Ces facteurs physiques influencent en retour la cinétique de dé-

Pour les céréales d'hiver, le rapport entre le rendement grain sec et les quantités sèches de pailles et balles est voisin de 1, alors que pour la betterave le rapport entre rendement sec de racines et rendement sec de feuilles varie de 3.5 à 4.0



La gestion des résidus a une influence à court et long terme sur la composition du sol.

Influence des pratiques de préparation du sol sur le contact sol-résidus et la décomposition des résidus de culture. (tableau 1)

Type de préparation	Localisation des résidus	Effet sur la décomposition des résidus
Semis direct	A la surface du sol (litière)	Ralentissement par le manque de contact entre sol et résidu et la disponibilité en azote minéral
Travail superficiel	Incorporation dans l'horizon superficiel du sol	Conditions plus favorables, mais probable ralentissement dû à la disponibilité en azote minéral
Labour	Localisation au fond de la raie de labour	Ralentissement dû à la création d'une zone anoxique et également au mauvais contact sol-résidus
Labour	Localisation homogène dans l'horizon de labour	Conditions très favorables

Pour toutes les situations, le broyage des résidus diminuera leur taille, augmentera le contact entre les résidus et le sol et en définitive accélérera la décomposition.

composition des résidus organiques et l'ensemble des bio-transformations dans leur ensemble, lesquelles modifient les propriétés physiques du sol qui vont à leur tour affecter les processus biologiques.

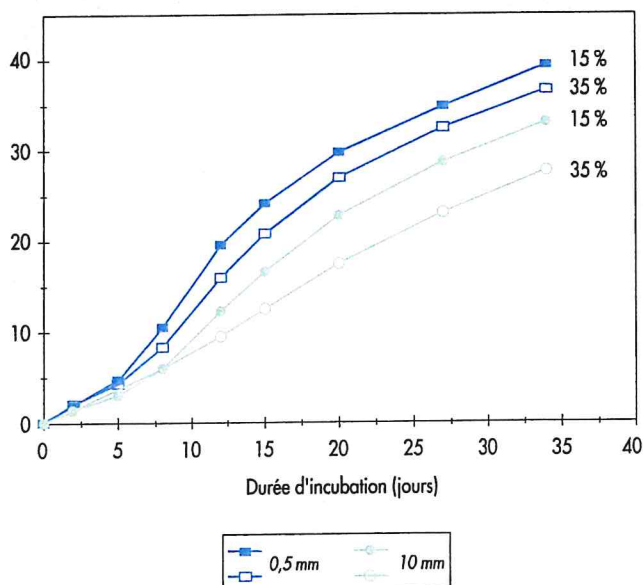
Ce qu'il faut retenir

En intervenant sur les dates, les modes d'incorporation des résidus dans le sol ainsi que sur les techniques de travail du sol, l'agriculteur crée des conditions de sol qui influen-

Plus la surface entre résidus et sol est importante, plus la décomposition est facilitée.

Effet de la porosité du sol (en %) et de la taille des résidus (mm) sur la décomposition des résidus mesurés au cours d'une incubation de sol en conditions contrôlées (figure 7)

carbone minéralisé du résidu en %

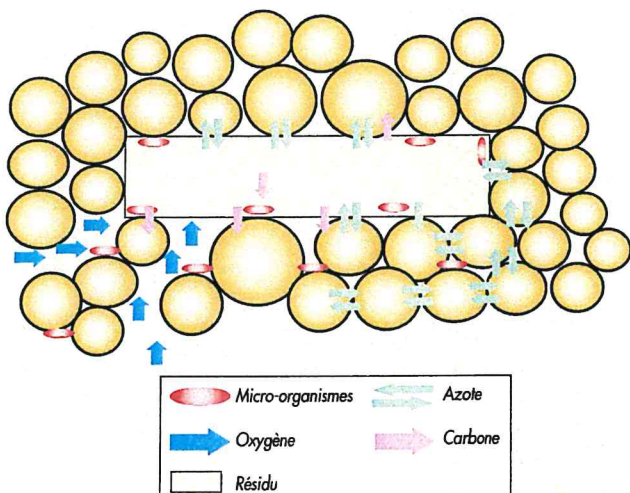


cent le niveau et la dynamique de décomposition des résidus de culture (tableau 1). En définitive, la gestion des résidus de culture a non seulement une répercussion à court terme sur la culture suivante (opérations de semis et d'implantation de

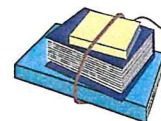
la culture, nutrition minérale liée à la dynamique de l'azote minéral du sol), mais également à plus long terme sur le statut organique du sol, en favorisant ou non la séquestration du carbone. ■

La taille des résidus et la porosité du sol agissent sur la vitesse de décomposition.

Schéma des principaux processus et flux mis en jeu dans le contact entre sol et résidu.



Pour en savoir plus



B. Nicolardot, B. Mary, S. Houot, S. Recous, 1997. La dynamique de l'azote dans les sols cultivés. In : *Maîtrise de l'azote dans les agrosystèmes*, Eds G. Lemaire & B. Nicolardot, Les Colloques de l'INRA, 83, pp 87-103, INRA, Paris.

S. Recous, P. Loiseau, J.M. Machet, B. Mary, 1997. Transformations et devenir de l'azote de l'engrais sous cultures annuelles et sous prairies. In : *Maîtrise de l'azote dans les agrosystèmes*, Eds G. Lemaire & B. Nicolardot, Les Colloques de l'INRA, 83, pp 105-120, INRA, Paris.

J. Boiffin, J. Kéli Zagbahi, M. Sébillotte, 1986. Systèmes de cultures et statut organique des sols dans le Noyonnais : application du modèle de Hénin-Dupuis. *Agronomie*, 6, 437-446.

B. Mary, J. Guéris, 1994. Intérêts et limites des modèles de prévision des matières organiques et de l'azote dans le sol. *Cahiers Agricoles*, 3, 247-257.

Recous S. (1995). Incorporation des résidus végétaux : Quel effet sur la dynamique de l'azote ? *Perspectives Agricoles*, 202, 9-15

Machet J.M., Recous S (1995) La gestion de l'interculture : une nécessité pour limiter le lessivage des nitrates. *Perspectives Agricoles* 202, 4-8.

