
ANNEXES

Annexe I:Classification des itinéraires techniques par l'opération la plus profonde(Labreuche et al., 2007)	2
Annexe II : Description des mycorhizes (Declerck, 2019)	4
1. Les champignons ectomycorhiziens	4
2. Les champignons ectendomycorhiziens	4
3. Les mycorhizes arbutoïdes.....	4
4. Les mycorhizes monotropoïdes	5
5. Les mycorhizes des Ericacées	5
6. Les mycorhizes des Orchidées	5
Annexe III : Résultats en NO ₃ ⁻ (Greenotec, 2019)	6
Bibliographie	7

Annexe I : Classification des itinéraires techniques par l'opération la plus profonde (Labreuche et al., 2007)

II. Les itinéraires techniques de travail du sol

L'itinéraire technique se définit comme la « combinaison logique et ordonnée d'opérations culturales mises en oeuvre pour la conduite d'une culture » (SEBILLOTTE, 1974). Désignant en général l'ensemble des opérations culturales, on peut par extension appliquer ce terme aux seules opérations de travail du sol. La combinaison d'opérations de travail du sol, pratiquées à l'aide de divers outils, donne naissance à une multitude d'itinéraires techniques de travail du sol. Traditionnellement en France, on oppose les itinéraires techniques avec labour aux itinéraires techniques sans labour (GUERIF, 1994 ; ROBERT *et al.*, 2004). La différenciation s'appuie sur les avantages et les inconvénients du retournement du sol par la charrue à versoirs. Cette classification est critiquée car peu représentative de la diversité des itinéraires techniques, diversité qui se traduit par l'emploi d'un grand nombre d'expressions parfois détournées de leur sens propre.

1. Classification des itinéraires par l'opération la plus profonde

Les **Techniques Culturales Sans Labour (TCSL)** ou **Techniques Sans Labour (TSL)** ne sont pas un itinéraire technique en soit, mais un ensemble de pratiques très diverses. Les TCSL définissent l'ensemble des itinéraires techniques de travail du sol sans retournement de ce dernier, qui peuvent inclure aussi bien une opération de pseudo-labour qu'une implantation en semis direct (ROBERT *et al.*, 2004). On rencontre d'autres termes équivalents comme « Techniques de non labour », « Travail du sol sans retournement », ...

Au sein d'une exploitation qui pratique le non labour, on ne rencontre pas forcément systématiquement des TCSL. Il existe des systèmes de production qui pratiquent alternativement labour et TCSL : le labour est supprimé à chaque fois que la parcelle (pour diverses raisons telles qu'une infestation trop importante d'adventices, la présence de résidus en trop grande quantité ou infectés, une structure du sol dégradée) et le climat (excès d'eau pendant la période d'implantation par exemple) l'exigent. Cette pratique est alors souvent nommée **non labour occasionnel** ou **simplification partielle** du travail du sol (BOISGONTIER *et al.*, 1994 ; SOLTNER, 1998 ; DESTAIN, 1994). Si l'on s'intéresse aux conséquences sur le sol, on peut opposer la simplification partielle du travail du sol à la **simplification totale** (BOISGONTIER *et al.*, 1994) où le labour est éliminé systématiquement de l'exploitation, pour toute la durée de la rotation.

En France, on décrit souvent un itinéraire technique de travail du sol par l'opération principale qui le caractérise. Par exemple, on emploie régulièrement le terme « labour » pour parler de l'itinéraire technique qui repose sur cette opération de retournement du sol. On observe la même chose pour le « travail superficiel », le « pseudo-labour », etc...

1.1 Labour

Les itinéraires avec labour englobent l'ensemble des itinéraires techniques dont le travail du sol profond comporte un mélange et un retournement des horizons à l'aide de la charrue à versoirs.

Les itinéraires techniques de travail du sol avec labour sont motivés par les effets du retournement du sol sur l'enfouissement des résidus de culture, le contrôle des ravageurs, des pathogènes et des adventices, et sur l'ameublissement du sol. En Europe, les itinéraires de travail du sol sont à l'heure actuelle encore le plus souvent basés sur l'usage de la charrue à versoirs, forcément associée à d'autres interventions culturales (car il est difficile de semer directement dans un sol labouré).

Citons pour exemple un itinéraire de travail du sol incluant le labour, avant le semis d'une orge de printemps (DESTAIN, 1994 ; MASSE *et al.*, 1994) :

- moisson de la culture précédente
- déchaumage
- labour (25 cm en moyenne) avec une charrue à versoir
- reprise du labour (cultivateur lourd + rouleau)
- combiné préparation du lit de semence - semis (herse rotative + semoir)

1.2 Travail superficiel avec travail profond sans retournement

Sont classés dans cette catégorie tous les itinéraires comportant un travail profond sans retournement. Comme pour le labour, il existe un effet d'ameublissement du sol en profondeur, mais sans retournement. L'itinéraire de travail du sol peut s'appuyer sur une opération de pseudo-labour, en remplacement du labour, qui sera suivie par un travail superficiel pour la préparation du lit de semences. Le volume de sol travaillé peut être plus important que pour le labour, comme c'est le cas des travaux profonds avec chisel (DEBEAKE et ORLANDO, 1994). La pratique la plus courante en France de nos jours est d'utiliser le décompactage pour réaliser un travail profond. Ce travail est complété par un travail superficiel qui vise à créer un lit de semences. Néanmoins, la répétition des interventions en travail profond peut conduire à une dilution de la matière organique en profondeur.

1.3 Travail superficiel

De plus en plus d'itinéraires techniques en non labour ne comportent pas d'opérations de travail profond. Dans ce cas, la ou les opération(s) de travail superficiel (à 8 ou 15 cm de profondeur) visent les fonctions de déchaumage, de faux semis et de préparation du lit de semence. Ces itinéraires intègrent les semis effectués avec les semoirs combinés qui travaillent toute la surface du sol, même si aucun travail du sol ne précède le passage de l'outil.

1.4 Semis direct

Le semis direct est une technique d'implantation des cultures qui repose sur un travail du sol localisé sur la ligne de semis, sans travail en profondeur. La semence est positionnée par les éléments semeurs dans un sol non travaillé. Le travail du sol, toujours localisé sur la ligne de semis, peut avoir une profondeur maximale allant de 2-3 à 10 cm. L'action mécanique indispensable au placement des semences est effectuée le plus souvent par des semoirs équipés de disques, plus rarement de socs ou de dents semeuses.

En France, la pratique du semis direct au sens strict du terme existe peu. Les semoirs spéciaux dits de « semis direct » sont le plus souvent utilisés sur un sol déchaumé, donc dans un itinéraire avec travail superficiel. Un certain nombre d'adaptations à la pratique du semis direct ont été suggérées par certains auteurs. Ainsi, DEBAEKE et ORLANDO (1994) préconisent un hersage en travers de la parcelle, pour recouvrir les graines après le semis direct. On peut, de la même façon, pratiquer un roulage.

Le semis direct à la volée est caractérisé par l'épandage des semences à la volée, juste avant la moisson. Les semences sont ensuite recouvertes par le mulch de pailles. L'épandage à la volée de semences est réalisé avant la moisson ou sous la coupe de la moissonneuse batteuse (FONE, 2005). Aucune opération de travail du sol ne suit. Les semences sont simplement recouvertes par les pailles souvent broyées par la moissonneuse. Ce type de semis convient aux implantations de colza et de cultures intermédiaires.

Il existe deux itinéraires intermédiaires au semis direct et au travail superficiel, rarement rencontrés en France, où le travail est localisé : le semis en bandes et le semis sur billon. Le semis en bandes permet la préparation du sol en surface sur une bande et non seulement sur la ligne de semis. Cette technique est parfois considérée comme du semis direct. Le semis sur billon, correspond également à une préparation de sol en bande, mais il est plus complexe et affecte tout l'itinéraire technique pour la formation et l'entretien de la butte.

Annexe II : Description des mycorhizes (Declerck, 2019)

1. Les champignons ectomycorhiziens

Les champignons ectomycorhiziens appartiennent principalement à l'embranchement des Basidiomycètes avec une autre partie d'entre eux faisant partie des Ascomycètes et Zygomycètes.

Cette association concerne essentiellement des plantes ligneuses faisant partie des Gymnospermes et des Angiospermes. Un caractère commun à tous les champignons ectomycorhiziens consiste en la formation d'un manchon d'hyphes extra-racinaires autour de racines latérales jeunes après avoir été préalablement attaché aux cellules épidermiques de ces dernières. Depuis la partie interne de ce manchon d'hyphes, autrement dénommé manteau fongique, une structure essentielle au bon fonctionnement de l'association symbiotique va se développer : « Le réseau de Hartig ». Ce réseau va servir, à l'image de l'arbuscule chez les CMA, de site d'échange entre la cellule végétale et le symbiote fongique. A la différence des CMA, la paroi cellulaire végétale n'est pas lysée et l'apoplaste mixte comprend les deux membranes et les deux parois des symbiotes.

En ce qui concerne le mycélium extra-racinaire, celui-ci peut se différencier en rhizomorphes transportant les éléments du sol ou en sclérotés servant de structure de stockage, survie et reproduction.

2. Les champignons ectendomycorhiziens

L'ensemble des champignons ectendomycorhiziens font partie des Ascomycètes. Ils réalisent leur association symbiotique avec des *Pinus* ou *Larix*. Leurs structures sont un mélange de structures rencontrées à la fois chez les champignons à arbuscules et les champignons ectomycorhiziens. L'association comporte un réseau de Hartig avec un manteau fongique peu ou pas développé ainsi que des hyphes colonisant les cellules racinaires. Cette symbiose confère aux plantes une augmentation de la tolérance aux polluants notamment grâce au manteau et au réseau de Hartig.

3. Les mycorhizes arbutoïdes

Les mycorhizes arbutoïdes sont plus spécifiques que les types mentionnés précédemment car la symbiose se réalise spécifiquement entre deux genres des Ericacées tels que *Arbutus* et *Arcostaphylos* ainsi qu'avec plusieurs genres des Pyrolacées et des champignons ectomycorhiziens à large spectre d'hôtes. Les champignons vont former les structures

suivantes : un manteau fongique, un réseau de Hartig et des hyphes intraracinaires, cependant cet ensemble se limitera aux cellules épidermiques.

4. Les mycorhizes monotropoïdes

Les mycorhizes monotropoïdes sont indispensables à la famille des Monotropacées. En effet, les plantes appartenant à cette famille sont achlorophylles et hétérotrophes, c'est-à-dire qu'elles leurs fournitures en carbone proviennent d'autres plantes autotrophes et ce par l'intermédiaire d'un réseau mycélien les connectant. Les structures fongiques (provenant des cinq familles principales des Basidiomycètes) générées sont un manteau, un réseau de Hartig et enfin des invaginations des cellules épidermiques par des hyphes courts provenant des structures précitées.

5. Les mycorhizes des Ericacées

Les plantes ericoïdes se développent parfois dans des sols pauvres. Il a été observé que chacune de ces plantes en sols pauvres sont mycorhizées, il s'avère que la nutrition minérale s'en trouve améliorée. Afin d'obtenir une telle association le champignon issu de l'embranchement des Ascomycètes va coloniser les cellules épidermiques de racines latérales spécialisées formant ainsi un complexe d'hyphes ramifiés dans ces mêmes cellules.

6. Les mycorhizes des Orchidées

Cette dernière association entre d'une part les plantes issues de la famille des Orchidacées et d'autre part certains champignons est particulièrement importante en raison de la composition des graines d'orchidées. Celles-ci possèdent de faibles réserves en protéines, et sont totalement dépourvues en carbone. En ce sens, une colonisation de l'embryon par les champignons assurant l'apport de carbone vers la graine est indispensable. Une fois la germination effectuée, deux possibilités sont envisageables, soit la plante reste achlorophyllienne tout au long de sa vie, et dans ce cas, il se produira un transfert de composés carbonés depuis une plante chlorophyllienne via les réseaux mycéliens (certains Basidiomycètes) vers la plante achlorophyllienne. Soit la plante est autotrophe, et le champignon (*Ceratobasidium* par exemple) grâce à son arsenal enzymatique dégradera la matière organique en sucres simples utilisables par les deux individus associés.

Annexe III : Résultats en NO₃⁻ (Greenotec, 2019)

Modalité	Profondeur	Humidité	ppm N-NO3	Kg N-NO3/ha
SD	0-30	18,3	13,2	340
SD	30-60	12,8	1,1	29
SD	60-90	12,9	1,1	29
Labour	0-30	20,4	5,9	155
Labour	30-60	14,5	1	28
Labour	60-90	13,7	0,4	11
Retravaillée	0-30	19,1	9,5	247
Retravaillée	30-60	13,9	1,9	50
Retravaillée	60-90	13	0,9	24
TCS	0-30	18,9	10,8	280
TCS	30-60	13,6	1,3	36
TCS	60-90	13,7	0,5	14

Bibliographie

Declerck, S. (2019). *Gestion intégrée du système sol-plante (partB) BRES 2106* [Cours].

Greenotec. (2019). *Essais 2019—Buttes d'automne*. <http://www.greenotec.be/pages/recherche/pomme-de-terre/essais-2019-pdt-associees-et-buttes-d-automne.html>

Labreuche, J., Souder, C. L., P Castillon, JF Ouvry, B Real, JC Germon, S De Tourdonnet, C Schubetzer, I

Feix, & J Galiene. (2007). *Evaluation des impacts environnementaux des Techniques Culturelles*

Sans Labour (TCSL) en France. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.34727.65444>