

# Techniques Culturales Sans Labour

**a**GRICULTURES  
& TERRITOIRES  
CHAMBRES D'AGRICULTURE  
BRETAGNE



Guide pratique 2014

## Le travail du sol en question

Les techniques culturales sans labour, souvent intégrées dans un concept dit d' « agriculture de conservation », ont connu un développement considérable et concernent désormais plus de 110 millions d'hectares à travers le monde. Si l'extension des surfaces concernées a été particulièrement importante sur le continent américain, elle reste toutefois plus modeste en Europe. Ces techniques constituent un sujet d'actualité en raison de leur rattachement à la notion d'intensification écologique (AEI) ou d'agro-écologie. Si elles sont souvent adoptées, dans un premier temps, pour des raisons d'efficacité économique et d'optimisation du temps de travail, les questions qu'elles suscitent sont nombreuses. Elles portent sur l'incidence de ces techniques sur le fonctionnement des sols et la biodiversité, sur les rendements et la qualité des cultures ou encore sur l'érosion, le recours nécessaire aux produits phytosanitaires, la pollution des eaux et les émissions de gaz à effet de serre. Il n'y a pas de réponse toute faite aux multiples questions que se posent les agriculteurs. Les conséquences aux plans agronomique, environnemental et économique peuvent être différentes d'une exploitation à une autre et d'un contexte pédo-climatique à un autre.

Ce guide pratique s'appuie sur des travaux en station expérimentale et en exploitations. Il fournit des éléments concrets pour l'agriculteur lors de sa prise de décision. Une partie des résultats présentés est issue du récent programme de recherche SUSTAIN financé par le ministère en charge de l'Écologie dans le cadre du réseau européen Snowman.

Ce guide a été réalisé en partenariat entre le Pôle Agronomie Productions Végétales des Chambres d'agriculture de Bretagne, l'Université de Rennes 1, l'UMR-SAS d'Agrocampus-INRA de Rennes, avec la contribution du réseau Snowman.

### Jean-René MENIER

Président du Pôle Agronomie  
Productions Végétales des Chambres  
d'agriculture de Bretagne

### Jurgis SAPIJANSKAS

Direction de la Recherche et de l'Innovation  
Ministère de l'Écologie, du Développement  
durable et de l'Énergie

**Responsable de la publication :** Olivier Manceau

**Conception, coordination :** Djilali Heddadj, Louis Le Roux

**Equipe projet :** Djilali Heddadj, David Bouvier, Patrice Cotinet, Jérémy Guil, Denis Lebossé, Louis Le Roux, Jean Philippe Turlin (Chambres d'agriculture de Bretagne).

Guénola Pérès (Agrocampus Ouest et Université Rennes 1, coordinatrice du projet Sustain), Michael Corson et Vincent Hallaire (Inra Rennes), Safya Ménasseri (Agrocampus Ouest), Kévin Hoeffner (Université Rennes 1), Mirjam Pulleman et Jack Faber (Université Wageningen-Altera).

**Photos :** Chambres d'agriculture de Bretagne, Guénola Pérès (Agrocampus Ouest), Hoel Hotte et Antoine Dewisme (Université Rennes 1).

**Mise en page :** Chambre d'agriculture des Côtes d'Armor

**Impression :** Chambre d'agriculture des Côtes d'Armor

**N° ISBN :** 978-2-9164-6417-0

Dépôt légal : décembre 2014

**Prix :** 20 € TTC

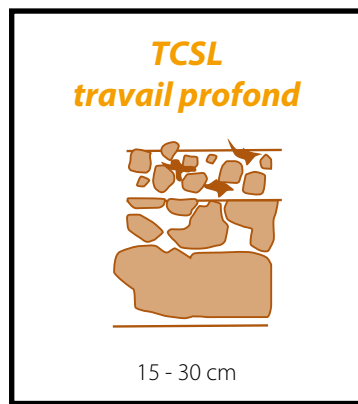
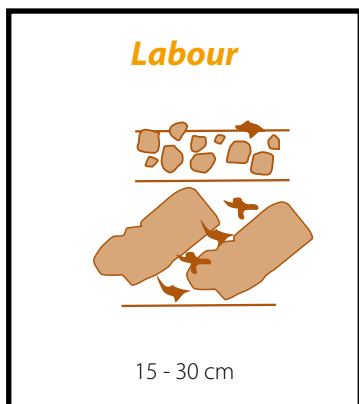
**Contact commande :** Pôle Agronomie Productions Végétales, tel : 02 96 79 21 66

**Financeurs :** Chambres d'agriculture de Bretagne, Conseil Régional de Bretagne, Ministère de l'Écologie du Développement durable et de l'Énergie, Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, réseau Snowman, SKB et Europe.



Edito.....	2
Sommaire.....	3
<b>Une diversité des itinéraires</b>	
Techniques variées aux conséquences différentes sur le sol.....	4
Le labour.....	6
Les TCSL - travail profond.....	7
Les TCSL - travail superficiel.....	7
Les TCSL - travail en bandes.....	8
Les TCSL - semis direct.....	9
<b>Les TCSL en quelques chiffres</b>	
Les TCSL en quelques chiffres.....	10
Les motivations des agriculteurs.....	10
Coût global de mécanisation : une grande dispersion.....	11
<b>TCSL : quelles conséquences sur le sol ?</b>	
Une structure du sol modifiée.....	12
Une amélioration de la composante biologique.....	13
<b>TCSL : impact sur l'environnement</b>	
Forte réduction de l'érosion.....	15
Le phosphore : fuites limitées.....	15
Gaz à effet de serre : baisse des émissions.....	15
Transferts de produits phytosanitaires.....	16
Aller vers l'analyse multicritère des impacts environnementaux.....	17
<b>Mise en œuvre des TCSL</b>	
Anticiper la culture dès la récolte du précédent.....	18
Le couvert végétal : un allié indispensable.....	20
Privilégier la destruction mécanique.....	23
Les critères de choix des couverts végétaux.....	24
Diagnostiquer régulièrement son sol.....	26
Prévenir et agir sur les problèmes de tassement.....	28
Réussir le semis : les fondamentaux.....	30
Coût d'implantation céréales – maïs.....	32
Temps de travaux.....	33
Désherbage : intervenir plus tôt.....	34
Limaces : une vigilance accrue.....	35
Carabes : un des leviers.....	35
Maladies : prévenir plutôt que guérir.....	36
La fertilisation : doses égales.....	37
Des rendements potentiellement identiques.....	38
<b>Approche agronomique</b>	
Repenser son système de culture.....	39
Se faire accompagner dans son apprentissage.....	40
<b>TCSL en Europe</b>	
TCSL aux Pays-Bas.....	41
<b>Accompagnement</b>	
Sigles et lexique.....	43
Pour en savoir plus.....	43

### Techniques variées aux conséquences



Retournement

Non retournement

Fragmentation

#### Matériel d'exploitation

##### Charrue



Le labour est généralement effectué avec une charrue à versoir. Les sillons réalisés sont repris par un travail superficiel avant le semis.

Opération de travail du sol qui enfouit les résidus des précédents culturaux par retournement de l'horizon de surface.

##### Cultivateur à dents




On travaille à la profondeur du labour mais sans retourner le sol. Une reprise superficielle du sol est souvent nécessaire.

Opération de travail profond avec mélange des couches de sol mais sans retournement de celles-ci.


## différentes sur le sol

**TCSL**  
*travail superficiel*



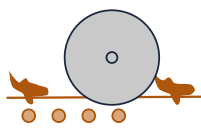
5 - 15 cm

**TCSL**  
*travail en bandes*



5 - 25 cm

**TCSL**  
*Semis direct*



2 - 5 cm sur ligne de semis

**Non retournement**

### Matériels spécifiques

#### Outils à disques ou à dents



Les matériels sont une combinaison d'outils de travail du sol superficiel, animés ou non, couplés à des semoirs, ce qui permet de réaliser plusieurs objectifs en un seul passage.

Opération de travail du sol permettant l'incorporation des résidus dans la couche travaillée et l'affinement du lit de semences.

#### Strip till



Le matériel spécifique permet de travailler le sol plus ou moins profond (jusqu'à 25 cm) sur une bande de 10 à 15 cm de large à l'emplacement de la zone de semis. Il peut être couplé à un semoir.

Technique qui permet de ne travailler le sol que sur les lignes de semis.

#### Semoirs de semis direct



Les matériels sont en général lourds afin de pénétrer le sol et équipés pour travailler avec présence de résidus de culture. Ce sont toujours des matériels spécifiques.

Technique d'implantation des cultures qui repose sur un travail du sol localisé sur la ligne de semis, sans travail en profondeur. Possibilité de semer dans un couvert permanent.

### Le labour

#### *Un travail profond avec retournement du sol*

La charrue est présente dans beaucoup de parcs matériels.

Le labour est utilisé pour enfouir les débris végétaux ainsi que les apports organiques. Son action consiste à retourner les 25 premiers centimètres de sol (15 à 30 cm).

Les objectifs du labour sont de répartir la fumure de fond et les amendements sur toute l'épaisseur de la couche arable, de contrôler les adventices et les repousses, d'enfouir les résidus de récolte, d'assurer un ameublissement des couches de surface et d'améliorer le ressuyage des terres humides ou drainées. Il permet également de détruire les cultures intermédiaires et de réchauffer le sol.

#### *Une profondeur de travail en diminution*

Les labours réalisés ne sont pas toujours identiques : profondeur variable, avec ou sans rasette avec des réglages différents de cette dernière. La tendance actuelle est de labourer de moins en moins profond (20-25 cm).

Les labours les plus superficiels dit «agronomiques» (proches de 15 cm de profondeur) sont réalisés à l'aide des charrues déchaumeuses à versoirs. Ces charrues ne permettent pas de travailler plus en profondeur. On peut aussi utiliser des charrues classiques «Varilarge» qui permettent de faire varier la largeur du labour.



*Le labour permet un enfouissement des résidus ce qui facilite les opérations culturales liées au semis.*

### Les TCSL - travail profond

#### Un travail profond sans retournement

Ces techniques résident dans l'utilisation de différents matériels à dents à une profondeur allant de 15 à 30 cm. En fonction de l'outil utilisé, le mélange des couches de sol sera plus ou moins intense. C'est un itinéraire facile à expérimenter après maïs fourrage pour l'implantation d'une céréale par exemple.



Les «TCSL - travail profond» sont pratiqués par 38 % des agriculteurs bretons enquêtés (en non-labour).

#### Des matériels diversifiés

Deux catégories de matériel :

- Les cultivateurs, tillers ou autres chisels permettent un travail du sol profond avec un mélange important des couches de terre. Le mélange sera accentué si les dents sont équipées d'ailettes. Ils permettent entre autres d'incorporer fumiers et lisiers au sol.
- Les décompacteurs équipés de dents droites ou dents « Michel » fissurent le sol en profondeur en mélangeant peu les couches de sol. Ceci peut être intéressant dans l'objectif de garder une couverture importante du sol. Certains de ces outils peuvent prendre position à l'avant du tracteur. Un semis en un seul passage est possible avec une herse et un semoir à l'arrière du tracteur.

### Les TCSL - travail superficiel

#### De 5 à 15 cm de profondeur

Le travail superficiel du sol correspond à un travail compris entre 5 et 15 cm. Il inclut un mélange des résidus de culture dans le volume travaillé.

**Le travail très superficiel à 5 cm** permet de laisser plus de résidus en surface pour limiter l'érosion, d'améliorer les débits de chantiers et réduit de ce fait les coûts d'implantation.

**Le travail superficiel à 10-15 cm** ameublissent davantage le sol et contribue à mieux incorporer les résidus.

#### Une grande diversité d'outils

Il est possible de combiner à ces outils une rampe de semis ou un distributeur pneumatique pour semer en un passage. Cette technique est fréquemment utilisée pour semer les couverts végétaux ou rénover des prairies.

On retrouve trois catégories d'outils :

- animés par la prise de force, mieux adaptés au travail très superficiel (5 cm) : herse rotative, rotalabour, rotator...
- non animés travaillant à profondeur intermédiaire (10 cm) : déchaumeurs à disques indépendants, bêches roulantes, néodéchaumeurs, vibroculteurs légers,
- non animés qui permettent un travail plus profond (15 cm) : cultivateur léger, néo-déchaumeurs, vibroculteur lourd, cover-crop.

Les outils de travail du sol très superficiels permettent de réaliser des faux semis efficaces, on peut aussi citer les herse déchaumeuses en tant qu'outil spécifique.



Les «TCSL - travail superficiel» sont pratiqués par 49 % des agriculteurs bretons enquêtés (en non labour).

### Les TCSL - travail en bandes

#### *Travail sur 10 à 15 cm de largeur*

Venant de l'anglais « strip » : bande et « tillage » : travail du sol, cette technique désigne un travail du sol plus ou moins profond localisé sous la future ligne de semis (strip till). Il est possible de combiner certains de ces outils à un semoir, dans ce cas, le semis s'effectue en un passage. Toutefois, un passage effectué longtemps avant le semis permet d'obtenir un lit de semences plus favorable pour le semis.

Cette technique s'utilise sur les cultures qui se sèment avec un écartement important entre rangs. En effet, l'intérêt de la technique est de ne pas travailler le sol sur toute la surface mais d'assurer tout de même un bon démarrage de la culture en travaillant le sol sous la ligne de semis. Cette technique permet également de localiser de l'engrais derrière le passage de la dent. Elle est utilisable en Bretagne sur le maïs, le colza et les betteraves fourragères.

#### *Des matériels spécifiques ou adaptées*

Il existe des matériels spécifiques composés le plus souvent de disques et de dents. Une dent droite incurvée vers l'avant peut travailler à 15 cm en combinaison avec deux disques qui créent une petite butte de terre. Des outils animés peuvent aussi être combinés au semoir. Cette combinaison d'un semoir à disques et d'un rotalabour où les lames ne travaillent que devant les éléments semeurs permet d'obtenir des bandes travaillées d'environ 10 cm de profondeur sur 10 cm de large.





## Les TCSL - semis direct

### Travail sur la ligne de semis

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.

- Ce travail minimum se traduit par le maintien en surface de la quasi-totalité des résidus de culture et des apports organiques. Cette technique est celle qui réduit le plus les coûts et les temps pour assurer l'implantation. Elle permet une forte économie d'énergie.
- L'objectif recherché est de limiter au maximum les perturbations verticales du sol et d'augmenter au maximum la couverture par les résidus.

Cette technique permet également de semer dans un couvert vivant.

Exemple d'une succession :

Semis de colza + trèfle blanc/récolte du colza/récolte ou destruction du TB/semis de blé/récolte ou destruction du TB/semis d'un blé, triticale ou d'une orge d'hiver.

Le sursemis des prairies ou des luzernières s'apparente à cette technique.

### Des semoirs spécialisés

Le plus souvent, ce sont des semoirs à disques qui sont utilisés. Plusieurs combinaisons d'accessoires de tassement de la ligne de semis et de roues plombeuses servent à fermer le sillon afin d'assurer un bon contact terre-graine.

On assiste aujourd'hui à un développement de semoirs à dents. Selon les conditions d'utilisation (humidité du sol, présence plus ou moins importante de résidus...) ce sera les outils à disques ou les outils à dents qui seront les plus performants. S'il y a une forte présence de résidus, les disques permettent d'éviter des bourrages mais ont tendance à plaquer les résidus au fond de la ligne de semis. Certains outils sont équipés de coutre circulaire suivi d'une dent, ce qui permet d'éviter ces deux problèmes.

Dans le cas des semoirs à maïs, l'utilisation de chasses-débris rotatifs et de roue de terrage est fortement conseillée afin d'assurer une levée rapide et synchrone.

### Semoirs triple disques : un disque crénelé ouvreur et deux disques assurant le placement de la graine.

Semoir spécifique à maïs



Semoir à céréales, colza...

Le semis direct est pratiqué par 13 % des agriculteurs bretons enquêtés (en non labour).

## Les TCSL en quelques chiffres...

**Dans le monde et en Europe**, ces techniques de travail du sol sont intégrées à un concept plus large qui est l'agriculture de conservation (AC). Celle-ci est définie par la FAO comme une agriculture reposant sur une forte réduction, voire une suppression du travail du sol, une couverture permanente des sols et des successions culturales diversifiées. En 2010, la FAO estimait que plus de 100 millions d'ha étaient cultivés en agriculture de conservation dans le monde, contre 45 millions en 2000. Le développement de ces pratiques est très marqué sur le continent américain (40 millions en Amérique du Nord et 49 millions en Amérique du Sud), il atteint 12 millions en Australie-Nouvelle Zélande, et 2,5 millions sur le continent asiatique. En Europe, le développement est plus modeste, puisque seuls 1,15 million d'ha seraient cultivés en agriculture de conservation. Au sein du vieux continent, il existe une grande variabilité, la Finlande et le Royaume Uni sont en tête avec respectivement 52 et 46 % de leur surface en AC, les petits derniers étant l'Italie (7 %) et bien encore l'Irlande avec seulement 1 % de sa surface agricole en AC.

**En France**, d'après les enquêtes de pratiques culturales, les surfaces semées en 2001 représentaient 21 % des surfaces en grandes cultures. Après avoir atteint 34 % en 2006, les parts de surfaces cultivées sans labour sont de 36 % en 2011. Globalement, le non labour est davantage pratiqué sur les cultures d'hiver (40 % pour le blé tendre) que sur les cultures de printemps (moins de 20 % pour le maïs).

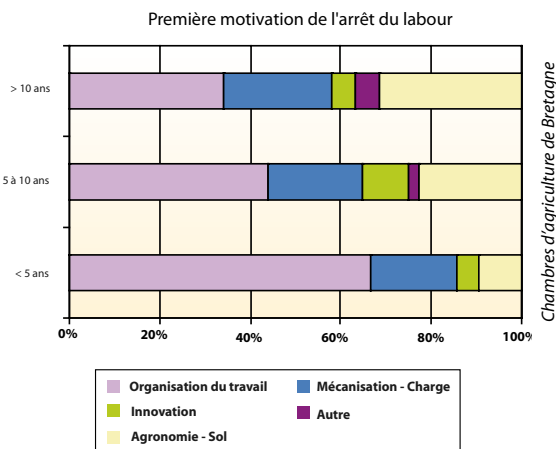
**En Bretagne**, les TCSL se sont développées ces dernières années et les surfaces semées sans labour étaient de 6 % en 2001 et ont atteint 21 % en 2006. En 2011, cette proportion était de l'ordre de 24 %. Comme au niveau national, après une augmentation significative entre 2001 et 2006, les surfaces en non labour n'augmentent donc que très marginalement et semblent plutôt stagner. Les proportions ne varient pas beaucoup entre cultures d'hiver et de printemps : 21 % pour le blé tendre, 23 % pour l'orge d'hiver, 22 % pour le maïs ensilage et 26 % pour le maïs grain.

## Les motivations des agriculteurs

Afin de cerner les motivations des exploitants, deux enquêtes régionales ont été réalisées en 2008 (échantillon de 107 personnes) et en 2013 (29 personnes) auprès d'agriculteurs en TCSL. Il en ressort que les principales raisons du passage au non-labour sont par ordre d'importance décroissant :

- le gain de temps et la souplesse dans l'organisation du travail,
- la réduction des charges de mécanisation,
- l'amélioration de l'approche agronomique.

Au fil de l'expérience, l'agronomie occupe de plus en plus de place dans les motivations. Il est à noter que le contexte pédo-climatique et le type de production n'influencent pas l'évolution vers les TCSL.



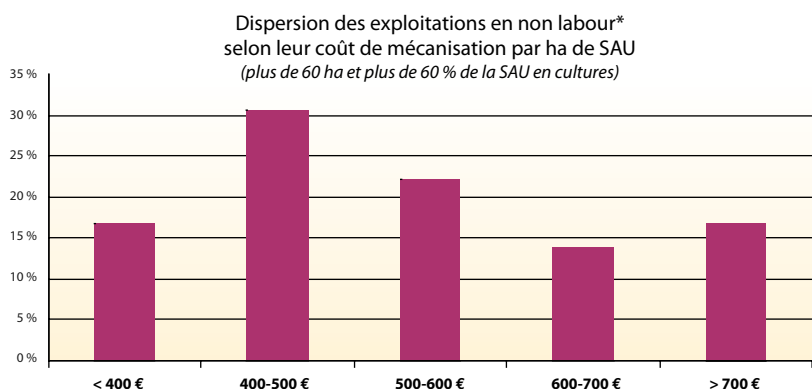
## Coût global de mécanisation : une grande dispersion

L'analyse économique réalisée par CER FRANCE Bretagne en 2008 auprès d'un échantillon représentatif, montre qu'il y a très peu d'écarts de coût de mécanisation global entre les exploitations en labour et celles en non labour.

### Plusieurs raisons expliquent ces résultats :

- Les économies potentielles portent sur l'implantation, poste qui ne représente qu'un quart du coût de mécanisation global.
- La mise en œuvre des TCSL nécessite dans certains cas des investissements en matériel qui augmentent les coûts initiaux de mécanisation. Dans ces situations, **le passage en non labour doit se raisonner à long terme.**
- Le groupe se compose d'exploitations en non labour depuis plusieurs années mais aussi d'exploitations dont la conversion en TCSL est plus récente.

Les coûts de mécanisation varient dans de fortes proportions d'une exploitation à l'autre, notamment en fonction de l'assolement et de la surface de l'exploitation.



\* Concerne les exploitations en TCSL (travail superficiel et profond) et en semis direct

CER France - Bretagne

La comparaison «avec ou sans labour» ne peut donc se faire que dans des groupes homogènes. Les données ci-dessous concernent les exploitations de plus de 60 ha de SAU et avec plus de 80 % de la SAU en cultures.

### Coût de mécanisation global par ha de SAU

Avec labour	533 €
Sans labour	530 €
dont avec matériel spécifique	490 €

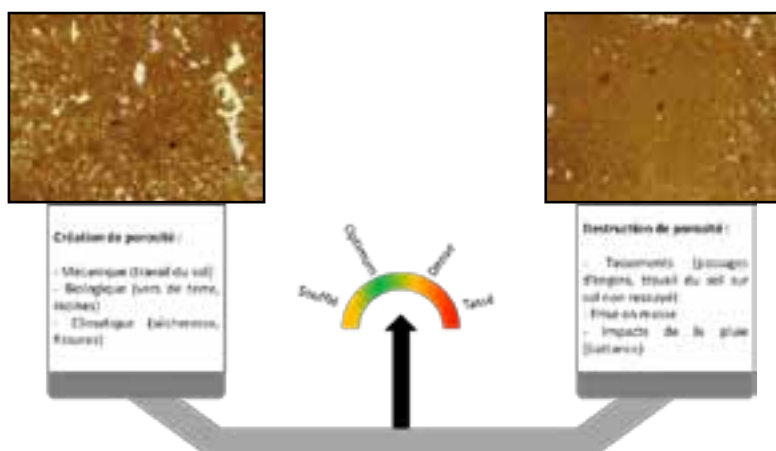
CER France - Bretagne

Les données moyennes cachent de très gros écarts. Si des coûts élevés sont observés dans certains cas, le non labour est aussi tout à fait compatible avec des coûts faibles, en particulier dans le cas du semis direct.

## Une structure du sol modifiée

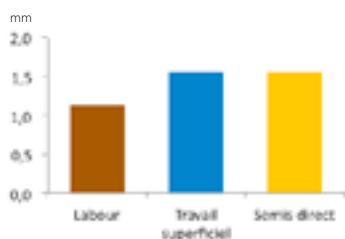
La structure du sol peut être caractérisée par différentes grandeurs physiques :

- La stabilité structurale définit son aptitude à résister aux processus de désagrégation physique, notamment sous l'impact de l'eau. Indicateur de risque de battance, elle influence les propriétés d'infiltration de l'eau, de ruissellement et les risques d'érosion. Elle est étroitement liée à l'abondance et la nature des matières organiques du sol.
- La porosité est constituée des vides du sol. La «macroporosité», ou porosité structurale, représente la proportion des pores de plus grande taille (plus de 30 µm). Elle remplit les fonctions de transfert de chaleur, de gaz et d'eau qui conditionnent le développement du système racinaire et la nutrition des cultures. Elle est fortement impactée par les pratiques culturales, qui peuvent soit créer des pores par fragmentation, soit les détruire par tassement.



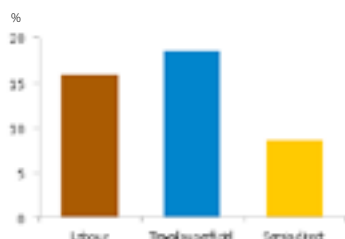
Par leur impact sur la porosité et sur la localisation de la matière organique, les TCSL modifient la structure des sols (ici sur l'horizon de surface, site expérimental de Kerguéhennec) :

**Stabilité structurale (mm)**



La stabilité structurale, définie par le diamètre moyen pondéré des agrégats, est augmentée en TCSL. La concentration de matière organique en surface et l'augmentation de la biomasse microbienne favorisent l'agrégation des particules.

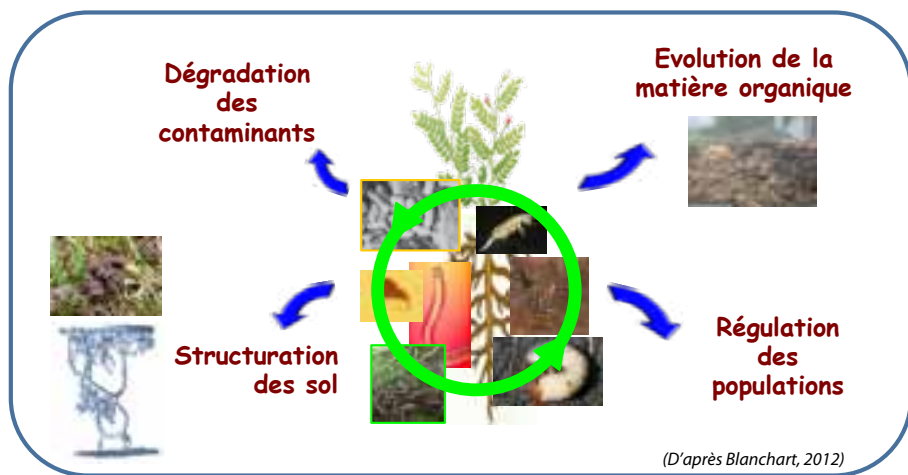
**Macroporosité (%)**



La porosité est augmentée dans les couches travaillées : dans l'horizon de labour ou la couche de surface sous travail superficiel, les outils fragmentent le sol. Les pores sont gros et abondants.

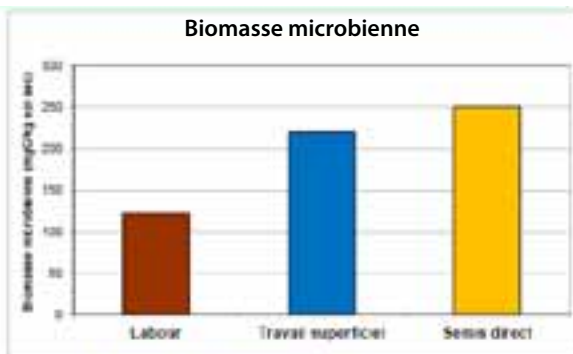
## Une amélioration de la composante biologique...

En TCSL, la faible perturbation du sol et la présence de résidus en surface créent les conditions favorables au développement des organismes du sol. Ces organismes agissent en interactions les uns avec les autres. Ils vont participer au recyclage de la matière organique (et donc aux cycles des éléments nutritifs), à la création de porosité (galeries de vers de terre et déjections qui peuvent améliorer l'infiltration et la rétention en eau), à la dégradation des contaminants et à la régulation des populations (ravageurs). C'est un capital indispensable au bon fonctionnement du sol.



### Les microorganismes très sensibles

L'effet du système se manifeste avant tout par les entrées de matières organiques en quantités plus ou moins importantes et de qualités différentes et donc, d'énergie disponible pour les micro-organismes du sol. Les techniques de travail du sol vont agir sur la distribution dans le profil de sol de la biomasse des micro-organismes, proportionnellement à celle de la matière organique avec davantage de concentration en surface ; elles vont aussi agir positivement sur la diversité de ces micro-organismes et sur leur activité.



Biomasse microbienne (mg/kg) mesurée sur les 15 premiers centimètres du sol (Fumigation – extraction). Essai Agronomique Kerguéhennec (56)

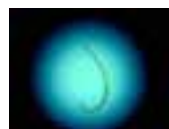
# TCSL : quelles conséquences sur le sol ?

## Une multitude d'organismes qui sont favorisés

### Nématodes

Les nématodes sont des organismes microscopiques (1 mm de long), vermiformes et translucides. Certains vivent librement dans le sol, se nourrissant essentiellement de bactéries, de champignons et d'autres nématodes, alors que d'autres sont parasites des végétaux.

Les nématodes sont généralement augmentés en TCSL, notamment les nématodes libres qui sont favorables au sol car ils participent à la minéralisation des éléments nutritifs et régulent les micro-organismes. La réponse des nématodes parasites des plantes est plus variable. Ils sont cependant souvent plus abondants en TCSL augmentant la pression parasitaire sur les plantes cultivées.



nématodes

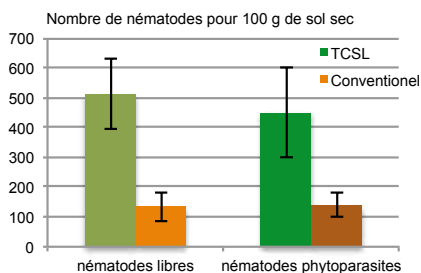
### Collemboles et acariens



collemboles

Les collemboles et acariens sont des organismes de petite taille (entre 200 µm et 4 mm). Favorisés en TCSL, ils vont dégrader la matière organique (ils supportent difficilement d'être enfouis au fond du profil lors du labour).

### Abondance des nématodes dans le sol après 14 ans en système de culture céréalière du bassin parisien (Essai de La Cage)



Source : ELISOL environnement & Henneron et al. (2014)

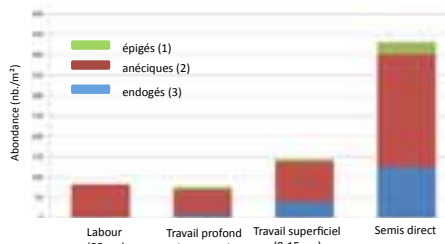
## Davantage de vers de terre

D'une manière générale, les TCSL favorisent le développement des **épigés**<sup>(1)</sup> (individus de petite taille vivant à la surface et très actifs dans l'évolution de la matière organique) et des **anéciques**<sup>(2)</sup> (individus de grande taille, créant des galeries verticales, enfouissant la matière organique dans le sol et déposant leurs déjections à la surface du sol). Ces deux catégories sont très sensibles à l'action mécanique. L'impact sur les **endogés**<sup>(3)</sup> (individus de taille moyenne, vivant dans le sol et créant une structure grumeleuse) est plus variable car ces vers supportent mieux le labour. Par contre, cette catégorie est très favorisée par la fertilisation organique. Le semis direct reste la technique la plus favorable aux vers de terre.

Il apparaît très important de réfléchir conjointement la réduction du travail du sol et la restitution organique (fertilisation et/ou couverts végétaux) pour optimiser son système.



### Abondance lombricienne issue d'un réseau de 15 parcelles des 4 départements bretons



Source : Agrocampus-ouest et Université Rennes 1 (2014)

## Forte réduction de l'érosion

Le non retournement du sol conduit à une concentration de la matière organique en surface avec une présence fréquente de résidus issus du précédent cultural. Par ailleurs, cela favorise le développement des vers de terre anéciques qui construisent des galeries verticales ouvertes à la surface du sol. Cela change les propriétés de surface du sol avec des répercussions sur l'érosion.

En effet, l'augmentation de la teneur en matière organique dans la couche de surface entraîne une augmentation de la stabilité structurale des agrégats. Par ailleurs, l'existence d'une couverture de résidus protège les états de surface motteux et poreux de la dégradation provoquée par l'impact des gouttes de pluie.

C'est cela qui explique que l'érosion est diminuée par les techniques culturales sans labour (figure ci-dessous).

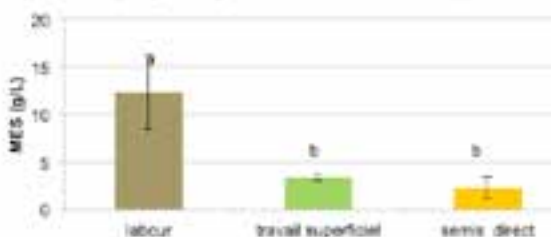


*Le sol nu est exposé à l'action des gouttes de pluie qui désagrègent le sol et provoquent la formation d'une croûte de battance.*



*Les résidus protègent le sol contre la désagrégation en préservant une surface rugueuse et poreuse.*

### Concentration en matières en suspension (MES) (moyenne pondérée sur 5 ans, maïs)



*Dispositif expérimental-Station expérimentale de Kerguéhennec (56), 2000-2014*

## Le phosphore : fuites limitées

Le phosphore est transféré majoritairement sous forme particulaire. En limitant l'érosion, les techniques sans labour constituent un levier efficace pour limiter l'entraînement du phosphore vers le milieu aquatique.

## Gaz à effet de serre : baisse des émissions

Il existe très peu de références complètes et fiables sur le bilan des GES à l'échelle d'un système de culture. Il apparaît nécessaire de réaliser ces bilans dans des contextes diversifiés.

L'étude réalisée par Arvalis sur l'essai de Boigneville fait état d'une diminution des émissions de GES liée à la conduite des cultures de 11 % en «TCSL-travail superficiel» et de 16 % en semis direct, cette baisse étant due principalement à l'économie de carburant réalisée en non labour. Cependant, des itinéraires sans labour qui ne sont pas suffisamment simplifiés ne permettent pas d'améliorer le bilan énergétique.

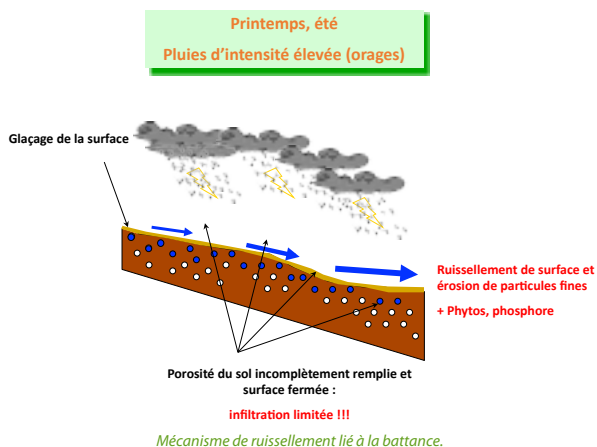


## Transferts de produits phytosanitaires

### Diminués au printemps et en été, sous culture de maïs

C'est la présence de résidus en surface, dans le cas du non labour, qui permet de réduire le ruissellement, l'érosion et donc les pertes d'herbicides.

Le rôle du mulch, en conditions printanières, montre tout son intérêt, quelle que soit l'année, sur la limitation des transferts. Le recours au non labour même occasionnel pour la culture du maïs est susceptible de contribuer à la diminution des risques.

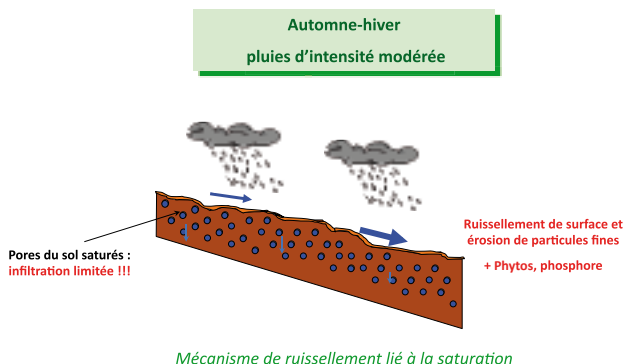


### Mitigés en hiver, sous culture de blé

Les quantités d'isoproturon transférées dans les eaux de ruissellement dans les parcelles non labourées sont tantôt plus élevées, tantôt plus faibles que celles labourées. En moyenne, sur la période de suivi, elles restent 2 fois plus élevées.

Ces résultats variables s'expliquent par les caractéristiques des pluies et l'état hydrique du sol. Dans les situations hivernales où les sols sont le plus souvent proches de la saturation, les risques de ruissellement sont plus élevés en non labour et particulièrement en semis direct car la capacité du sol à infiltrer les excès d'eau est plus faible qu'en labour.

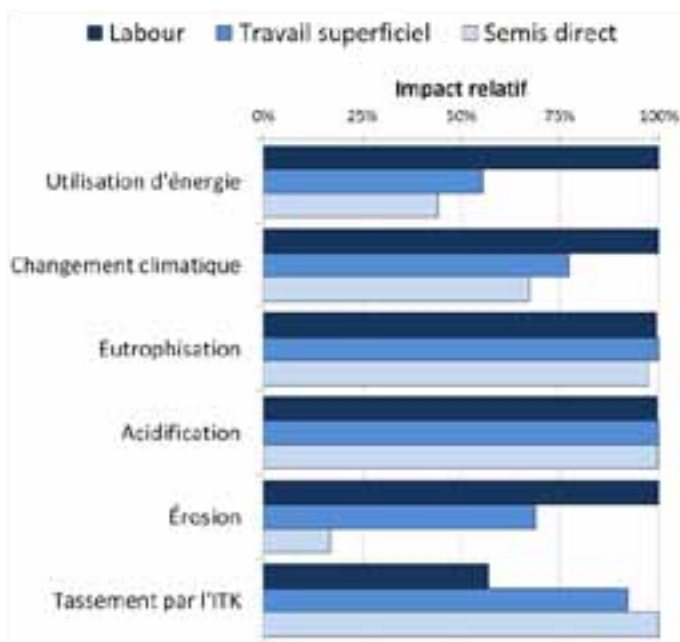
Un tel résultat fait apparaître la nécessité, pour limiter les transferts de surface, d'améliorer l'infiltration de l'eau, particulièrement durant la période hivernale. Cela est possible en créant une porosité fonctionnelle sur une profondeur suffisante, tout en préservant dans le même temps une rugosité en surface (agrégats grossiers et résidus) pour retarder et limiter la battance.





## Aller vers l'analyse multicritère des impacts environnementaux

L'évaluation de plusieurs impacts environnementaux des pratiques agricoles en même temps évite de se focaliser sur un seul impact et permet d'identifier si une pratique peut réduire un impact mais en augmenter un autre (ex. moins d'énergie utilisée mais plus de tassement du sol). Pour ce faire, l'Analyse du Cycle de Vie (ACV) est un outil très pertinent. Cette méthode systémique multicritères permet d'estimer des impacts environnementaux depuis l'extraction des matières premières jusqu'à la production des produits agricoles. Les catégories d'impact sur la qualité du sol (l'érosion et le tassement) ont récemment été ajoutées à l'ACV et ont été testés sur le site de Kerguéhennec.



Impacts environnementaux relatifs (par ha) estimés par l'ACV pour une rotation de 4 ans (colza-blé-mais-blé, 2010-2013) fertilisée avec du fumier de volaille sous labour, travail superficiel, ou semis direct. Site : Station de Kerguéhennec, Chambre d'agriculture de Bretagne.

Le graphique montre que, pour cette rotation (colza-blé-mais-blé), l'utilisation d'énergie, la contribution au changement climatique et l'érosion par ha diminuent avec la réduction de la profondeur du travail du sol. En revanche, le tassement potentiel par ha augmente avec la réduction de la profondeur du travail du sol. D'ailleurs, la profondeur du travail du sol ne semble pas influencer de façon majeure les impacts d'eutrophisation ou d'acidification par ha.

Une perspective de cette approche est maintenant de pouvoir intégrer la composante biologique pour avoir un diagnostic plus complet des impacts environnementaux.

### Anticiper la culture dès la récolte du précédent

#### Gérer les menues pailles

En TCSL, il est indispensable d'équiper sa moissonneuse batteuse d'un éparpilleur de menues paille ou d'un caisson pour les récolter. En effet, sans éparpilleur ou caisson, les menues pailles de céréales se concentrent sous l'andain. Sous cet andain, le semis de la culture suivante sera délicat (présence de nombreux résidus) et la levée difficile (limaces, champignons, phénomènes d'allélopathie...).



#### Broyer et incorporer les résidus de maïs grain dès la récolte

La gestion des résidus se fait au cas par cas selon les outils à disposition sur l'exploitation.

Le broyage et l'incorporation des résidus dans le sol accélèrent leur décomposition et limitent les risques de propagation de maladies (fusariose, helminthosporiose...) et des ravageurs (pyrales...).

En céréales, colza et légumes, le broyage est conseillé mais l'incorporation n'est pas indispensable.



*Le broyage des résidus de maïs grain et leur incorporation superficielle sont nécessaires.*

#### Déchaumer pour préparer le travail du sol

Les fonctions du déchaumage sont multiples. Il permet :

- d'enfouir et répartir les pailles dans l'horizon travaillé, émietter et niveler le sol
- de réduire les populations de ravageurs (limaces...)
- de favoriser la levée des adventices.

## Profiter du déchaumage pour réaliser des faux semis

Un faux semis a pour objectif de faire lever un maximum d'adventices en créant des conditions de levée idéales (création de terre fine). Ces adventices seront ensuite détruites mécaniquement en veillant à travailler le sol très superficiellement pour ne pas « remonter » de nouvelles graines et provoquer de nouvelles levées. Il est primordial de travailler par passages successifs d'outils du plus profond au plus superficiel.

## Plusieurs outils sont possibles selon l'objectif recherché

### • Outils de déchaumage, travail plus ou moins profond

**Les outils à dents :** pour ce type d'outils, la gamme est très large : de l'appareil à dents simple à celui à pattes d'oie, à disques de nivellement et rouleau. Le risque de remontée de cailloux est important et on observe une tendance à aligner les débris végétaux.



**Les outils à disques type cover crop :** Appareil à disques en V



ou en X. Les disques sont montés sur un axe dont l'angle par rapport à l'avancement est réglable suivant le travail recherché. En général, ils possèdent deux rangées de disques avec roues de transport au milieu. Ils sont aujourd'hui complétés par des rouleaux (barres, spire, packer...), qui vont rappuyer le déchaumage mais aussi assurer une régularité de profondeur. Attention, ils ont tendance à multiplier les vivaces (liserons...).

### • Outils de déchaumage et de faux semis, travail très superficiel

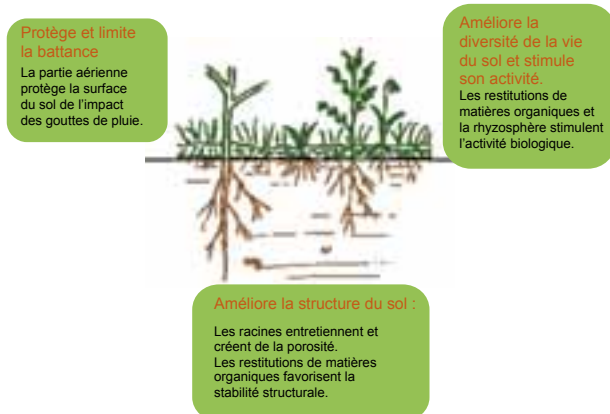
- **Les appareils à disques indépendants :** Plus récents, ces appareils sont du type porté ou auto porté pour les plus larges. Les disques sont plus petits que pour les cover-crop. Ils sont montés individuellement ou par deux sur un palier et amortis par un système élastique (ressort, caoutchouc...). La vitesse de travail est importante (12 km/h), ce qui favorise l'émiettement tout en gardant un travail superficiel.



- **Herse de déchaumage :** Le travail très superficiel se fait en grande largeur et à vitesse importante. Les débris végétaux sont imprégnés de terre, ce qui accélère leur décomposition. Il y a risque de bourrage en conditions humides.

## Le couvert végétal : un allié indispensable

Comme le sol est moins travaillé en TCSL, les couverts végétaux sont indispensables car, hormis leur rôle de piège à nitrates, ils procurent de nombreux avantages pour le sol :

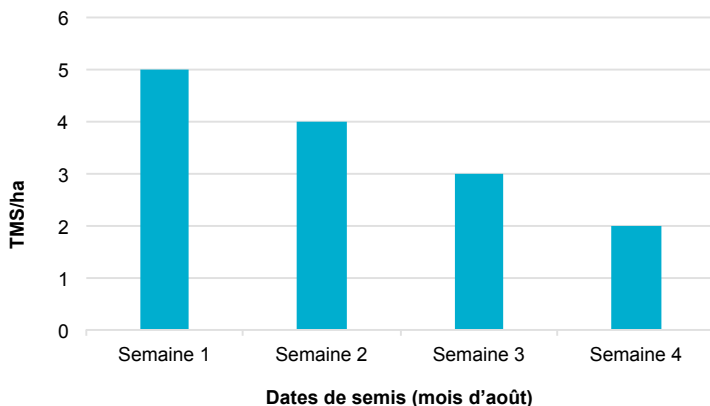


### Semer le couvert le plus tôt possible

Le couvert est une culture à part entière qu'il convient de le semer tôt afin de produire le maximum de biomasse.

Zones « séchantes »	Zones « humides »
Viser un semis avant ou le jour de la récolte, pour profiter de l'humidité résiduelle de la culture.	Semer le plus tôt possible, pour profiter de l'ensoleillement et des températures estivales.

**Production de couvert végétal valorisable selon la date de semis en zones arrosées en Bretagne**



## De nombreuses espèces possibles seules ou en mélanges

Plusieurs critères peuvent être pris en compte pour effectuer le choix :

- Prix des semences et facilité de destruction (C/N, sensibilité au gel...)
- Capacité à faire de la biomasse (concurrence les adventices, développement racinaire...)
- Valorisation possible en fourrage
- Risque sanitaire lié à la rotation
- Recherche de biodiversité (intérêt apicole, faune sauvage...)

## Mélanger les espèces

Le mélange d'espèces permet de cumuler les atouts des différentes espèces en jouant sur leur complémentarité.

Exemple de mélange complexe						
Espèces	Phacélie	Moutarde	Radis chinois	Féverole ou lentille ou trèfle incarnat	Sarrasin	Tournesol
Dose en kg/ha	3	3	2	20 ou 10 ou 10	5	5
Intérêts	Structuration du sol	Croissance rapide	Biodiversité, décompactation	Stimulation biologique du sol	Nourriture gibier	Fleurs

### Exemple de mélanges :

- Phacélie 6 kg/ha + féverole 30 kg/ha
- Phacélie 3 kg/ha + Radis 3 kg/ha + tournesol 5 kg/ha + moutarde 3kg/ha + sarrasin 10 kg/ha

### Des mélanges prêts à l'emploi sont aussi proposés :

- RGI + trèfle incarnat + trèfle de perse
- Phacélie + moutarde
- Avoine rude + vesce commune + trèfle d'Alexandrie
- Phacélie + radis chinois + sarrasin
- ...



## Des pistes pour augmenter la période de couverture des sols, soit par une culture soit par un couvert

Vu les nombreux intérêts qu'un couvert peut apporter, des réflexions sont en cours pour explorer la faisabilité d'une couverture toute l'année et non plus seulement hivernale. Il s'agirait de ne plus se contenter d'un « couvert long » entre céréales et maïs mais de développer les « couverts courts » entre deux céréales voire les couverts pluriannuels avec des trèfles blancs ou des luzernes.

### Les couverts courts



Le couvert court s'intercale le plus souvent entre deux céréales d'hiver.

Principe : le couvert reste en place environ deux mois. Il est semé le plus rapidement après la récolte de la céréale ou du pois et il est détruit juste avant l'implantation de la nouvelle culture d'hiver (céréale).

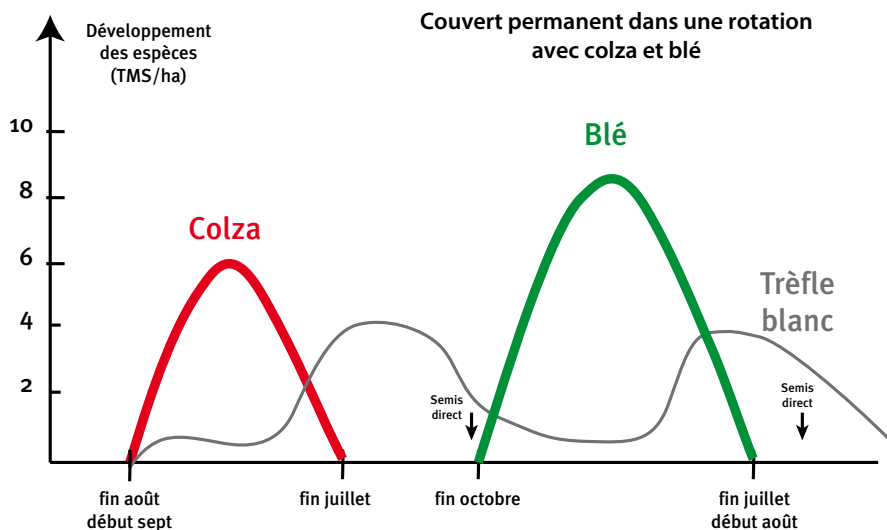
Exemple : Blé ou pois/couvert court/triticale ou orge ou avoine/couvert long/maïs ou orge de printemps.

### Les couverts « permanents »



Blé semé dans un couvert de trèfle.

Principe : le couvert est semé en interculture ou en association avec une culture. Ce couvert est maintenu en place sur 3 à 5 années sans défavoriser les cultures successives. Pour éviter toute concurrence du couvert avec les cultures, une réflexion sur les variétés de couvert, les dates de semis et la protection herbicide est nécessaire.



Source : CA29 - 2014



# Privilégier la destruction mécanique

### Une destruction précoce

**Détruire le couvert au moins 60 jours avant l'implantation de la culture en zone sèche et au moins 45 jours avant en zone humide.**

La destruction précoce permet de :

- maintenir une réserve en eau suffisante dans le sol pour la culture suivante
- favoriser la minéralisation et la libération d'azote du couvert pour la culture suivante
- favoriser la décomposition du couvert et assurer un meilleur enracinement de la culture.

### Choisir des espèces faciles à détruire mécaniquement

Dans la perspective de limiter le recours aux produits phytosanitaires, le choix des espèces à implanter est déterminant.

- ✓ privilégier des espèces gélives ou faciles à détruire mécaniquement : la moutarde, la phacélie, le sarrasin, le tournesol, l'avoine diploïde...



*La moutarde est gélive, donc facile à détruire*



*Le roulage accentue l'effet du gel*

- ✓ pour celles sensibles au gel, le roulage est un moyen de destruction efficace car il amplifie les dégâts du gel.

### Des matériels souvent présents sur l'exploitation

Les matériels les plus utilisés pour la destruction mécanique des couverts sont :

- les déchaumeurs à dents (socs patte d'oie),
- les déchaumeurs à disques (cover crop...).



## Les critères de choix des couverts végétaux

Espèces	Valorisation animale	Date d'implantation			
		Juillet	Août	Septembre	Octobre
Phacélia *	non	→			
Moutarde blanche *	non	→			
Colza - Navette Colza fourrager Chou fourrager	oui	→			
Radis chinois	non	→			
Avoine	oui	→ <small>Risque rouilles</small>			
Avoine Diploïde (A. rude)	oui	→			
RGI	oui	→			
Vesce commune Vesce velue Lentilles	oui	→			
Trèfle incarnat * rouge Alexandrie Squarozum de Perse	oui	→			
Sarrazin	non	→			
Tournesol	oui ensilage	→			
Moha	oui	→			
Féverole	non	→			
Trèfle blanc Luzerne	oui				

\* Intérêt apicole



# Mise en œuvre des TCSL

Densité semis (kg/ha)	Coût semence indicatif (€/ha)	Facilité d'implantation	Destruction			
			Gel	Mécanique	Roulage	Chimique
8 à 10	25 à 30	•	(•••)	•••	(•••)	••••
7 à 10	15 à 20	•••	(••••)	(•••)	(•••)	••••
4 à 10	10 à 20	•••	•	•	(•••)	•••
8 à 10	20 à 25	•••	••	••	••	••
50 à 80	10 à 15	•••	••	••	(•••)	••••
50	30 à 50	•••		••••	•••	••••
15 à 25	30 à 45	•••		(•)	(•)	•••
10 à 20 (en association)	30 à 50	••		••	(•••)	••••
5 à 10	30 à 40	•		••	•	••••
5 à 40	5 à 70	•••	••••	••••	••••	••••
20	-	••	••••	•••	•••	••••
5 à 8	20 à 25	•••	•••	(••)	(••)	••••
30 à 50	15 à 30	•••	(•••)	••••	••••	-
3 à 5 15 à 20	20 à 40 120 à 150	•••• •••		•• •••	• •	•••• ••••

Chambres d'agriculture de Bretagne

• Très difficile / •• Difficile / ••• Facile / •••• Très facile / ( ) Efficacité variable

# Diagnostiquer régulièrement son sol

Le développement irrégulier de la culture (notamment maïs) et la présence de flaques d'eau persistantes dans certaines zones de la parcelle sont des bons indicateurs de tassement du sol. Avant de décider d'une intervention, il faut d'abord voir dans quel état se trouve le sol. Le moment opportun se situe lorsque la culture est à son maximum de développement.

## Détecter le tassement

Le test consiste à enfoncer, à vitesse constante, une tige de fer flexible munie d'une extrémité en forme de cône dans le sol. L'effort fourni pour enfoncer la tige indique la résistance du sol à la pénétration. On repère aisément la profondeur où le tassement est le plus important. Très facile à utiliser, ce test permet une exploration en de nombreux endroits du champ. Comme la résistance du sol augmente avec son dessèchement, ce diagnostic est à réaliser au printemps en conditions ressuyées.



Diagnostic des tassements au pénétromètre.

## Réaliser un profil cultural



Pour compléter le diagnostic, il peut s'avérer nécessaire de creuser une tranchée perpendiculaire à la direction de circulation dans la parcelle. Elle est à positionner à l'endroit le plus représentatif de la parcelle, déterminé par le pénétromètre. Il se réalise à la bêche sur au moins un mètre de longueur et 50 cm de profondeur.

### Observer les mottes et les racines

Il s'agit ici de repérer les obstacles potentiels à l'enracinement. Le moment souhaitable pour l'observation se situe lorsque le système racinaire atteint son développement maximum. Cela permet d'observer la répartition et la profondeur de l'enracinement. Si des obstacles sont repérés, il faut en noter les profondeurs.

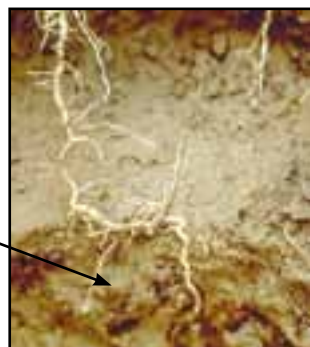


Une motte «delta» ( $\Delta$ ) est une motte tassée dont les faces sont lisses et ne comportent aucune porosité visible à l'œil nu. Un excès de mottes «delta» est défavorable au développement des racines.

La racine ci-contre butte sur une motte «delta» ce qui limite le volume exploré (eau, éléments nutritifs...)

Motte «delta»

Zone tassée



## Evaluer les communautés de vers de terre dans vos parcelles

Deux méthodes de prélèvements, destinées aux agriculteurs et autres professionnels du milieu agricole

### Test bêche





Pour récupérer les vers de terre, extraire à la bêche et trier un bloc de sol (20 x 20 x 25cm). 6 prélèvements de bloc sont nécessaires par parcelle.



### Test à la moutarde

Pour faire sortir les vers de terre à la surface, arroser 1m<sup>2</sup> avec un mélange d'eau et de moutarde (10 l+300 g). Répéter l'opération après 15 minutes. 3 prélèvements de 1 m<sup>2</sup> sont nécessaires par parcelle.

**La détermination des vers de terre** au terrain se fait au niveau de la catégorie écologique (groupe fonctionnel), en croisant le critère de taille (au stade adulte ; on reconnaît un adulte par la présence de la «bague») et la couleur.

	Epigés	Epi-anécique (tête rouge)	Anécique strict (tête noire)	Endogés
				
Taille	Petite (1-5 cm)	Grande (10-30 cm)	Grande (10-110 cm)	Moyenne (1-20 cm)
Couleur	Rouge sombre	Gradient de couleur de la tête à la queue		Faiblement pigmenté (rosâtre, verdâtre, gris clair)
		Rouge	Brun	

En Bretagne, les anéciques adultes font en moyenne 15-20 cm de long [min 6cm, max 35cm], et les endogés adultes font en moyenne 6-8 cm de long [min 3cm, max 15cm].

Pour permettre d'interpréter les résultats, l'Observatoire Participatif des Vers de Terre (OPVT-Université de Rennes 1) propose de déposer les données sur un site (<http://ecobiosoil.univ-rennes1.fr>). Ainsi, chaque observateur pourra à terme comparer ses résultats avec des données obtenues dans des contextes similaires. Contacts : [daniel.cluzeau@univ-rennes1.fr](mailto:daniel.cluzeau@univ-rennes1.fr), [kevin.hoeffner@univ-rennes1.fr](mailto:kevin.hoeffner@univ-rennes1.fr)

## Prévenir et agir sur les problèmes de tassement

### Eviter le tassement

- Ne circuler dans la parcelle que si l'humidité du sol ne le rend pas sensible au tassement. Pour évaluer le risque de tassement, utiliser le « test du boudin » (voir encadré).
- Utiliser des pneus larges, des faibles pressions de gonflage, le télégonflage pour réduire le tassement de surface.
- Limiter les charges à l'essieu, augmenter le nombre d'essieux, jumeler pour limiter les tassements profonds.



Photo : Sodijantes

*Le télégonflage des pneus est un système embarqué qui permet d'adapter la pression des pneus en fonction de l'utilisation (basse pression dans les champs pour réduire les tassements et pression élevée sur la route).*

### Des charges raisonnables à l'essieu

**6 à 10 tonnes à l'essieu maximum** selon les sources scientifiques.

Un maximum de 13 tonnes sur un simple essieu et 10.5 tonnes/essieu sur un double essieu selon la réglementation routière française.

#### Intérêt des chenilles ?

Diminution des tassements de surface car plus grande surface de contact mais répartition inégale des charges (galets) et poids important augmentant les charges à l'essieu.

### Utiliser le test d'appréciation de l'humidité du sol pour évaluer le risque de tassement

Prélever une quantité de terre de la parcelle sur une dizaine de centimètres de profondeur en différents points de la parcelle. Faire rouler la terre entre les mains et essayer de former un boudin.

Résultats du test	Diagnostic
Le boudin se forme facilement. Il est long et fin	Le sol est humide et modelable. Circuler dans la parcelle entraînera du tassement important
Le boudin se forme mais a tendance à se fracturer	Le sol est peu modelable. Circuler dans la parcelle ne causera que peu de tassement
Le boudin ne se forme pas	Le sol est sec ou frais. Il n'est pas sensible au tassement

Source : Projet Prosensols, 2011

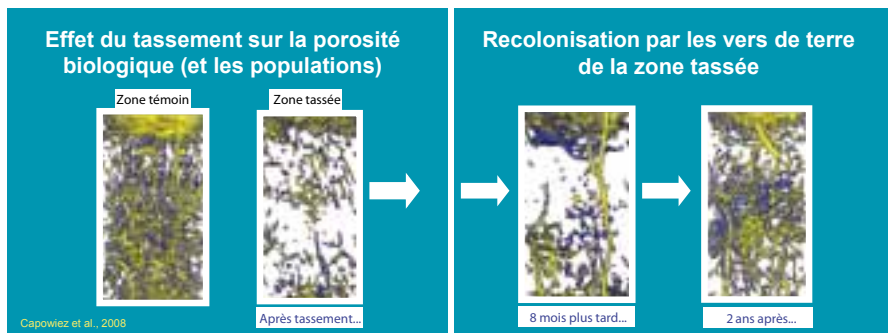
## Remédier au tassement

Lorsqu'un tassement est repéré dans la parcelle suite à un diagnostic, trois situations apparaissent :

Type de tassement	Superficiel (0-30cm)	Profond (30cm et plus)
Modéré	Couvert végétal structurant Intervention mécanique possible	Intervention mécanique délicate, aléatoire et gourmande en puissance et carburant Favoriser la restructuration biologique
Important	Intervention mécanique recommandée	

Pour remédier aux tassements là où une intervention n'est pas souhaitée, utiliser la restructuration biologique en favorisant les vers de terre => apports organiques réguliers, et en installant des plantes structurantes en culture ou en CIPAN (seigle, trèfle violet, luzerne, radis, phacélie, betterave fourragère, colza, féverole...).

### Un exemple de restructuration biologique d'un sol tassé : CAPOWIEZ et al., 2008



Recolonisation par les vers de terre de la zone tassée.

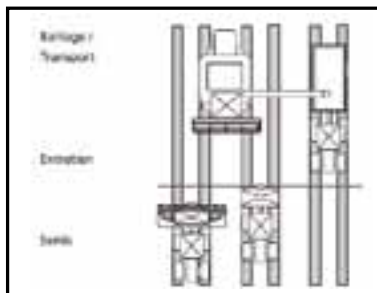
## Des outils pour intervenir dans les meilleures conditions

Prédiction des risques de tassement : un exemple d'outils : <http://www.terranimoch>

- **Terranimo** : c'est un outil informatique qui permet de déterminer le risque de compaction du sol lors de l'utilisation de véhicules agricoles. Il prend en compte les paramètres de la machine (charge à la roue, pression de gonflage) et les caractéristiques du sol (teneur en argile, état d'humidité).

- **Controlled Traffic Farming**

Des agriculteurs, majoritairement aux Etats Unis et en Australie, mettent en place « le Controlled Traffic Farming », qui correspond à utiliser des matériels de même largeur pour rouler toujours aux mêmes endroits (système de guidage indispensable). Ceci permet de sacrifier certaines zones mais en préservant le reste de la parcelle .



Des voies de passages permanentes pour une meilleure préservation du sol (station de recherche Agroscope, 2013).

# Réussir le semis : les fondamentaux

### Un sol suffisamment ressuyé

L'état d'humidité du sol en surface peut influencer fortement la réussite du semis. En effet, en non labour, le sol est en général un peu plus humide particulièrement en surface et se réchauffe moins vite. Après une pluie, il faut être très patient avant d'intervenir.

### Un sol suffisamment réchauffé

Avec l'arrêt du labour, le réchauffement du sol est plus lent. En TCSL, le réchauffement est d'autant plus lent que le sol est peu travaillé. En Bretagne, on considère qu'en moyenne un sol non travaillé est plus froid d'environ 1°C par rapport à un sol labouré.

**Pour compenser cet inconvénient :**

Colza	Semer plus tôt les colza pour profiter des °C de fin d'été
Céréale d'hiver	Semer les céréales dès le 20 octobre, avant le refroidissement de fin d'automne
Maïs	Semer plus tard les maïs : attendre que les sols soient réchauffés



### Un sol affiné sans excès

La création de « terre fine » est indispensable pour créer les conditions nécessaires à la germination. Cependant, le sol doit être affiné sans excès pour éviter les phénomènes de battance.

### Un bon contact sol-graine

Les semoirs équipés d'éléments de rappui (roues, languettes...) et de chasses débris permettent d'améliorer le contact sol/graine.



*Les chasses débris montés sur le semoir permettent d'assurer un bon contact sol/graine.*



## Choisir des variétés adaptées aux TCSL

Dans les expérimentations variétales menées sans labour on note des différences de comportement entre les variétés. Certaines peinent davantage au démarrage et présentent une plus grande appétence pour les limaces, d'autres extériorisent des sensibilités accrues aux maladies. Les critères à retenir pour le choix variétal sont liés à l'espèce cultivée.



### Colza

Pour le colza il faut choisir des variétés faiblement appétantes aux limaces. (Se renseigner auprès des conseillers spécialisés). Le semis doit également être suffisamment précoce pour favoriser une levée rapide.



### Céréales

Pour les céréales, les principaux critères à prendre en compte sont une faible appétence aux limaces, une bonne vigueur au départ et une tolérance aux maladies notamment à la fusariose des épis (blé et triticale).

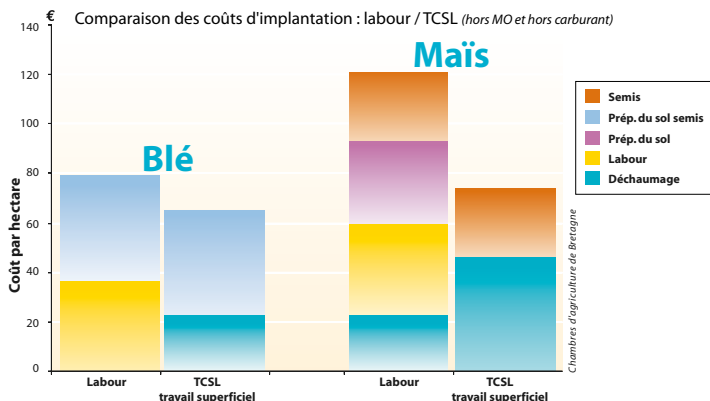


### Maïs

Pour le maïs le choix portera sur des variétés faiblement appétentes aux limaces, avec une bonne vigueur au départ et une bonne tolérance aux maladies telles que l'helminthosporiose, la fusariose et la Kabatiellose. Les semis seront faits en sols suffisamment réchauffés.

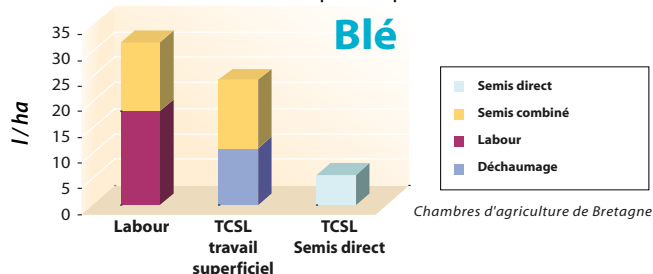
Les références sur les coûts d'implantation et les temps de travaux, contenues dans ces deux pages (32 et 33) sont des données calculées. Les hypothèses sont les suivantes : du matériel à la disposition de l'exploitant «en propre ou en CUMA», des itinéraires types préconisés. Ce sont donc des références en systèmes optimisés.

## Coût d'implantation céréales – maïs



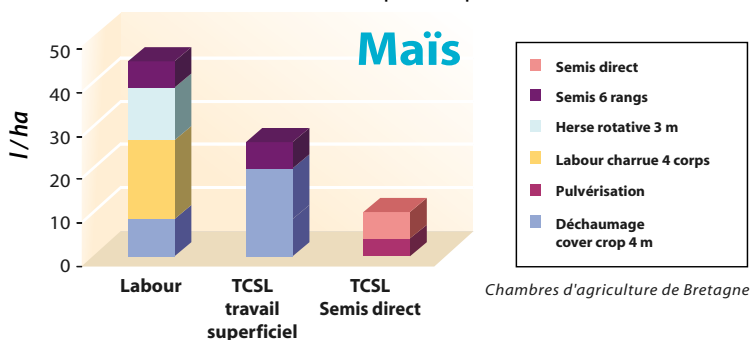
### Des économies d'énergie

Consommation de carburant pour implanter un hectare



Avec seulement 5 l/ha de carburant consommés pour implanter un blé, le semis direct permet une forte économie par rapport au TCSL «travail superficiel» (22 litres) et le labour (30 litres).

Consommation de carburant pour implanter un hectare



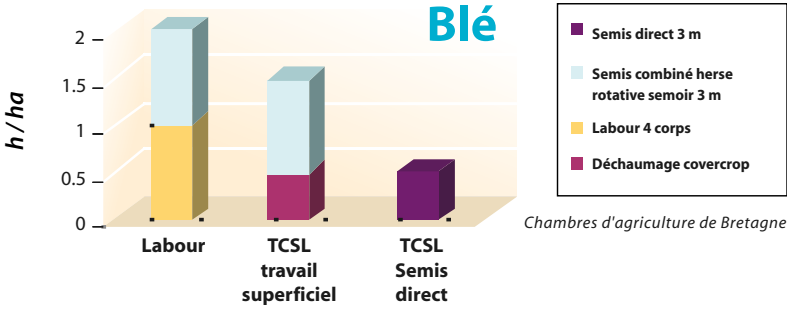
Pour le semis de maïs, les tendances sont les mêmes avec une économie encore plus forte pour le semis direct (30 à 35 litres de moins que le labour pour un hectare).



## Temps de travaux

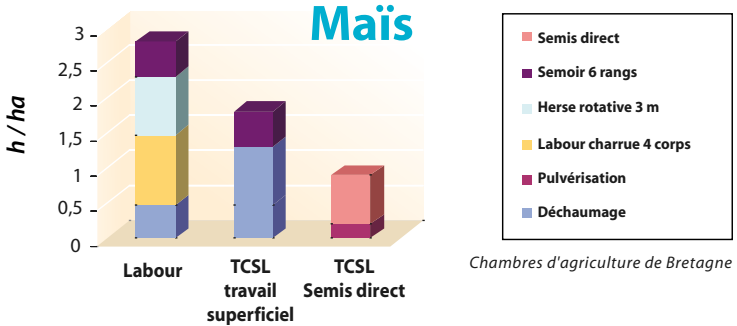
### Des gains de temps significatifs

Temps de travail pour implanter un hectare



C'est surtout dans le cadre du semis direct des céréales que le gain de temps est important par rapport au labour (moins d'une demi-heure contre presque 2 h/ha). Dans le cas des TCSL «travail superficiel» le gain existe mais il est plus réduit.

Temps pour implanter un hectare



Pour l'implantation du maïs on retrouve également les mêmes tendances : ¾ heure/ha pour le semis direct contre plus de 2 heures et demie pour le labour. En TCSL «travail superficiel», le gain de temps est d'une heure par rapport au labour.

### Les TCSL : un levier parmi d'autres pour diminuer consommation et temps de travail

Le projet Ecofuel a permis de suivre 25 tracteurs, comptabilisant 18 000 h d'enregistrement

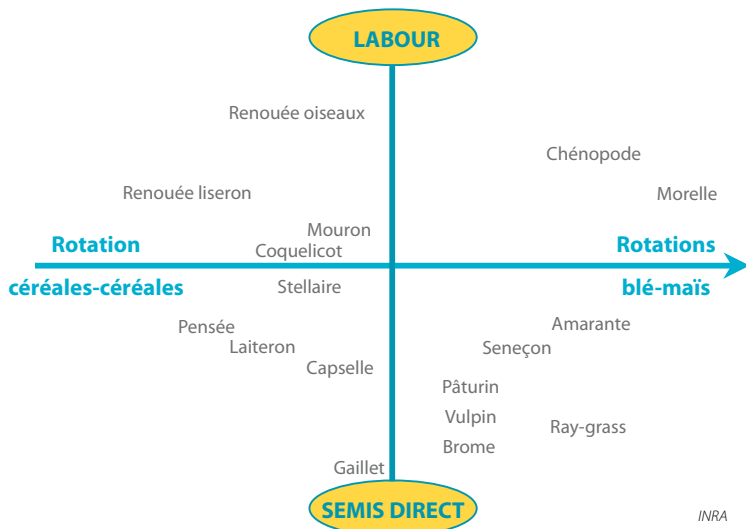
	Fuel consommé litres/ha	Temps passé /ha	Nombre de passages
Charrue 5 corps - Semis combiné en 3 m	25 à 32	1h45 à 2h10	2
Combiné décompacteur-herse rotative semoir	17 à 22	50 min à 1h05	1
Cover-crop - Semis combiné en 3m	17 à 24	1h25	2
Semis direct 4 m	6.5	30 à 45 min	1

Consommation de fuel et temps de travail passés pour l'implantation d'un ha de blé (Ecofuel : 2013 -2014)

## Désherbage : intervenir plus tôt

### Travail du sol et composition de la flore

Le fait de ne plus labourer conduit progressivement à une évolution de flore adventice.



En passant du labour au semis direct, la flore sera composée de moins de dicotylédones et de plus de graminées.

Rester vigilant sur les adventices spécifiques (Brome, Ray Grass, Gaillet...) et intervenir avec des produits adaptés.

### Des applications plus précoces

Il est nécessaire d'intervenir plus tôt sur les cultures car les mauvaises herbes ne sont pas enfouies et par conséquent elles se développent plus rapidement et concurrencent précocement les cultures.

La présence de résidus en surface induit une baisse d'efficacité des herbicides racinaires (pré-levée). Les herbicides foliaires sont donc à privilégier.

### Agir sur l'interculture

Le déchaumage, les faux semis et l'utilisation de couverts végétaux denses ont un rôle important pour limiter le développement des mauvaises herbes. Les applications de glyphosate doivent être raisonnées. En TCSL «travail superficiel» et «travail profond», les interventions mécaniques sont à privilégier.



En **agrobio**, les adventices annuelles et vivaces sont difficilement maîtrisables en TCSL. Le labour superficiel (agronomique) semble constituer une piste intéressante (essai de Kerguéhenec 2003-2008).

## Limaces : une vigilance accrue

Les TCSL, en laissant des débris des cultures précédentes en surface, créent les conditions favorables au développement des limaces. En climat breton, les limaces pondent toute l'année. Les périodes d'activité reproductrices les plus intenses se situent au printemps. Deux principales espèces occasionnent des dégâts dans nos cultures : la limace grise (deux générations par an) et la limace noire (une génération par an).

La limace grise est l'espèce la plus répandue. Elle mesure 3,5 à 6 cm de longueur. Son corps de couleur grise laisse souvent apparaître des taches brunes qui forment une sorte de dessin sur le dos. Elle consomme les parties aériennes et les racines.

La limace noire est moins fréquente, mais elle provoque des dégâts plus importants. Elle mesure de 2 à 3 cm. De couleur noire, elle est difficile à repérer car elle se confond avec le sol et elle vit dans le sol.



Œufs de limaces



Limace noire



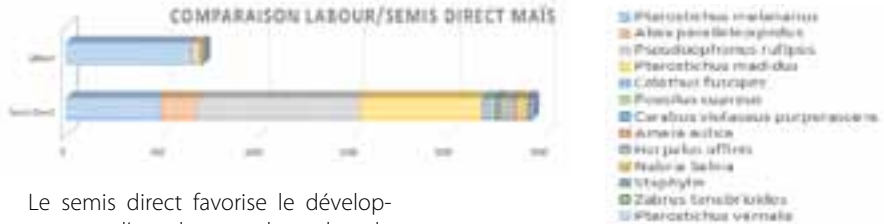
Limace grise

### Eviter leur pullulation par des actions préventives

- Pratiquer le déchaumage mécanique (même très superficiellement) à la période des pontes.
- Utiliser les éparpilleurs de menues paille sur les moissonneuses batteuses.
- Garder des parcelles sans mauvaise herbe ou repousse au moins un mois avant le semis.
- Réfléchir la date de semis : céréales 15 jours plus tôt ; maïs sur sol réchauffé à 6°C.
- Réfléchir sur les rotations.
- Surveiller le niveau de pression en utilisant des pièges à limaces (mettre quelques granulés anti-limaces sous un sac plastique ; observer les pièges le matin et intervenir uniquement à partir de 4 à 5 limaces au m<sup>2</sup>).

## Carabes : un des leviers

Certains carabes sont prédateurs des limaces et de leurs œufs, contribuant à limiter leur développement.

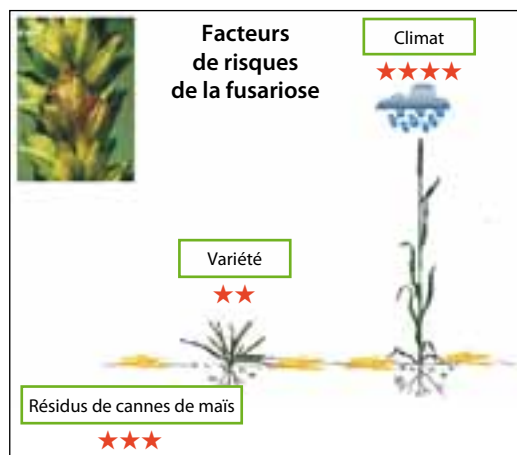


Le semis direct favorise le développement d'un plus grand nombre de carabes et d'une plus grande diversité

# Maladies : prévenir plutôt que guérir

## Les fusarioses sur épis génératrices de mycotoxines

Ce sont les fusarioses sur épis des céréales et celles du maïs qui produisent des mycotoxines préjudiciables à la qualité des grains. Celles-ci peuvent être influencées par le travail du sol (labour ou non labour) du fait de leur conséquence sur la présence ou non de résidus en surface.



Comme le montre le graphique ci-contre, les facteurs de risques des fusarioses sur épis du blé sont par ordre d'importance :

- 1 - le climat doux et humide pendant la période de la floraison,
- 2 - la présence de résidus en surface, liée au précédent surtout des cannes de maïs,
- 3 - la sensibilité de la variété à la fusariose.

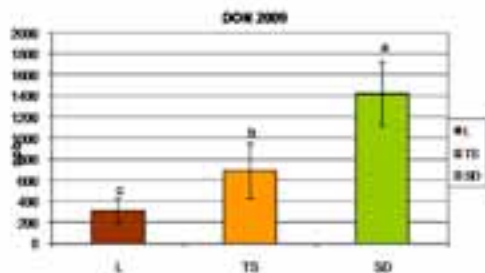
## Gérer les résidus pour limiter la propagation du champignon

Pour réduire les risques de contamination à partir de la surface du sol, il convient :

- de broyer finement les résidus pour activer leur dégradation (passage spécifique nécessaire)
- d'incorporer les résidus pour limiter les risques de propagation du champignon.

### Teneurs en mycotoxines (Blé après maïs grain en 2009)

Station expérimentale de Kerguéhennec, Chambres d'agriculture de Bretagne



**Choisir des variétés peu sensibles aux fusarioses** particulièrement après maïs grain

**Nettoyer les céréales à la récolte** par une ventilation suffisante au niveau de la moissonneuse-batteuse (petits grains et déchets porteurs de champignons).

# La fertilisation : doses égales

### Fertilisation azotée : apports plus précoces au printemps

Au cours de l'année, la quantité globale de matière organique minéralisée n'est pas différente entre un itinéraire avec labour, en travail superficiel ou en semis direct. Elle est davantage liée à l'historique organique de la parcelle. En revanche, sa dynamique peut être différente.

En sortie hiver, **la minéralisation est souvent retardée** car le sol se réchauffe plus lentement, ceci est dû aux résidus de culture mais aussi à la vitesse de ressuyage du sol qui est plus lente en TCSL. En avançant vers l'été, la quantité d'azote minéralisée rattrape celle des itinéraires avec labour. En effet, se situant plutôt en surface, la matière organique se minéralise sous l'influence des conditions climatiques : humidité, température et aération.

Afin de ne pas être en décalage vis-à-vis des besoins des cultures, nous conseillons de réaliser les **apports azotés plus tôt** sur céréales.

Pour les cultures de printemps, il est important d'épandre précocement les fumiers de bovin et de détruire les couverts végétaux au plus tôt (dès février). L'utilisation d'un starter localisé (80 kg d'un 18/46/0 par exemple) est recommandée en secteur plus froid. De nombreuses faims d'azote en début de culture sont liées à une faible disponibilité d'azote dans le sol due à une destruction trop tardive du couvert, celui-ci ayant continué à prélever.

Il est également important de bien **incorporer les lisiers même superficiellement** en utilisant des enfouisseurs ou en passant un outil dans l'heure suivant l'épandage. Dans le pire des cas : épandage à la buse, chaleur, sol sec et conditions venteuses, c'est jusqu'à 50 % de l'ammoniac, c'est-à-dire de la valeur fertilisante du lisier qui se volatilise dans l'air.



*Les déjections animales sont bien valorisées en TCSL. L'amélioration de la portance facilite les épandages.*

### Fertilisation phospho-potassique : pas d'écart

Du fait de l'absence de retournement du sol, le non labour entraîne une concentration en surface des éléments P et K.

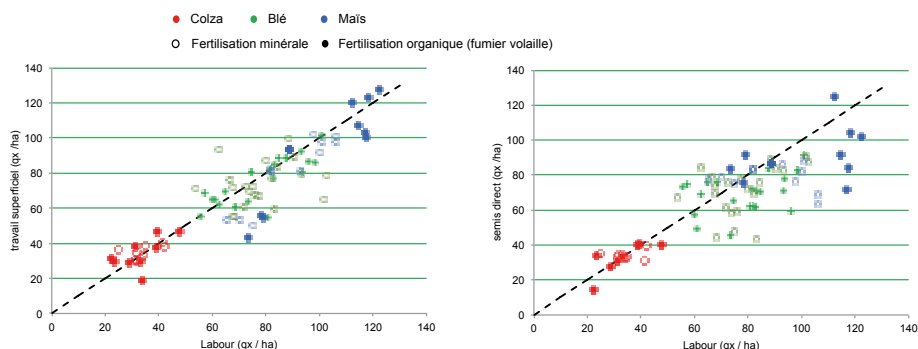
Le phosphore migre peu dans le sol et a tendance à s'accumuler en surface. Le potassium migre plus facilement dans le sol. Son incorporation au sol par un travail superficiel est suffisante.

Aucun problème d'alimentation des cultures en ces 2 éléments n'est constatée.

## Des rendements potentiellement identiques

Dans la plupart des cas, si les TCSL sont mises en œuvre correctement, le rendement des cultures n'est pas modifié. Néanmoins, d'après les enquêtes Pratiques culturales de 2006 et de 2011, les parcelles sans aucun labour sur les cinq dernières campagnes ont un rendement un peu inférieur à celles qui sont retournées chaque année. Les écarts de rendements sont toutefois variables entre cultures et entre années.

### Rendement de l'essai travail du sol de Kerguéhennec (56) entre 2000 et 2013



## Rester vigilant aux conditions d'implantation

La qualité du lit de semences est primordiale pour assurer une bonne levée et une vigueur suffisante de la culture. Les conditions d'implantation en TCSL sont souvent plus délicates à gérer et ceci d'autant plus que l'on simplifie le semis (débris végétaux, limaces, taupins). Les pertes à la levée sont fréquentes en non-labour et peuvent avoir des conséquences sur le rendement différentes en fonction des cultures. Le développement des rongeurs en non labour peut également avoir un impact négatif sur le rendement.

### Souplesse pour les céréales

Les céréales disposent d'une capacité de compensation importante en cas de difficultés de levée. Les baisses de peuplement affectent peu le rendement dès lors que l'implantation est effectuée après un ressuyage suffisant du sol. Particulièrement en semis direct, la densité de semis doit être augmentée de 10 %.

### Plus délicat pour le maïs

Le maïs, au contraire des céréales, a une faible capacité de compensation. Les pertes de plants au moment de la levée se traduiront systématiquement par une diminution du rendement. La phase de la levée de la culture est la période la plus délicate à gérer pour le maïs.

### Variable pour le colza

La capacité de compensation du colza est forte à condition que la répartition des plants soit homogène. Les déchaumages superficiels peuvent assécher le sol et concentrer les débris dans le lit de semences. Dans ces conditions, les risques de pertes à la levée sont importants. Les sols limoneux pris en masse peuvent avoir une incidence sur la forme du pivot mais sans répercutions évidente sur le rendement.

## Repenser son système de culture

Les contraintes de chaque exploitation sont très variables (sol, parcellaire, temps de travail), le modèle unique n'existe plus. Les systèmes de cultures doivent satisfaire des compromis entre des objectifs propres au fonctionnement de l'exploitation (production, rentabilité) et d'autres dépendant plus d'attentes sociétales (environnement, réglementation). Dans ce contexte, l'abandon du labour partiellement ou totalement peut être intéressant d'un point de vue économique mais également agronomique.



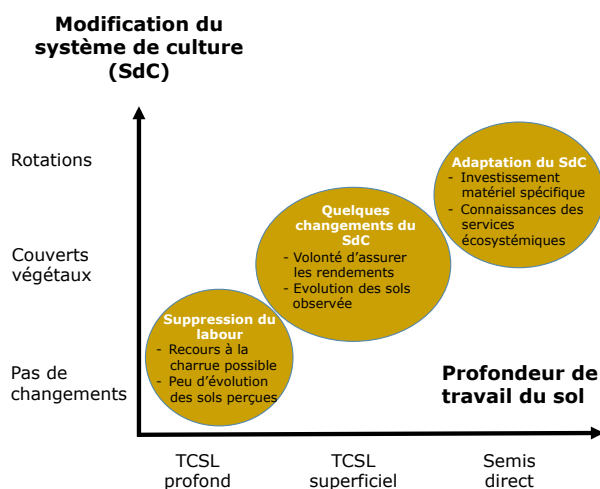
### Oser modifier ses pratiques

Le changement de pratiques nécessite souvent une phase d'apprentissage. Il est donc prudent d'aborder la transition vers le non labour de manière progressive.

Une réflexion globale s'impose car il ne s'agit pas seulement de l'abandon de la charrue au profit d'un autre outil de travail du sol.

La re-conception de son système en intégrant une réflexion sur les couverts végétaux et les rotations est un gage de réussite.

Plus on diminue le travail du sol et plus on doit modifier son système de culture. Une enquête réalisée en 2013 a révélé que moins le sol était travaillé, plus les agriculteurs font évoluer leur système de culture.



Source : enquête TCSL 2013 (T. Bakker)

### S'évaluer pour progresser

Pour être durable, un système de culture doit être rentable économiquement, acceptable socialement et respecter l'environnement. Afin de conduire au mieux son système de cultures, il faut être en mesure de l'évaluer avec des indicateurs portant sur les 3 piliers de la durabilité (économie, social et environnement).

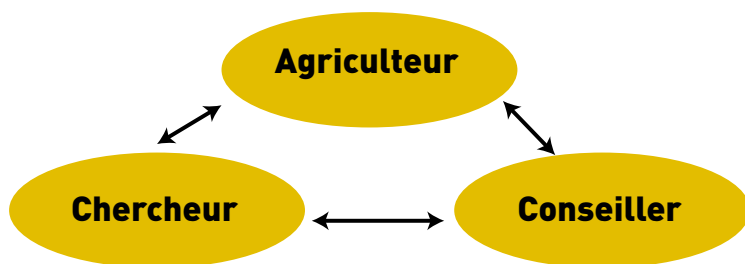
### Se faire accompagner dans son apprentissage

La mise en œuvre des TCSL ne s'improvise pas. L'échange d'expérience entre agriculteurs ou avec son technicien est indispensable pour mieux appréhender les techniques à déployer sur son exploitation. Pour cela, il est souhaitable :

- d'intégrer des groupes d'échanges. (il en existe dans tous les départements),
- de participer aux formations sur le fonctionnement du sol,
- de se faire accompagner individuellement.



*L'échange d'expériences entre agriculteurs est indispensable pour pouvoir se perfectionner sur certains aspects techniques.*



*Pour la co-construction de systèmes sans labour, il est indispensable d'aller vers la mise en commun des connaissances des agriculteurs, des conseillers et des chercheurs.*

### S'appuyer sur les dernières références

Les essais en station et en réseaux d'exploitations se poursuivent. Ils permettront de valider et de compléter les premiers résultats obtenus, notamment dans le domaine environnemental.



*Expérimentations en place à la station de Kerguéhennec (56)*



## TCSL aux Pays-Bas

### **Contexte général : recherche d'une forte production durable**

Aux Pays-Bas la surface cultivée représente environ 50 % des terres, soit 1,8 million ha (CBS 2013). Cinq cultures dominent le paysage agricole : par ordre décroissant, les prairies, les maïs fourrage, les céréales, les pommes de terre et betteraves sucrières, et diverses cultures horticoles intégrées dans des rotations. Les rendements de la plupart des cultures (pomme de terre, légumes, betterave, céréales) et des élevages font partie des plus élevés au monde. La répartition spatiale des types de production est liée aux conditions pédo-climatiques locales et, dans une moindre mesure, à des facteurs historiques ou économiques. La plupart des sols cultivés sont localisés sur les sols limoneux fertiles, incluant les polders gagnés sur la mer. Les élevages sont plus largement répartis sur les zones moins fertiles, tourbeuses, ou les sols sableux ou argileux. La proportion d'agriculture biologique représente 2,7 % de la surface totale en 2013 (CBS, 2014).

### **La réduction du travail du sol aux Pays-Bas : un intérêt croissant**

Ces dernières années, on note un intérêt croissant de la part des agriculteurs et de la recherche pour la réduction du travail du sol. Si la majorité des agriculteurs continue à labourer leurs sols, de plus en plus d'essais apportent des informations sur l'impact de la réduction du travail du sol. La réduction du travail du sol correspond principalement à une absence de retournement du sol utilisant un chisel, suivi d'une préparation du lit de semences (sur les 8 cm). Le système est souvent combiné à des couverts d'inter-cultures et idéalement à un contrôle des zones de passage (par GPS) afin de limiter la compaction. En lien avec la dominance de cultures légumières dans le paysage agricole hollandaise, ainsi que des conditions climatiques froides et humides, le semis direct est peu développé.

### **Motivation des agriculteurs : préserver la structure mais pas que..**

Parmi les motivations des agriculteurs hollandais, on peut souligner le souci croissant vis-à-vis de la dégradation de la structure des sols (compaction, battance) ; cette dégradation, liée à un travail du sol intensif, l'utilisation d'engins agricoles lourds et l'absence de protection des sols par un couvert, a conduit à des problèmes d'érosion. D'autres motivations concernent la conservation de la matière organique, la biodiversité et la santé du sol, ainsi que la possibilité d'économiser du temps et de l'énergie consommée.

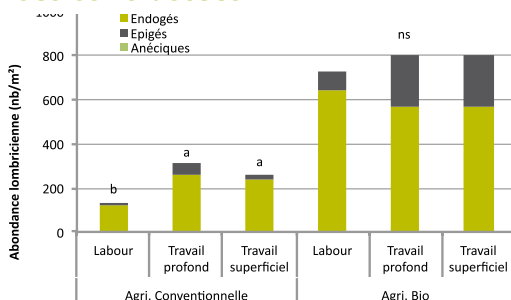
### **Le labour interdit sur les loess de la province de Limburg**

Dans la région Sud de la province de Limburg, où les cultures sont majoritairement développées sur des sols de type loess, à flanc de coteaux et donc très sensibles à l'érosion, le labour traditionnel (profond et avec retournement) est interdit depuis 2013. Cela implique que sur les parcelles cultivées ayant une pente > 2 %, des mesures limitant l'érosion sont mises en place incluant le travail du sol automnal superficiel (moins de 12 cm de profondeur et de préférence sans retournement) et le semis de couverts d'inter-cultures après récolte de la culture principale.



## Les vers de terre : des réponses contrastées

Sur ce sol limoneux calcaire de la région de Flevoland, en agriculture conventionnelle, il y a un effet positif de la réduction du travail du sol tant sur l'abondance des vers de terre que sur les catégories écologiques, les épigés étant favorisés. En agriculture biologique, l'effet n'est plus significatif sauf pour les épigés qui sont très fortement favorisés. Il faut noter cependant des variabilités de réponses en fonction des années et des cultures.

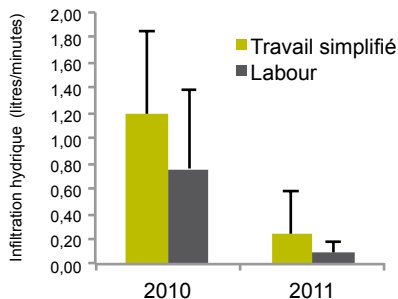


Abondance lombricienne obtenue en 2012 après 4 années d'expérimentation sur le site de Lelystad (province de Flevoland)

## L'infiltration améliorée

Sur ce loess (sensible à l'érosion) de la région Sud de la province de Limburg, l'infiltration (mesurée par la méthode du double anneau) est améliorée en réduction de travail du sol (jusque 50 %), bien que la variation soit très grande. Ceci est corrélé avec les abondances lombriciennes.

Infiltration mesurée sur le réseau de 15 parcelles de la région de Limburg (travail simplifié mis en place depuis 1 à 20 ans)



## Les rendements : incidence variable selon les cultures

Sur ce sol limono-calcaire de Flevoland, en agriculture conventionnelle, il n'y a pas de différence significative de rendements entre les parcelles labourées et les non labourées. En agriculture biologique, les résultats sont plus variables : les rendements sont meilleurs en non-labour pour le Ray grass-trèfle, mais en général moins bons pour les carottes et les choux blancs, alors qu'il n'y a pas d'effet sur les pommes de terre.

	Cultures	Années	Rendements sous Labour (T/ha)	Travail profond (chisel à 20 cm)	Travail superficiel (sans chisel)
Agriculture conventionnelle	Pomme de terre	2011	29	ns	ns
		2012	38	-	-
	Betterave sucrière *	2012 ; 2013	18 ; 19	ns	ns
	Orge de printemps	2009	9,2	ns	ns
	Blé d'hiver	2010	11	ns	ns
Agriculture Biologique	Oignon	2011	87	ns	ns
	Pomme de terre	2009 ; 2012	40 ; 20	ns	ns
		2010 ; 2012	12 ; 11	+	+
	Ray gras- Trèfle	2013	12	ns	ns
	Chou blanc	2011 ; 2013	86 ; 52	ns	-
	Blé de printemps	2009	5,1	+	+
		2012	5,6	ns	ns
	carottes	2009	72	ns	-
		2010 ; 2013	82 ; 66	-	-
	Blé/Féveroles d'intercultures	2010	4,5	-	-
2011		4,5	+	+	

\* rendements pour betteraves exprimés kg sucre ha-1

ns: pas de différence significative avec les rendements obtenus sous labour

Les rendements obtenus sont supérieurs à ceux obtenus en labour

Les rendements obtenus sont inférieurs à ceux obtenus en labour

## Sigles et lexique

- **ACV** : Analyse du Cycle de Vie
- **FAO** : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture
- **GES** : Gaz à Effet de Serre. Les principaux gaz émis par l'activité humaine sont : le gaz carbonique (CO<sub>2</sub>), le méthane (CH<sub>4</sub>) et le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O).
- **MES** : matières en suspension dans l'eau du sol générées par l'érosion.
- **MO** : Matière Organique du sol exprimée en %. Sa teneur est calculée à partir de l'analyse du carbone organique total auquel il est appliqué un coefficient multiplicateur.
- **Mycotoxines** : molécules produites par des champignons microscopiques. Elles peuvent se révéler toxiques pour un certain nombre d'animaux et pour l'homme qui en consommerait directement via des aliments d'origine végétale principalement.
- **Percolation** : circulation verticale de l'eau par gravité.
- **Porosité du sol** : elle correspond au volume des vides du sol exprimé en % du volume total. Elle comprend 2 types de porosité : la macroporosité dans laquelle circule l'eau par gravité et la microporosité qui permet de retenir l'eau pour l'alimentation de la plante
- **Structure du sol** : elle désigne le mode d'assemblage des constituants du sol.
- **TCSL** : Techniques Culturelles Sans Labour  
D'autres appellations existent : TCS, «Techniques Culturelles Simplifiées», «Techniques de Conservation des Sols». Toutes ces techniques ont pour dénominateur commun l'abandon du labour.
- **Vie du sol** : elle comprend la faune et la flore du sol :
  - la faune se compose de la macrofaune (vers de terre), la mésofaune (collembolles et acariens) et la microfaune (protozoaires et nématodes),
  - la microflore se compose des algues, des champignons, des actinomycètes et des bactéries.

## Pour en savoir plus

- ADEME (2007). Impacts environnementaux des techniques culturales sans labour en France – Colloque, Paris
- AGRESTE (2011). Enquête «pratiques culturales»
- Chambres d'agriculture de Bretagne (2008). Enquête sur les pratiques en TCSL
- Chambres d'agriculture de Bretagne, 2014 - Les références pour comprendre et réduire les pollutions liées aux transferts de surface. Actes de la journée de synthèse scientifique, 87 p.
- Heddadj D., Gascuel-Oudou C., Cotinet P., Hamon Y. (2005). Mode de travail du sol, ruissellement et propriétés hydrodynamiques sur un dispositif expérimental de l'Ouest de la France. Etudes et Gestion des Sols, 12, 1, pp. 53-66
- Programme SUSTAIN : <http://ecobiosoil.univ-rennes1.fr/snowman-sustain>
- Programme Bioindicateur : <http://ecobiosoil.univ-rennes1.fr/ADEME-Bioindicateur>
- Réseau SNOWMAN : <http://www.snowmannetwork.com/main.asp>
- UMR SAS INRA-Agrocampus, UMR Ecobio et UMR IRISA – Université de Rennes 1, LBEM- Université de Bretagne Occidentale, UMR Micobiologie-INRA Dijon et UMR EGC –INRA Grignon (2006). Evaluer et modéliser la gestion des matières organiques associée à une réduction du travail du sol en vue d'une agriculture durable. Site expérimental de Kerguéhenec.

# Document édité et réalisé par les Chambres d'agriculture de Bretagne

## Chambre d'agriculture des Côtes d'Armor

4, avenue du chalutier «sans Pitié»  
BP 10540 - 22195 Plérin Cedex  
Tel. 02 96 79 21 66 – Fax 02 96 79 21 60

## Chambre d'agriculture d'Ille-et-Vilaine

Rond Point Maurice Le Lannou  
CS 14226 – 35042 Rennes Cedex  
Tel. 02 23 48 27 10 – Fax 02 23 48 27 11

## Chambre d'agriculture du Finistère

5 allée Sully  
29322 Quimper Cedex  
Tel. 02 98 52 49 49 – Fax 02 98 52 49 68

## Chambre d'agriculture du Morbihan

Avenue du général Borgnis Desbordes  
BP 398 - 56009 Vannes Cedex  
Tel. 02 97 46 22 29 – Fax 02 97 46 22 87

## Chambre Régionale d'agriculture de Bretagne

Rond Point Maurice Le Lannou  
CS 74223 – 35042 Rennes Cedex  
Tel. 02 23 48 27 80 – Fax 02 23 48 27 48

### Coordination :

Djilali HEDDADJ, Louis LE ROUX

### Equipe Projet :

Djilali Heddadj, David Bouvier, Patrice Cotinet, Jérémy Guil, Denis Lebossé, Louis Le Roux,  
Jean Philippe Turlin (Chambres d'agriculture de Bretagne)

Guénola Pérès (Agrocampus Ouest et Université Rennes 1, coordinatrice du projet Sustain),  
Michael Corson et Vincent Hallaire (Inra Rennes), Safya Ménasseri (Agrocampus Ouest),  
Kévin Hoeffner (Université Rennes 1),  
Mirjam Pulleman et Jack Faber (Université Wageningen-Altera).



Avec la participation financière de :  
Conseil Régional de Bretagne, Ministère de l'écologie et du développement durable,  
Europe dans le cadre du réseau Snowman

