

# Le Sous-solage

Le sous-solage est une technique millénaire qui consiste à aérer et à décompacter le sol grâce à une lame qui pénètre en profondeur, sans pour autant retourner les horizons du sol. Cette pratique se faisait tous les trois à cinq ans selon les sols.

Dans tous les musées du monde dédiées aux outils agricoles, on trouve non pas la charrue qui est une invention récente mais bien la sous-soleuse.

Aujourd'hui la sous-soleuse se décline à partir d'une seule dent jusqu'à 7, montées sur un cadre robuste permettant avec des tracteurs de plus de 100 cv de sous-soler 1 ha en moins de 2h sur de bonnes conditions de sol.



## SOMMAIRE

- Objectifs
- Diagnostic
- Type sous-soleuse
- Effet du sous solage
- Les succès



Le sous-solage est une opération qui nécessite des conditions de sol précises pour pouvoir régénérer les sols et améliorer leur structure . La profondeur du travail varie de 7 à 49 cm suivant les caractéristiques topo-pédo-climatiques et les objectifs à atteindre.

## INTRODUCTION

Le compactage des sols agricoles est un problème important qui diminue, souvent de façon insidieuse, le rendement des cultures, ralentit l'égouttement des sols et augmente les risques de maladies. Avant de procéder au décompactage, il faut commencer par faire un diagnostic de la situation, afin de bien connaître les caractéristiques du champ concerné et de de déterminer le but recherché avec le sous-solage.

## SES OBJECTIFS

Décompacter le sol ;

Améliorer sa structure ;

Améliorer le potentiel d'enracinement des racines ;

Débloquer les minéraux grâce aux cycles végétatifs améliorés ;

Favoriser la circulation de l'eau.



## CARACTÉRISTIQUES DU CHAMP

Les caractéristiques du champ les plus importantes à considérer sont la texture, la rapidité du drainage, la profondeur de la compaction et la topographie.

### 1 - TEXTURE DU SOL ET HUMIDITÉ

La texture du sol a une grande influence sur la vulnérabilité du sol à la compaction. De plus, l'importance du taux d'humidité sur le succès de l'opération de décompactage varie avec la texture.

#### Sols légers

Les sols légers peuvent être très massifs et compacts, en particulier lorsque le pourcentage de sable fin ou de limon est important. Les grains de sable fin ou de limon s'encastrent les uns dans les autres, ce qui réduit la porosité de façon drastique et peut complètement bloquer le passage des racines et de l'eau. Les sols légers sont très facilement compactés lorsqu'ils sont humides et, dans une moindre mesure, lorsqu'ils sont secs. À cause de leur faible taux d'argile, ils sont peu structurés et, de plus, leur structure n'est ni stable ni résistante aux forces de compression.

Pour cette raison, il est parfois préférable d'ameublir le sol avec un sous-solage juste avant le semis ou peu après. Une telle technique peut être envisagée en sols sableux uniquement, car ils sont moins à risque que les argiles d'être compactés en profondeur par les dents de sous-soleuses lorsqu'humides.

#### Sols lourds

Les sols lourds sont sensibles à la compaction lorsqu'humides mais très résistants à la compaction lorsque secs. De façon générale, ils résistent mieux à la compaction que les sols légers, grâce à leur structure en agrégats solides. Le sous-solage de ces sols doit toujours être fait lorsqu'ils sont secs.

Si le sous-solage entraîne la formation de gros blocs en surface, il est important que les cycles de gel et de dégel de l'hiver puissent ameublir ces derniers afin de faciliter la préparation du lit de semence au printemps.

En effet, les sols lourds, même compactés, sont souvent fissurés, ce qui permet à une petite proportion de racines de descendre en profondeur.

## 2 - RAPIDITÉ DU DRAINAGE

Vu l'important rôle que l'humidité d'un sol joue sur sa vulnérabilité à la compaction, en particulier pour les sols lourds, il est primordial de s'assurer d'un égouttement rapide, ce qui implique de vérifier la qualité du drainage de surface et sous-terrain. L'amélioration du drainage doit donc être faite avant tout sous-solage.

### Profondeur de la compaction

La gestion du sous-solage doit se faire en fonction de la profondeur de la couche compacte et de la profondeur possible de sous-solage.

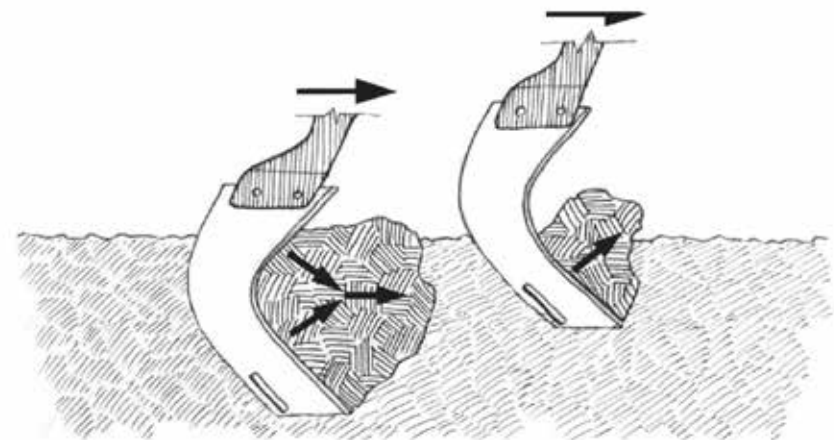
- Couche compacte peu profonde (base de la couche en général moins de 40 cm)

Lorsque la couche compacte est inférieure à 40 cm environ, il est possible de décompacter l'ensemble de la couche. Il est alors très important de décompacter toute l'épaisseur de cette couche imperméable sinon le problème relié à la compaction est aggravé.

- Couche compacte profonde (base de la couche en général plus de 40 cm)

Dans cette situation, la profondeur de travail possible par la sous-soleuse ne permet pas de décompacter toute la zone compacte. Si le sous-sol n'est pas trop imperméable, il peut quand même être intéressant de faire un sous-solage afin d'augmenter la profondeur d'enracinement. Il faut toutefois être prudent car le sous-solage peut causer plusieurs problèmes :

- Compactage du sol en profondeur : comme le sol est souvent plus humide en profondeur, le risque de lissage et de compaction en profondeur lors du passage des dents de sous-soleuse dans le sol humide est élevé;
- Accumulation d'un volume d'eau important dans la zone sous-solée : comme dans le cas précédent, lorsque la profondeur du sous-solage est plus faible que la profondeur de la couche compacte et que le sous-sol est très peu perméable, l'ameublissement d'une couche importante de sol risque d'entraîner un effet « éponge » et d'augmenter les risques de nappe perchée.



Profondeur trop importante qui augmente la compaction et la puissance

Profondeur adéquate

### 3 - TOPOGRAPHIE DU CHAMP

La direction du sous-solage doit être planifiée en fonction de la topographie du champ et aussi en fonction de la direction des drains souterrains lorsque ces derniers sont présents. Il faut choisir la direction du sous-solage afin d'évacuer l'eau et préférer un angle oblique à la direction des drains.

De façon générale, le choix de la sous-soleuse doit se faire selon l'objectif recherché et les caractéristiques du champ. Les critères suivants doivent être pris en compte :

- Le degré de bouleversement de la surface du sol tolérable après l'opération ;
- Le degré d'ameublissement recherché dans l'ensemble du profil ;
- La gravité de la compaction et la profondeur de la zone compacte.

#### Les bâtis

Les bâtis de sous-soleuses peuvent être en V ou droits. La sous-soleuse, construite par Franck Chevallier que Phacelia met à disposition des projets, est en bâti droit.

#### Les étançons

Il y a trois principaux types d'éтанçons : droits, incurvés et paraboliques. Leur action et la puissance requise sont reliées à l'angle qu'ils font avec l'horizontale (angle d'attaque).

#### *Étançon droit*

L'éтанçon droit a un angle d'attaque de 90° ne fait pas remonter la terre, il permet de limiter le bouleversement du sol mais requiert plus de puissance que les autres types d'éтанçons. C'est le modèle de la sous-soleuse de Phacelia.

#### Les socs (ou pointes)

Les socs se distinguent par leur largeur, leur hauteur de soulèvement des ailettes, leur angle d'attaque et leur longueur. Le degré d'ameublissement du sol est fortement dépendant de leur géométrie.

## Largeur des socs

Les socs sont soit étroits, soit larges grâce à la présence d'ailettes. La largeur d'un soc étroit peut varier de 2,5 à 12,5 cm. En ce qui concerne les socs avec ailettes, ces dernières sont fixées directement sur le soc ou, plus rarement, sur l'étauçon. La largeur totale du soc avec ailette varie de 15 à 30 cm.

Lors du sous-solage, les ailettes permettent de :

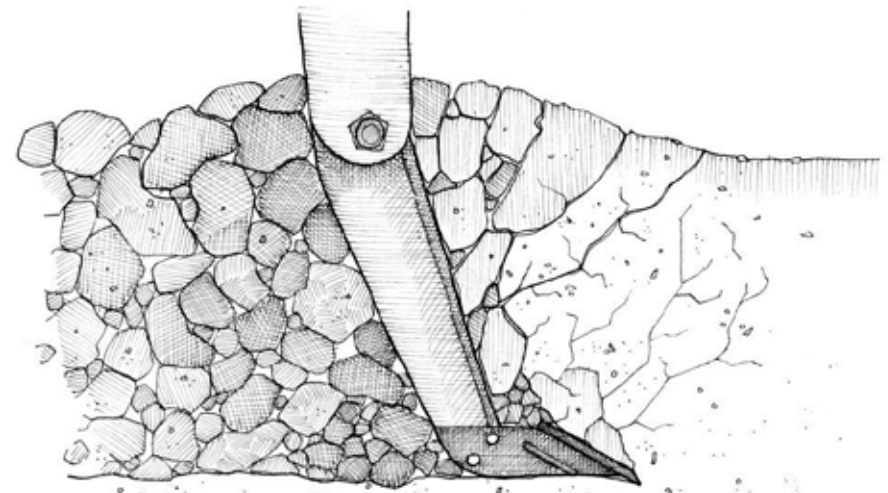
- Ameublir une proportion beaucoup plus importante de sol ;
- Diminuer la puissance requise par unité de volume ameublie ;
- Augmenter la profondeur critique.

Bien qu'une dent avec ailettes augmente la puissance requise de 10 à 20 %, l'augmentation du volume de sol ameubli permet d'augmenter l'espacement entre les dents de 30 % et donc de diminuer le nombre de dents requis pour une largeur donnée d'ameublissement.

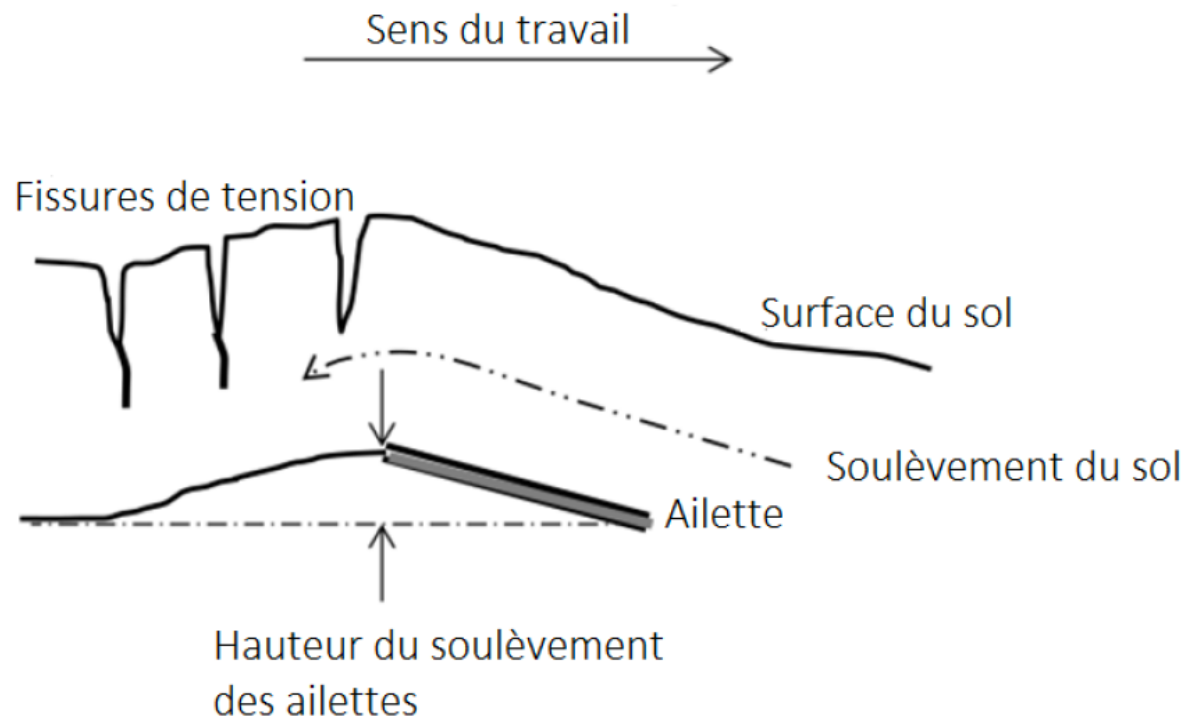
## *Angle d'attaque et longueur du soc*

L'angle d'attaque pour une bonne pénétration du soc dans le sol et un ameublissement optimum devrait idéalement être autour de 20 à 25°. Plus il est faible par rapport à l'horizontale, plus il pénètre facilement dans le sol. Par conséquent, pour une même hauteur de soulèvement, plus le soc est long, plus il pénètre facilement dans le sol.

Lorsque l'angle d'attaque est trop important (ce qui n'est en général pas le cas pour les sous-soleuses commercialisées), le sol est poussé en avant au lieu d'être soulevé vers l'avant et le sol est comprimé au lieu d'être décompacté.



*Fissuration par compression du sol exercée principalement par le socle - Cas de la sous-soleuse de Phacelia*



*Soulèvement du sol occasionnant des fissures par tension*

Selon l'état du sol (densité, humidité), les dents de sous-soleuse peuvent soit ameublir le sol soit le compacter. L'ameublissement se fait par fissuration du sol alors que la compaction se fait par compression du sol près de la dent.

## 1 - Ameublissement du sol

L'ameublissement du sol peut être obtenu grâce à la fissuration par compression ou par tension.

Dans le premier cas, le soc exerce une force de compression sur le sol qui le force à se fracturer et se soulever. Les mottes qui en résultent (en sol argileux) se déplacent vers le haut et sont réarrangées les unes par rapport aux autres lorsqu'elles retombent. Le sol se dilate et s'ameublissent.

Pour que le sol puisse s'ameublir, il faut qu'il soit suffisamment sec pour être soulevé vers le haut par la force exercée par le soc.

## 2 - Compression du sol autour du soc et de la partie inférieure de la dent

Lorsque la profondeur de sous-solage augmente, la résistance du sol à se soulever augmente aussi et, à une certaine profondeur (profondeur critique), il devient plus facile pour le sol de se déplacer latéralement plutôt que vers le haut. À ce moment, le sol se comprime le long du soc et de la partie inférieure de l'étau, entraînant ainsi une compaction ou un lissage en profondeur. Plus la profondeur de sous-solage est importante et plus le sol est argileux, plus le risque de compression du sol près de la dent est grand.

## 3 - Profondeur critique

La compression du sol autour du soc qui se fait dans certaines situations nous amène à définir la notion de profondeur critique. Il s'agit de la profondeur de travail maximum à laquelle le sol se fissure et se soulève du soc vers le haut. En dessous de cette profondeur, il se comprime latéralement.

Lorsque le soc de la sous-soleuse travaille à une profondeur plus grande que la profondeur critique, l'effet de fissuration est réalisé par l'étau, à une profondeur moindre que celle du soc; une section beaucoup plus faible du profil de sol est alors fragmentée et la puissance requise du tracteur est plus importante.

Plus l'humidité du sol est élevée, plus le sol est plastique et plus il se déforme et se comprime facilement autour du soc, ce qui réduit la profondeur critique. Plus le sol est sec, plus il devient dur et plus la résistance au soulèvement est élevée.



Si le sol est humide en profondeur (donc plus facile à comprimer) et sec au-dessus, la pointe de sous-soleuse va comprimer le sol humide et la profondeur critique est alors plus faible. Il faut donc une humidité optimale, qui est atteinte lorsque le sol est friable, ce qui n'est pas toujours facile à obtenir!

La densité du sol influence aussi sa capacité à se comprimer et par conséquent, la profondeur critique. Un sol argileux très compact, dense et dur contient en général peu d'eau et aura tendance à se fracturer plutôt qu'à se comprimer. Dans un tel cas, la profondeur critique aura tendance à être plus importante.

Bien que la profondeur critique ne puisse pas être prévue de façon précise, la « règle du pouce » suivante donne une indication : pour une dent unique qui travaille en conditions friables (ni trop sec ni trop humide), la profondeur critique est d'environ 6 fois la largeur du soc. Par conséquent, pour une largeur de soc de 7,5 cm, la profondeur critique sera de 45 cm. Il est toutefois nécessaire de faire des profils de sols lors du sous-solage pour vérifier si le travail se fait correctement et à la bonne profondeur.

**Lorsqu'une sous-soleuse travaille en dessous de sa profondeur critique, les effets négatifs sont les suivants :**

- La puissance requise est beaucoup plus importante que lorsqu'elle travaille au-dessus ;
- Le volume de sol ameubli est moindre et l'objectif d'ameublissement n'est pas atteint ;
- Le sol est compacté (lissé) en profondeur.

De plus, des passages répétés de sous-soleuse à une profondeur inférieure à la profondeur critique entraînent la création d'une couche compacte qui ne pourra pas être défaite mécaniquement par la suite.

#### **4 - Géométrie de la zone ameublie lorsque la profondeur critique n'est pas atteinte**

Le sol se déforme toujours selon les plans de moindre résistance. Par conséquent, la géométrie de la zone ameublie dépend de la géométrie des plans de moindre résistance qui elle-même dépend de la texture du sol et de l'importance de la compaction.

SITUATION 1 : Sols légers ou argileux peu compacts

Dans ces sols, les plans de moindre résistance se situent entre les petites unités structurales (grains de sables, de limon ou petits agrégats). Ces dernières glissent facilement les unes par rapport aux autres et la forme de la zone ameublie est en V ou en U évasé.

### SITUATION 2 : Sol argileux compact avec plans de faible résistance définis

Lorsque le sol est argileux et compact, les unités structurales sont des grosses mottes très dures, souvent plus ou moins soudées les unes aux autres, ce qui peut donner l'impression d'une masse continue et uniforme lorsque le sol n'est pas travaillé. Dans ce cas, le sol se brise le long de plans de faible résistance entre les grosses mottes ou le long de fissures et la géométrie de la zone ameublie n'a pas une forme de V. Le sol est alors fracturé en grosses mottes.

### SITUATION 3 : Sol argileux compact sans plan de moindre résistance bien défini

Lorsque le sol est tellement massif qu'il n'y a aucune fissure clairement définie, le sol est alors forcé de se briser entre les petites particules (sable, limon, agrégats) ou en grosses mottes massives et irrégulières. La géométrie de la zone ameublie peut alors être soit similaire à celle de la situation 1, soit à celle de la situation 2.

## 5 - Volume de sol ameubli

Les principaux facteurs qui influencent le volume de sol ameubli sont l'espacement entre les dents, la largeur des socs, la profondeur de travail et la présence ou non de dents travaillant à plus faible profondeur en avant des dents de sous-soleuse. L'addition d'ailettes, qui permettent d'élargir le soc, augmente aussi le volume de sol ameubli.

### *Profondeur de travail*

Lorsque le sol est très argileux et très compact, la profondeur de travail doit être bien ajustée en fonction de la profondeur de la zone compacte. Si les dents de sous-soleuse passent à plus de 5 cm sous la couche compacte, les socs risquent de comprimer le sol meuble dans lequel elles passent et l'effet d'éclatement ne se fait pas. Dans cette situation, les étançons font simplement une fente en passant dans la couche compacte.

### *Ajout d'une rangée de dents plus petites et superficielles en avant des dents standards*

Le volume de sol ameubli peut aussi être augmenté par l'ajout d'une rangée de dents travaillant à plus faible profondeur en avant des dents standards. L'ajout de ces dents n'augmente pratiquement pas la puissance requise.

### *Règle générale pour un ameublissement complet du profil en fonction du type de sous-soleuse*

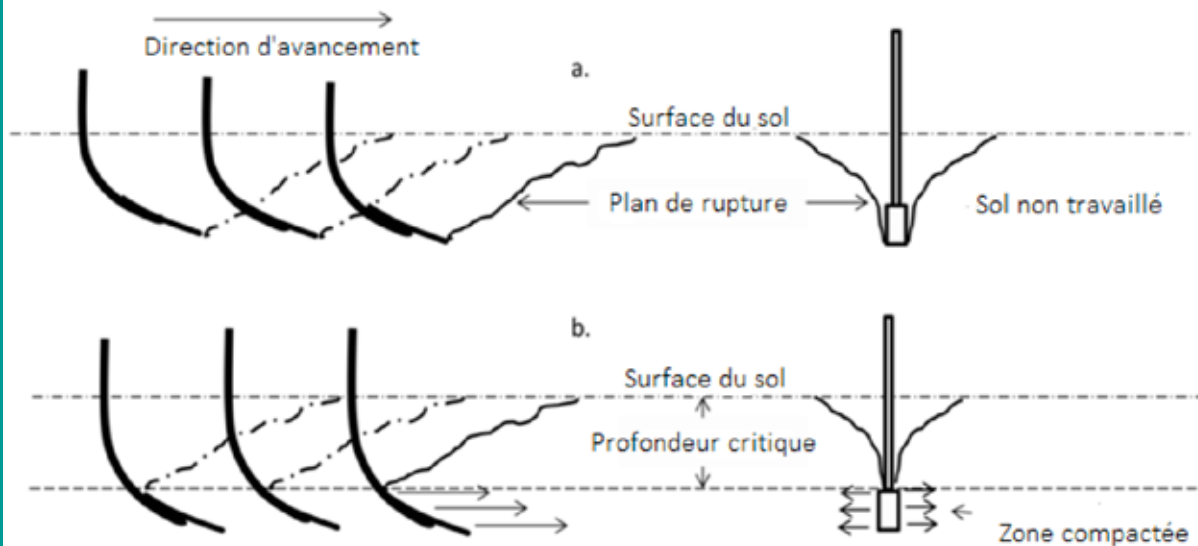
L'espacement entre dents requis pour un ameublissement complet du profil est donné en suivant. La forme de la dent n'a pas beaucoup d'importance.

SOC ÉTROIT (7,5 cm) : 1,0 à 1,5 fois la profondeur de travail

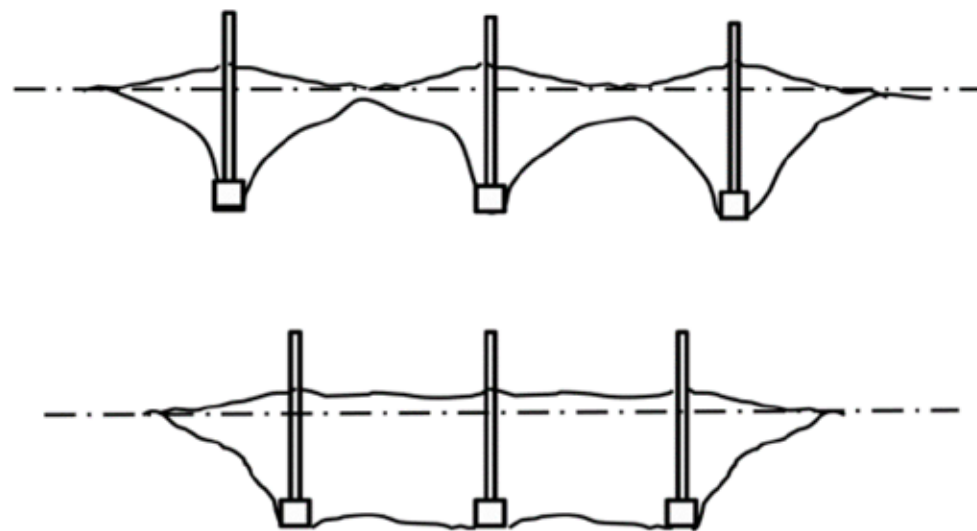
SOC AVEC AILETTES (30 cm) : 1,5 à 2,0 fois la profondeur

SOC AVEC AILETTES & RANGÉES DE DENTS SUPERFICIELLES EN AVANT : 2,0 à 2,5 fois la profondeur de travail.

# LES EFFETS DU SOUS-SOLAGE



Vues de côté et de face de l'effet du passage d'une dent à soc étroit sur le sol lorsque celle-ci est au dessus - a - ou en dessous - b - de la profondeur critique. D'après Godwin & Spoor - Source CETAB +



Lors du sous-solage, en plus des facteurs liés à la géométrie des dents et à leur espacement, l'ameublissement du sol est aussi influencé par la vitesse d'avancement et par la capacité des dents à travailler à la bonne profondeur. Ces facteurs dépendent de la puissance du tracteur et de la force du mécanisme de sécurité pour les dents.

## 1 - Vitesse et puissance

En général, la vitesse d'avancement lors du sous-solage doit être de 5 à 6 km/h afin d'avoir un effet de fissuration suffisant. La puissance requise pour travailler un sol compact avec une sous-soleuse peut être 10 fois plus grande que celle requise pour travailler le même sol non compact.

Deux facteurs, qui en apparence augmentent la puissance requise, la diminuent en fait grâce à la possibilité d'augmenter l'espacement entre les dents et par conséquent de diminuer le nombre de dents :

- Ajout d'ailettes (augmentation possible de l'espacement entre dents de 30 %) ;
- Ajout des dents superficielles en avant des dents de sous-soleuse profondes munies d'ailettes (augmentation possible de l'espacement entre dents de 25 % par rapport aux socs avec ailettes).

Le type d'étau ainsi que l'angle qu'il fait avec la verticale influencent beaucoup moins la puissance requise que le type de soc.

## 2 - Mécanisme de sécurité pour les dents de sous-soleuse

Sur la plupart des sous-soleuses, un système de sécurité pour chaque dent permet d'assurer que les dents ne cassent pas lorsqu'un obstacle tel qu'une roche est rencontré.

Il peut s'agir de boulons de sécurité qui cassent si la force exercée est trop élevée, de ressorts ou d'un mécanisme hydraulique. Avec les deux derniers systèmes, la dent se soulève lorsqu'elle rencontre un obstacle et redescend ensuite dans le sol, en marche arrière pour l'enclencher. Le système à ressort est la sécurité de la sous-soleuse de Phacelia.

## 3 - Problèmes observés d'un sous-solage en sol très compact

Le problème le plus fréquent a été un manque de puissance du tracteur qui limitait la vitesse d'avancement et forçait à diminuer la profondeur de travail. L'on peut retirer des dents pour faciliter le travail et maintenir la profondeur choisie, en enjambant les précédents passages, le travail est possible malgré un temps de travail plus long. C'est le cas de la sous-soleuse de Phacelia.

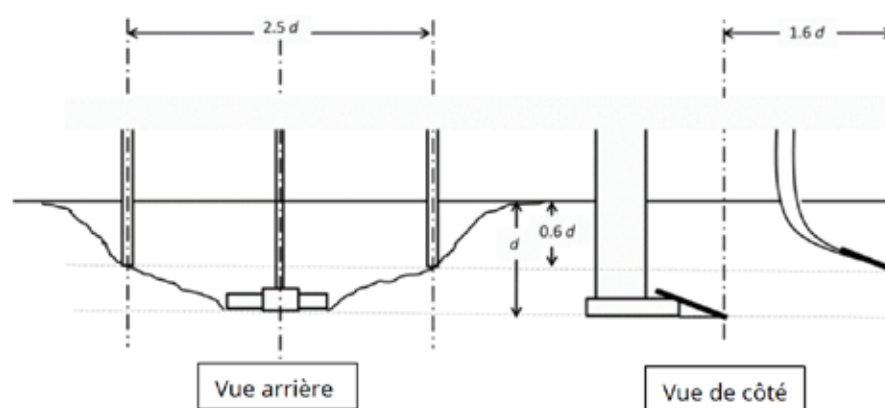
Avec certaines sous-soleuses, la décompaction en profondeur des argiles peut entraîner la formation de gros blocs qui laissent le sol très inégal. Pour éviter ce problème, il est possible de décompacter progressivement en commençant par faire un premier passage qui vise à décompacter le sol sur une profondeur plus faible. Un autre moyen d'éviter de faire des gros blocs est de travailler avec une rangée de dents plus petites en avant des dents profondes de sous-soleuse.

### 3 - Sous-Solage sans bouleversement de la surface du sol

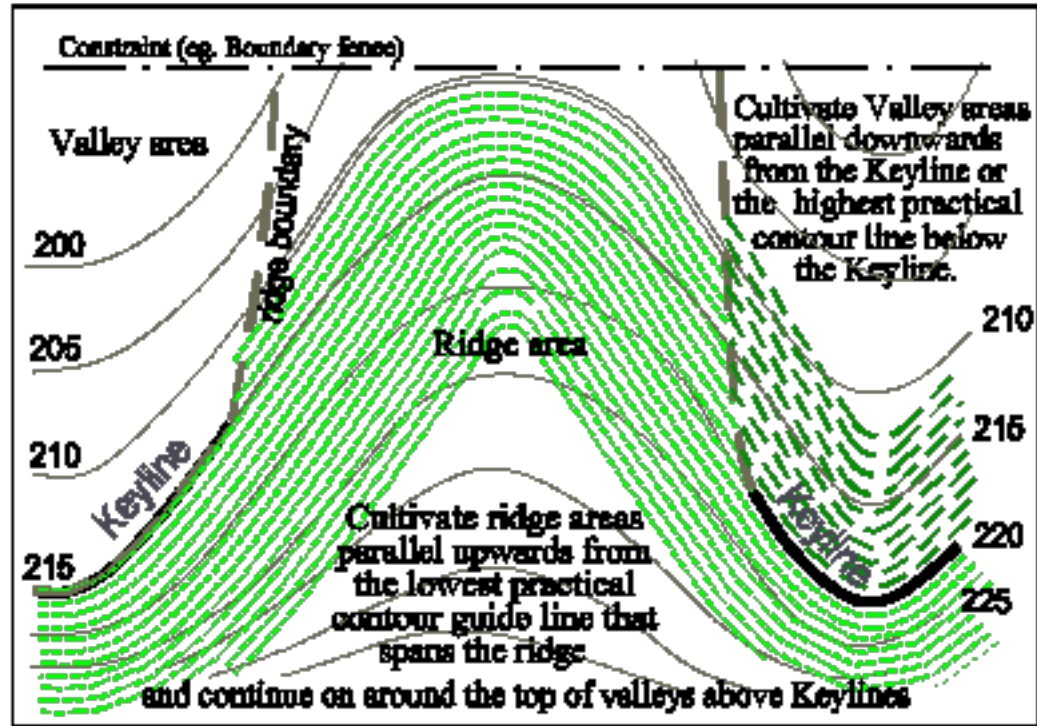
Il est intéressant de sous-soler dans un engrais vert déjà établi ou encore dans une prairie ou un pâturage afin de favoriser l'envahissement du sol ameubli par les racines. Dans certains cas, comme par exemple pour les engrais verts, un léger bouleversement de la surface du sol est possible alors que dans d'autres cas, comme pour les prairies et pâturages, la surface du sol doit rester en bon état.

Afin de minimiser le bouleversement en surface, il est indiqué de :

- Installer des disques droits tranchants qui coupent la végétation en avant des dents de la sous-soleuse. Ces disques sont indispensables si la culture en place ne doit pas du tout être abîmée. C'est le cas de la sous-soleuse de Phacelia.
- Utiliser des pointes à faible hauteur de soulèvement ;
- Éviter un bâti droit en sol argileux combiné avec des dents rapprochées car le sol peut coincer entre les dents et se soulever ;
- S'assurer d'avoir une puissance adéquate, un tracteur suffisamment pesant ainsi qu'un bon balancement du poids car un glissement excessif des roues abîme la culture et la régularité de la surface du sol ;
- Utiliser un rouleau tasseur qui permet d'écraser les mottes qui ressortent lors du sous-solage de pâturage ou de prairie ;
- Planifier de travailler lorsque le sol de surface est suffisamment sec et de préférence avant une pluie.



*Position optimale des dents superficielles et forme de la zone ameublée (schéma de gauche). Latéralement les dents superficielles se situent entre les dents profondes d'après Godwin & Spoor - CTAB +*



Source Yeomans

Ci dessous, les Principes de P.A. Yeomans permettant un travail du sol avec la sous soleuse en imprimant le motif Keyline (diriger l'eau des creux vers les crêtes) :

- Dans une **zone de vallée**, passer la sous soleuse parallèlement à la keyline ou à la courbe de niveau la plus haute. Les passages successifs de sous soleuse se font en descendant.
- Dans une **zone de crête**, passer la sous soleuse parallèlement à la courbe de niveau la plus basse. Les passages successifs de sous soleuse se font en montant.

#### MOYEN MÉMOTECHNIQUE

> les passages de la sous soleuse se font toujours à l'intérieur de la courbe.

Document réalisé par Marlène Vissac du bureau d'études PHACELIA - Concept HydroNomie



[www.phacelia.fr](http://www.phacelia.fr)  
[www.hydronomie.fr](http://www.hydronomie.fr)

Travaux associés au CETAB bio + du Québec



Document sous licence libre

