**Cours du module**

**Agriculture de Conservation**

Destiné aux étudiants de première année Master

Spécialité ; Production Végétale

**Programme**

**Historique et définition de l'Agriculture de Conservation(AC)**

1.1 Définition selon l'Organisation de l'Agriculture et de l'Alimentation (FAO)

1.2 L'agriculture de conservation, une agriculture durable, une agriculture intégrée

**2 Les apports de l’agriculture de conservation**

*2.1 Sur le plan de l'Environnement*

2.1.1 Une limitation de l'érosion des sols

2.1.2 Une amélioration de la protection et qualité de l'eau

2.1.3 Un accroissement de la biodiversité et de l'activité biologique

2.1.4 Une contribution à la réduction de l'effet de serre

*2.2 Sur le plan agronomique*

2.2.1 Un enrichissement et une concentration des matières organiques des sols en surface

2.2.2 Une amélioration de la structure du sol et de sa stabilité structurale

2.2.3 Peu d'influence sur la fertilisation

2.2.4 Un milieu favorable aux limaces, maladies et adventices ?

2.2.5 Des rendements sensibles aux accidents structuraux

*2.3 Sur le plan économique*

2.3.1 Un gain de temps et de carburant

2.3.2 Un impact nuancé sur les charges

2.3.3 Une Marge directe d'exploitation variable selon les situations

**3**-Rotation des cultures et la gestion des résidus enagriculture de conservation
**4-** Gestion des mauvaises herbes dans les systèmes de conservation Agriculture
**5-**Gestion des éléments nutritifs dans l’agriculture conservation

**6-**Protection des cultures en agriculture de conservation

**7-**Machines agricoles pour l'agriculture de conservation

**8-** Avantages et inconvénients de l'agriculture de conservation

**Historique et définition de l'Agriculture de Conservation(AC)**

1.2 L'agriculture de conservation, une agriculture durable, une agriculture intégrée

**2 Les apports de l’agriculture de conservation**

*2.1 Sur le plan de l'Environnement*

2.1.1 Une limitation de l'érosion des sols

2.1.2 Une amélioration de la protection et qualité de l'eau

2.1.3 Un accroissement de la biodiversité et de l'activité biologique

2.1.4 Une contribution à la réduction de l'effet de serre

*2.2 Sur le plan agronomique*

2.2.1 Un enrichissement et une concentration des matières organiques des sols en surface

2.2.2 Une amélioration de la structure du sol et de sa stabilité structurale

2.2.3 Peu d'influence sur la fertilisation

2.2.4 Un milieu favorable aux limaces, maladies et adventices ?

2.2.5 Des rendements sensibles aux accidents structuraux

*2.3 Sur le plan économique*

2.3.1 Un gain de temps et de carburant

2.3.2 Un impact nuancé sur les charges

2.3.3 Une Marge directe d'exploitation variable selon les situations

**3**-Rotation des cultures et la gestion des résidus en agriculture de conservation
**4-** Gestion des mauvaises herbes dans les systèmes de conservation Agriculture
**5-**Gestion des éléments nutritifs dans l’agriculture conservation

**6-**Protection des cultures en agriculture de conservation

**7-**Machines agricoles pour l'agriculture de conservation

**8-** Avantages et inconvénients de l'agriculture de conservation

**Résumé du cours et définition selon la FAO**

**L'agriculture de conservation**  est un système cultural qui favorise le maintien d'une couverture permanente du sol, une perturbation mécanique des sols minimale (pas de travail du sol) et la diversification des espèces végétales. Elle accroît la biodiversité et stimule les processus biologiques naturels qui ont lieu au-dessus et en dessous de la surface du sol, ce qui contribue à une utilisation plus efficace de l’eau et des nutriments et permet d’améliorer durablement la production végétale.

Les trois principes de l’agriculture de conservation sont les suivants:

**1** [**Une perturbation mécanique des sols minimale**](http://www.fao.org/conservation-agriculture/in-practice/minimum-mechanical-soil-disturbance/fr/) (pas de travail du sol) puisque l’ensemencement et/ou l’épandage d’engrais sont effectués directement.

# Perturbation minimale de la structure du sol

### Le semis direct

Le semis direct est un système dans lequel il n’y a pas de préparation mécanique du sol et dans lequel le travail du sol se fait à minima entre la récolte de la culture précédente et le semis.  Dans le cadre de l'agriculture de conservation, le terme de semis direct est compris comme synonyme d'agriculture sans labour. Planter consiste à disposer la semence, lorsqu’elle se présente sous forme de grosses graines (maïs et haricot, par exemple) de façon précise (poquet) tandis que semer consiste à envoyer un flux continu de semences, comme dans le cas des céréales à petites graines (blé et orge par exemple).  Le matériel utilisé pour le semis pénètre le couvert.  L’importance des entailles et l'impact créé au niveau du sol doivent être les plus faibles possibles. Dans l’idéal, la fente de semis est encore recouverte par le mulch (paillis) de telle manière qu’on ne puisse percevoir en surface que la terre a été remuée.

Dans les systèmes sans labour, la préparation des terres pour le semis comprend le fauchage du couvert végétal (adventices, résidus de la culture précédente ou culture de couverture), le passage du rouleau ou l'utilisation d’herbicides contre les adventices. Le semis est fait directement dans le mulch.  Les résidus de récolte sont conservés en totalité ou du moins en quantité suffisante pour assurer une bonne couverture du sol. Les engrais et autres amendements sont épandus en surface, enfouis ou appliqués au moment du semis.

2 [**Une couverture organique des sols permanente**](http://www.fao.org/conservation-agriculture/in-practice/soil-organic-cover/fr/) (d’au moins 30 pour cent) faite de résidus végétaux et/ou de cultures de couverture.

# Couverture organique du sol

La couverture permanente du sol fait partie des principes fondamentaux de l'agriculture de conservation.  Elle peut être assurée en laissant les résidus de culture sur le sol, mais s’il s’écoule un délai trop long entre la récolte précédente et le semis, il est peut être nécessaire de recourir à des plantes de couverture pendant cet intervalle.  Les plantes de couverture contribuent à la stabilité des systèmes d'agriculture de conservation, pas seulement en améliorant les propriétés du sol mais aussi en augmentant la biodiversité de l'agroécosystème.
Contrairement aux cultures de rente, qui ont une valeur commerciale, les plantes de couverture sont surtout cultivées pour leurs effets positifs sur la fertilité du sol ou en raison de leur valeur fourragère.  Dans les zones où la production de biomasse est faible (régions semi-arides et sols érodés ou dégradés, par exemple) les plantes de couverture présentent plusieurs intérêts:

* protection du sol pendant la période de jachère;
* mobilisation et recyclage des éléments nutritifs;
* amélioration de la structure du sol et décompaction des couches encroûtées;
* possibilité d’introduire une rotation dans un système basé sur la monoculture;
* possibilité de les utiliser pour lutter contre les mauvaises herbes et contre les ravageurs.

Les plantes de couverture sont cultivées pendant la période de jachère, entre la récolte et le semis de la culture de rente, et subsistent sur l'humidité résiduelle du sol.  Leur croissance est interrompue soit avant, soit après le semis de la culture suivante, mais en tout état de cause avant qu’elles n’entrent en concurrence avec la culture. Les plantes de couverture permettent d'accroître la production, mais elles présentent également quelques exigences.

Les plantes de couverture sont utiles pour:

* protéger le sol quand il est à nu;
* apporter une nouvelle source de matière organique pour améliorer la structure du sol;
* recycler et mobiliser les éléments nutritifs (P et K en particulier) pour les cultures suivantes;
* permettre le «labour biologique»; les racines de certaines plantes, les crucifères notamment, comme le radis oléagineux, sont pivotantes et peuvent pénétrer les couches compactées et denses, augmentant ainsi la capacité de percolation de l’eau dans le sol;
* utiliser des éléments nutritifs lessivés (l'azote notamment).

Des espèces dotées de divers systèmes racinaires ont la faculté d’explorer les différentes couches du sol.  Certaines ont la capacité d'absorber différentes quantités de nutriments et de produire des exsudats racinaires distincts (acides organiques) qui sont utiles pour le sol et les organismes.

Dans l’agriculture de conservation, la présence d'une couche de mulch (paillis de résidus de végétaux) empêche l’évaporation de l’humidité du sol tout en favorisant l'infiltration de l'eau.  La proportion d’eau de pluie qui s'infiltre dépend de la densité du mulch.

La quantité de biomasse produite, et par conséquent la capacité à augmenter l'infiltration de l'eau, varie selon les plantes de couverture.

La couverture végétale est importante pour protéger le sol contre l'impact des gouttelettes de pluie et des rayons solaires et pour garder la plus grande humidité possible.  On a vu plus haut son importance dans le recyclage des nutriments, mais elle a aussi un effet physique et peut être allélopathique sur les mauvaises herbes, dont elle freine le développement, permettant ainsi de limiter le recours aux produits agrochimiques et de réduire les coûts de production.

Les résidus de tiges permettent de réduire la compaction du sol car ils jouent un rôle de coussin qui amortit et réduit la pression exercée par les pneus des tracteurs et les sabots des animaux.

[**La diversification des espèces cultivées**](http://www.fao.org/conservation-agriculture/in-practice/species-diversification/fr/)**,** obtenue en cultivant successivement plusieurs espèces (au moins trois) ou en les associant.

# Diversification des espèces

### Rotation des cultures

La rotation des cultures n'est pas seulement nécessaire pour couvrir les besoins des microorganismes du sol en éléments nutritifs. En effet, les plantes cultivées s'enracinent à différentes profondeurs et peuvent ainsi explorer différentes strates pour trouver les nutriments dont elles ont besoin. Les nutriments qui ont été entraînés vers des couches plus profondes et qui ne sont plus disponibles pour la culture de rente peuvent être «recyclés» par les cultures en rotation. La rotation culturale fonctionne ainsi comme une pompe biologique. Par ailleurs, la rotation de diverses espèces végétales permet de diversifier la flore et la faune du sol, car les racines sécrètent des substances organiques qui attirent tout un ensemble de bactéries et de champignons. Ces microorganismes vont à leur tour jouer un rôle important dans la transformation de ces substances en éléments nutritifs qui seront absorbés par la plante.  Les rotations culturales sont importantes pour la lutte phytosanitaire dans la mesure où elles permettent de casser la chaîne de transmission des ravageurs et pathologies spécifiques à certaines espèces végétales, qui passent d’une récolte à l’autre par l’intermédiaire des résidus de culture.

Les effets des rotations culturales sont les suivants:

* une diversification plus grande de la production agricole, et donc de l'alimentation de l'homme et du bétail;
* une réduction des risques d'invasion de ravageurs et de mauvaises herbes;
* une meilleure distribution des canaux ou biopores créés par les racines (diverses formes, tailles et profondeurs);
* une meilleure distribution de l'eau et des nutriments dans le sol;
* une meilleure valorisation des ressources en eau et en éléments nutritifs du sol du fait de la diversité des appareils racinaires des différentes plantes;
* une augmentation de la fixation de l'azote (N) au travers des relations symbiotiques entre la plante et certains biotes du sol, et une amélioration de l'équilibre N/P/K aussi bien d'origine organique que minérale;
* une augmentation de la formation d'humus.

Moyens et techniques:

* Concevoir et mettre en œuvre un plan de rotation qui permette d’atteindre les différents objectifs: production d'aliments et de fourrage (graines, feuilles, tiges); production de biomasse; lutte contre les ravageurs et les adventices; prélèvement des éléments nutritifs et activité biologique dans le sol, etc.
* En fonction du climat et du type de sol, utiliser des semences adaptées/améliorées pour obtenir des rendements élevés ainsi qu’une bonne production de biomasse aussi bien au niveau de la partie aérienne que de la partie souterraine.

**1 Historique**

Depuis une trentaine d'années, les agriculteurs sud-américains sont confrontés à la perte de fertilité de leurs sols et une augmentation de l'érosion. Ces deux phénomènes sont la conséquence notamment de la disparition très rapide des matières organiques engendrée par les techniques de retournement profond des sols et du climat de ce continent. Ayant pris conscience de cela, ces agriculteurs ont développé les techniques dites "de conservation des sols" basées sur le non retournement de ceux-ci. L'agriculture de conservation est aujourd'hui largement développée sur le continent nord américain. Après quelques balbutiements en France dans les années 1970 et 1980, le non-labour s'est largement développé depuis la réforme de la Politique Agricole Commune de 1992. Communément appelé, jusqu'à aujourd'hui, Techniques Culturales Simplifiées (TCS), le non labour regroupe différentes techniques de travail du sol et différents types d'outils allant des outils de travail du sol superficiel au semoir spécifique de semis direct. De nombreuses études ont été réalisées en Amérique latine et en Amérique du Nord sur les impacts positifs de l'agriculture de conservation sur l'environnement. Nous ne disposons que de très peu de recul par rapport à ces techniques au niveau national. Les agriculteurs français pratiquant les TCS sont demandeurs de références économiques et environnementales compatibles et adaptables à leurs conditions pédoclimatiques locales. Dans ce contexte, l'Association pour la Promotion de l'Agriculture Durable a lancé, en collaboration avec le laboratoire de l'UMR d'économie publique de l'INRA de VersaillesGrignon et l'ITCF, une étude d'une durée de trois ans portant sur la création d'un référentiel technico-économique et environnemental sur les TCS. Cette étude est financée par le projet européen "LIFE –Environment Preparatory Actions" dont le but est d’encourager la prise en compte de l’environnement dans les autres politiques et de supporter des actions en faveur d’un développement durable. L'objectif de notre travail est de créer le référentiel et de valider la méthodologie utilisée en réalisant l'analyse des premiers résultats obtenus dans les régions agricoles étudiées, le Barrois en Meuse et la Gâtine du Nord en Indre et Loire.1.1 Définition selon l'Organisation de l'Agriculture et de l'Alimentation (FAO)

**2 L'AC DANS LE MONDE, EN EUROPE ET EN FRANCE**

**2.1 L'agriculture de conservation dans le monde**

2.1.1 Peu de données fiables Le tableau n°5 est une synthèse réalisée, en 2000, par la FAO et améliorée par R. DERPSCH (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit) sur les surfaces concernées par l’AC dans le monde et plus particulièrement sur le continent américain et en Australie. Les données européennes ne sont pas intégrées dans ce tableau car l'estimation des surfaces en AC est difficile à réaliser en Europe par rapport au problème lié aux définitions des termes utilisés. Peu de pays (excepté les USA qui ont créé en 1933 le (Soil Conservation Service) disposent de statistiques fiables sur les techniques de conservation (des sols) et l'AC. Les données disponibles sont généralement fondées sur des estimations (DERPSCH, 2001). Le non-labour, aujourd’hui, est pratiqué sur plus de 62 millions d'ha à travers le monde, ce qui représente à peine 4% des surfaces arables2 mondiales. D'après DERPSCH, 84 % des surfaces cultivées en AC se trouvent sur le continent américain (Nord et Sud), 14 % en Australie et le reste 2% en Europe, en Asie et en Afrique.

Un développement foudroyant aux Etats Unis et en Amérique Latine Après la crise économique de 1929 et suite à des problèmes d’érosion (Dust Bowl), les recherches américaines se sont orientées sur les produits phytosanitaires et le développement des différentes techniques de travail du sol dont le non-labour (DERPSCH, 2001). L'explosion de l'AC aux Etats–Unis et en Australie correspond au développement, à l'accessibilité et à la maîtrise des équipements agricoles et des pesticides (HARRINGTON, 2001). Depuis 1990, il a été constaté une forte augmentation dans le monde des surfaces concernées par l'AC. Dans les pays du MERCOSUR (Brésil, Argentine, Paraguay et Uruguay), le non-labour est adopté depuis les années 1970. Dans ces pays, l'objectif de l'AC est de limiter l'érosion des sols et la perte de fertilité qu'elle entraîne. De plus, ces techniques permettent aux agriculteurs sud-américains d'améliorer la rentabilité et de maintenir des systèmes agraires durables dans le temps. La révolution du "non-labour" dans ces pays a surtout eu lieu entre 1987 et 1997 (DERPSCH, 2001). Au Brésil, la difficile mise en valeur des terres sèches du Cerado (plus de 100 millions d’hectares disponibles) a connu une accélération depuis 1995. Aujourd’hui de 8 à de 10 millions d’hectares sont cultivés en agriculture de conservation dans cette région du Brésil qui pourrait devenir selon ROLLIN (2002) une des plus grandes régions agricoles du monde. Actuellement les Etats-Unis et l'Amérique Latine sont des régions phares quant à l'acquisition de références sur l'AC.

**3 La définition de l'Agriculture de Conservation (AC)**

**Définition selon l'Organisation de l'Agriculture et de l'Alimentation (FAO)**

Depuis l'apparition des techniques de non-labour, la taxonomie francophone et anglophone est importante pour décrire les différentes techniques de travail du sol en non-labour. Il existe la diversité des termes employés à propos des techniques de conservation des sols. Il existe peu de relations entre les termes anglophones et francophones. Pour simplifier et homogénéiser les échanges sur ces techniques de travail du sol, la FAO a proposé une définition regroupant tous les termes utilisés (BENITES & ASHBURNER, 2001). Le terme « **Agriculture de Conservation** » (**des sols)** est le terme générique à employer. Sa définition a été retenue lors du "**First World Congress on Conservation Agriculture** : a worldwide challenge" qui se déroulait à Madrid du 1-5 octobre 2001, auquel nous avons participé et où nous avons présenté un poster. Cette définition est la suivante : - Absence de retournement profond du sol et implantation des cultures en semis direct - Maintien d'un couvert végétal permanent (mort ou vivant) - Adoption judicieuse de cultures dans une rotation suffisamment longue Le semis direct est un facteur essentiel de l'agriculture de conservation. Cependant, la présence d'un couvert végétal permanent et les cultures présentes dans la rotation doivent être absolument compatibles de cette technique d’implantation (BENITES & ASHBURNER, 2001). **En d'autre terme, l'agriculture de conservation a pour objectif de conserver, d'améliorer et de mieux utiliser les ressources naturelles liées à la gestion des sols, de l'eau, et de l'activité biologique** (DERPSCH, 2001). L’AC n’est pas un but en elle-même mais plutôt un concept : **la gestion de la fertilité des sols est l’objectif final** (ECAF FAO, 2001). 1.1.2 **L'agriculture de conservation, une agriculture durable**, **une agriculture intégrée Lors de la conférence de Rio de 1992**, les nations du monde entier ont pris conscience de la nécessité d'économiser les ressources naturelles non renouvelables et de protéger la qualité de notre environnement. Le développement durable a alors été défini comme un développement répondant aux besoins présents d'une humanité solidaire, mais qui laisse aux générations futures la possibilité de survivre et de prospérer. L'agriculture durable (« sustainable agriculture » en anglais) est un des aspects du développement durable. Selon GIRARDIN (1993), le concept couvert par « sustainable agriculture » dans les pays anglophones se traduirait plutôt par « agriculture intégrée » en Europe.

La première définition de l’agriculture intégrée a été proposée en 1977 par des zoologistes et des agronomes à partir de leur expérience de lutte intégrée en vergers. Selon eux, **l’agriculture intégrée est « un mode de production comportant la mise en œuvre des techniques** l**es plus conformes à des exigences d’ordre économique et écologique dans la perspective d’optimiser la qualité des produits qui en sont issus »** (anonyme, cité par GIRARDIN, 1993).

Cette définition souligne 4 idées fortes correspondant à des modes de production :

- Economiquement viables

- Respectueux de l’environnement et préservant les ressources naturelles

- Assurant la qualité des produits et limitant les risques pour la santé humaine

- Permettant une bonne intégration sociale des personnes intervenant dans le processus de production et de transformation. Selon GIRARDIN (1993), à partir du moment où les décisions relatives à l’exploitation sont prises non plus seulement selon des critères économiques, mais en tenant également compte d’objectifs concernant l’environnement ou la qualité des produits (gestion raisonnée des intrants, mise en place de techniques de lutte intégrée ou de pratiques anti-érosives), l'exploitant pratique l’agriculture intégrée. L’agriculture de conservation, au travers de la gestion de la fertilité des sols et de la lutte contre l’érosion est donc l’un des moyens à mettre en œuvre pour pratiquer une agriculture intégrée. Nous allons présenter les atouts de l’agriculture de conservation du point de vue environnemental, agronomique et économique.

**4 Les apports de l’agriculture de conservation (AC) selon la bibliographie**

 l’AC se définit comme un **non retournement du sol.** Le semis des cultures se fait dans un couvert vivant ou mort. Ces caractéristiques ont des impacts au niveau du sol, de l’agronomie, de l’environnement et de l’économie. Cette partie est essentiellement rédigée à partir d’une bibliographie française et européenne. Les thèmes abordés correspondent aux conditions pédoclimatiques des exploitations agricoles et aux interrogations des scientifiques et des agriculteurs européens. Les termes relatifs aux techniques de travail du sol employés dans les différentes références mentionnées sont ceux utilisés par les auteurs. Par manque d’informations, les termes n’ont pas été redéfinis selon la terminologie qui se trouve dans le lexique. Rappelons aussi que les bibliographies françaises concernent généralement des études portant sur les TCS (*technique de conservation des sols*) , le terme utilisé en France pour désigner les pratiques de non retournement du sol. Nous avons distingué trois aspects concernant l’agriculture de conservation : tout d’abord nous présenterons les quatre grands avantages environnementaux de l’AC, puis nous présenterons ses conséquences pour l’exploitant agricole en terme agronomique et économique.

**4.1 Sur le plan de l'Environnement**

Resitue l’agriculture et plus particulièrement la gestion du sol par rapport à l’environnement. Nous allons détailler ici les conséquences de l'AC sur l'érosion des sols, la protection de la qualité des eaux, la biodiversité et l'effet de serre.

**4.1.1 Une limitation de l'érosion des sols**

Nous avons eu accès à peu d'études sur l’érosion des sols en France. La plupart des références disponibles datent des années 1990 ou sont d’origine nord ou sud américaine. L'érosion **est la dégradation de la surface du sol sous l’action de l’eau et de l’air** (Larousse Agricole, 1976). Il existe plusieurs formes d’érosion : hydrique, éolienne et mécanique, les 1ère partie- L'agriculture de Conservation et son développement mondial 17 érosions hydriques et mécaniques étant les plus répandues en France. Les facteurs d’influence des phénomènes d’érosion sont la morphologie du terrain, les propriétés du sol tet le climat. Les techniques de travail du sol peuvent limiter ses influences. En France, les pertes de terre peuvent représenter jusqu’à **20t/ha/an** dans les zones les plus sensibles (LAVIER, 1997) (Colloque APAD, mars 2002). Une influence sur l'érosion hydrique L’érosion hydrique est un phénomène qui se déroule en 4 phases. La présence de mulch végétal vivant ou mort diminue **l’effet splash** et réduit donc la battance dans les sols sensibles. Le taux de recouvrement1 du sol par les résidus est très élevé en semis direct, ce qui correspond à un effet protecteur important du couvert végétal et donc à une limitation de l’érosion. Cependant, la diminution de la rugosité (indice de rugosité faible) de surface peut entraîner des risques accrus de ruissellement. Une diminution de l'érosion mécanique et éolienne L’érosion mécanique se caractérise par la perte directe de terre engendrée par les techniques culturales. Le fait de ne plus travailler le sol et d’implanter une couverture végétale ou d’avoir un mulch permet une meilleure stabilité du sol. La compaction ou le tassement de certains types de sols sont d’autant plus limités que la présence de couvert végétal ou de mulch est importante. L’érosion éolienne même si elle est peu présente en France (sauf sur les terres de sables noirs dans les Landes) véhicule des particules fines de terre. La présence d’un couvert ou d’un mulch limite le dessèchement de la couche superficielle et protège les fines particules de sols contre le vent.

* + 1. **Une amélioration de la protection et qualité de l'eau**

 L’agriculture de conservation peut contribuer à limiter la pollution des eaux de surface par érosion, lessivage de nitrates ou fuites de produits phytosanitaires dans le milieu. Tout d’abord, l’AC permet de limiter la pollution des eaux de surfaces par les substances fertilisantes et les résidus de produits phytosanitaires du fait de la réduction de l’érosion (cf § érosion) ; De plus, la lixiviation de l'azote est réduite en TCS car la minéralisation de l'azote contenu dans les matières organiques est ralentie tant à l'automne qu'au printemps. Cependant selon GERMON et TAUREAU (1991), bien qu'il y ait augmentation du stock d’azote minéralisable, les quantités d’azote minéralisées sont globalement semblables dans les différentes techniques de travail du sol. La présence d’un couvert végétal vivant pendant la période hivernale permet donc, en complément des TCS, de limiter la lixiviation des nitrates dans le sol pendant les périodes pluvieuses de l’hiver (VIAUX, 1999). Le semis direct et l’implantation d’une CIPAN permettent de diminuer la fuite des nitrates dans le milieu. La « fuite » de matières actives dans le milieu serait réduite en agriculture de conservation car la présence de couvert végétal augmente l’adsorption et la dégradation des matières actives.

Le taux de recouvrement du sol (%) par les résidus caractérisent l’effet de protection du mulch (BARRIUSO et al., 1991) ; certains auteurs démontrent que la simplification du travail du sol, en particulier le semis direct favorise une diminution de la disponibilité des pesticides et donc de leur pollution mais d'autres concluent à des niveaux de contamination identiques entre travail simplifié et labour. Dans tous les cas, la fuite éventuelle et les conséquences des produits phytosanitaires sur l'environnement sont directement liées au profil toxicologique de chaque matière active (la demi-vie par exemple).

**4.1.3 Un accroissement de la biodiversité et de l'activité biologique**

Les TCS favorisent l'augmentation de l'activité biologique du sol au travers de deux phénomènes :

- **La concentration des matières organiques en surface favorise sa décomposition et sa minéralisation par voie biologique**

- **L'absence de retournement et la réduction du travail du sol réduisent le stress mécanique du milieu et minimisent la destruction des micro-habitats.**

 Le développement des vers de terre augmente la biodiversité animale Les vers de terre jouent un rôle très important dans la dégradation et la migration des matières organiques, le drainage au travers des galeries et le maintien d’un état structural favorable (LABREUCHE et BODET, 2001). Les vers de terre font partis du premier maillon dans la dégradation des MO. Les galeries des vers de terres autorisent la percolation de l'eau en profondeur et limite le ruissellement en surface. L'influence du travail du sol sur la population de vers de terre est très importante : il ressort d'une étude menée par l’université de Giessen en Allemagne en sol limons profonds que le volume de galeries de vers de terre augmente considérablement lors d’un passage d’un système labour à système de travail superficiel ou de semis direct (CLUZEAU et al., 2001). D'après GRANVAL et al (1993), en **ne travaillant plus le sol, on constate que la biomasse lombricienne** est presque multipliée par cinq. La présence de cultures intermédiaires dans des systèmes en travail minimum contribue également à l'accroissement des populations lombriciennes. Selon Philippe GRANVAL de l'Office national de la chasse, le vers de terre est une véritable "**producteur de biodiversité**" car un vertébré terrestre sur trois consomme du vers de terre et **7% du petit gibier prélevé en France sont des prédateurs spécialisés des vers de terre** (bécasse, bécassine, vanneau). Selon lui, conserver des territoires riches en lombriciens est une nécessité pour maintenir **la diversité animale**. **Le développement des micro-arthropodes tels que les collemboles**, les myriapodes et les acariens est également favorisé en TCS. L’absence ou la réduction forte du travail du sol permettent donc non seulement le développement de la macrofaune du sol mais également le retour et/ou le maintien **d’oiseaux sauvages**. **Une concentration de la microfaune en surface**

L’activité biologique de la microfaune est conditionnée par la présence des matières organiques « assimilables ». Les micro-organismes sont dans leur majorité des saprophytes : ils se nourrissent de matières organiques mortes.

Concernant la répartition de l’activité biologique au niveau du profil cultural, l’essai mis en place par l’ACTA à Courcelles (Calvados) depuis 1990 montre que dans les parcelles en travail superficiel, **la masse de microfaune est presque deux fois plus importante dans la couche 0-10 cm que dans la couche 20-30 cm**. En revanche pour le traitement labour, les micro-organismes sont répartis de façon beaucoup plus homogène dans le profil étudié. Au niveau de la biomasse totale mesurée entre les différentes techniques de travail du sol, les avis sont divergents : sur un essai mis en place par la Chambre d’agriculture de Côte d’Or. Il n’a pas été observé de différence statistiquement significative au niveau de la biomasse. Par contre SALITOT (2001) constate sur l’essai de Neuville d’Aumont (limon battant humide de l'Oise) qu’il existe une différence significative de la biomasse microbienne entre les sols labourés et les sols travaillés superficiellement. Pour CHAUSSOT et al (2001), les différences de biomasse microbienne sont essentiellement dues à l’hétérogénéité naturelle de la parcelle plus qu’aux techniques de travail du sol. La concentration de l’activité biologique est essentiellement en surface, mais les conclusions sur l’augmentation de la biomasse globale sont controversées.

**4.1.4 Une contribution à la réduction de l'effet de serre**

 Il est aujourd'hui largement admis que l'augmentation de la concentration atmosphérique en gaz à effet de serre contribue au processus de réchauffement climatique. L'agriculture serait responsable de 30% des émissions des gaz à effet de serre dans le monde, dont 25% des émissions de CO2 et 70% des émissions de NO2 (FAO, 2001). L'agriculture participe à l'effet de serre à deux niveaux : **comme émettrice de gaz à effet de serre (GES) et comme puits de carbone**. En effet, de nombreuses activités agricoles agissent sur le stockage ou les émissions de gaz à effet de serre (AGU et al, 2000) : **travail du sol, gestion des intrants, combustion d'énergie fossile liée aux machines, élevages et gestion des déjections animales**... Les avantages de l'agriculture de conservation en matière d'effet de serre se situent à deux niveaux : d'une part la **diminution de la dépense énergétique mise dans le système** et d'autre part le stockage du **carbone dan les sols au travers des matières organiques.** Une diminution de la dépense énergétique et donc des émissions L'agriculture de conservation est fondée sur un moindre travail mécanique du sol, et donc une moindre puissance mise en jeu. En effet, au lieu de retourner 3000 à 4000 tonnes/ha/an en agriculture conventionnelle, seulement zéro à 400 tonnes sont travaillées en agriculture de conservation (GUEDEZ, 2002). La consommation de carburant est donc drastiquement réduite, pour atteindre une économie maximale de 70% selon l'ECAF. **Le stockage du carbone dans les sols L'agriculture de conservation, par la diminution du volume de sol travaillé, engendre une accumulation des matières organiques en surface et une augmentation globale du taux de matières organiques dans le sol.** En effet, l'enfouissement en profondeur des matières organiques par le labour accélère sa minéralisation, donc sa dégradation alors que l'accumulation en surface favorise les processus d'humification. Selon REICOVSKI, l’un des experts de l’IPCC (International Panel on Climate Change), l'agriculture de conservation permet donc de passer d'une perte nette de matières organiques à un gain, sous forme de stockage dans le sol. Le CO2 est le produit final issu (entre autres) de la décomposition des matières organiques (REICOSKY, 2001). **L'agriculture de conservation permet, en engendrant une augmentation du taux de matières organiques du sol**, **de stocker du carbone dans le sol.** Des scientifiques américains avancent même que les pratiques agricoles ont le potentiel de stocker davantage de carbone dans le sol qu'elles n'en émettent (LAL et al., 1998). Selon de nombreux auteurs, l'agriculture de conservation est l'une des meilleures voies pour lutter contre l'effet de serre (REICOSKY, 2001, AGU et al, 2000). TEBBRÜGGE (2001) a estimé le potentiel de l'agriculture de conservation à contribuer à la réduction des émissions de gaz à effet de serre en Europe. Partant du constat que 40% des surfaces arables européennes seraient adaptées à l'agriculture de conservation, il avance que 25% des engagements du protocole de réduction d'émission de gaz à effets de serre de Kyoto peuvent être réalisées par la large adoption des techniques de conservation des sols de l’Europe. Les limites au stockage du carbone dans les sols Le potentiel de l'agriculture de conservation à réduire les émissions de gaz à effet de serre semble selon de nombreux scientifiques très important. A cet élément, il faut cependant mentionner deux limites d'ordres scientifique et temporel présentés ci-dessous.

- La prise de conscience de l'importance des émissions de gaz à effet de serre en agriculture et du potentiel de sa réduction par les pratiques agricoles est récente. De nombreuses études ont été menées en ce qui concerne le dioxyde de carbone, mais relativement peu d'études ont étudié l'ensemble des gaz à effet de serre. Selon Michel ROBERT de l’INRA (2001), si des bénéfices existent, certains problèmes également; le plus souvent, une balance environnementale et une évaluation économique manquent. Les émissions de NO2 pourraient être augmentées par les techniques de conservation mais peu de données sont disponibles dans ce domaine et les avis ne sont pas unanimes (GUEDEZ 2002, ROBERT 2001, SEYSEN 2001). De même, en ce qui concerne les émissions de méthane, peu d'études ont été réalisées à ce jour. - La quantité de carbone stockée dans le sol se stabiliserait après 20 à 25 ans de TCS (LAL et al., 1998). Après une vingtaine d'années en agriculture de conservation, le sol aura donc atteint un équilibre entre dégagement et fixation de carbone selon un schéma identique à celui d’une forêt stable, qui dégage autant de CO2 qu'elle n'en fixe. **L’AC est donc une solution temporaire à un problème….durable.** Reconnaître les agriculteurs comme "stockeurs de carbone" ? Aux Etats Unis, le **protocole de Kyoto** a engendré une réflexion importante sur le rôle que pourrait jouer l'agriculture dans la baisse de la production de dioxyde de carbone. Le prochain Farm Bill en discussion depuis 2001 pourrait inclure un projet pilote de rémunération des farmers pour leur contribution à la réduction du réchauffement climatique (DEBAR, 2000). Aujourd'hui, bien que les Etats-Unis ne veuillent pas honorer le protocole de Kyoto, les recherches continuent : le service de recherche agricole (ARS) a élaboré un programme informatique qui permet aux agriculteurs d'évaluer les gains et les pertes de CO2 induits par les différentes pratiques culturales sur leur exploitation (DEBAR, 2001).. En France, la prise de conscience de l'opportunité de l'agriculture à contribuer à la réduction de l'effet de serre est plus récente, mais plusieurs initiatives sont mises en place :

- La séquestration du carbone dans les arbres et les sols a été abordée au cours des premières rencontres régionales sur "effet de serre et territoire" qui se sont tenues du 12 au 14 novembre 2001 à Angers (FALLOUX, 2001) ; **La compagnie française Eco** Carbone a été crée récemment ; cette entreprise a pour mission de favoriser la fixation de carbone, tout en contribuant au développement durable et à la conservation de la biodiversité (ECO CARBONE, 2001). Eco carbone propose de concevoir, de réaliser et d'accompagner des projets de fixation de carbone.

**4.2 Sur le plan de l'Agronomie**

Comme nous l'avons vu, les TCS apportent un certain nombre d'avantages environnementaux. Elles apportent également des gains et des contraintes au niveau agronomique. Ces effets se situent à cinq niveaux : les matières organiques, la structure du sol, la fertilisation, la pression parasitaire et le rendement.

**4.2.1 Un enrichissement et une concentration des matières organiques des sols en surface** Les matières organiques sont l’ensemble des constituants organiques, morts ou vivants, d’origine animale ou microbienne, fortement transformés ou non, que l’on trouve dans les sols. Elles comprennent donc à la fois l’humus, des débris végétaux et des êtres vivants. Les matières organiques ont de multiples propriétés qui leur confèrent des fonctions primordiales dans les agro et les éco-systèmes et en font une composante importante de la fertilité (BALESDENT, 1996). Les techniques de conservation des sols contribuent, par le non retournement des sols, à localiser les matières organiques en surface. Cette concentration s’accompagne d’un enrichissement général du sol en matières organiques en raison d’une réduction des pertes par minéralisation du stock initial.

**4.2.2 Une amélioration de la structure du sol et de sa stabilité structurale L’amélioration** de la structure du sol se situe à plusieurs niveaux. Les techniques de conservation des sols contribuent tout d’abord à protéger le sol des « accidents structuraux ». En effet, la formation du mulch augmente la densité de la couche arable, ce qui a pour conséquence d’améliorer la résistance du sol au tassement et de limiter la battance. Avec l’adoption des techniques de conservation des sols, la structure du sol se modifie progressivement pour atteindre un profil cultural continu après quelques années. Il a été constaté que la semelle de labour est ameublie sous semis direct (par les nombreux canaux de vers de terre reliant la surface aux couches inférieures du sol) (CHERVET et al, 2001). L’absence de travail profond réduit l’évolution des pores structuraux, qui ne sont plus constitués que par l’activité climatique et biologique. Par contre, le retournement des parcelles conduites en AC ou en non-labour entraîne une perte immédiate de la stabilité structurale acquise. Les changements de la stabilité de la structure peuvent être détectés dès deux à trois ans après le changement de pratiques culturales ; l’équilibre est atteint en trois années seulement (GUERIF, 1991). D’après SALITOT (2001), sur un essai réalisé à Neuville d’Aumont, l’équilibre structural a été atteint au bout de 4 ans. La stabilité de la structure du sol dépend à la fois de la quantité d’humus présente et de l’activité biologique, qui elle varie selon les apports de matières organiques fraîches au sol.

**4.2.3 Peu d'influence sur la fertilisation**

L'azote La concentration des matières organiques en surface engendre des répercussions sur les éléments minéraux et leurs devenirs. Comme nous l'avons vu précédemment, les pertes d'azote par lixiviation sont amoindries en TCS en raison d'une réduction de la minéralisation. En 1996, l’ITCF a conclut sur la difficulté de prendre en compte l’effet de la simplification du travail du sol dans le calcul des postes du bilan prévisionnel de l’azote. Le phosphore et le potassium Les éléments P et K sont concentrés principalement en surface. L’horizon en dessous de 10 cm s’appauvrit sensiblement dans ces éléments (GUERIF, 1991). ZIHLMANN et al. (2001) s’intéressent à l’activité des vers de terre et d’autres processus naturels de transport permettant de maintenir une répartition équilibrée dans le profil du sol. Mais pour le moment, aucun résultat n'est disponible sur cette hypothèse. Nous ne pouvons donc conclure sur un effet des pratiques de conservation des sols sur la fertilisation.

**4.2.4 Un milieu favorable aux limaces, maladies et adventices ?**

L’influence des TCS sur les limaces, les maladies et les adventices se situe à deux niveaux ; d’une part favorisant ou non de l’apparition de tel ou tel parasite et d’autre part sur l’efficacité des matières actives utilisées. Un milieu favorable aux limaces…et à leurs prédateurs Les TCS, en favorisant l'activité biologique et la diversité favorisent également certaines populations nuisibles telles que les limaces (TAUPIN, 1999). En France, on rencontre principalement les limaces noires et les limaces grises. La présence de couvert mort ou vivant et l’absence de travail du sol favorisent le maintien de la population de limaces. De plus, certains couverts ou cultures intermédiaires engendrent la prolifération de limaces. Si le climat est propice au maintien et à la reproduction, les limaces peuvent devenir un problème conséquent à gérer pour l'agriculteur. Les TCS favorisent également les prédateurs des limaces tels que certaines espèces de carabes. En effet, une étude menée par l’ACTA (2001) en Indre et Loire montre le retour des carabes, espèces prédatrices des limaces, sur des parcelles gérées en non-labour. Trente six espèces de carabes ont été recensées durant l’été 2001. Les bandes enherbées et le travail du sol réduit seraient très favorables au retour des carabes dans l’écosystème. 1ère partie- L'agriculture de Conservation et son développement mondial 23 Les techniques de conservation des sols engendrent donc une augmentation de la pression de limaces, mais celle ci peut être gérée efficacement par un travail mécanique du sol complémentaire aux auxiliaires. Les maladies cryptogamiques Les études françaises sur la relation maladies cryptogamiques et travail du sol portent essentiellement sur le blé. La présence importante de matières organiques en surface en non-labour constitue un milieu favorable à la phase saprophyte des champignons. L'influence des TCS sur les maladies cryptogamiques dépend de la maladie considérée. D’après COLBACH (1996), la pression du piétin échaudage et du piétin verse dépend largement des successions culturales et donc de la fréquence de retour de la culture hôte plutôt que des techniques de travail du sol. Les mouvements des horizons engendrés par le travail du sol vont déterminer la position par rapport à la surface de l’inoculum conservé sur les résidus de plantes et donc influencer l’apparition des maladies sur les hôtes (cultures ou adventices). Pour l’ITCF, la pression de piétin échaudage est peu modifiée par les techniques de travail du sol. Le piétin verse diminuerait en technique de non-labour. Cette technique accentuerait légèrement la présence de fusarioses et de septorioses. Les risques de maladies augmentent avec un retour fréquent d’une des cultures hôtes du champignon. C’est pourquoi, il est recommandé d’avoir des successions culturales longues et variées au niveau des cultures utilisées. Néanmoins l’introduction de crucifères en tant que culture intermédiaire dans une succession ayant un retour fréquent du colza augmente le risque d’apparition de maladies telles que le phoma ou la hernie du chou. Nous pouvons conclure que la succession culturale a autant d’influence que les techniques de travail du sol. Par contre, conjuguées à d’autres facteurs de risque (choix variétal, semis précoces, variétés sensibles, mauvais contrôle chimique, présence de matières organiques, monoculture), les TCS demandent beaucoup plus de vigilance et de rigueur pour l’agriculteur. Les adventices La composition et l’évolution du stock semencier d’adventices dans une parcelle est le résultat d’interactions complexes entre le sol, le climat et les pratiques culturales. Les techniques de non retournement du sol concentrent le stock semencier en surface. Les adventices à taux annuel de décroissance (TAD) élevé sont favorisées par les techniques d’implantation sans retournement. Les adventices à TAD faible sont défavorisées. Le tableau n°2 présente les adventices selon leur TAD et le tableau n°3 l'impact du non labour sur le développement des adventices. Les adventices pérennes et vivaces sont plutôt favorisées par les techniques sans labour (JOUY, 2001a). D’après l’auteur, le semis direct laisse en surface des débris végétaux dont la présence peu favorable à la levée, laisse le stock semencier en condition défavorable et est favorable au développement d’espèces vivaces. La gestion du désherbage chimique et mécanique va jouer un rôle important sur l'évolution du stock d'adventices, particulièrement en techniques de conservation des sols. De nombreux agriculteurs pratiquent le déchaumage afin de proposer des conditions favorables de germination à l'interculture et donc de diminuer le stock semencier d’adventices. 1ère partie- L'agriculture de Conservation et son développement mondial 24

 L'action des produits phytosanitaires modifiée Les études françaises sur les pesticides et les techniques culturales sont surtout ciblées sur l’efficacité des herbicides racinaires. La couverture importante des sols et l'accroissement de l'activité biologique en techniques de non-labour ont pour conséquences (BORDES et al, 2001) : - De diminuer l’efficacité des matières actives (formation d’un écran, adsorption, augmentation de la photodécomposition,…) car les matières actives sont adsorbées par les MO - D’accélérer la dégradation du produit par voie microbienne - D’engendrer un risque de persistance agronomique plus important en condition défavorable (phénomène adsorption/désorption,…) - D’augmenter le risque d’accroître les doses en TCS car il peut être observé une diminution d’efficacité des produits. Ces considérations tendent à privilégier l’usage de produits à action non systémique (JOUY&MUNIER JOLAIN, 2001). £0

**4.2.5 Des rendements sensibles aux accidents structuraux**

Les différences de rendement sont généralement non significatives pour les différentes cultures (JEAN-ROBERT et al, 1999). Avant de présenter les conséquences sur les rendements des TCS, il est intéressant de s’attarder sur la cinétique de levée et d’enracinement.

Une dynamique de levée et d’enracinement différente Le comportement des cultures à la levée est différent dans les parcelles menées en TCS vis à vis du labour. D'après JEAN-ROBERT (1999), les pertes de levée sont identiques en labour et TCS. Cependant, le labour semble entraîner une cinétique de levée plus rapide et plus homogène au départ, ce qui donne un "plus bel aspect" au champ. CANEILL et BODET (1991) ont observé une différence de cinétique d’enracinement sans que la profondeur d'enracinement ne soit modifiée. Les rendements en céréales d’hiver D’après l’ITCF, les rendements en blé et en orge d'hiver ne sont pas affectés par les techniques de travail du sol en sol sain. Cependant, des accidents liés aux conditions d’implantation et aux états structuraux peuvent avoir une influence négative sur le rendement en TCS (BARTHELEMY & BOISGONTIER 1990, CANEIL & BODET 1991). REINAHARD et al (2001) confirment cet élément sur leur essai de semis direct : en moyenne sur cinq années, avec la même variété, les rendements du blé sont plus élevés de 5.5% en semis direct, mais les rendements du semis direct ont été plus faibles que ceux du labour lorsque la récolte du précédent betterave s’est déroulée dans de mauvaises conditions (le sol tassé et compacté). Le rendement des céréales d’hiver semble donc peu modifié en TCS sauf si la culture est implantée dans de mauvaises conditions. 1ère partie- L'agriculture de Conservation et son développement mondial 25 Le rendement en colza La qualité de l'implantation du colza est un facteur déterminant dans le rendement. En TCS, il ressort trois contraintes majeures : la gestion du lit de paille du précédent, les dégâts de limaces et le désherbage. Le déchaumage permettrait de gommer les trois contraintes. Le choix de la variété est important. Elle doit présenter une bonne vigueur au démarrage et la densité de semis ne doit excéder 80 grains/m2 . La densité de semis dépend de la date de semis et du type de sol. (WALIGORA 2000 , SAUZET et al 2001) Les conclusions sont donc identiques que pour les céréales d’hiver : le maintien d’un rendement semblable, voire supérieur en TCS passe par une bonne qualité d’implantation.

**4.3 Sur le plan économique**

Remarquons d’abord les conclusions de l'ITCF, "les répercussions économiques de l'introduction de la simplification du travail du sol sont toujours spécifiques de l'exploitation concernée et nous nous interdisons toute généralisation chiffrée" (RIEU, 2001a). L’étude que nous avons menée vient donc tenter de combler cette absence de conclusion sur l’effet des TCS sur le plan économique. Dans cette partie, nous allons d’abord donner des ordres de grandeur des principales conclusions économiques des études déjà établies en ayant toujours en tête que ceux-ci sont spécifiques à des situations données.

**4.3.1 Un gain de temps et de carburant**

Une réduction du temps de traction La diminution du temps passé au niveau de l’ensemble des interventions « machine » est importante. RIEU (2001 a) fait remarquer que plus la simplification est poussée, plus le volume de terre est faible et, de ce fait, plus le temps de traction nécessaire par hectare est faible. En système céréalier, il est généralement observé une division par deux du temps de traction par hectare (de 7h en labour à moins de 4 h en système très simplifié) (RIEU, 2001 b). Le non labour permet d'économiser de 2h/ha à 2.5h/ha en temps de traction à l'implantation (YOUNG, 2001). Une diminution des temps de travaux La suppression totale du labour engendre une réduction des temps de travaux mais elle implique cependant une grande disponibilité de la main d’œuvre. En effet, pour réaliser un lit de semence de qualité, le travail doit être effectué en conditions optimales (HUSSON, 1997). Selon les auteurs, le gain de temps à l’implantation varie selon le type de sol mais est en faveur du non-labour. Le tableau n°4 montre les différences entre les temps d’implantation en labour et en techniques simplifiées. On constate que les temps d’implantation varient du simple au double voire au quadruple selon les techniques d’implantation et le type de sol (TEBRÜGGE 1997, BARTEHELEMY & BOISGONTIER, 1990). 1ère partie- L'agriculture de Conservation et son développement mondial 26 Une économie en consommation de carburant L’économie en carburant est étroitement liée au temps de traction. Selon TEBRÜGGE et al (1997), la diminution du temps de traction diminue la consommation de fioul de 40 l/ha pour l'implantation.

**4.3.2 Un impact nuancé sur les charges**

Des charges de mécanisation et de main d'œuvre diminuées En moyenne, la mécanisation et la main d'œuvre représentent entre 34% et 50% du coût de production d'un quintal de blé en France (YOUNG, 2001). Le poste traction représente le poste le plus important des charges de mécanisation (43%). Selon TEBRÜGGE (2001), le coût total des opérations d'implantation pour une exploitation de 100 ha en labour est de 210 € / ha (environ 1380F/ha) alors qu’en non-labour il peut être réduit à 50 €/ha (environ 330 F/ha). Cela est dû à la diminution du temps de travail et à la diminution de la consommation de carburant par accroissement du débit de chantier. La simplification du travail du sol passe souvent par l'investissement dans un ou plusieurs outils spécialisés pour le non labour. Dans tous les cas, les exploitations qui ont les charges de mécanisation les plus faibles sont celles qui optimisent leur parc matériel soit en le partageant avec un ou plusieurs voisins (copropriété, entraide, CUMA, entreprise), soit en amortissant leur équipement matériel sur des surfaces en relation avec le dimensionnement des outils (SALITOT, 2001). Des charges de désherbage plus élevées Comme nous l’avons dit précédemment, **les TCS doivent être associées à une bonne gestion de la flore adventice dont le développement est en général favorisé.** **En moyenne, les coûts de désherbage en non-labour sont plus élevés qu'en** labour selon une enquête menée par l'ANPP en Bourgogne et en Lorraine entre 1990 et 1997 sur 23 parcelles. L'interculture génère une charge désherbage en non labour comprise entre 0 et 23.63 € (155 F). On constate qu'en non labour, l'investissement dans le désherbage en culture va du simple au double (GILET, 2001). Pour limiter la charges de désherbage et maîtriser la flore adventice, il faut combiner judicieusement plusieurs interventions: augmenter le nombre de déchaumage à l'interculture, appliquer des herbicides totaux et augmenter le programme herbicide dans la culture (JOUY, 2001 b).

**4.3.3 Une Marge directe d'exploitation variable selon les situations**

**L'ITCF et MONSANTO** ont réalisé en 1992 une étude à partir de fermes-type pour mesurer les conséquences économiques engendrées par la suppression du labour. Ces simulations montrent que l'effet des techniques simplifiées est limité sur la marge directe à l'hectare. Selon JEAN-ROBERT (1999), les marges directes à l'hectare sont identiques en techniques culturales simplifiées et en techniques traditionnelles. Il ajoute que pour comparer les 1ère partie- L'agriculture de Conservation et son développement mondial 27 marges directes, il serait nécessaire de réaliser une enquête auprès d'agriculteurs étant passé du labour au non-labour. \*

**La marge brute d'exploitation,**parfois aussi appelé marge commerciale, s'obtient en déduisant du chiffre net des ventes (c'est à dire le chiffre d'affaires ) le coût de la marchandise, celui-ci pouvant être le coût d'achat, de fabrication ou un mélange des deux en fonction de l'activité en question

**5 Rotation des cultures et la gestion des résidus en agriculture de conservation**

Bien entendu, cela n'est pas si simple. L'agriculture de conservation exige une planification rigoureuse de la rotation des cultures, de nouvelles stratégies de lutte contre les mauvaises herbes et les ravageurs, ainsi que tout le savoir-faire que requiert une "agriculture de précision". Pourtant l'agriculture de conservation (ou AC) est aujourd'hui adoptée par un nombre croissant d'agriculteurs de par le monde- des tropiques humides pratiquement jusqu'au Cercle polaire arctique. De récentes études ont estimé que l'AC était pratiquée sur environ 100 millions d'hectares de terres agricoles, principalement en Amérique du Nord et du Sud, mais aussi en Afrique et en Asie.

### Rotation des cultures

Revoir le résumé.

**6-Gestion des éléments nutritifs dans l’agriculture conservation**

La conservation des sols et des eaux peut réduire sensiblement les pertes d'éléments nutritifs du sol par le ruissellement et le lessivage. En outre, les techniques de récolte de l'eau et le développement de l'irrigation renforceront l'efficacité de l'utilisation des éléments nutritifs.

**7-Protection des cultures en agriculture de conservation**

**Les résidus laissés dans les champs favorisent-ils l'apparition de maladies?**  "À long terme non, s'il y a une rotation judicieuse des cultures. La monoculture à labour zéro est possible, mais elle n'est pas recommandée car - comme en agriculture traditionnelle - elle favorise l'apparition des ravageurs."

**Les maladies cryptogamiques**

Les études françaises sur la relation maladies cryptogamiques et travail du sol portent essentiellement sur le blé. La présence importante de matières organiques **en surface en non-labour** constitue un milieu favorable à la phase saprophyte des champignons.

L'influence des TCS sur les maladies cryptogamiques dépend **de la maladie considérée.** D’après COLBACH (1996), **la pression du piétin échaudage et du piétin verse dépend largement des successions culturales et donc de la fréquence de retour de la culture hôte plutôt que des techniques de travail du sol.** Les mouvements des horizons engendrés par le travail du sol vont déterminer la position par rapport à la surface de l’inoculum conservé sur les résidus de plantes et donc influencer l’apparition des maladies sur les hôtes (cultures ou adventices).

Pour l’ITCF, la pression de piétin échaudage est peu modifiée par les techniques de travail du sol. **Le piétin verse diminuerait en technique de non-labour. Cette technique accentuerait légèrement la présence de fusarioses et de septorioses**.

**Les risques de maladies augmentent avec un retour fréquent d’une des cultures hôtes du champignon.** C’est pourquoi, il est recommandé d’avoir des successions culturales (rotation) longues et variées au niveau des cultures utilisées. Néanmoins l’introduction de crucifères en tant que culture intermédiaire dans une succession ayant un retour fréquent du colza augmente le risque d’apparition de maladies telles que le phoma ou la hernie du chou. Nous pouvons conclure que la succession culturale a autant d’influence que les techniques de travail du sol. Par contre, conjuguées à d’autres facteurs de risque (choix variétal, semis précoces, variétés sensibles, mauvais contrôle chimique, présence de matières organiques, monoculture), les TCS demandent beaucoup plus de vigilance et de rigueur pour l’agriculteur.

***Les adventices***

La composition et l’évolution du stock semencier d’adventices dans une parcelle est le résultat d’interactions complexes entre le sol, le climat et les pratiques culturales.

Les techniques de non retournement du sol concentrent le stock semencier en surface. Les adventices à taux annuel de décroissance (TAD) élevé sont favorisés par les techniques d’implantation sans retournement. Les adventices à TAD faible sont défavorisées.

Les adventices pérennes et vivaces sont plutôt favorisées par les techniques sans labour (JOUY, 2001a). D’après l’auteur, le semis direct laisse en surface des débris végétaux dont la présence peu favorable à la levée, laisse le stock semencier en condition défavorable et est favorable au développement d’espèces vivaces. La gestion du désherbage chimique et mécanique va jouer un rôle important sur l'évolution du stock d'adventices, particulièrement en techniques de conservation des sols. De nombreux agriculteurs pratiquent le déchaumage afin de proposer des conditions favorables de germination à l'interculture et donc de diminuer le stock semencier d’adventices.

**L'action des produits phytosanitaires modifiée**

Les études françaises sur les pesticides et les techniques culturales sont surtout ciblées sur l’efficacité des herbicides racinaires.

La couverture importante des sols et l'accroissement de l'activité biologique en techniques de non-labour ont pour conséquences (BORDES et al, 2001) :

- De diminuer l’efficacité des matières actives (formation d’un écran, adsorption, augmentation de la photodécomposition,…) car les matières actives sont adsorbées par les MO

- D’accélérer la dégradation du produit par voie microbienne

- D’engendrer un risque de persistance agronomique plus important en condition défavorable (phénomène adsorption/désorption,…)

- D’augmenter le risque d’accroître les doses en TCS car il peut être observé une diminution d’efficacité des produits.

Ces considérations tendent à privilégier l’usage de produits à action non systémique

**8. Machines agricoles pour l'agriculture de conservation**

 Les premières années d'une agriculture de conservation peuvent être très difficiles pour l'agriculteur. Un appui à la fois technique et financier est souvent nécessaire. Pour commencer, le cultivateur doit au moins disposer d'un semoir pour semis direct, qui pourrait ne pas être repérable dans le voisinage. L'achat d'un tel équipement sans le connaître ni même en avoir jamais vu un, est un risque que peu d'exploitants sont prêts à prendre. En outre, les fabricants de machines agricoles et leurs distributeurs peuvent bien entendu ne pas être des promoteurs particulièrement enthousiastes de l'agriculture de conservation - l'équipement nécessaire est réduit, de même que les besoins en tracteurs et matériel de préparation du sol lourds et onéreux."

**9- Avantages et inconvénients de l'agriculture de conservation**

Avec l'agriculture de conservation, tout le monde est généralement gagnant. Ce qui ne veut pas dire qu'il n'y ait pas de problèmes. Il peut ainsi s'avérer nécessaire de recourir à des herbicides en cas d'infestation massive d'adventices. Pendant la phase de transition entre une agriculture traditionnelle et une agriculture de conservation, certains ravageurs ou agents pathogènes du sol peuvent poser de nouveaux problèmes du fait de la modification de l'équilibre biologique. Mais une fois l'environnement stabilisé, l'AC tend à être plus facile à gérer et plus productive que les systèmes de culture traditionnels. Jusqu'à présent, les ravageurs n'ont jamais posé de problèmes que l'agriculture de conservation n'ait pu résoudre.

**En quoi l'agriculture de conservation diffère-t-elle de l'agriculture biologique?**  "Bien qu'elles s'appuient l'une et l'autre sur des processus naturels, l'AC n'interdit pas le recours à des intrants chimiques. Les herbicides revêtent même une certaine importance en AC, en particulier pendant la phase de transition, tant que l'équilibre dans les populations d'adventices ne s'est pas rétabli. Cela dit, en raison du rôle que jouent les organismes vivant dans le sol dans ce système de culture, l'emploi de produits chimiques, et notamment d'engrais, fait l'objet des plus grandes précautions. En règle générale, les cultivateurs qui pratiquent une agriculture de conservation utilisent moins d'intrants chimiques que les agriculteurs traditionnels et la quantité de produits chimiques employés tend à diminuer au fil des années."