

AR
12510
1989
v. 6
QAG



Gouvernement
du Québec

Ministère de l'Éducation
Direction des cours par correspondance

Ministère de l'Agriculture,
des Pêcheries et de l'Alimentation
Institut de technologie agro-alimentaire
La Pocatière

ARCHIVES DU MAPAQ
NE PEUT PAS ÊTRE EMPRUNTÉ

CONSERVATION DES SOLS ET DE L'EAU



LEÇON 5

Québec 



LEÇON 5 : Je travaille le sol.



BIBLIOTHÈQUE
Ministère de l'Agriculture, des
Pêcheries et de l'Alimentation
200, chemin Ste-Foy, 1er étage
Québec (Québec), Canada
G1R 4X6

À LA FIN DE CETTE LEÇON, TU SERAS EN MESURE DE
REMETTRE EN QUESTION TES FAÇONS CULTURALES POUR
CONSERVER LES RESSOURCES SOL ET EAU.



PLAN DE LA LEÇON

INTRODUCTION	5
1. LES OBJECTIFS DU TRAVAIL DU SOL	6
2. LE PROFIL CULTURAL	7
2.1 Le lit de semence	7
2.1.1 Les couches du lit de semence	8
2.1.2 Conséquences d'un mauvais lit de semence ..	9
2.2 La couche arable	12
2.3 Le sous-sol	13
3. LES PROPRIÉTÉS DU SOL QUI CONDITIONNENT SON TRAVAIL ...	15
3.1 L'humidité du sol	15
3.1.1 Détermination de l'humidité du sol par manipulation	16
3.1.2 Détermination de l'humidité du sol par sa texture	18
3.2 La température du sol	19
3.3 La cohésion et l'adhésivité	21
3.4 La traction et le flottement de la machinerie	22
3.4.1 Importance de la pression de contact des pneus	22
3.4.2 Autres considérations	26
4. EFFETS DU TRAVAIL DU SOL SUR SES PROPRIÉTÉS	29
5. LES INSTRUMENTS	31
5.1 Les opérations culturales primaires	32
5.1.1 Labour et autres préparations de base	33
5.1.2 Le sous-solage	36

5.2	Les opérations culturales secondaires	38
5.2.1	Outils à dents	39
5.2.2	Outils à disques	43
5.2.3	Outils animés	45
5.2.4	Le rouleau	47
5.3	Les façons culturales d'entretien	48
6.	QUELQUES PRATIQUES CULTURALES DE CONSERVATION DU SOL ET DE L'EAU	50
6.1	Le travail réduit du sol	50
6.2	Le semis direct	53
6.3	La culture sur billons	57
6.4	Autres pratiques culturales	57
7.	LA QUALITÉ DE L'EAU	59
	RÉSUMÉ	60
	EXERCICE 5	61
	CORRIGÉ 5	63
	Annexe I : Les quatre consistances du sol	65
	Annexe II : Le labour, une pratique culturale remise en question	66
	Annexe III : Tout commence au semis	69
	Annexe IV : Un adepte du travail minimum du sol	73
	Annexe V : La culture sur billons permanents	75
	DEVOIR 3	78
	BIBLIOGRAPHIE	79

Note: Aux fins de cette publication, la forme masculine ou féminine comprend aussi bien les femmes que les hommes.

INTRODUCTION

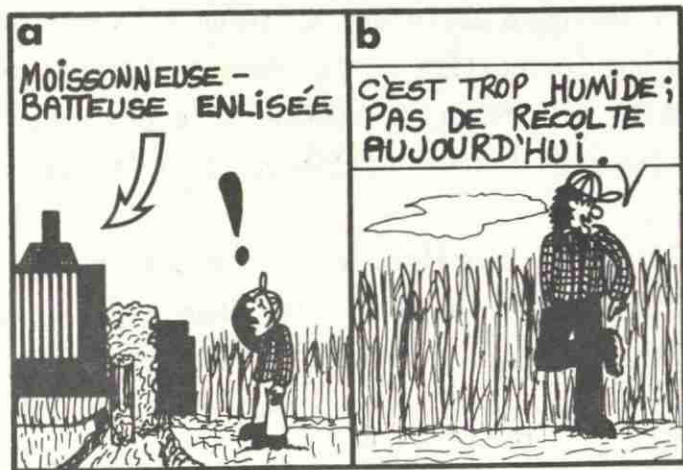


Fig. 1 Avant d'entrer dans le champ, il faut se demander si l'on risque de causer des dommages.

Il est naturel que chacun d'entre nous, lors d'interventions au champ, veuille le moins possible endommager l'habitat biologique du sol pour la végétation que nous voulons maintenir ou que nous projetons d'établir.

Cependant, certains sols présentent des risques plus élevés et le travail du sol aura des conséquences sur l'ensemble du profil cultural. D'ailleurs, avant chaque intervention dans tes champs, te questionnes-tu sur les modifications que pourrait subir le profil cultural (fig. 1)?

Dans cette leçon, tu auras l'occasion de jeter un regard critique sur tes façons de travailler le sol et sur tes pratiques de conservation des sols et de l'eau. Pour t'y aider, les questions suivantes seront soulevées:

- Pourquoi travailler le sol?
- Pourquoi tenir compte du profil cultural?
- Quelles sont les conditions qui influencent le temps et l'intensité du travail du sol, le choix de l'instrument?
- Quelles pratiques de conservation adopter?

Ainsi, il te sera possible d'apporter, s'il y a lieu, des modifications dans tes façons de faire.

1. LES OBJECTIFS DU TRAVAIL DU SOL

La qualité des semis dépend d'abord des différents choix que tu as à faire concernant la qualité de la semence, la qualité du lit de semence et la profondeur du semis. Elle peut aussi être influencée par les conditions climatiques après les semis.

L'environnement immédiat de la graine de semence doit permettre de satisfaire ses besoins de façon continue et ne pas offrir d'obstacles mécaniques à l'émergence. Tu vois sûrement l'importance des différents travaux que tu fais pour préparer cette couche de sol.

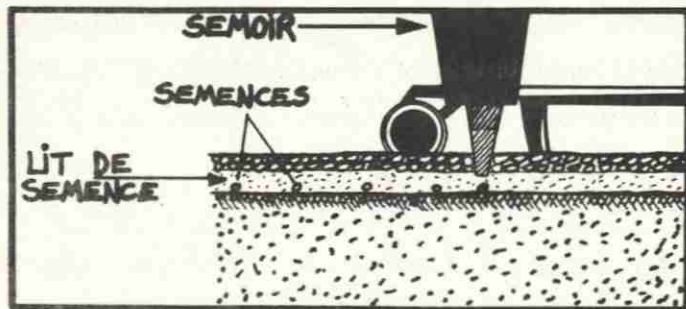


Fig. 2 Un bon lit de semence facilite le semis.

Mais, pourquoi dois-tu travailler le sol?

.....
.....
.....



Fig. 3 Le travail du sol favorise l'incorporation d'amendements.

Lorsque tu travailles le sol, trois objectifs doivent te guider:

- rendre le sol favorable aux opérations de semis, d'entretien et de récolte (fig. 2);
- détruire la végétation existante, incorporer les résidus, les amendements, les fertilisants, les pesticides (fig. 3);
- conserver ou améliorer les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol cultivé.

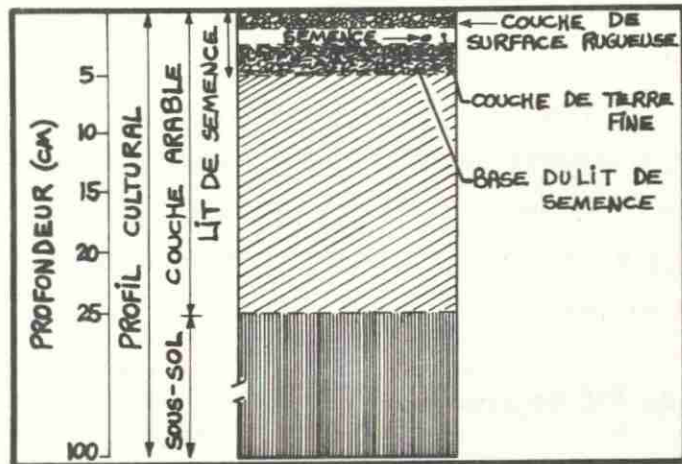


Fig. 4 Schéma d'un profil cultural pour une culture fourragère.

SOURCE: Denis Côté, Colloque sur les plantes fourragères, C.P.V.Q., Agdex 120.22, 1988.

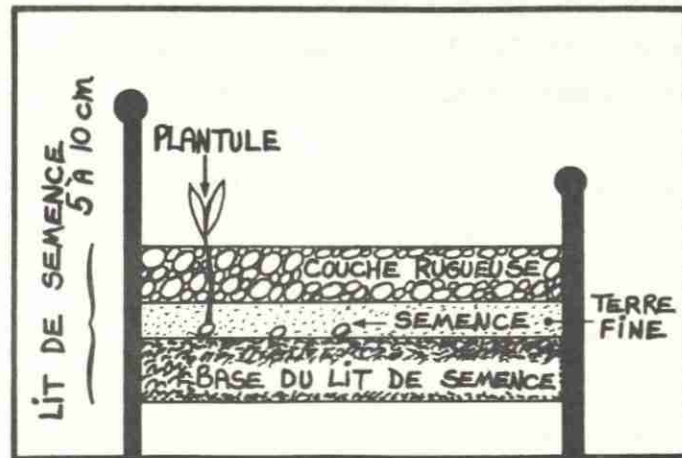


Fig. 5 Le lit de semence est déterminant sur les rendements.

2. LE PROFIL CULTURAL

En pratique, trois zones distinctes composent le profil cultural:

- le lit de semence;
- la couche arable;
- le sous-sol.

Son épaisseur se situe approximativement à 1 mètre de profondeur (fig. 4).

Ces zones seront influencées à des degrés divers par les différents instruments aratoires utilisés, par l'action des racines et des vers de terre et par des facteurs physiques tels le gonflement et le retrait du sol, le gel et le dégel du sol et du sous-sol.

2.1 Le lit de semence

C'est cette portion du profil cultural qui est préparée expressément pour recevoir le semis ou la transplantation. C'est le lit où reposera la semence ou le plantule (fig. 5). Il doit donc répondre à des besoins spécifiques pour favoriser la germination, l'émergence et l'enracinement des plants.

Ce lit de semence est composé de trois couches bien différenciées. Ce sont les instruments aratoires superficiels (herse)



Fig. 6 Triage du sol par la herse.

TABLEAU 1. Diamètre désirable des mottes, des agrégats de la couche rugueuse du lit de semence, selon l'espèce végétale.

Espèces	Diamètre (cm)
Maïs, céréales, pois, haricots	< 8
Graminées, légumineuses, pommes de terre	< 2

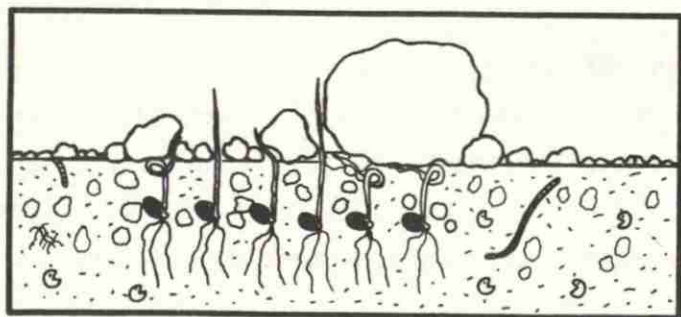


Fig. 7 Un lit de semence trop grossier =
 • pertes en semences de 20 à 60 %
 • désherbage en prélevée impossible

qui effectueront ce tri si tu les utilises adéquatement et au bon moment.

Tu as sans doute déjà analysé de près l'effet du passage d'un pulvérisateur (herse à disques) sur le sol en le manipulant. Tu observes en surface des mottes et en dessous un matériel plus fin qui repose sur un sol plus ferme (fig. 6).

2.1.1 Les couches du lit de semence

La couche en surface doit être rugueuse pour résister au martellement des gouttes de pluie, évitant ainsi la battance et les dangers de l'érosion et favorisant l'émergence des plantules. Son épaisseur variera entre 1,5 et 3 cm. Le diamètre des mottes sera fonction de l'espèce végétale que tu projettes d'implanter, comme le montre le tableau 1.

Si la sensibilité du sol à la dégradation t'impose un état d'ameublissement grossier (motteux), la germination et la reprise des plants repiqués seront affectées (fig. 7). Tu devras alors augmenter la dose des semis.

Immédiatement sous cette couche, on doit retrouver une zone de terre fine qui reçoit la semence et qui lui assure un bon contact avec le sol. La germination et la reprise de l'embryon sont activées. L'épaisseur de cette couche de terre fine est

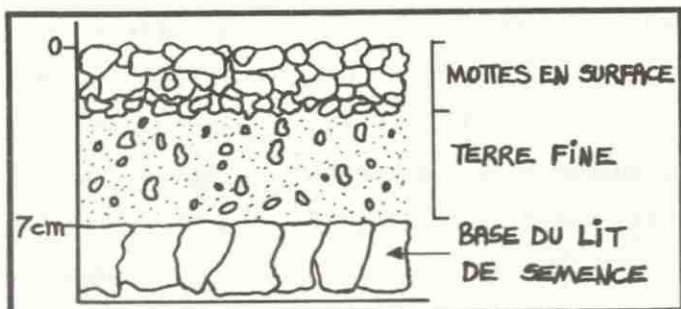


Fig. 8 Base du lit de semence.

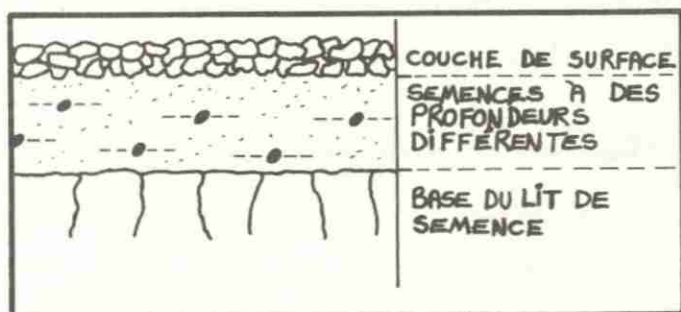


Fig. 9 Comme le support du sol n'est pas uniforme, la profondeur du semis varie.

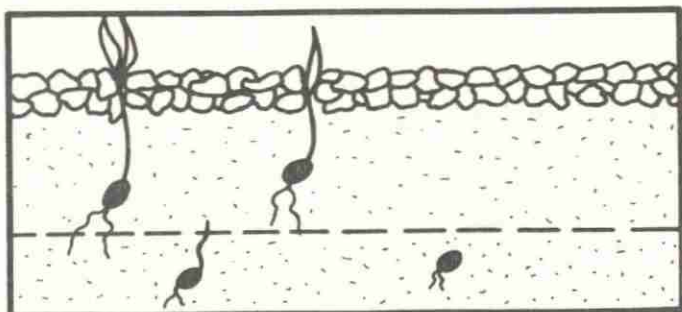


Fig. 10 Un semis trop profond diminue l'émergence des plantules.

d'environ 2 cm pour la majorité des cultures, à l'exception de la pomme de terre qui exige entre 15 et 20 cm.

Enfin, on retrouve la base du lit de semence où reposent les deux couches précédentes. Le sol est plus raffermi tout en permettant son aération et le mouvement de l'eau (fig. 8).

2.1.2 Conséquences d'un mauvais lit de semence

Un mauvais lit de semence provoque des effets qui sont visibles sur le sol et qui peuvent être identifiés en creusant le sol. Peux-tu en nommer?

a) Effets visibles sur le sol

- La profondeur du lit de semence est exagérée. **Mais comment peut-on semer à une profondeur uniforme?**
- Si le lit de semence n'offre pas une résistance constante au poids de la machinerie, il est impossible d'ajuster avec précision la profondeur du semis (fig. 9). Celle-ci variera et la germination en sera grandement affectée. En effet, l'embryon n'aura pas suffisamment d'énergie pour atteindre la surface du sol (fig. 10).

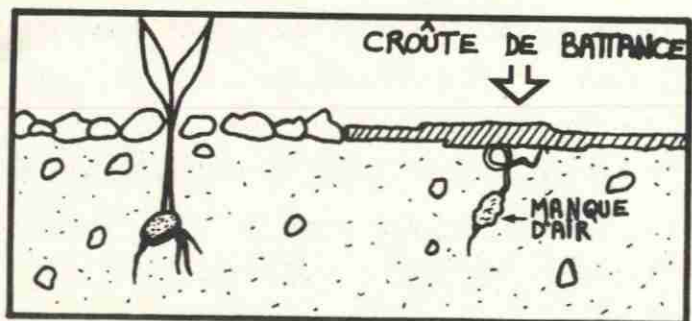


Fig. 11 Trop de terre fine favorise la battance du sol.

- Son émiettement est trop intense. Les effets sont similaires au cas précédent. De plus, dans un tel champ, le foisonnement* du sol est exagéré (lit trop aéré). Cette augmentation de volume du sol créée par les instruments n'est que passagère; à la première précipitation, le lit se retassera et une croûte de battance se formera, occasionnant des pertes importantes en semence (fig. 11). Enfin, dans ces champs, les risques d'érosion par le vent et par l'eau seront élevés suivant leur topographie.

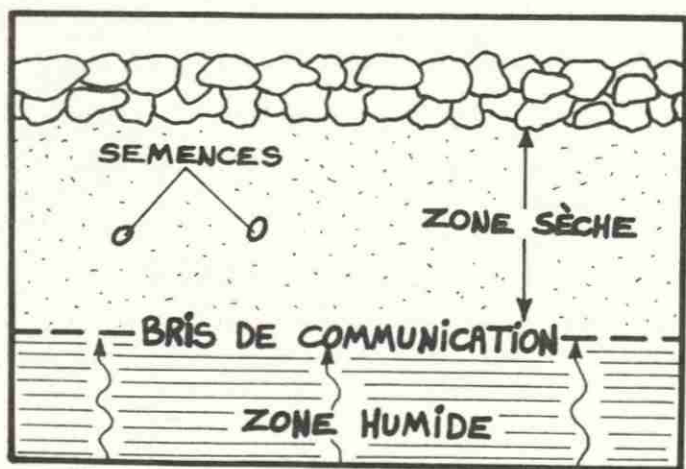


Fig. 12 La remontée de l'eau capillaire est interrompue.

b) Effets visibles uniquement en creusant le sol

Un lit de semence trop profond est souvent accompagné d'un surplus de terre fine. Cette couche trop travaillée a été asséchée et le transfert d'humidité des couches profondes vers le lit de semence est rompu. Le mouvement de l'eau par capillarité (la remontée de l'eau) prendra plusieurs semaines pour se rétablir (fig. 12). La germination de la semence dans ce milieu sera donc inégale puisque l'eau doit être présente pour initier le processus.

En somme, la confection d'un lit de semence trop émietté et trop profond apporte au sol une modification de sa structure, ce qui influencera toutes les autres propriétés

* Foisonnement: augmentation de volume apparent du sol.

TABLEAU 2. Sol bien structuré vs sol massif, dur.

FRIABLE ET STABLE		STRUCTURE MASSIVE, EN CROÛTE
Propriétés physiques		
favorables		défavorables
adéquat	Drainage	mauvais
bonne	Aération	mauvaise
bonne	Rétention d'eau	trop élevée
faible	Densité apparente	élevée
Impacts sur les travaux culturaux		
plus facile	Travail du sol	très difficile
plus longue et plus tôt	Durée des travaux	très courte et plus tard
plus facile	Facilité de récolte	très difficile
Impacts sur la végétation		
	Enracinement	
excellents	Développement	médiocres
	Rendements	
	Revenus \$\$\$	
Impacts sur les ressources sol et eau		
Conservation du milieu = qualité de vie actuelle et future		Dégradation du milieu = pollution

du sol. Peux-tu énumérer 4 propriétés physiques qui seront affectées?

.....

.....

À partir de ces propriétés, **peux-tu prévoir les conséquences sur les éléments ci-après?** Par la suite, tu pourras analyser tes réponses à l'aide du tableau 2.

- **Le travail du sol:**
-
-
- **La végétation:**
-
-
- **Les ressources sol et eau:**
-
-

En général, l'épaisseur du lit de semence ne devrait pas dépasser 2 fois la profondeur du semis (1). Le tableau 3 te présente la dimension du lit de semence pour quelques cultures.

(1) Denis Côté, Les secrets d'un bon lit de semence, Colloque sur les plantes fourragères, C.P.V.Q., 17 avril 1988.

TABEAU 3. Répartition en % de la dimension des mottes du lit de semence pour différentes cultures.

Cultures	Plus grand 8 cm	Entre 8 et 4 cm	Entre 4 et 1 cm	Plus petit 1 cm
Maïs	0 %	25 %	75 %	peu ou pas
Céréales	0 %	20 %	35 %	45 %
Plantes fourragères	0 %	10 %	15 %	75 %

SOURCE: Adapté de E. Dalleine, *Les façons en travail du sol*, Tome IV, CNEEMA, France, 1980.

L'état du lit de semence dépend donc des propriétés physiques du sol. Dans certains cas, tu devras faire des compromis; par exemple, pour des sols plus sujets à la battance, à l'érosion et au manque d'aération, l'ameublissement sera plus motteux.

À BON SEMIS, BONNE RÉCOLTE. On n'insistera jamais assez sur l'importance du lit de semence pour la conservation des sols et de l'eau. Sa préparation affectera l'activité biologique du sol qui est essentielle à toute production végétale.

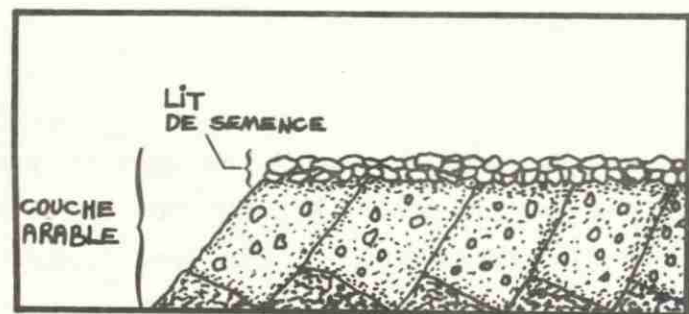


Fig. 13 Partie du sol travaillée par les instruments primaires.

2.2 La couche arable

Le terme **arable** signifie susceptible d'être labouré. La couche arable est ce que nous appelons communément le sol. Elle repose sur le sous-sol. Arbitrairement, on lui donne une épaisseur de 25 cm car on se réfère à la partie du sol travaillée par les instruments primaires tels la charrue et le chisel (fig. 13).

Selon toi, si l'on se basait uniquement sur la profondeur des interventions des instruments primaires, pourrait-on diminuer l'épaisseur de la couche arable? Pourquoi?

.....

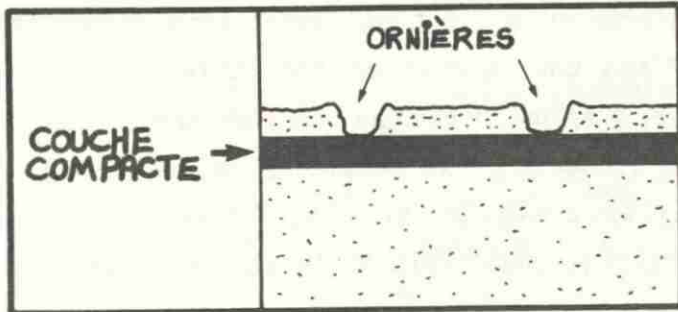


Fig. 14 Le temps et les nombreux passages de la machinerie peuvent amener la formation d'une couche compacte.

La couche arable est la partie du sol la plus influencée non seulement par le travail primaire et superficiel du sol, mais aussi par la biologie du sol (racines, micro-organismes, vers de terre), les amendements (chaux, matière organique), les fertilisants, les facteurs climatiques, etc.

Ses rôles sont fondamentaux: approvisionnement en eau, en éléments nutritifs, en air pour les plantes et les organismes du sol. Par tes façons culturales* (fig. 14), tu peux donc grandement influencer cette couche et même la couche sous-jacente, c'est-à-dire le sous-sol.

2.3 Le sous-sol

Il se situe sous la couche arable. Son épaisseur est très variable, de mince à très profond. À cette profondeur de 25 cm et plus, **quelles sont les interventions qui peuvent influencer ce milieu?**

En as-tu trouvé deux? C'est bien. En effet, l'intervention humaine qui se traduit par le drainage souterrain, le poids et le passage de la machinerie (milieu trop humide), le travail profond du sous-sol (ex.: sous-solage); l'intervention du milieu végétal par son système racinaire (fig. 15).

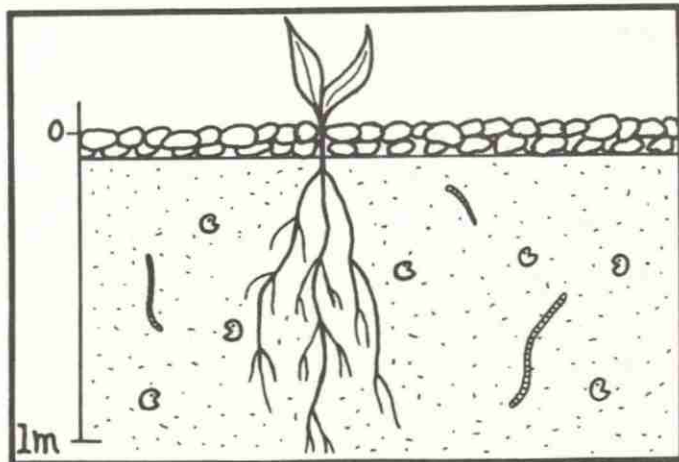


Fig. 15 Le système racinaire peut influencer le sous-sol.

* Façon culturale: tout ce qui concerne le travail du sol à l'aide d'instruments.

Cette zone plus profonde du sol est également très importante pour le végétal: c'est une réserve en eau utile. C'est la "route" où passe le surplus d'eau pour alimenter la nappe d'eau (porosité de drainage); c'est aussi une réserve (faible) en éléments nutritifs; c'est le site de l'élimination du surplus d'eau par drainage souterrain si le sol et le sous-sol sont perméables.

Le sous-sol peut être naturellement tassé. Mais, en général, ce tassement résulte des actions exercées sur le sol par les différentes machines et les animaux. Si le sol se tasse, il n'est pas facile d'intervenir à cette profondeur. De plus, les agents climatiques tels le gel et le dégel ont peu d'influence pour réparer l'état de compaction.

Tu dois donc chercher à réaliser tes opérations culturales dans les périodes favorables. Tu dois aussi te rappeler que la pratique du travail minimal du sol le rend plus résistant au tassement. La connaissance de la texture de tes sols, de leur structure et de leur humidité t'aidera à déterminer le bon moment pour aller dans le champ.

Avant 1'heure, ce n'est pas 1'heure!

3. LES PROPRIÉTÉS DU SOL QUI CONDITIONNENT SON TRAVAIL

Par expérience, tu sais que l'humidité du sol influencera le moment des travaux au champ. Celle-ci entraîne une réaction en chaîne: elle affectera la température du sol, la cohésion et l'adhésivité du sol et l'efficacité de ta machinerie.

3.1 L'humidité du sol

Dans une optique large, nous pourrions répondre que seul le contenu en eau du sol détermine le moment de travailler le sol. En effet, les jours de travail sont d'abord fonction des précipitations mais aussi et surtout des propriétés mêmes du sol, comme l'illustre le tableau 4.

Comme tu peux le constater, il sera beaucoup plus difficile de travailler un sol tassé, de le semer, de l'entretenir et de le récolter car son contenu en eau sera la plupart du temps trop élevé. Les possibilités d'aggraver son état structural seront également très élevées, surtout si on le travaille à chaque année.

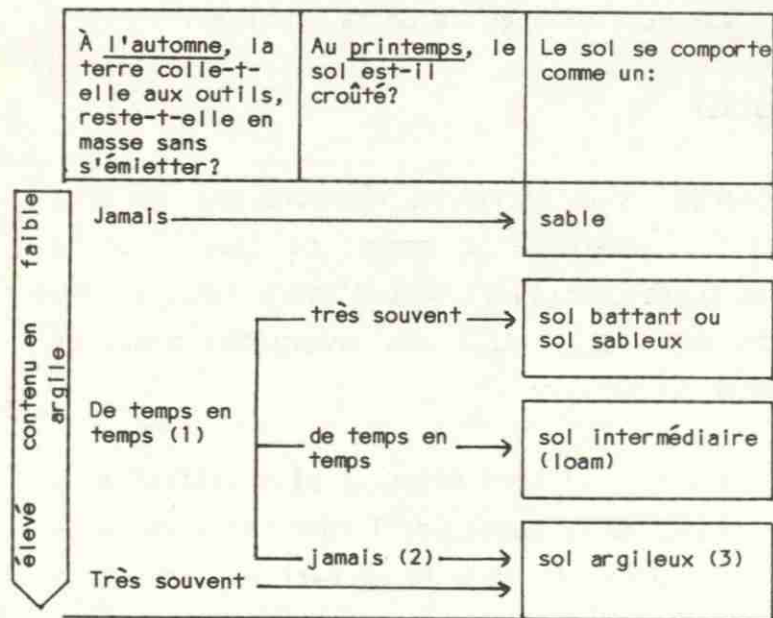
Tu te souviens, à la leçon 2, nous avons affirmé: "Pour chaque sol, il y a une humidité optimale pour une compaction maximale: seuil à ne jamais atteindre en agriculture." **Selon toi, quel est le taux d'humidité favorable au travail du sol?**

.....

TABEAU 4. Comportement de l'eau dans deux sols argileux: l'un structuré, l'autre compact; leurs conséquences sur le travail du sol.

Propriétés	Argile structurée	Argile compacte
Texture	identique	identique
Infiltration	bonne	très faible
Perméabilité	bonne	très faible
Rétention d'eau	bonne	très élevée
Travail du sol	tôt	tard
Gel du sol	tôt	tard
Température du sol	normale	basse
Durée pour travail du sol	normale	courte

Il y a deux façons de procéder, non pas pour déterminer le taux d'humidité du sol, mais pour apprécier son état ou son comportement selon son humidité: l'appréciation par manipulation ou par indice textural.

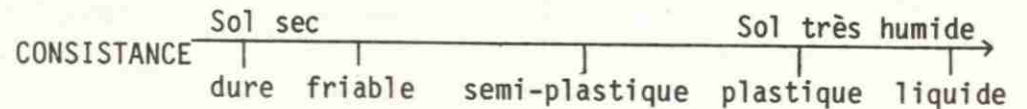


- (1) À l'automne, le sol colle aux instruments de temps en temps.
 (2) Cependant, au printemps, sur ce sol, on n'observe pas de croûtage.
 (3) Le sol se comportera comme une argile.

Fig. 16 Évaluation du comportement des sols à l'automne et au printemps.

3.1.1 Détermination de l'humidité du sol par manipulation

L'appréciation de l'humidité du sol par manipulation réfère à la consistance du sol. Cette dernière est la résistance du sol à la déformation ou à la rupture ou, en d'autres mots, le degré de cohésion ou d'adhésivité du sol. Elle se définit en ces termes: dure, friable, semi-plastique, plastique.



À l'aide de la figure 16, tu peux, dans un premier temps, évaluer si le sol se comportera comme:

- un sable;
- un sol battant ou sableux;
- un sol intermédiaire;
- un sol argileux.

As-tu réalisé que le comportement du sol est relié à sa texture et naturellement à sa structure? Tu peux donc établir le comportement de tes sols pour chaque champ à l'aide des questions suivantes:

- Quel est le contenu en argile?
- À l'automne, la terre colle-t-elle aux outils, reste-t-elle en masse sans s'émietter?
- Au printemps, observes-tu de la battance, la formation de croûte?

Ces informations peuvent être ajoutées au plan de ta ferme.

Si tu as bien compris ce schéma, tu constates qu'il sert à déterminer principalement les sols à comportement intermédiaire car le sable et l'argile sont très bien identifiés.

En second lieu, tu peux étudier le dessin en couleurs pour te familiariser avec les quatre consistances du sol; il est présenté à l'annexe I de cette leçon. Bien sûr, ce test s'effectue au champ et à différentes profondeurs. Tu pourras aussi apprécier visuellement la structure de tes sols.

L'humidité des différents horizons sera évaluée à la main en tentant de faire des boulettes avec des poignées de terre prélevées à différentes profondeurs ou en essayant de démolir des mottes.

C'est cette méthode qui permet d'identifier rapidement l'état réel du sol et de détecter la présence de zones trop humides en profondeur. Un exemple te permettra de mieux la comprendre.

Exemple

Paul a un sol qui contient 22 % d'argile. En période humide, le sol adhère de temps en temps aux outils. En surface, on observe quelquefois le phénomène de battance.

En manipulant une motte de terre pour déterminer le temps des travaux, Paul constate que le sol est modelable*. Doit-il travailler immédiatement ce sol?

Si tu as trouvé que toute intervention était à proscrire, bravo! Sinon, revois cette partie de leçon et fais plusieurs essais.



Fig. 17 Comportement du sol par rapport à son humidité.

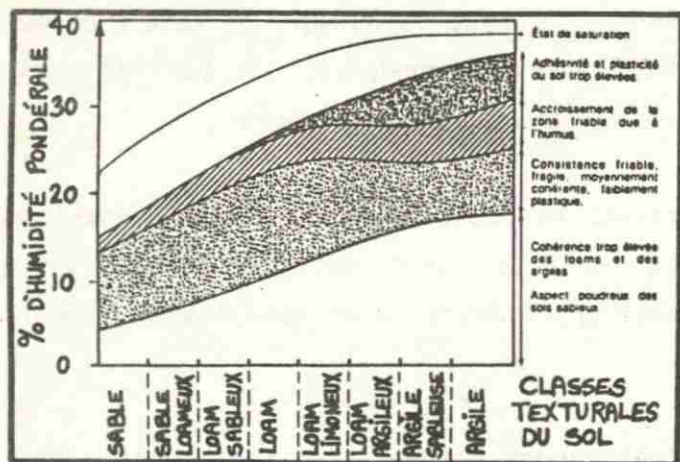


Fig. 18 Influence de la teneur en eau et de la texture sur les possibilités de travail du sol.

SOURCE: Denis Côté, C.P.V.Q., Agdex 517.

3.1.2 Détermination de l'humidité du sol par sa texture

La deuxième façon est de se baser sur la texture du sol. Mais cela suppose une bonne connaissance des types de sol que tu retrouves sur ta ferme et de leur comportement selon l'humidité (fig. 17). Bien entendu, cette approche tient compte des données pluviométriques locales.

La figure 18 t'est sans doute familière car nous l'avons étudiée à la leçon 2. En l'analysant à nouveau, tu seras plus en mesure de constater que plus le contenu en argile du sol augmente, plus l'humidité conditionnera le temps des travaux. Le tableau 5 t'apportera plus de précisions.

* Modelable: sol auquel on peut donner différentes formes semblables à de la pâte à modeler.

TABEAU 5. Indice approximatif du contenu en eau du sol pour différentes consistances selon la classe texturale.

CLASSES TEXTURALES	CONTENU EN EAU (%)		
	consistance: dure	friable	plastique
SABLE	(grains) 5	5 à 13	non plast.
LOAM	12	12 à 22	22
ARGILE	16	16 à 23	23

De plus, tu as sans doute observé que si les sols sont bien pourvus en matière organique, la zone friable augmente de 5 à 6 %. Prenons comme exemple les loams: la zone friable qui était de 12 à 22 % d'humidité passe de 12 à 28 %.

Tu sais, on ne peut pas déterminer l'humidité du sol uniquement à partir de la cabine de son tracteur, ni le temps des travaux du sol à partir de l'activité aux champs de ses voisins. Rappelle-toi que l'humidité du sol est déterminante pour favoriser la conservation des sols et de l'eau ou sa dégradation.

3.2 La température du sol

Tes observations t'ont également appris que la température du sol est déterminante pour le développement du végétal. Les aménagements réalisés dans tes champs (drainage souterrain et de surface) et tes façons culturales influenceront la température des sols car tout ce qui modifie le contenu en eau du sol affecte sa température. Dans le sol, l'élément le plus difficile à réchauffer, qui demande le plus d'énergie, est l'eau.

Si tes sols contiennent trop d'eau au printemps, ils auront besoin d'une grande quantité d'énergie pour changer leur

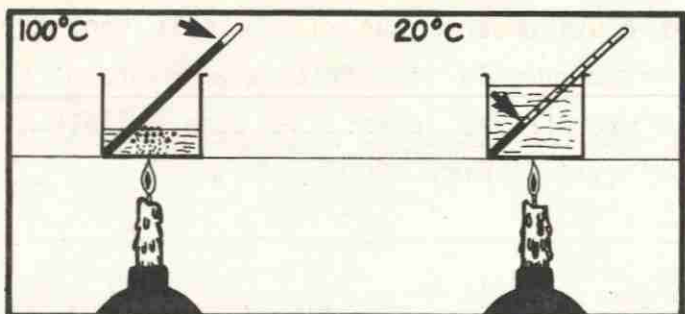


Fig. 19 Un sol trop humide demande beaucoup d'énergie pour se réchauffer.

TABLEAU 6. Estimation du réchauffement ou du refroidissement des sols.

Classes texturales	Saisons	Réchauffement	Refroidissement
SABLES	printemps risque de gel automne	plus rapide	plus élevé plus rapide
LOAMS	printemps risque de gel automne	rapide	élevé rapide
ARGILES STRUCTURÉES	printemps risque de gel automne	moins rapide	moins élevé lent
SOLS TASSÉS	printemps automne	très lent	très lent

température (fig. 19) et cela prendra plus de temps. Pour ces raisons, on les appelle souvent des sols froids. À l'inverse, à l'automne, ils prendront plus de temps à se refroidir (tableau 6).

Selon toi, les façons culturales influencent-elles le contenu en eau du sol? Pourquoi?

.....

.....

Tu hésites peut-être à répondre. Si ces opérations culturales sont faites dans de bonnes conditions de sol et au bon moment, en respectant les caractéristiques du sol, la réponse est affirmative. Tu n'as qu'à repenser à certaines interventions tel le hersage.

Par exemple, tu désires établir le lit de semence maïs, également, tu veux diminuer l'humidité et ainsi favoriser le réchauffement de cette couche de sol. Le hersage, en émiettant cette couche, augmente l'aération et active l'évaporation de l'eau. L'humidité diminue et les changements de température sont plus rapides.

Avant 1'heure, ce n'est pas 1'heure!

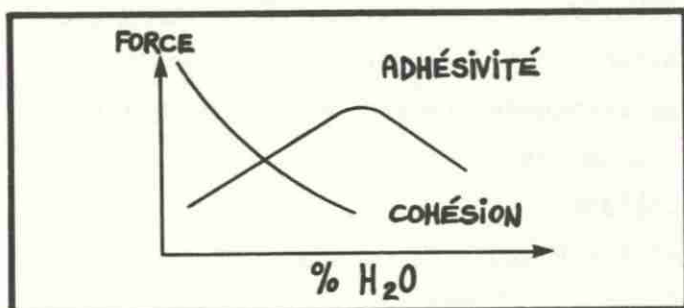


Fig. 20 Influence de l'eau du sol sur la cohésion et l'adhésivité.

TABEAU 7. Caractéristiques du sol selon le contenu en eau.

CONTENU EN EAU DU SOL	0 % ——— à ———> 40 %
ÉTAT DU SOL	sec ——— à ———> saturation
CONSISTANCE	dure ——— friable ——— plastique ———>
COHÉSION	très élevée ← ——— très faible ———
ADHÉSIVITÉ	nulle ———> très élevée

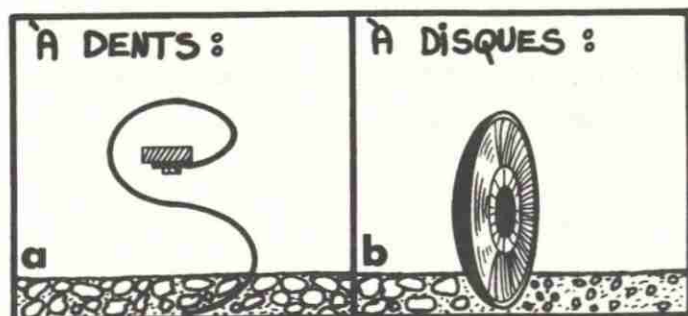


Fig. 21 Influence des instruments dans le travail du sol.

3.3 La cohésion et l'adhésivité

Ici encore, l'eau déterminera l'importance de ces forces (fig. 20) à l'exception des véritables sables où la cohésion est à toute fin pratique inexistante (grains individuels non reliés entre eux).

Les sols contenant suffisamment de matériaux fins auront les caractéristiques énumérées ci-après selon leur contenu en eau apparaissant au tableau 7.

Un sol friable = cohésion faible et adhésivité faible

- Les instruments sont efficaces pour ameublir les sols (émietter, fragmenter)
- L'adhésivité du sol aux instruments est faible (le sol ne colle pas)
- Il y a peu ou pas de lissage par les instruments qui tranchent (découpent) le sol

Un sol dur = cohésion très élevée et adhésivité nulle

- Les instruments à dents (fig. 21 a) créent de grosses mottes s'ils travaillent trop profondément
- Les instruments à disques (fig. 21 b) ou mus par la prise de force créent un excès de terre fine

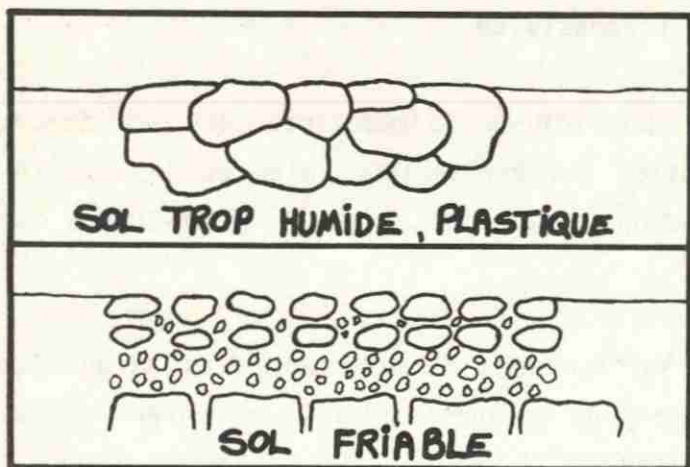


Fig. 22 Les effets d'un instrument sont bien différents selon l'humidité du sol.

Un sol plastique = cohésion réduite et adhésivité très élevée

- Les instruments déforment le sol sans l'émietter
- La terre fine déjà existante reforme des mottes qui deviendront très dures en séchant
- Le sol est très collant
- Le lissage par les instruments est à son maximum
- Le sol et le sous-sol se tassent

L'état du sol détermine son comportement vis-à-vis les roues du tracteur et les pièces travaillantes des outils. Tu pourras, avec le même tracteur et le même instrument, obtenir des résultats très différents des points de vue traction ou tassement par les roues selon l'humidité du sol (fig. 22).

3.4 La traction et le flottement de la machinerie

3.4.1 Importance de la pression de contact des pneus

Porter, tirer, pousser, ne pas tasser: un ajustement des machines difficile à obtenir. **Lorsque tu commandes un tracteur neuf, sur quels points insistes-tu auprès du dépositaire?**

.....

As-tu considéré les pneus du tracteur? En général, le tracteur est livré avec des pneumatiques plus intéressants pour le

fabricant. Lors du renouvellement, ici encore, on recherche souvent les économies tant au niveau des fournisseurs et des marques et on oublie que les pneus font partie intégrante des outils qui travailleront les sols dans toutes sortes de conditions.

La recherche de pneumatiques qui peuvent supporter de lourdes charges tout en restant gonflés à des pressions acceptables (1 à 1,5 bar) devrait être ton objectif lors des achats. Évidemment, tu dois connaître le poids réel par essieu de ton tracteur ainsi que son poids en charge.

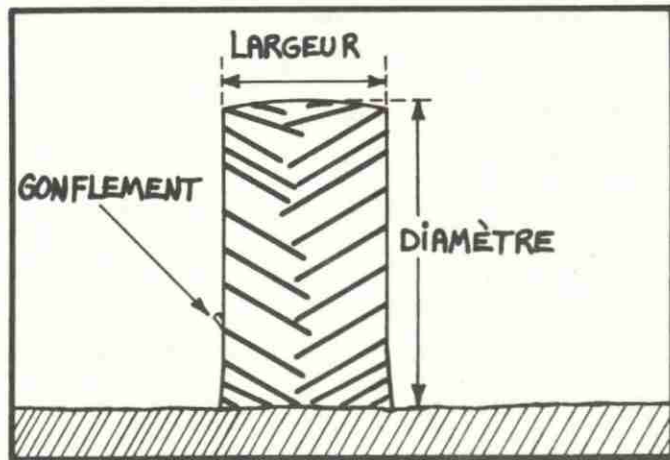


Fig. 23 Variables qui influencent la pression de contact.

Lors de l'étude de la compaction du sol à la leçon 2, nous avons mentionné: "La variable importante qui détermine la compaction est, non pas la charge totale du véhicule, mais le rapport entre la partie du poids de la machine agissant sur chaque roue et la surface de contact avec le sol. C'est ce que l'on appelle la **pression de contact** (fig. 23). Elle variera en fonction du diamètre, de la largeur et de la pression de la carcasse des pneus.

Maintenant, tu saisis mieux toute l'importance que l'on doit accorder aux pneus de la machinerie. En effet, tu veux éviter la compaction du sol et du sous-sol et tu veux que ton tracteur soit le plus performant possible.

TABEAU 9. Répartition du poids du tracteur (avant-arrière) selon ses caractéristiques.

Tracteur	% poids avant	% poids arrière
2 roues motrices	25 %	75 %
2 roues motrices avec roues auxiliaires avant	40 %	60 %
4 roues motrices	60 %	40 %

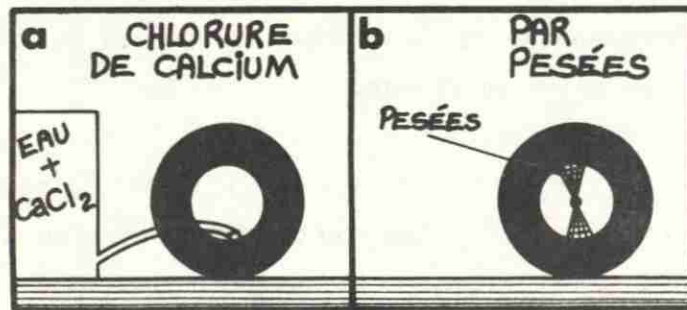


Fig. 24 Lestage des roues par du chlorure de calcium ou par pesées.

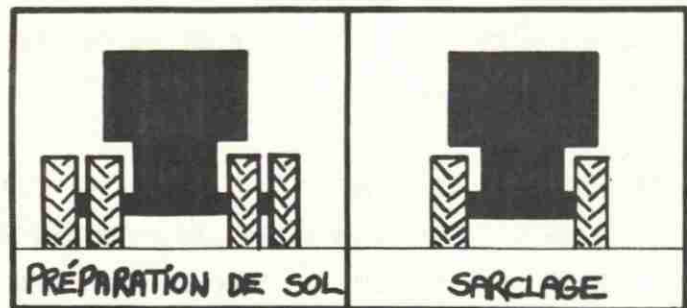


Fig. 25 Montage en jumelage ou simple.

Examine attentivement le tableau 8 à la page 25. Tu y trouveras les informations suivantes:

- la charge maximale supportable sans dégâts par le pneumatique et sa pression de gonflage;
- les pressions suggérées pour éviter la dégradation des sols et assurer la traction et l'adhérence au sol selon les travaux (entretien des champs vs préparation du sol).

La répartition du poids de ton tracteur entre l'avant et l'arrière est aussi importante. Elle devrait être déterminée selon les caractéristiques apparaissant au tableau 9.

As-tu réalisé que le poids du tracteur variera en fonction des travaux que tu fais? Si tu as utilisé du chlorure de calcium (solution de CaCl_2) pour lester les roues, comment pourras-tu changer le poids du tracteur selon les travaux que tu veux réaliser? Et dans des sols légers et des sols lourds, que faire?

L'utilisation de solution calcique (CaCl_2) n'est pas assez flexible comparativement au lestage par pesées (fig. 24): tu peux, en peu de temps, réduire ou augmenter le poids par essieu selon le travail que tu effectueras, tout comme tu peux ajouter ou enlever un montage en jumelage (fig. 25).

TABLEAU 8. Pressions (bar) et charges (kg) correspondantes.

DIMENSIONS	Indice de charge symbole de vitesse A8 = 40 km/h	Utilisation sur tracteurs agricoles									Sur automotrices, engins de récolte à vitesse maxi 8 km/h	
		Montage en simple				Montage en jumelage						
		Champs et déplacements (5) entre fermes et champs jusqu'à 30 km/h			Route à vitesse maxi 40 km/h		Pour préparation du sol et réduction du tassement					Pour travaux avec gros efforts de traction
					avec outil porté	avec remorque semi-portée						
		PRESSIONS										
1,6	1,2	0,9 MINI	1,6	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	2,4			
Charges maxi admissibles par pneumatique en kg												
16.9 R 30	137 A8	2460	2000	1630	2300	1060	1300	1630	1760	1980	3450	
16.9 R 34	139 A8	2600	2150	1740	2430	1140	1400	1620	1850	2050	3645	
18.4 R 34	144 A8	3000	2200	1640	2800	940	1260	1580	1920	2250	4200	
12.4 R 36	124 A8	1710	--	--	1600	--	--	--	--	--	2400	
13.6 R 36	127 A8	1870	--	--	1750	--	--	--	--	--	2625	
13.6 R 38	128 A8	1925	1590	1320	1800	900	1080	1260	1400	1550	2700	
15.5 R 38	134 A8	2270	1860	1560	2120	1040	1260	1450	1640	1820	3180	
16.9 R 38	141 A8	2755	2200	1780	2575	1120	1400	1670	1900	2150	3860	
18.4 R 38	146 A8	3210	2630	2200	3000	1440	1760	2050	2300	2570	4500	
20.8 R 38	153 A8 *	3905	3150	2550	3650	1630	2020	2400	2750	3050	5475	

(5) Pour déplacements fréquents, il est recommandé de majorer les pressions de 0,3 bar minimum.

Remarques:

- Pour mesurer les charges par pneu, il est impératif de peser le tracteur-outil attelé et relevé.
- En jumelage, les charges et pressions indiquées s'entendent pour des pneumatiques radiaux de même dimension.
- En cas de déjumelage, ne pas oublier de regonfler à la pression d'utilisation en simple.
- Se reporter aux généralités techniques, aux recommandations de mise en service et d'utilisation.
- Nos prescriptions ci-dessus sont fournies sous réserve de modifications postérieures à la date de diffusion de ce tableau.

Exemple de marquage

20.8 R 38
 grosseur de boudin ---
 carcasse radiale ---
 diamètre de la jante ---

153 A8 *
 --- pression 1.6 bar
 --- symbole vitesse A8 = 40 km/h
 --- indice de la capacité par pneu = 3 650 kg

N.B. 1 bar = 14.5 lb/po²

SOURCE: Jacques Carrière, "Pour trouver chaussure à son pied", publié dans Cultivar, spécial mécanisation, no 228, France, 1er mars 1988, p. 41.

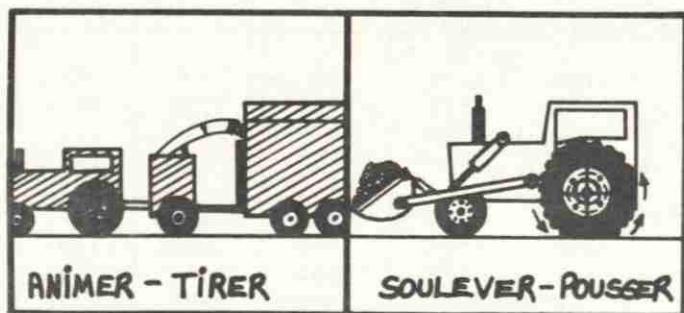


Fig. 26 L'usage du tracteur est diversifié.

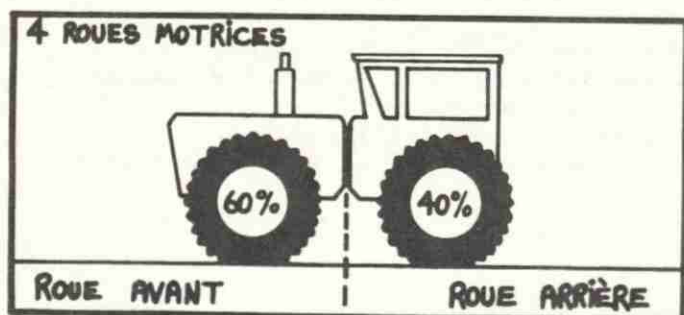


Fig. 27 Dérèglement excessif dû au manque de charge.

En y réfléchissant, les pneus de chaque instrument seront déterminants sur le "stress" imposé au sol: ils influencent la dégradation ou la conservation des sols. Autrefois, les bennes (caisson pour le transport) utilisées offraient des pressions pouvant atteindre 8 à 20 bars. Aujourd'hui, on se préoccupe davantage de la pression de contact avec le sol en misant sur le nombre de roues avec des pressions plus basses, les roues de type tandem, l'essieu suiveur.

3.4.2 Autres considérations

- Le pneu du tracteur a non seulement à supporter une charge mais doit aussi tirer, pousser, soulever, tirer des charges avec tous les efforts causés par leur résistance (fig. 26). Le pneu radial surpasse le pneu à carcasse diagonale puisqu'il offre une plus grande surface de contact avec le sol: l'adhérence du pneu avec le sol est augmentée.
- Concernant un tracteur à quatre roues motrices, l'essieu avant doit être chargé pour apporter une adhérence maximale (fig. 27) et la vitesse périphérique des pneus avant doit être de 2 à 4 % plus élevée que celle des pneus arrière.

Exemple

Yvan a renouvelé les pneus avant de son "quatre-roues motrices" tout en constatant que l'usure des pneus arrière est avancée. Comment le tracteur se comportera-t-il sous la charge?

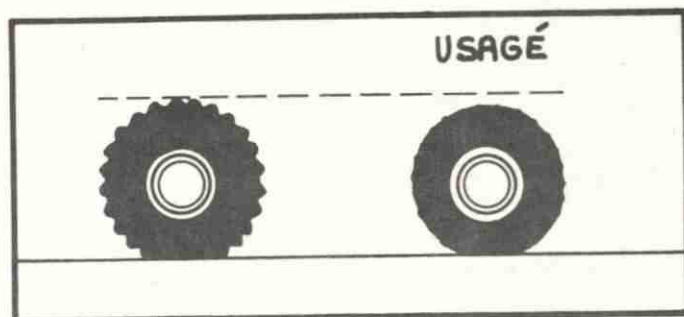


Fig. 28 Un pneu usagé accentuera les glissements.

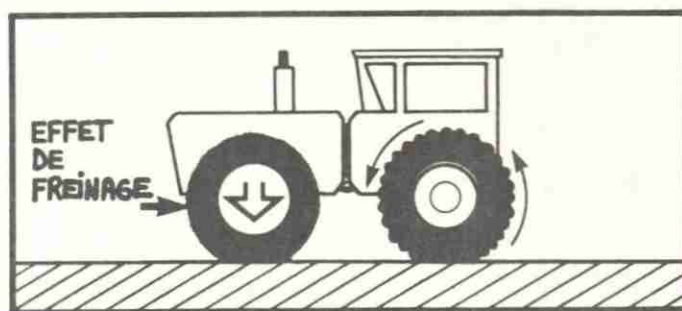


Fig. 29 Diminution de l'effet de traction car la vitesse périphérique des pneus avant est égale à celle des pneus arrière.

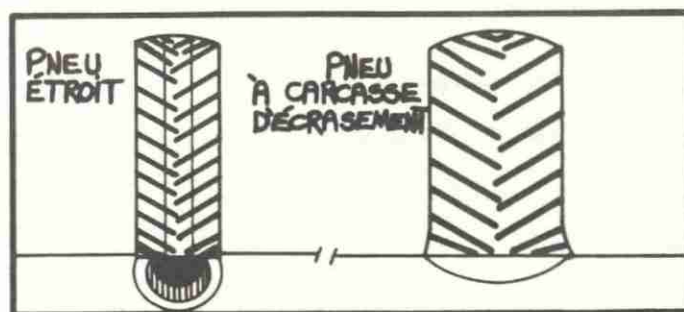


Fig. 30 Un pneu étroit a une surface de contact de 2 à 3 fois plus faible qu'un pneu classique pour un même poids.

Gédéon, lui, a fait l'inverse: des pneus neufs à l'arrière et des usagés à l'avant. Quelle sera la performance du tracteur?

Les deux situations ne sont pas désirables. La première accentuera les glissements à l'avant: la vitesse périphérique (2 à 4 % supérieure) sera augmentée car un pneu neuf a une circonférence supérieure à un pneu usagé (fig. 28). Le "commandement" des roues (différentiel) restera le même mais il sera ajusté sur les roues arrière qui sont usées.

Dans le deuxième cas, Gédéon possède toujours un 4 x 4 mais non efficace. Les pneus avant diminueront l'effet de traction au lieu de l'améliorer car la vitesse périphérique est égale ou inférieure à la vitesse des pneus arrière. Les roues avant exercent un effet de freinage (fig. 29).

- Le dérapage excessif d'un tracteur (supérieur à 15 %) produit une perte d'efficacité, une usure prématurée des pneus et la destruction de la structure du sol.
- Pour une même charge, un pneu étroit a une surface de contact de 2 à 3 fois plus faible qu'un pneu classique et beaucoup plus si le pneu choisi possède les possibilités d'écrasement sans danger pour la carcasse (fig. 30).

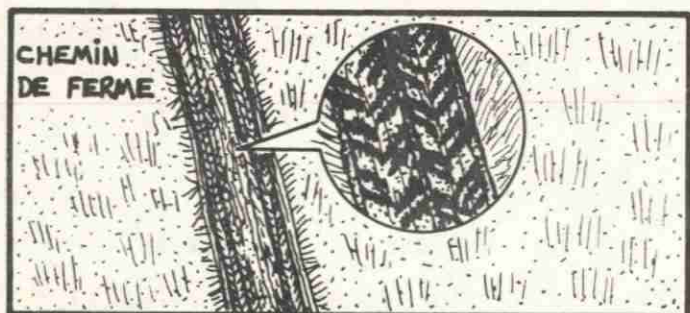


Fig. 31 La circulation au même endroit est préférable à la dilution des passages sur l'ensemble du champ.

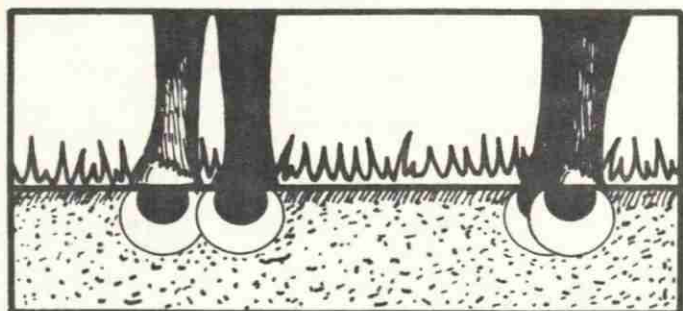


Fig. 32 Les animaux aussi peuvent causer du tassement au sol.

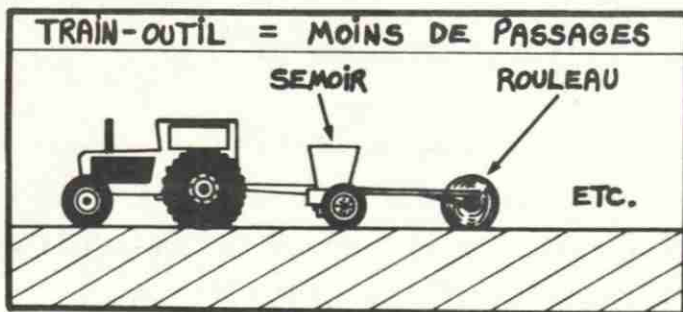


Fig. 33 L'utilisation de train-outil diminue le nombre de passages sur le sol.

- La circulation au même endroit est préférable à la dilution des passages sur l'ensemble du champ (fig. 31).
- La circulation contrôlée (plan de circulation dans un champ) peut diminuer la superficie couverte par les passages de pneus de 70 % à 20 % dans une luzernière (1).
- L'accessibilité des animaux au champ devrait tenir compte de la capacité portante du sol car un sol trop humide est très sensible au tassement (fig. 32).
- Les journées favorables au travail du sol sont peu nombreuses; il faut donc être prêt et organisé.
- L'utilisation de train-outil diminue le nombre de passages sur le sol (fig. 33).

Des pneumatiques bien adaptés à l'équipement favoriseront la conservation des sols et de l'eau.

(1) Denis Côté, Les secrets d'un bon lit de semence, Colloque sur les plantes fourragères, C.P.V.Q., 1988.

4. EFFETS DU TRAVAIL DU SOL SUR SES PROPRIÉTÉS

Tes interventions au champ peuvent être favorables à la conservation des sols et de l'eau. Il se peut aussi qu'elles ne le soient pas. Si tel est le cas, es-tu conscient que tout changement dans les propriétés du sol influencera les travaux au champ, la végétation, la vie et la fertilité du sol, la rentabilité de ton exploitation et l'environnement? Pour t'en convaincre, examine bien le tableau 10 à la page suivante.


Tu connais sûrement l'importance des conditions du milieu (température, humidité, eau, air, alimentation, espace, etc.) sur les performances d'un animal. D'ailleurs, à quoi servirait l'investissement de temps et d'argent pour l'achat d'animaux à potentiel génétique élevé si leur environnement ne permet pas d'obtenir la productivité tant souhaitée?



Fig. 34 Tes interventions doivent concourir à garder le sol vivant.

Il en sera de même pour la semence (fig. 34). Comme le sol représente le milieu dans lequel elle doit se développer, ce dernier doit lui fournir toutes les conditions favorables. **Rappelle-toi qu'un bon lit de semence est essentiel pour le développement du végétal, mais aussi pour maintenir dans le sol une vie biologique équilibrée et active.** Celle-ci sera déterminante car elle contribuera aux apports en éléments nutritifs et au développement ou au maintien de la structure du sol et de sa stabilité.

TABLEAU 10. Conséquences du travail du sol et de son utilisation.

LE TRAVAIL DU SOL ET SON UTILISATION PEUVENT	
favoriser et conserver	endommager et détruire
Les propriétés physiques du sol seront	
bonnes	mauvaises
Les travaux au champ seront	
plus faciles	très difficiles
Le milieu (sol-air-eau-biologie) se	
conservera et s'améliorera	détruira
La végétation sera	
active et abondante	malade et peu abondante
	
La vie dans le sol sera	
équilibrée et très active	déséquilibrée ou inexistante
	
La fertilité du sol sera	
abondante et disponible	non disponible et déséquilibrée
	
La ferme sera	
progressive	??? (coûts de production)
L'environnement sera	
sain et actif dans le recyclage des produits	pollué et dégradé
	

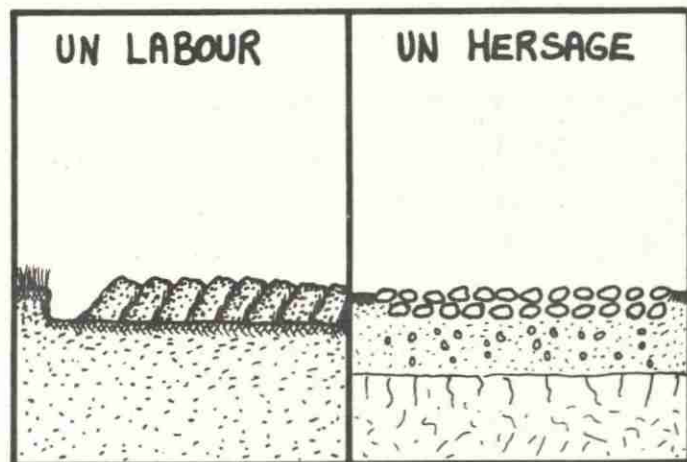


Fig. 35 Dans le choix d'un instrument, on doit aussi considérer ses effets sur le sol.

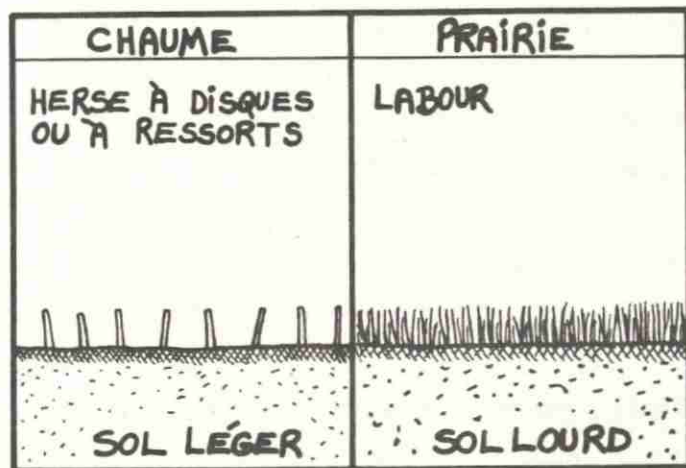


Fig. 36 Le sol et la végétation influencent aussi le choix de l'instrument.

5. LES INSTRUMENTS

La diversité des outils en travail du sol est si grande qu'il serait hasardeux de vouloir décrire chacun d'eux. Comme chaque année de nouveaux outils apparaissent sur le marché, il est sans doute plus approprié de faire l'examen des effets des instruments. En effet, **le choix d'un instrument doit tenir compte du type de sol, des cultures à ensemer, des pratiques culturales et des effets de l'instrument sur le sol à court et à long terme** (fig. 35 et 36).

Prenons un exemple. Anne-Marie et Pierre-Luc sont deux producteurs de maïs-grain. Anne-Marie pratique, tout comme Pierre-Luc, la monoculture. Cependant, Pierre-Luc ne laboure pas; il utilise les instruments qui favorisent les résidus de surface. Avec le temps, Anne-Marie expose davantage ses sols à la dégradation à cause des labours répétés. **Selon toi, est-ce que l'instrument est responsable de cette dégradation?**

Si tu as répondu non, tu as raison. Dans les deux cas, le système de culture est inadéquat et l'utilisation répétée de la charrue expose davantage le sol aux effets du climat (automne-printemps). Comme tu vois, ce n'est pas l'instrument lui-même qui est responsable mais l'utilisation exagérée que nous en faisons.

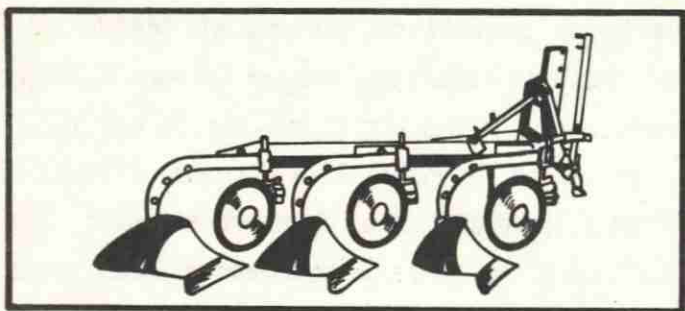


Fig. 37 La charrue permet d'enfourir les résidus et la végétation.

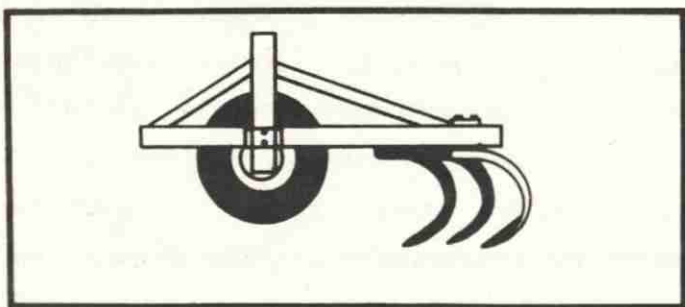


Fig. 38 Le chisel incorpore une partie des résidus et offre une protection de surface contre la battance et le ruissellement.

5.1 Les opérations culturales primaires

Ces opérations comprennent le labour conventionnel effectué avec la charrue à corps et les préparations de base faites avec d'autres instruments tels le chisel, le cultivateur lourd, la charrue à disques, la charrue tronquée, etc. On les appelle primaires parce que ce sont des opérations de base qui seront suivies par d'autres, tel le hersage, pour établir le lit de semence.

Selon l'outil employé, ces opérations culturales permettent:

- d'enfourir la végétation ou les résidus de récoltes (fig. 37);
- d'incorporer les résidus de végétation et d'offrir une protection de surface contre la battance et le ruissellement (fig. 38);
- d'incorporer les amendements et les fertilisants;
- d'ouvrir le sol pour l'aérer et l'ameublir.

En général, les façons culturales primaires gagnent à être effectuées à l'automne sur les sols argileux. Ainsi, le sol sera exposé aux différents cycles de gel et de dégel qui exerceront un effet d'émiettement semblable à un hersage et qui éviteront les problèmes de traction au printemps et de semis trop tardifs.

Les sols sensibles à l'érosion et à la battance seront moins exposés si la végétation ou les résidus de surface les protègent pendant les périodes critiques (automne - hiver - début printemps), c'est-à-dire s'il n'y a pas d'intervention automnale.

5.1.1 Labour et autres préparations de base

Le choix de l'outil se fait selon les antécédents culturaux et le sol. **Pour les prairies et les pâturages**, la charrue à corps demeure l'instrument le plus efficace pour détruire la végétation et le feutrage* de surface (fig. 39). De plus, la charrue équipée d'une rasette permettra de réduire la profondeur du labour tout en s'assurant un recouvrement complet de la végétation (fig. 40).

Pour les retours de céréales, de maïs et de cultures sarclées, la charrue peut demeurer l'instrument primaire. Mais si tu répètes fréquemment dans les mêmes champs ces opérations, les risques de dégradation seront plus élevés. D'autres instruments devront être utilisés car ils retournent moins le sol, laissent des résidus en surface et diluent moins la matière organique. Pour ces raisons, on les nomme souvent outils de

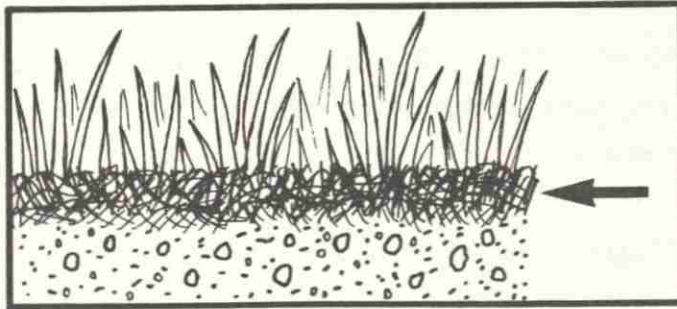


Fig. 39 Feutrage dans une prairie.

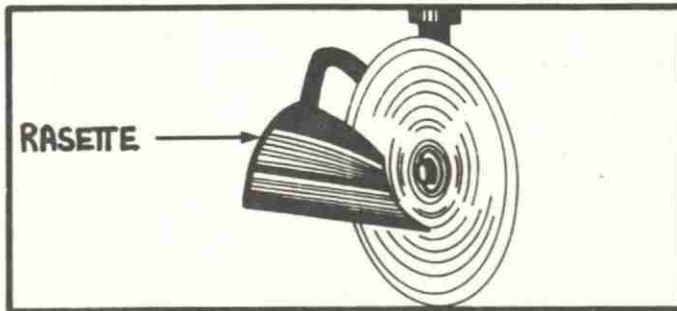


Fig. 40 Charrue munie d'une rasette.

* Feutrage: accumulation de débris organiques entrelacés en surface.

conservation du sol, par exemple le chisel, le "soil saver", le cultivateur lourd, la déchaumeuse à disques ou pulvérisateur offset, etc.

Une plus grande quantité de résidus en surface apportera plus de protection à la structure de tes sols. Mais, plus de résidus peut impliquer aussi un contrôle plus difficile des mauvaises herbes, des maladies et des insectes, un semis plus difficile et un retard dans le réchauffement du sol. Cependant, tu peux facilement t'adapter à ces contraintes.

Actuellement, tu t'interroges sans doute sur ta façon de travailler le sol et sur les outils que tu emploies en regard des rendements obtenus (annexe II, page 66). D'ailleurs, tu as peut-être comparé tes rendements avec ceux d'autres producteurs qui ont des façons culturales différentes des tiennes. Ces interrogations confirment que l'agriculture que tu pratiques doit être planifiée en tenant compte des ressources sol et eau. Voyons quelques mises en situation.

Exemple 1

Marie-Ève a établi une rotation des cultures qui lui offre un contrôle adéquat des mauvaises herbes, des maladies et des insectes. Elle utilise des pesticides seulement aux endroits où son système cultural n'exerce pas un bon contrôle; jamais elle ne fait une application généralisée dans ses champs sans les avoir inspectés pour en apprécier la nécessité.

Exemple 2

Yvan a ajouté un broyeur de résidus à la récolteuse. Les résidus ne nuisent plus aux opérations de semis. Son frère, lui, a modifié son semoir: des coutres ont été ajoutés ainsi que des socs qui déplacent les résidus.

Exemple 3

Arsène a réalisé qu'une grande quantité de résidus de surface peuvent retarder le semis de quelques jours l'année suivante. Mais il sait qu'avec les années, les semis seront plus tôt puisque le sol conservera mieux sa structure, se drainera plus facilement et se réchauffera plus rapidement au printemps.

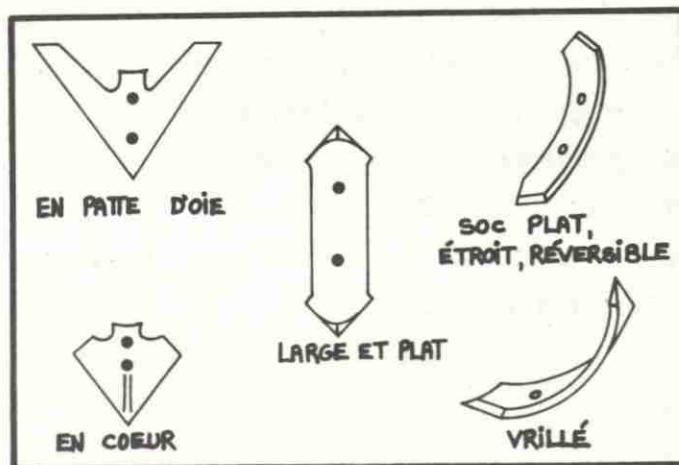


Fig. 41 Principaux socs de chisel.

Le chisel offre plus de versatilité au travail primaire du sol que la charrue à disques car il peut s'adapter à la plupart des sols grâce à un choix varié de formes et de largeurs des socs (fig. 41).

La charrue à disques devrait être utilisée surtout en sols légers et sur les sols pierreux. Tu trouveras, à l'annexe III de cette leçon, une brève description des principaux outils employés pour le travail primaire du sol, soit la charrue à disques, le chisel et la déchaumeuse à disques.

Bien sûr, il en existe plusieurs autres. Souvent, un même appareil porte des noms différents selon le manufacturier, par exemple le "soil saver", le cultivateur de conservation. Ces

TABEAU 11. Influence de la profondeur du labour sur le rendement du maïs-grain en sol argileux (moyenne de 7 ans).

PROFONDEUR (cm)	RENDEMENT (t/ha)	
	Labour d'automne	Labour de printemps
10	6,7	6,2
20	6,5	5,7
30	6,3	5,3

SOURCE: Tillage for crop production, Ontario Ministry of Agriculture and Food, 1978, Agdex 100/516.

TABEAU 12. Rendement du maïs fourrager selon différentes pratiques culturales.

ANNÉE	RENDEMENT (t/ha)		
	T1	T2	T3
1979	11,2	11,3	10,8
1980	9,9	10,1	10,4
1981	11,2	11,5	10,5
1982	10,2	11,1	10,9
1983	7,3	8,6	7,8
1984	10,1	11,0	9,2
Moyenne	10,0	10,6	9,9

T1 = Deux passages de vibroculteur à 10 cm de profondeur avant le semis.

T2 = Idem à T1 plus le billonnage.

T3 = Labour d'automne à 20 cm; vibroculteur deux fois au printemps avant le semis.

SOURCE: Denis Côté, rapporté dans La dégradation des sols au Québec, 1985.

derniers ressemblent au chisel sauf qu'ils sont équipés de coutres et qu'ils sont plus robustes. L'important est de bien connaître leurs effets sur les sols et leurs conditions d'utilisation afin d'obtenir un bon lit de semence.

Quel que soit l'instrument, toutes les interventions primaires ne devraient pas excéder 15 cm de profondeur. Une profondeur excessive n'améliore pas les rendements (tableaux 11 et 12) et apporte au sol des effets néfastes que nous avons déjà décrits.

De plus, l'instrument doit être ajusté pour diminuer la résistance à l'avancement de l'outil et le lissage du sol par l'outil, ce qui permettra d'effectuer un bon travail du sol. Tu as sûrement remarqué qu'un travail primaire mal fait exige plus de passages pour préparer le lit de semence et nécessite une plus grande profondeur (fig. 42). D'ailleurs, deux passages à une profondeur croissante est préférable à un seul passage plus profond qui laissera des mottes.

5.1.2 Le sous-solage

Cette opération a pour but de briser une couche plus dense (de 20 % supérieure) sous la couche arable à l'aide d'une sous-soleuse. On cherche ainsi à améliorer le drainage du sol et l'enracinement du végétal.

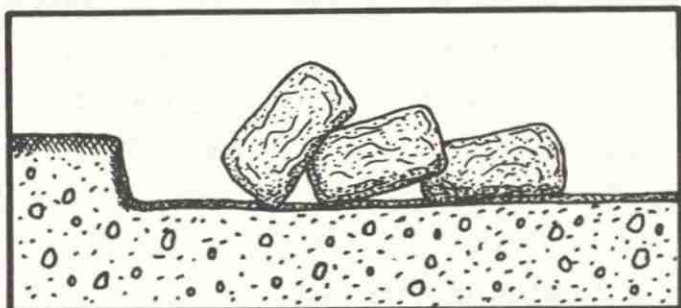


Fig. 42 Le régalage du sol est difficile.



Fig. 43 Dent de sous-soleuse.

Cependant, le succès de l'opération est douteux sous nos conditions climatiques. En effet, plusieurs études démontrent la très courte durée des effets du soulèvement (ameublissement passager, temporaire) du sol et du sous-sol provoqué par le passage de la sous-soleuse (fig. 43). Si tu y penses bien, comment le sous-sol pourrait-il conserver cet ameublissement si tu continues à le cultiver de la même manière, avec les mêmes instruments et le même nombre de passages?

Dans ces conditions, le sous-sol reprendra son état initial, c'est-à-dire tassé, et même plus, il se tassera davantage. Par contre, il se peut que tu aies fait certaines lectures en provenance d'autres pays ou d'autres provinces favorables à cette pratique. Mais les conditions climatiques étaient-elles semblables aux nôtres?

Son utilisation, si elle est jugée nécessaire, devrait être faite seulement en terrain sec afin de permettre aux couches plus denses de se briser et non de se compacter davantage.

Avant de faire du sous-solage, il est essentiel de consulter un conseiller qui étudiera le sol et le sous-sol. Cette opération onéreuse effectuée de façon répétitive peut augmenter le tassement du sous-sol et il en résultera une perte plus ou moins définitive de la structure du sol.

Comme aimait le répéter un parent à son enfant: "Briser, c'est facile; réparer, c'est très difficile et souvent impossible. Entretien un bien demande plus de soins et plus d'attention, mais c'est ce qui est le plus rentable et qui donne le plus de satisfaction."

5.2 Les opérations culturales secondaires

Tu te souviens de l'importance accordée au lit de semence. Les outils que tu choisiras, la façon dont tu les utiliseras (profondeur, vitesse) et leur moment d'utilisation (contenu en eau du sol) seront déterminants sur la qualité du lit de semence et sur les rendements.

Tu as sans doute constaté que la liste d'outils pour préparer le lit de semence est plus longue année après année. Pour cette raison, tu trouveras, dans les pages suivantes, une description de ceux qui sont utilisés le plus fréquemment et de leurs avantages et inconvénients. Ils sont regroupés comme suit: les outils à dents, les outils à disques et les outils animés.

Ces outils doivent accomplir les fonctions suivantes:

- émietter les 5 premiers centimètres du sol tout en "rap-puyant" le fond du lit pour l'obtention d'un semis uniforme;
- niveler le sol;

- trier les mottes et la terre fine pour éviter la battance.
- À la lecture de ce texte, tu pourras analyser et comparer les principales caractéristiques de ces outils.

5.2.1 Outils à dents

- Cultivateur léger

"Les cultivateurs à dents regroupent des outils qui se différencient par la forme des dents et leur espacement ainsi que leur dégagement sous le bâti (fig. 44). La dent est la pièce travaillante du cultivateur. Elle est fixée sur le bâti et se compose de deux parties: l'étauçon et le soc. L'étauçon plat avec simple ressort à spires est le modèle le plus utilisé. La largeur de l'étauçon favorise l'ameublissement et l'émiettement du sol. La forme incurvée de l'étauçon assure la vitesse de la montée des mottes, ce qui favorise les mélanges. Le système de ressort entretient les vibrations liées aux hétérogénéités du sol, ce qui favorise l'émiettement.

Pour un réglage donné, l'émiettement par l'outil dépend de l'écartement entre les dents, de la flexibilité des étauçons, de la largeur des socs, de la consistance du sol ainsi que de l'utilisation d'équipement complémentaire. Pour obtenir un émiettement maximum, il faut choisir une vitesse d'avancement élevée, un écartement entre les dents

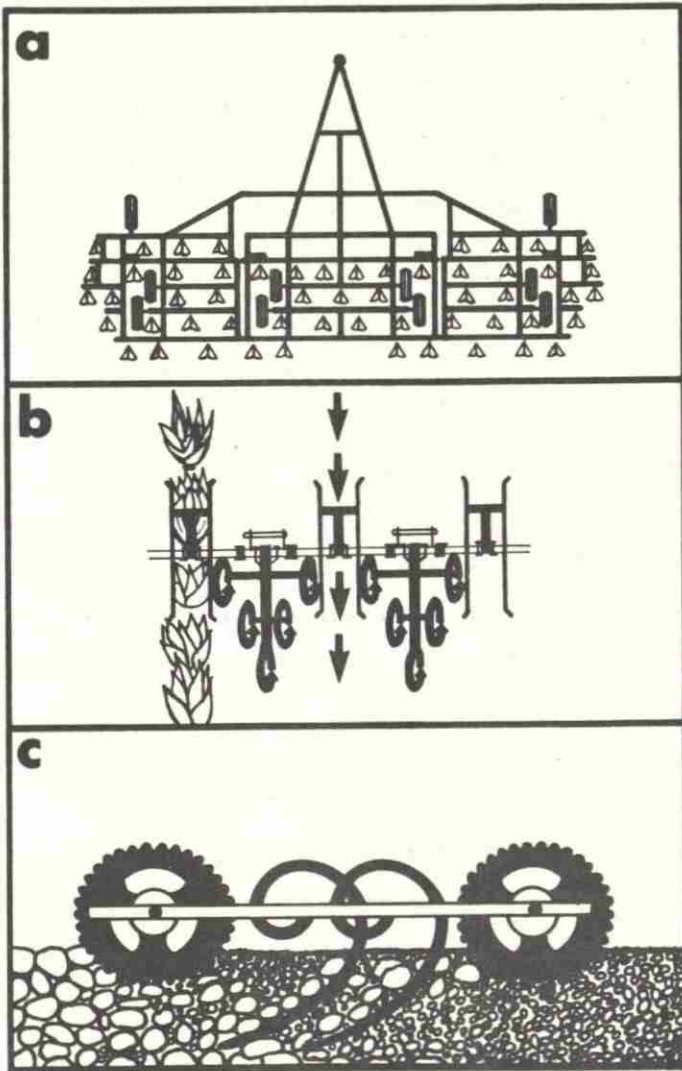


Fig. 44 Outils à dents.

faible, des étançons pouvant vibrer, des socs larges lorsque l'outil est utilisé à la consistance friable. Un deuxième passage de cultivateur contribue à émietter davantage.

REMARQUE*.- Si tu prévois plus d'un passage, le premier doit être superficiel et le deuxième, un peu plus profond afin d'éviter que le lit de semence ne soit trop motteux.

- **Vibroculteur**

Le nom de cet outil vient de son type particulier de dents qui peuvent vibrer dans tous les sens. Elles sont fixées sur le bâti et se composent de deux parties: l'étaçon et le soc. L'écartement entre les dents dans tous les sens détermine l'aptitude de l'outil à émietter. Plus il est faible, plus l'émiettement est important. Les étaçons évoluent peu: ils sont à simple ou double courbure, de section plate ou carrée. L'étaçon à simple courbure et section plate peut vibrer longitudinalement, ce qui favorise l'émiettement. La forme courbée favorise aussi la remontée de terre devant la dent et des mottes en sol à consistance semi-plastique. L'étaçon à double courbure et section plate possède la même flexibilité que le premier mais sa forme limite les remontées de mottes.

* Note de l'auteur.

- Herse à cage roulante

Différentes conceptions de herse à cage roulante existent. Elles sont ajoutées à l'arrière des outils à dents et servent à émietter, niveler et rappuyer le sol tout en améliorant la régularité et la profondeur de travail de l'outil sur certains modèles.

Les roto-herse à barres plates sont robustes et émiettent d'autant plus le sol qu'elles sont larges et que leur glissement sur le sol est important.

Les barres plates crénelées émiettent moins le sol que les précédentes car le glissement dans le sol est plus faible. Par contre, leur plus grande vitesse de rotation augmente le tri des mottes par projection de celles-ci en surface. Aussi, les tringles ou tiges métalliques créent moins de terre fine que les précédentes.

Le montage d'une ligne supplémentaire de cages roulantes au milieu des dents de l'outil améliore leur efficacité et facilite le contrôle de la profondeur de travail.

À l'arrière, le montage des cages en tandem ainsi que leur système d'adaptation sur le vibroculteur peuvent aussi influencer leur efficacité et leur facilité de réglage

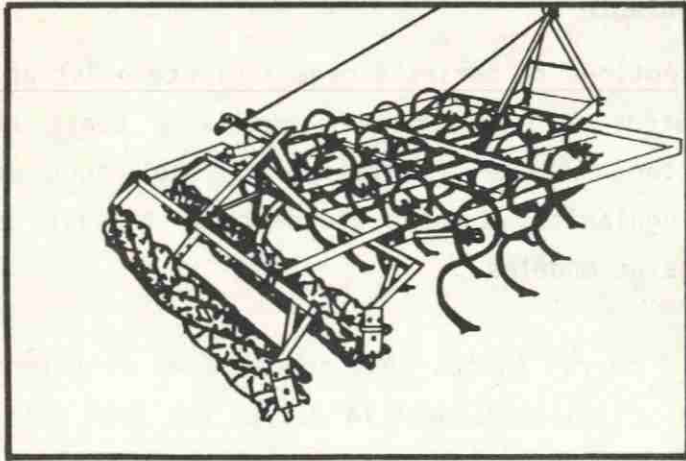


Fig. 45 Vibroculteur avec cage en tandem (rouleaux émouleurs).

(fig. 45). Les liaisons trop souples diminuent l'efficacité des cages roulantes et rendent difficile le contrôle de la profondeur de travail." (1)

Avantages

- . Foisonnent le sol de surface;
- . Ramènent les mauvaises herbes (chiendent) à la surface;
- . Le vibroculteur demande un seul passage sur labour propre; il nivelle sur courte distance et brise les mottes s'il est pourvu d'un émietteur;
- . S'utilisent à grande vitesse tout en restant efficaces;
- . Effectuent le tri du sol.

Inconvénients

- . Demandent plus d'un passage sur les labours durs ou travaillés au chisel;
- . Sur un sol mal labouré, les gazons et résidus remontent à la surface.

(1) Extrait de la conférence de Simon M. Guertin, Équipements pour la préparation du sol et le semis, Colloque sur les plantes fourragères, C.P.V.Q., Agdex I20.22, 1988, pp. 16-17.

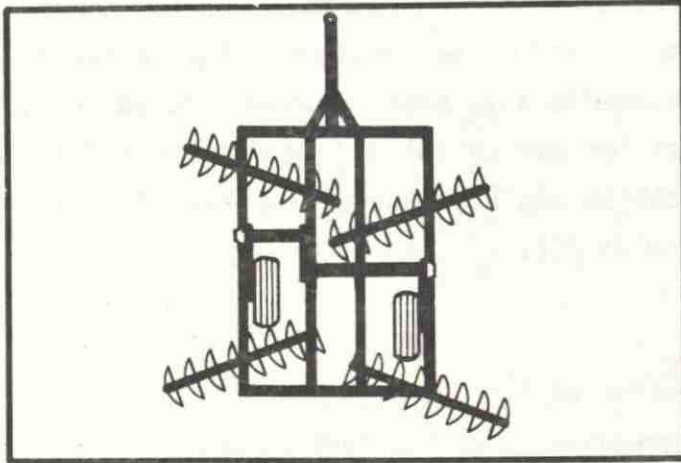


Fig. 46 Herse à disques.

5.2.2 Outils à disques

"L'outil à disques est souvent indispensable à l'exploitation agricole (fig. 46). Il convient à plusieurs travaux du sol; pour la reprise de labour, on utilise les pulvérisateurs tandem à quatre trains de disques disposés en X. Ces appareils travaillent de manière symétrique et s'alignent parfaitement derrière le tracteur.

Les disques sont lisses, crénelés ou tronconiques. Les disques bombés lisses présentent la forme d'une calotte sphérique. Selon les fabricants, leur rayon de courbure ou leur épaisseur sont plus ou moins importants. Les disques les moins creux sont plutôt conseillés en sol argileux. En condition de travail usante, il est préférable de choisir des disques de forte épaisseur.

Les disques bombés crénelés améliorent la pénétration mais au détriment de l'usure. Le train avant des pulvérisateurs, travaillant sur un sol plus résistant que le train arrière, est le plus souvent équipé de disques crénelés.

L'émiettement du sol augmente avec l'accroissement de l'angle d'attaque et la vitesse d'avancement. Les disques tronconiques émiettent plus que les disques sphériques. L'enfouissement et le mélange créé par les pulvérisateurs sont accrus

avec la vitesse d'avancement, l'angle d'attaque, le nombre de trains de disques ou le nombre de passages. Pour réduire le risque de créer une semelle à la base du travail du pulvérisateur, il faut travailler sur un sol à la consistance friable ou dure, avec de faibles angles d'attaque et avec l'utilisation de disques crénelés." (1)

Avantages

- . Découpent les résidus et les grosses mottes;
- . Incorporent les amendements et les fertilisants;
- . Roulent sur les obstacles sans remonter les cailloux.

Inconvénients

- . Tranchent les sols humides et occasionnent du lissage;
- . Ont un faible pouvoir de nivellement;
- . Multiplient les mauvaises herbes à rhizomes.

(1) Extrait de la conférence de Simon M. Guertin, Équipements pour la préparation du sol et le semis, Colloque sur les plantes fourragères, C.P.V.Q., Agdex 120.22, 1988, pp. 16-17.

5.2.3 Outils animés

"Les outils animés sont employés en vue de la préparation rapide et énergique des terres à ameublir. Leur possibilité d'association avec d'autres outils est une raison économique de leur intérêt. Plusieurs catégories d'outils animés sont proposées aux agriculteurs, avec des principes d'actions et des formes de pièces diversifiées. Dans le cadre de cet exposé, seuls les grands principes seront couverts.

- Herses alternatives

Les herse dites alternatives sont animées de mouvements de va-et-vient transversalement au sens d'avancement (fig. 47). Les dents de ces machines sont montées comme des peignes sur des barres perpendiculaires à la marche du tracteur qui les anime à partir de sa prise de force.

Cette catégorie de machine, utilisée généralement après un labour, émiette les mottes et nivelle le terrain. Son emploi est à réserver à des terres peu ou moyennement argileuses et dépourvues de grosses pierres. Le mouvement de va-et-vient des barres dentées réalise par effet de choc l'émiettement superficiel du sol en déplaçant très peu les couches de terre et en conservant donc l'humidité en profondeur. L'émiettement est plus poussé entre 4 et 6 cm de profondeur, où se forme une forte proportion de terre fine.

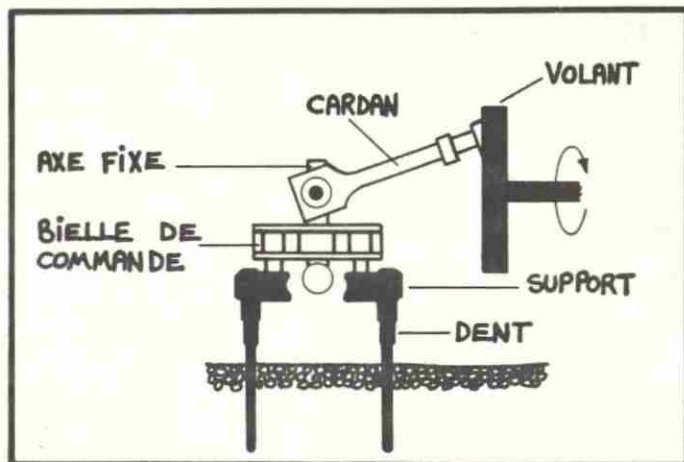


Fig. 47 Herse alternative.

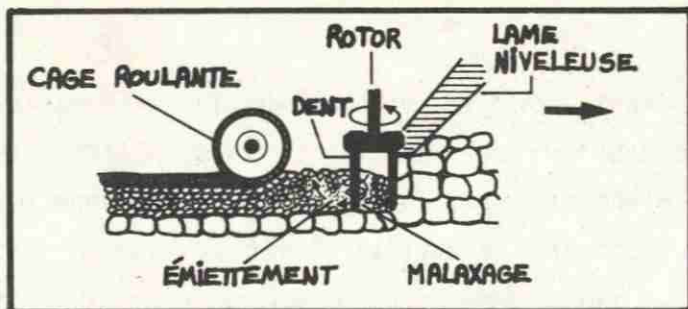


Fig. 48 Herse rotative.

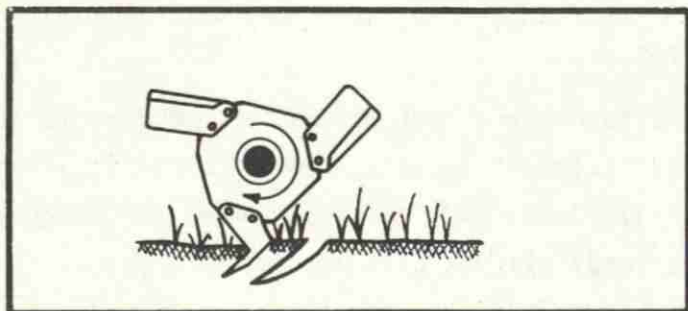


Fig. 49 Rotoculteur.

- Herses rotatives

La herse rotative se compose de rotors à axes verticaux munis de dents et tournant en sens inverse par groupes de deux ou trois (fig. 48). L'action de la herse sur le sol est étroitement liée aux réglages de position et de vitesse que l'on choisit. En règle générale, le genre de travail obtenu avec ces machines peut être comparé à celui d'une toupie qui brasse et malaxe le sol tout en se déplaçant. Lorsque le sol est ressuyé, une herse rotative effectue un travail satisfaisant en reprise de labour et préparation de lit de semence." (1)

Avantages

- . Émiettent en un seul passage;
- . Ne tassent pas sous la profondeur des dents;
- . Peuvent entrer dans un train de machinerie.

Inconvénients

- . Demandent plus d'énergie;
- . Les résidus s'accumulent entre les dents;
- . Entraînent une perte d'efficacité en sol pierreux;
- . Il est difficile de contrôler la profondeur.

(1) Extrait de la conférence de Simon M. Guertin, Équipements pour la préparation du sol et le semis, Colloque sur les plantes fourragères, C.P.V.Q., Agdex I20.22, 1988, pp. 16-17.

5.2.4 Le rouleau

Si tu cultives des céréales, le roulage est-il nécessaire? Si le lit de semence est bien fait et si le semis est hâtif, cette opération n'est pas nécessaire pour obtenir de bons rendements.

Le roulage améliore l'apparence du champ en détruisant les mottes et en enfonçant les cailloux. Cette opération facilitera la récolte et l'établissement de fourrages qui ont été semés avec des céréales.

Si le lit de semence est trop émietté et trop profond et si le sol est sec, le roulage pourrait améliorer la germination en modifiant quelque peu l'humidité du sol mais uniquement dans les premiers centimètres de surface (après les précipitations).

Si le sol est battant, sensible à l'érosion par l'eau et par le vent et si tu utilises un rouleau lisse (fig. 50) après le semis, tu détruis la couche rugueuse de surface et augmentes sa vitesse de dégradation.

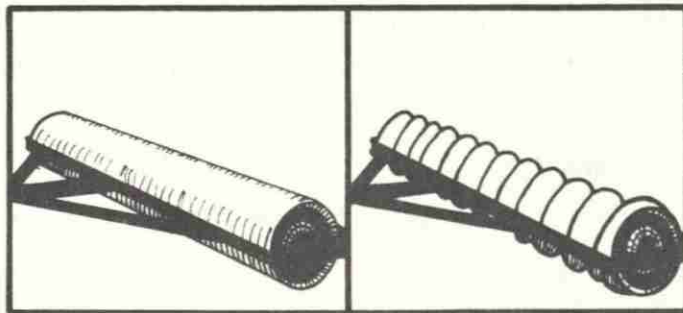


Fig. 50 Rouleau tasseur lisse et rouleau cannelé.

Comme pour tout matériel sur ta ferme, le choix d'un outil de travail du sol repose sur des éléments d'ordre technique et économique. Dans un premier temps, tu dois connaître le sol et son état et la nature du travail à réaliser. Dans un

deuxième temps, ce choix doit conduire à un investissement et à un coût d'utilisation les plus réduits possible.

Comme tu vois, ta décision peut se prendre à trois niveaux pour le travail du sol:

- **choix de l'outil avant de l'acheter (t'informer, visiter, discuter et l'essayer);**
- **choix d'un outil avant de réaliser une opération culturale en fonction des conditions du milieu;**
- **choix du réglage et des équipements au moment du travail suivant les objectifs poursuivis.**

5.3 Les façons culturales d'entretien

Il s'agit de sarclage et de buttage pour quelques cultures en rangées. Ces opérations permettent:

- un contrôle des mauvaises herbes;
- le décroûtage du sol, favorisant l'infiltration de l'eau et l'aération du sol;
- une diminution de l'érosion.

Pour atteindre ces objectifs, le sarclage ne s'effectue donc pas en sol humide.

Plusieurs outils peuvent être employés pour confectio-
nner le lit de semence. Des instruments diffé-
rents sont utilisés lors des opérations primaires
et secondaires. La qualité du lit de semence (épais-
seur, émiettement) est déterminante pour l'obtention
de récoltes de qualité et en quantité.

Les propriétés de tes sols te guideront pour le choix
de l'instrument, le temps des travaux et l'état
d'ameublissement, si tu veux améliorer, protéger et
conserver les ressources sol et eau.



Fig. 51 Les façons culturales influencent les rendements.

6. QUELQUES PRATIQUES CULTURALES DE CONSERVATION DU SOL ET DE L'EAU

Il se peut que tes sols ne donnent pas les rendements désirés (fig. 51). Il se peut aussi que tu aies constaté que la dégradation des sols est présente non seulement chez ton voisin, mais aussi sur ta ferme. Tu peux alors travailler à la conservation du sol, c'est-à-dire la diminution de l'intensité des travaux du sol et de sa préparation.

6.1 Le travail réduit du sol

Tu pratiques peut-être une technique de conservation du sol et de l'eau même si tu laboures tes champs. Tu fais usage de la charrue pour rétablir tes prairies et tes pâturages (utilisation espacée et non à chaque année dans le même champ); le labour est bien fait et peu profond; le hersage est au minimum. Aux endroits sensibles à l'érosion par l'eau, tu cultives en contre-pente; la circulation dans tes champs est restreinte, etc. Ainsi, tu favorises la conservation des ressources sol et eau par une bonne gestion de tes champs.

Tu réponds donc aux buts visés par des pratiques culturales réduites:

- diminuer les impacts de l'ameublissement du sol pour:
 - . favoriser l'équilibre biologique du sol,

- . réduire les interventions sur la structure du sol pour conserver et améliorer sa porosité totale,
- . favoriser la présence de matière organique là où elle doit être, c'est-à-dire en surface;
- réduire le tassement et l'érosion;
- préparer un lit de semence peu coûteux et de bonne qualité.

Le travail minimal du sol vise à réduire les passages au champ et à laisser en surface au moins 30 % des résidus de la culture précédente. **Pourquoi?**

Tu te rappelles, à la leçon 4, nous avons dit que les résidus de récoltes apportaient de l'humus et plus encore. Si on retrouve en surface plus de 30 % des résidus de récoltes, la charrue est donc remplacée par d'autres instruments tels le chisel, les herse à disques ou rotatives, les herse à dents.

Ces instruments seront utilisés seuls ou en agencement. Leur travail fera partie des façons culturales primaires. Il sera effectué à l'automne et au printemps. Le lit de semence sera finalisé par un ou des hersages légers.

Le travail réduit du sol doit garder en surface ou bien incorporer les résidus de façon homogène pour éviter:

TABEAU 13. Influence du type de travail du sol sur la température du sol après le semis (Wisconsin).

Type	Température du sol
Conventionnel	12,8 °C
Chisel	12,8
Billon	12,8
Entre billons	10,0
Sans labour	10,0

SOURCE: Buhler et Daniel, 1984.

TABEAU 14. Effets de pratiques culturales sur la masse de racines de maïs par unité de volume à diverses profondeurs.

PROFONDEUR (cm)	Masse de racines par échantillon de volume constant (mg)		
	Labour	Chisel	Semis direct
0 - 7,5	250	275	625
7,5 - 15	325	325	250
15 - 22,5	170	160	160
22,5 - 30	75	70	75
TOTAL	820	830	1110

SOURCE: Hoelt et Randall, 1985.

- une diminution de la germination (une concentration trop forte de résidus peut produire des toxicités qui affectent la germination);
- un mauvais contrôle des mauvaises herbes (les traitements sont plus difficiles d'application et ils perdent de leur efficacité lorsque l'incorporation est mal faite);
- la présence dans le champ de zones d'humidité différente qui affecteront le réchauffement du sol et le passage des instruments.

Le travail réduit du sol peut, si nous le comparons au travail conventionnel, retarder son assèchement (tableau 13).

Le travail réduit du sol influence le développement racinaire, les rendements et la conservation du sol, comme le démontre le tableau 14. En annexe IV à cette leçon, tu trouveras un texte relatant l'expérience d'un producteur qui a adopté le travail minimal du sol.

Si tu t'orientes vers le travail de conservation du sol, il est important d'examiner régulièrement tes champs pour détecter la présence de mauvaises herbes, d'insectes, de maladies et les réactions du sol. Ces observations t'aideront à choisir un système cultural efficace et respectueux de l'environnement.

6.2 Le semis direct

Cette pratique culturale ne nécessite aucune préparation du sol, même si le sol est totalement recouvert de résidus de récoltes. Le semoir devra nécessairement différer du semoir conventionnel. La lecture du texte suivant devrait répondre à l'ensemble de tes interrogations.

LE SEMOIR

"Le semoir bien adapté à la culture de conservation, c'est-à-dire sans labour, doit être en mesure de placer la semence dans un sol couvert de résidus et souvent très ferme; selon les pratiques culturales de conservation, le sol reçoit un minimum d'intervention. En conséquence les conditions au semis sont totalement différentes par rapport aux façons conventionnelles. Le semoir doit être en mesure de se couper un chemin à travers le tapis de résidus, de déposer la semence à une profondeur égale, peu importe la dureté du sol, et enfin d'assurer un bon contact de la semence avec l'humidité.

Pour répondre à ces différents impératifs, un semoir pour semis direct sera de construction plus lourde et plus solide; de plus, il sera muni à l'avant, de chaque côté, d'un ou plusieurs disques spéciaux. Le poids supplémentaire est rendu nécessaire pour trancher les résidus et obtenir une bonne

pénétration des unités de semis. Le disque spécial, à l'avant des unités, accomplit deux fonctions: il coupe les résidus et prépare un étroit lit de semence pour recevoir les grains immédiatement à l'arrière.

LE COUTRE

Communément appelé disque, le coutre installé sur un semoir rappelle celui d'une charrue mais diffère en ce qu'il doit être en mesure de préparer un lit de semence sur une profondeur uniforme. Pour accomplir cette fonction, les dessins varient d'une marque à l'autre et le débat visant à déterminer le meilleur n'est pas encore terminé. À toutes fins pratiques, deux modèles dominent le marché: le premier donne un aspect ridé au disque, tandis que le second lui confère de très fortes ondulations. Le premier réussit généralement une meilleure coupe à travers les résidus et déplace très peu de sol; le second, par contre, prépare un lit de semence sur une largeur pouvant atteindre 2 à 3 pouces (5 à 8 cm).

Les coutres sont ajustables dans les deux sens: en hauteur pour obtenir la pénétration désirée et en largeur afin de s'aligner correctement avec l'unité de semis. Certains agriculteurs décident d'installer plusieurs coutres par unité de semis pour travailler le sol sur une plus grande largeur, ce qui offre la possibilité de monter les coutres sur une barre

porte-outil et d'obtenir une combinaison souhaitable en fonction des conditions de sol ou tout simplement pour introduire le fertilisant.

Avec la barre porte-outil, il arrive à l'occasion qu'on installe un disque ridé à l'avant pour mieux couper et un disque ondulé à l'arrière pour travailler davantage le sol. On réalise alors que le poids de cette barre outil devient très important; on prévoit habituellement 400 à 600 livres (180 à 270 kg) par disque et peut-être davantage avec un disque ondulé.

REMARQUE*. - Le semoir peut être muni d'un soc en V pour déplacer les résidus de surface.

LA ROUE PLOMBEUSE

La configuration de la roue plombeuse revêt un caractère très important sur un semoir avec travail minimal du sol. La roue doit agir sur la surface du sol travaillé afin de compacter celui-ci au-dessus de la semence et obtenir un bon contact de la graine avec l'humidité: si la roue est trop large, le sol ne sera pas affermi correctement autour de la semence et entraînera une baisse du taux de germination.

* Note de l'auteur.

Il existe plusieurs modèles de roues plombeuses, toutes mieux adaptées les unes que les autres selon les conditions du sol. Cependant, en travail minimum du sol, les modèles étroits qui agissent au-dessus du sillon ou immédiatement de chaque côté semblent donner de meilleurs résultats. Les modèles larges servant de guide de profondeur peuvent entraîner un semis irrégulier spécialement en terrain non préparé avec machines conventionnelles.

Quant aux unités de semis, elles doivent être robustes, lourdes et indépendantes les unes des autres afin de mieux réussir un semis régulier dans un terrain inégal." (1)

À la lecture de ce texte, as-tu réalisé que le semis direct ou le "no-tillage" pour contrôler les mauvaises herbes en saison de croissance repose entièrement sur l'utilisation d'herbicides? As-tu noté aussi que l'utilisation d'herbicides augmente selon l'importance des résidus en surface? **Vois-tu l'importance d'un système cultural efficace qui aide à la répression des mauvaises herbes, des maladies et des insectes?**

(1) Extrait de la conférence de Simon M. Guertin, La conservation des sols, Journée d'information sur la conservation des sols en plein champ, 20 janvier 1988.

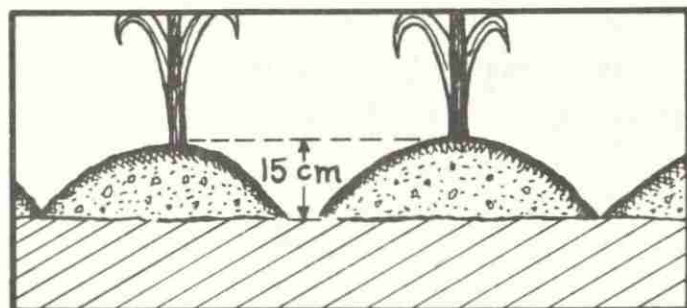


Fig. 52 La culture sur billons.

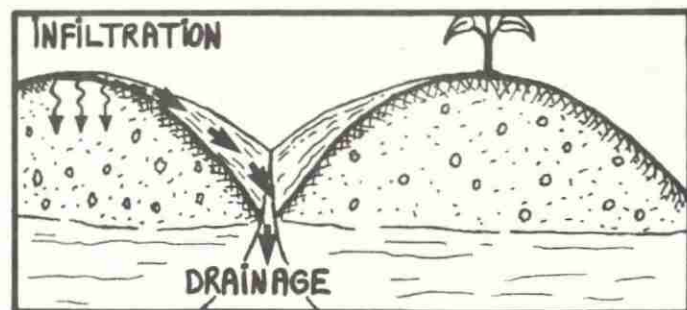


Fig. 53 Le billon favorise le drainage du sol.

6.3 La culture sur billons

Cette technique consiste à cultiver des cultures sarclées sur des rangs surélevés de 10 à 15 cm de hauteur (fig. 52). **Selon toi, ces buttes affecteront-elles la végétation et pourquoi?**

.....

Les billons exerceront différents effets sur le sol :

- en améliorant le drainage de surface sur un sol en pente, les billons seront construits en contre-pente (fig. 53);
- en augmentant la température du sol;
- en plaçant dans les sillons les résidus de récoltes;
- en favorisant une circulation de la machinerie au même endroit si les billons sont permanents.

Si tu désires en savoir davantage sur cette pratique culturale, tu peux consulter l'annexe V de cette leçon. C'est un article tiré de La Terre de chez nous qui traite de la confection des billons et de la réduction des coûts de production de l'ordre de 20 %.

6.4 Autres pratiques culturales

Les pratiques culturales qui permettent de réduire le passage d'un instrument et qui assurent une circulation contrôlée dans le champ sont des pratiques dites de conservation.

TABEAU 15. Les quatre groupes de sols et leurs pratiques culturales recommandables, selon le ministère de l'Agriculture de l'Ontario.

Groupe 1 (SABLES)

Sable	Apte au travail minimal
Sable loameux	Façon d'automne non recommandée
Loam sableux	Possibilité de semis direct
Loam sableux fin	

Groupe 2 (LOAMS)

Loam	Façon d'automne non recommandée
Loam sableux très fin	Façon de printemps réduite
Loam limoneux	Ces sols doivent être ameublés ou émiettés
Limon	

Groupe 3 (LOAMS ARGILEUX)

Loam argileux	Façon d'automne requise
limoneux	
Argile limoneuse	L'utilisation de la charrue doit être restreinte sur certains sols

Groupe 4 (ARGILES)

Loam argileux	Façon d'automne requise
Argile sableuse	Façon de printemps réduite au minimum
Argile et argile lourde	

SOURCE: Ministère de l'Agriculture de l'Ontario, rapporté dans Bulletin technique, no 13, C.P.V.Q, agdex 570.

Par exemple, chez un producteur laitier, une reprise du sol par un labour suivi d'une préparation superficielle réduite et d'un programme contrôlé de circulation sont aussi des pratiques de conservation.

En somme, toutes les techniques qui favorisent la protection du sol contre la compaction et l'érosion sont des pratiques de conservation. À cet effet, le ministère de l'Agriculture de l'Ontario a déterminé quatre groupes de sols et prône les pratiques culturales indiquées au tableau 15.

Il n'est pas facile de modifier l'utilisation et les façons culturales de ses champs. Pour y arriver, il faut:

- analyser la situation actuelle;
- se convaincre de l'importance des ressources sol et eau;
- croire aux essais des autres (centres de recherches, producteurs, etc.);
- se faire la main, c'est-à-dire s'habituer progressivement à une nouvelle façon d'agir;
- étudier les résultats et se réajuster s'il y a lieu.

Si tu as déjà expérimenté certaines pratiques de conservation, tu te dois de les communiquer au monde agricole, que les résultats soient négatifs ou positifs. Le pivot en agriculture, c'est toi!

7. LA QUALITÉ DE L'EAU

Le travail du sol que tu effectues, qui favorisera l'infiltration de l'eau dans le sol, qui diminuera la quantité et la vitesse de ruissellement de l'eau sur le sol, protégera cette ressource. L'eau sera alors mieux utilisée pour l'alimentation humaine, végétale, animale et sera saine.

Un sol en santé est le meilleur filtre qui puisse exister pour garantir la qualité de l'eau.

RÉSUMÉ

1. Le travail du sol influence non seulement les rendements mais aussi son état général. Les façons culturales doivent être choisies selon des objectifs spécifiques qui tiennent compte du sol et de la plante.
2. Le lit de semence à rechercher favorisera les semis, la germination (transplantation), l'enracinement et la conservation des sols et de l'eau.
3. Le travail du sol et la circulation des machines s'effectueront lorsque l'humidité sera adéquate, avec des outils qui favorisent la protection du sol.
4. Les pneumatiques de la machinerie recherchés offriront la possibilité de supporter de lourdes charges, tout en restant gonflés à des pressions acceptables.
5. Toute pratique visant à protéger le sol contre la compaction et l'érosion est une pratique culturale dite de conservation.

EXERCICE 5

Qui suis-je?

1. Je me compose de 3 zones distinctes: le lit de semence, la couche arable et le sous-sol.

.....

2. Je suis préparé expressément pour recevoir la semence ou la transplantation.

.....

3. Je suis une pratique culturale qui ne nécessite aucune préparation du sol, même si ce dernier est recouvert de résidus de récoltes.

.....

Réponds par vrai ou faux. Si l'énoncé est faux, corrige-le.

1. Tout ce qui modifie le contenu en eau du sol affectera sa température.

.....

2. Le poids du tracteur (lestage) devrait varier selon les travaux à effectuer à la ferme.

.....

3. Pour une même charge, un pneu étroit a une surface de contact de 2 à 3 fois plus faible qu'un pneu classique.

.....

4. Le chisel est un outil pour la préparation primaire du sol.

.....

5. La herse à disques peut occasionner plus de lissage en sol humide qu'une herse à dents dans les mêmes conditions.

.....

Réponds à ces questions.

1. Je suis un sol à comportement intermédiaire et à consistance dure. Peut-on me travailler?

.....

.....

.....

.....

2. Énumère 3 effets qu'exerceront les instruments sur un sol à l'état plastique.

.....

.....

.....

.....

Consulte le corrigé, page 63.

CORRIGÉ 5

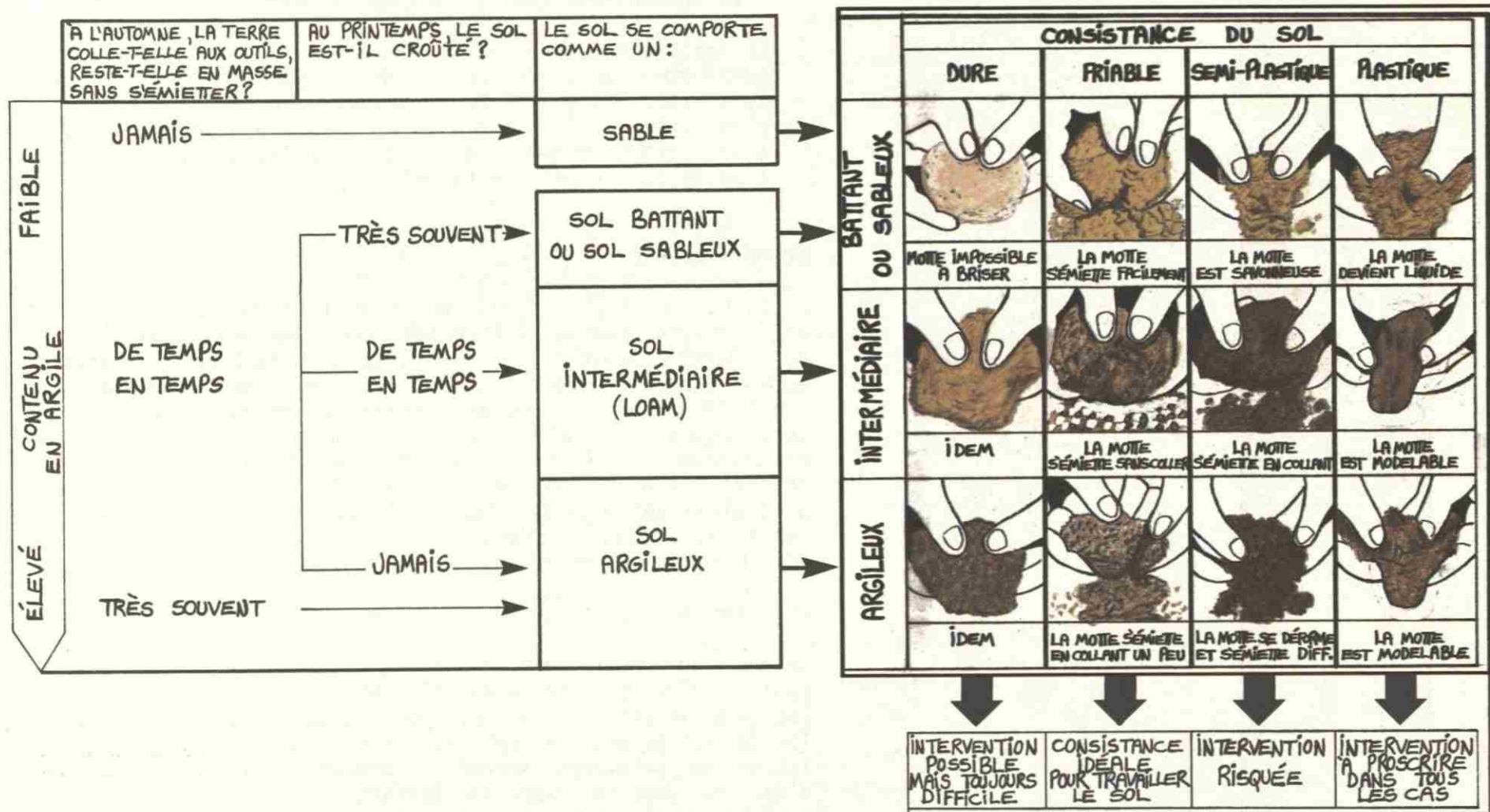
Réponses aux questions de l'exercice.

1. Le profil cultural
2. Le lit de semence
3. Le semis direct

1. Vrai.
2. Vrai.
3. Vrai.
4. Vrai.
5. Vrai.

1. L'intervention est possible mais toujours difficile.
2. - Les instruments déforment le sol sans l'émietter;
- la terre fine déjà existante reforme des mottes qui deviendront très dures en séchant;
- le sol sera collant;
- le lissage par les instruments est à son maximum;
- le sol et le sous-sol se tassent.





LE LABOUR, UNE PRATIQUE CULTURALE REMISE EN QUESTION (1)

Le labour reste une pratique culturelle très utilisée par un bon nombre de producteurs. Nos pères disaient: "Un bon cultivateur, c'est d'abord un bon laboureur." De plus en plus, cette vieille pratique culturelle est remise en question. Quand faut-il labourer? À quelle profondeur? Quel type de labour doit-on faire?

Quand labourer?

L'époque du labour dépend de la texture du sol. Les sols argileux ont avantage à être labourés l'automne tandis que les sols légers peuvent être labourés au printemps. Certains agriculteurs labourent leurs sols le printemps, immédiatement avant le semis. C'est une technique intéressante pour les sols légers, mais elle comporte certains risques. Le labour de printemps assèche le sol en coupant la capillarité qui apporte l'eau du sous-sol. Un sol labouré au printemps est plus stressant pour les jeunes plantules. Le labour de printemps est un travail supplémentaire à une période de l'année où l'horaire du producteur est passablement chargé.

Les risques d'un labour de printemps

Le sous-sol refait ses réserves d'eau en grande partie au cours de l'hiver. Certains sols ont tendance à se croûter par les précipitations. Un sol croûté absorbe moins l'eau et la laisse ruisseler, ce qui peut provoquer de l'érosion. Un labour de printemps sèche rapidement puisque le transfert d'eau du sous-sol vers la surface se fait moins bien, la capillarité étant brisée par le labour. Les plants semés dans

(1) Léon Guertin, "Le labour, une pratique culturelle remise en question", dans Le Bulletin des Agriculteurs, août 1987.

ces conditions risquent de manquer d'eau. Une façon de réduire les risques d'érosion est de laisser un couvert végétal sur le sol à l'automne, mais cette pratique a pour désavantage de retarder le réchauffement du sol le printemps. Pour pallier ceci, il est possible d'opter pour la culture sur billons pour les cultures en rangées. Le billon se réchauffe rapidement le printemps et les résidus de cultures empêchent l'érosion. Pour éviter l'assèchement trop rapide du sol labouré au printemps, il est préférable de préparer et semer ce sol immédiatement après le labour.

La décomposition de la matière organique qui vient d'être enfouie dans le sol par le labour demande de l'azote et de l'oxygène. La graine qui germe et la jeune plantule qui se développe ont aussi besoin d'azote et d'oxygène. Il y a donc compétition entre ces deux demandes d'azote. Les bactéries qui assurent la décomposition de la matière organique produisent des toxines qui ne plaisent pas toujours aux jeunes plantules. Le déchaumage aurait avantage à être pratiqué durant l'automne pour favoriser la décomposition des résidus.

Le dernier risque, c'est l'organisation du travail. Les mois d'avril et de mai sont déjà des mois terriblement chargés en travail pour le producteur. Le labour devient souvent un travail supplémentaire qui n'a pas sa place.

Comment faut-il labourer?

Il faut savoir se limiter dans la profondeur de labour. Un labour trop profond n'amènera pas d'avantages à la plante. Au contraire, un labour profond augmentera la dilution de la matière organique ainsi que la consommation de carburant par le tracteur.

Le labour de printemps devrait être plat et émietté pour limiter l'épaisseur de sol remanié. Le labour d'hiver devrait être dressé ouvert avec de grosses mottes. C'est à la fois le choix du versoir, la vitesse de travail, l'humidité du sol et

le réglage de la charrue qui détermineront le type de labour. De plus, il y a avantage à labourer lorsque les conditions de terrain sont plus sèches que trop humides. On y regagne au niveau de la puissance de traction, de la qualité du labour et de la structure du sol.

Un autre aspect qu'il ne faut pas négliger, c'est l'enfouissement des résidus. Ceux-ci doivent être enfouis en bandes obliques, c'est-à-dire placés sur le dos de la bande de terre précédente. Il faut, d'autre part, éviter l'enfouissement par paquets pour éliminer les problèmes de décomposition discutés précédemment.

.....-

TOUT COMMENCE AU SEMIS (1)

Charrue à disques

La conception des charrues à disques est identique à celle des charrues à socs. Le bâti est de dimension inférieure afin de pouvoir travailler peu profondément. Elles sont équipées de versoirs cylindriques de 24 à 36 pouces (60 à 90 cm).

La bande de labour est découpée par le bord d'attaque du disque. Elle est ensuite déplacée latéralement par le mouvement de rotation. Le déplacement vers le haut et le retournement de la partie supérieure de la bande labourée sont responsables de l'émiettement. Le déplacement latéral de la partie inférieure de la bande labourée en sol à consistance dure à friable entraîne un émiettement peu important. A la consistance semi-plastique, l'ensemble de la bande est entraîné vers le haut et déplacé latéralement sous forme de copeaux. Avec la charrue à disques, les débris végétaux se trouvent, en général, près de la surface. L'utilisation d'une rasette permet d'améliorer l'enfouissement. Le profil obtenu va dépendre surtout de la consistance du sol: à la consistance semi-plastique il y aura peu ou pas de petites mottes ou de terre fine; à la consistance dure à friable, l'émiettement est très important en surface.

La charrue à disques est particulièrement bien adaptée au sol à forte pierrosité.

(1) Extrait de la conférence Équipements pour la préparation du sol et le semis, par Simon M. Guertin, Colloque sur Les plantes fourragères, C.P.V.Q., avril 1988, Agdex 120.22.

Chisel

Les chisels sont des appareils généralement polyvalents; selon leur conception et leurs équipements, la zone d'action de ces outils se situe plus ou moins profondément en terre. On peut assimiler les chisels à des cultivateurs renforcés, extrêmement puissants, utilisables en conditions de sol suffisamment sec. Le chisel fut inventé pour éviter l'érosion éolienne afin qu'en n'enfouissant pas les chaumes, les débris, mélangés dans la partie superficielle du sol, fixent la terre et limitent cette érosion.

Pour cela, les pièces travaillantes d'un chisel se présentent sous la forme de dents plus ou moins cintrées, garnies à leur partie inférieure de lames d'acier taillées en biseau pour trancher le sol. La vitesse d'utilisation du chisel est l'une de ses principales caractéristiques; du fait de sa composition, un chisel ne peut être vraiment efficace que s'il pénètre et se déplace rapidement dans le sol. Il doit travailler normalement aux environs de 8 km/h.

La puissance nécessaire par dent au travail varie de 8 à 20 chevaux. La dent, parfois appelée étançon, est la pièce maîtresse du chisel. Elle supporte les pointes ou socs. L'ensemble sert à découper le sol tout en provoquant son éclatement, puis le foisonnement, suivis d'un retournement partiel. La dent agit comme un couteau dont la forme de croissant impose à la terre une trajectoire avec retombées vers l'avant de la machine.

La dent est complétée par l'outil de travail appelé pointe ou soc. L'angle formé par la partie coupante et la pointe du sol doit être net et vif. La partie coupante, biseautée, doit être bien affûtée et située parallèlement au sol. Tous les socs montés sur un chisel doivent avoir le même trempage et des dimensions égales. Sous ces trois conditions, la pénétration est maximum avec le minimum d'énergie.

Pour les façons culturales primaires, on recommande les socs larges et vrillés; ils sont réversibles. Ces socs permettent un meilleur enfouissement des débris et même, d'une manière générale, de la matière organique.

L'efficacité du chisel dépend de ses conditions d'emploi. Un ou deux passages croisés, en terrain sec, donnent d'excellents résultats. Le facteur limitant numéro 1 est l'humidité du sol.

Les terres argileuses qui retiennent l'humidité seront plus difficiles à prendre que des sols limoneux ou sablonneux qui ressuient facilement. D'autre part, en sol argileux sec, on devra éviter un premier passage à trop grande profondeur qui risque de remonter des blocs. On procédera par approfondissements successifs de faible amplitude.

Les sols moyennement pierreux sont plus favorables au chisel qu'à la charrue qui demande un gros effort de traction et dont les socs sont soumis à une usure particulièrement rapide.

Déchaumeuse à disques

La déchaumeuse à disques ou le pulvérisateur "offset" ont la particularité de travailler avec un déport latéral. Ce dernier est relié au fait que la résistance à l'avancement du premier train de disques est plus forte que celle du deuxième qui travaille sur un sol déjà partiellement ameubli. Ce déport est compensé par un angle d'attaque du premier train de disques plus faible que le second.

L'émiettement du sol augmente avec l'accroissement de l'angle d'attaque et la vitesse d'avancement. Les disques tronconiques émiettent plus que les disques sphériques. L'enfouissement et le mélange créés par les pulvérisateurs sont accrus avec la vitesse d'avancement, l'angle d'attaque, le nombre de trains de disques ou le nombre de passages. Avec le passage d'un seul train de disques, les débris végétaux sont localisés plutôt en bandes. Avec un deuxième train de disques, le mélange est plus homogène.

Chisel vs déchaumeuse vs charrue

La culture sans labour est un procédé de mise en état du sol relativement nouveau, utilisant des méthodes de préparation profonde ou superficielle qui permettent, sous certaines conditions, de supprimer totalement le labour traditionnel.

Il faut admettre qu'utiliser une charrue n'est pas sans présenter des inconvénients:

- opération lente et coûteuse;
- nécessité de gros efforts de traction;
- formation d'une semelle de labour, etc.

Si la plupart des inconvénients du labour avec une charrue viennent d'être évoqués, il ne faut pas négliger en retour ses avantages. En effet, le retournement du sol avec une charrue assure un ameublissement profond et, en même temps, une hétérogénéité qui permet de retarder la reprise en masse éventuelle et d'accroître la perméabilité globale. Ce retournement donne également une meilleure répartition en profondeur des éléments nutritifs accompagnée d'une destruction efficace et économique de certaines mauvaises herbes. Enfin, le labour à la charrue permet une lutte commode contre beaucoup d'insectes ainsi qu'un meilleur contrôle de certaines maladies.

.....

UN ADEPTE DU TRAVAIL MINIMUM DU SOL (1)

Monsieur Lucien Tétreault, de Sainte-Madeleine, près de Saint-Hyacinthe, n'a pas labouré une partie de sa ferme depuis dix ans et il affirme que les rendements s'en portent mieux. Il a adopté une régie qui vise le travail minimum du sol.

La popularité de cette méthode est récente au Québec: seuls quelques agriculteurs ont essayé de modifier leurs pratiques culturales par économie et pour réduire la dégradation des sols. C'est pour conserver la matière organique que Lucien Tétreault a adopté le travail minimum. Ses expériences se déroulent sur sa ferme de 90 arpents dont la moitié est labourée et l'autre moitié reçoit deux passages de cultivateur, à l'automne. Dans les deux cas, le sol n'est pas travaillé à plus de 8 pouces de profondeur. Le sol a une texture argileuse et supporte très bien les deux traitements. M. Tétreault cultive du maïs, des céréales et des pois secs en rotation.

Son expérience lui démontre que les résidus de maïs se décomposent plus facilement sur un sol qui a été travaillé au cultivateur plutôt qu'avec la charrue. De plus, il est en mesure de voir l'influence sur la population des vers: ces derniers se nourrissent de la matière organique présente dans le sol et leur population est plus nombreuse dans les parcelles qui ne sont pas labourées. Il remarque aussi qu'au printemps, le sol non labouré se réchauffe plus lentement et c'est pour cette raison qu'il préfère ensemercer des céréales sur les parcelles non labourées. En effet, le blé ou l'orge sont tous deux bien adaptés au sol froid: ils demandent à être ensemençés peu profondément et exigent beaucoup d'humidité.

(1) Simon-M. Guertin, "Un adepte du travail minimum du sol", dans Le Bulletin des Agriculteurs, décembre 1987, p. 37.

Selon son expression, "le maïs ne veut pas décoller au printemps lorsqu'il est ensemencé sur un terrain qui n'a pas été labouré". Toutefois, il pense qu'il réussira à trouver une solution pour délaissier complètement la charrue.

Au printemps, il limite le travail au minimum: il exécute de préférence un seul passage d'un cultivateur léger. Un terrain non labouré est plus facile à niveler au printemps. La fertilisation qu'il utilise ressemble à tout ce qui est préconisé dans sa région, c'est-à-dire 200-100-130 pour le maïs et 130-70-70 pour le blé. Avec un tel programme, il obtient des rendements de 2 tonnes à l'acre dans le blé, 1,9 à 2,4 tonnes dans l'orge et 3,5 tonnes dans le maïs.

Lucien Tétreault accorde beaucoup d'importance à la conservation de la matière organique. En plus de diminuer les pertes par le travail minimum du sol, il adopte une régie pour essayer non seulement de la maintenir mais de l'augmenter. Il sème 6 livres à l'acre de trèfle rouge avec les céréales. Après la récolte du blé ou de l'orge, le trèfle croît très rapidement de sorte qu'à l'automne, avant les façons culturales, les plants atteignent déjà la hauteur des genoux. Il éprouve toutefois de la difficulté avec la survie du trèfle depuis qu'il a adopté la régie intensive des céréales.

Les résultats obtenus l'encouragent dans ses efforts; il prétend que le chisel est très efficace. Toutefois, si le sol ne se réchauffe pas aussi rapidement au printemps, la germination du maïs pourra être affectée. Il conseille donc de commencer les essais avec des cultures qui ne sont pas sensibles au froid telles que les céréales et, par la suite, de poursuivre avec le maïs.

Plusieurs chercheurs entreprennent ou poursuivent un vaste programme de recherche dans le domaine de la conservation des sols au Québec. Probablement que d'ici peu, ils pourront conseiller les agriculteurs dans ce domaine.

.....

**LA CULTURE SUR BILLONS PERMANENTS:
UNE OCCASION DE DEVENIR BILLIONNAIRE (1)**

Si on vous parle d'une méthode de culture en rangs qui offre tous les avantages pratiques de conservation, avec en prime des coûts de production diminués, vous voudrez sûrement en savoir plus long. C'est en deux mots ce qu'offre la culture sur billons permanents.

La clé de ce système est d'ériger des billons, de 10 à 18 cm de haut, qui demeureront toujours au même endroit d'une saison à l'autre. Comme pour le travail minimal du sol, les résidus sont laissés à la surface du champ. Ils sont cependant concentrés entre les rangs. Le dessus des billons est facilement ressuyé et cette particularité permet un réchauffement plus rapide au printemps, même sur des sols qui ne sont pas parfaitement drainés.

L'utilisation judicieuse du sarclé est très importante dans la culture sur billons permanents. Cet instrument doit être d'un modèle suffisamment lourd et robuste comme, par exemple, les cultivateurs utilisés dans la pomme de terre. La première année, on laisse le maïs atteindre de 45 à 90 cm. On procède alors au "renchaussage" des plants. La récolte se fait comme d'habitude sauf qu'il n'est pas question de circuler sur les billons avec la machinerie. Il est donc nécessaire que toutes les machines agricoles utilisées aient des essieux dont les roues sont espacées en fonction des billons.

Le billon constitue le lit de semence pour l'année suivante. Il faut adapter le semoir et lui ajouter une décapeuse devant les unités de planteurs. Cette décapeuse enlèvera 2 ou 3 cm

(1) Claude Parent, "La culture sur billons permanents: une occasion de devenir milliardaire", dans La Terre de chez nous, vol. 59, no 39, 27 nov. 1988, p. 12.

de sol sur le dessus des billons. Lorsque le maïs atteint de 15 à 20 cm, on procède à une première opération, un sarclage, qui consiste à "défaire" partiellement le billon et à mélanger le sol avec les amendements. On peut aussi en profiter pour épandre de l'azote en bandes. Lorsque les plants atteignent de 45 à 90 cm, on effectue une deuxième opération, le billonnage, pour renchausser, tout comme la première année. Il n'y a pas d'autres opérations jusqu'à l'ensemencement au prochain printemps.

Il faut prendre garde d'implanter ce système si la pente du terrain excède 6 % - 8 %. Si la culture est perpendiculaire à la pente, les billons ne resteront pas formés tandis que les cultures dans le même sens que la pente verront des écoulements d'eau trop importants entre les rangées.

La culture sur billons est souvent associée, par ceux qui l'ont mise en pratique aux États-Unis, à des économies d'opération considérables. Par exemple, on parle d'une baisse de 25 % dans le temps consacré aux opérations au champ, d'une économie de 27 litres de carburant pour chaque hectare de champ et d'une diminution allant jusqu'à 60 % dans l'application des herbicides. Dans ce dernier cas, c'est l'application par bandes qui est responsable de cette économie. Globalement, il est question d'une réduction de 20 % des coûts de production.

Claude Mercier, un producteur de Saint-Roch-de-l'Achigan, fait l'essai de la culture sur billons sur une parcelle de un hectare et demi. Il prévoit lui aussi une diminution des coûts de production si cette méthode est appliquée à grande échelle. Selon lui, sur une superficie de 600 hectares de maïs par exemple, deux tracteurs de 100 HP suffiraient à la tâche.

Avec tous ces avantages, pas surprenant que la culture sur billons permanents soit si populaire chez nos voisins. Selon Jean Cantin, du bureau du MAPAQ de L'Assomption, les superficies de culture sur billons sont passées de 3000 à 5000 ha en Ontario au cours de la dernière année seulement. Et il n'y a

aucune raison fondamentale pour qu'une situation semblable ne se produise au Québec. Au cours des prochains mois, le résultat des essais chez Claude Mercier pourra sans doute mieux nous orienter en ce sens.

DEVOIR 3

(Leçon 5)

À la leçon 5, tu as eu l'occasion de jeter un regard critique sur tes façons de travailler le sol et sur tes pratiques de conservation des sols et de l'eau. Tu as aussi identifié les conditions qui influencent le temps et l'intensité du travail du sol ainsi que le choix de l'instrument.

Maintenant, tu voudrais sans doute savoir si tu possèdes bien l'habileté et les connaissances acquises dans cette leçon. Alors, nous te suggérons de faire le DEVOIR 3 inclus dans le fascicule I joint à ce cours et de l'expédier à ton professeur-tuteur. S'il te reste certaines interrogations, n'oublie pas de lui en faire part par la même occasion. Ensemble vous trouverez sans doute des éléments de réponse.

BIBLIOGRAPHIE

- ASSELIN, Rémi. "La conservation du sol et de l'eau par un bon drainage de surface", **Le Producteur agricole**, janvier 1988, pp. 14-16.
- BEASLEY, R. P. **Erosion and sediment pollution control**, Iowa State University, U.S.A., 1974, 320 p.
- CARRIER, D. "La matière organique du sol". (Cette conférence sera publiée dans le 1er numéro d'**Agro-sol**)
- Comité de coordination interministériel sur les brise-vent. **Avantages et modalités d'implantation des brise-vent au Québec**, 1985.
- Conseil des sciences du Canada. **La dégradation du sol au Canada**, 1986.
- CÔTÉ, Denis. **Les façons culturales**, C.P.V.Q., Agdex 517, 1982.
- CÔTÉ, Denis. **Les secrets d'un bon lit de semence**, Conférence présentée lors du colloque sur les plantes fourragères, Montréal, avril 1988.
- Cultivar**. "Spécial mécanisation", no 228, France, 1988.
- d'ALCANTARA, Sylvie. "La pollution agricole dans le bassin de la rivière L'Assomption", **Agro-Nouvelles**, vol. 23, no 10, p. 2, 1988.
- DALLEINE, E. **Les façons en travail du sol**, Tomes 1, 2 et 3, CNEEMA, France, 1978.
- DALLEINE, E. **Les façons en travail du sol**, Tome 4, CNEEMA, France, 1980.

- DESBIENS, Luc, André VÉZINA et Camille DESMARAIS. **Le brise-vent: la sylviculture au secours de l'agriculture**, Conférence présentée le 23 février 1988 à la Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Université Laval, Sainte-Foy.
- Environnement Canada. **Les pluies acides: une évaluation nationale de la sensibilité**, Direction générale des eaux intérieures et des terres, Fiche d'information sur l'environnement, no 88-1.
- FOLLETT, R. H., L. S. MURPHY et R. L. DONAHUE. **Fertilizers and soil amendments**, U.S.A., 1981, 557 p.
- Gouvernement de l'Ontario. **Ontario soils**, Ministry of agriculture and food, Publication 492.
- Gouvernement du Québec, C.P.V.Q. **Régie intégrée des céréales**, Bulletin technique 14, Agdex 110/20, 1988.
- Gouvernement du Québec, C.P.V.Q. **Céréales de printemps**, Agdex 110/20, 1988.
- Gouvernement du Québec, C.P.V.Q. **Conservation des sols**, Symposium sur la pomme de terre, Agdex 161/570, La culture intensive de la pomme de terre, Agdex 161, 1986-87.
- Gouvernement du Québec, C.P.V.Q. **La dégradation des sols**, Bulletin technique no 13, Agdex 570, 1986.
- Gouvernement du Québec, C.P.V.Q. **Journée d'information sur la conservation des sols**, Cahier de conférences, 1984.
- Gouvernement du Québec, C.P.V.Q. **Les dépôts acides et autres polluants de l'air: leurs effets en agriculture**, Bulletin technique 5, Agdex 060, 1983.
- Gouvernement du Québec, C.P.V.Q. **Drainage souterrain**, Ministère de l'Agriculture du Québec, Agdex 555, 1976.

- Gouvernement du Québec, M.A.P.A. **Journée d'information sur la conservation des sols en plein champ**, Région 06, 1988.
- Gouvernement du Québec, M.A.P.A. **Normes de conception et d'exécution pour les travaux d'améliorations foncières et de conservation et gestion des sols**, 1987.
- Gouvernement du Québec, **Machinerie et équipement de ferme**, Cours par correspondance, module 2, leçon 3 "Les autres machines pour le travail du sol", Direction des cours par correspondance, M.E.Q., 1987.
- GROS, A. **Engrais, guide pratique de fertilisation**, 4^e édition, Paris, 1967, 430 p.
- GUERTIN, Simon M. **Équipements pour la préparation du sol et le semis**, Colloque sur les plantes fourragères "Tout commence au semis", C.P.V.Q., Agdex 120.22, pp. 11-21.
- LAFLAMME, Gaétan. **Traitement du sol contre la compaction des terrains de golf**, Thèse de maîtrise, Collège MacDonald, Université McGill, Montréal, 1971.
- LAFLAMME, Gaétan. **Fertilisation du sol**, Notes de cours non publiées, 1988.
- LAFLAMME, Gaétan. **Physique du sol**, Notes de cours non publiées, 1988.
- LAFLAMME, Gaétan. **Conservation du sol**, Notes de cours non publiées, 1988.
- LAFLAMME, Gaétan. **Travail du sol**, Notes de cours non publiées, 1988.
- MULLER, J.-C. "Matière organique: à quel niveau la maintenir?" **Cultivar**, France, janvier 1982.

Soil Conservation Society of America. **Conservation tillage on wet soils**, Iowa, U.S.A., 1987, 117 p.

Soil Conservation Society of America. **Soil erosion and conservation**, Iowa, U.S.A., 1983, 793 p.

SOLTNER, D. **Les bases de la production végétale**, Tome I "Le sol", 7e, 14e et 15e éditions, 1978, 1986 et 1988.

THIBAudeau, S. **Conservation des sols**, Formation agricole pour adultes, C.S.R. des Vieilles-Forges, 1987.

REVUES CONSULTÉES:

Humus

Journal of soil and water conservation

L'agriculture canadienne

La pomme de terre française

Le bulletin des agriculteurs

Le producteur agricole (vol. 10, no 8, 1987)

Le producteur de lait

L'horticulteur

Power farming







Bibliothèque Cécile-Rouleau



QMC A 567 459