



Rapports FAT

Station fédérale de recherches d'économie d'entreprise et de génie rural (FAT)

CH-8356 Tänikon TG Tel. 052-62 31 31

novembre 1992 422

L'épierrage et l'émottage du sol en culture de pommes de terre

Nouvelles perspectives dans les techniques de culture et de récolte

Ernst Spiess, Erwin Näf, Helmut Ammann et Jakob Heusser, Station fédérale de recherches d'économie d'entreprise et de génie rural (FAT), CH-8356 Tänikon

La séparation du sol – une méthode de culture développée en Ecosse – permet d'obtenir des buttes à la récolte sans «corps étrangers», sans que le sol ne soit mis fortement à contribution ou que sa substance ne soit amoindrie. Les conséquences peuvent être déterminantes dans des sols pierreux/cohérents: besoin en travail moindre pendant la récolte, moins de blessures aux tubercules, meilleure charge de l'arracheuse combinée et avantages économiques. De plus, un sol séparé permet de passer à de nouveaux et intéressants procédés de récolte. La méthode – qui nécessite des investissements supplémentaires – pourrait être appliquée de manière très profitable en Suisse, dans le cadre de l'utilisation de machines en commun.

Contrairement à beaucoup de pays dotés d'une agriculture à haute technologie, la Suisse cultive des pommes de terre dans presque tous les types de sols. Des sols exempts de «corps étrangers», c'est-à-dire presque sans pierre et sans motte dans la couche arable, constituent chez nous plutôt

l'exception. De grandes parties du Plateau se caractérisent par des sols minéraux, plus ou moins tamisables, avec des teneurs en pierres dans la couche arable allant de 200 à 400 t/ha. Les corps étrangers contenus dans la récolte réduisent fortement les possibilités de mécanisation, resp. de ratio-

nalisation et provoquent souvent des dommages plus élevés aux tubercules ainsi qu'une usure plus grande des machines. Jusqu'à présent, seules les arracheuses combinées à un rang équipées d'installations de triage relativement coûteuses pouvaient donner satisfaction dans de telles conditions de récolte.

Ainsi, malgré des techniques récentes, la récolte est très exigeante en travail si on la compare à d'autres cultures [1]. Dans beaucoup d'exploitations, équipées également de grandes arracheuses combinées avec des installations de triage et de tamisage performantes, les travaux de récolte nécessitent **de 50 à 100 heures de travail à l'hectare** (fig.1). Si l'on compte un besoin en main-d'œuvre (MO) de 5 personnes (un chauffeur sur le tracteur et quatre personnes au triage), on arrive à une capacité d'arrachage de **cinq à dix ares à l'heure**. Cet important besoin en temps à l'hectare, resp. la faible capacité d'arrachage à l'heure, est dû en grande partie aux conditions de sol défavorables à la récolte. Cela signifie que les installations de tamisage et de triage des arracheuses combinées ne parviennent pas à séparer suffisamment les nombreuses pierres ou les mottes de terre non tamisables. Elles apparaissent sur les bandes de triage et doivent être partiellement sorties à la main.

Dans la plupart des cas, la capacité de triage est le facteur limitant la performance et elle détermine de manière



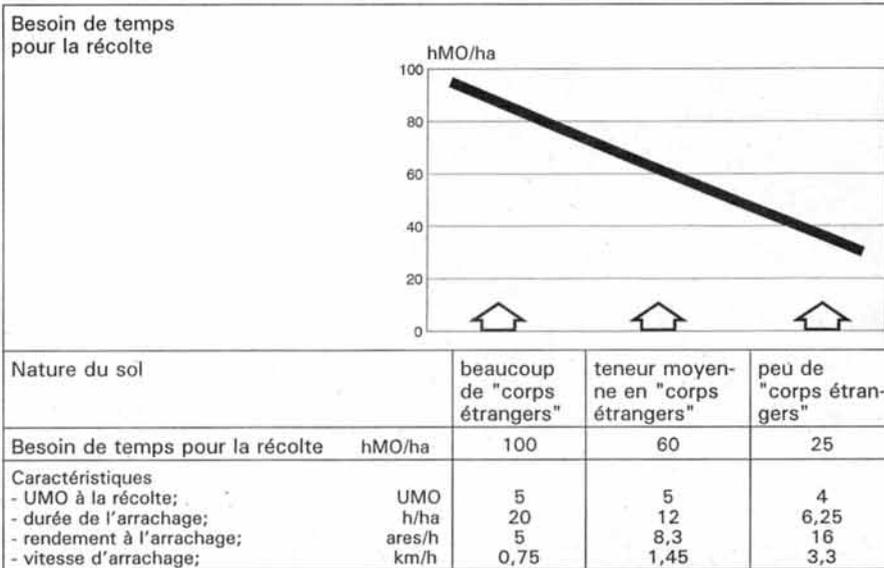


Fig. 1

prépondérante la charge en surface que l'on peut attribuer à une arracheuse combinée. En cas de vitesse trop faible, l'enrobage de terre sur les installations de tamisage est souvent insuffisant ce qui peut conduire à une mise à contribution exagérée des tubercules par des pierres et des mottes de terre dures. Une exploitation en commun n'a jusqu'ici pas pu être réalisée dans un volume souhaitable. Les problèmes viennent avant tout du rendement relativement faible à la surface, de l'organisation (besoin en personnel relativement élevé) et du nombre restreint de jours favorables à la récolte pendant la saison. Des frais de récolte élevés compromettent toujours davantage la rentabilité de la pomme de terre, particulièrement dans les exploitations où l'on ne dispose pas exclusivement de main-d'œuvre familiale.

Des conditions de récolte avantageuses grâce à des techniques culturales spéciales

En toute logique, il faut chercher à éliminer les «corps étrangers» gênant déjà avant ou pendant le travail de plantation. On connaît généralement les procédés courants **d'épierrage** [2]. Aussi bien le ramassage des pierres et leur évacuation que le broyage des pierres ne se sont imposés que dans des cas isolés. Les raisons en sont multiples et devraient être incluses dans les considérations portant sur la séparation du sol:

Ramassage et élimination des pierres

En l'état actuel de la technique, le ramassage des pierres n'est praticable que sur des sols un tant soit peu tamisables (pertes en humus par les mottes au tamisage). Des essais d'épierrage dans des sols graveleux et limoneux montrent qu'il faut travailler à une profondeur d'au moins 20 à 25 cm et effectuer deux à trois passages pour obtenir un épierrage efficace produisant une amélioration sensible. Il n'y a guère qu'en été et au début du printemps que l'on rencontre les conditions de sol favorables. Lors de l'élimination des pierres, la terre devient fine et a tendance à se compacter, ce qui conduit à nouveau à la formation de mottes de terre et a pour effet de diminuer les rendements des pommes de terre mises en place par la suite (fig. 2). Etant donné qu'on ne peut pas épierrer sur toute la profondeur de labour – et non pas seulement du fait de la diminution du volume de terre – on ramène toujours de nouvelles pierres du fond à la surface lors des labours suivants. L'idée que les pierres remontent toutes seules du fond à la surface est fautive [3]. Le ramassage des pierres (et leur évacuation) demande beaucoup de travail (env. 15 hMO/ha) et est onéreux (> 1000.fr./ha); le rendement est relativement faible (capacité journalière d'env. 2 ha). Les coûts sont sensiblement plus élevés que les économies réalisées lors de la prochaine récolte des pommes de terres [4]. L'effet positif sur la croissance des plantes est partiellement remis en question. Il faut se rappeler que les pierres exercent quelques fonctions importantes dans le sol, comme par exemple:

- limitation de l'érosion, resp. réduction des écoulements d'eau en surface et amélioration de l'absorption d'eau (infiltration)
- augmentation de la porosité non capillaire
- rétention de chaleur

Broyage des pierres

Les mêmes constatations que pour le ramassage des pierres sont aussi valables dans ce cas, vu qu'il faut d'abord ramener les pierres en surface avant de pouvoir les broyer. Suivant le système, il convient d'effectuer au préalable un



Fig. 2: Arracheuse-chargeuse à pommes de terre transformée pour le ramassage des pierres. On doit passer sur la terre travaillée et fine pour évacuer les pierres, mettant ainsi fortement le sol à contribution.



Fig. 3: Les séparateurs de sol de la basse gamme de performance sont conçus pour l'attelage au trois points, et sont ainsi bien adaptés aux petites parcelles et aux bordures de champs étroits.



Fig. 4: Grand séparateur de sol avec trois bandes cribleuses. Différents équipements supplémentaires sont offerts pour ce genre de machines.

passage avec une tamiseuse si l'on veut obtenir un broyage radical. Un besoin en énergie relativement élevé ainsi que l'usure des outils contribuent évidemment à l'ampleur des frais totaux. Cependant, lors du broyage des pierres, le sol ne subit pas de perte de substance; la mise à contribution est moins forte qu'en cas d'épierrage. En revanche, les dégâts aux tubercules lors de la récolte automatisée sont souvent plus élevés qu'avec les méthodes culturales courantes.

Technique culturale écossaise

Cette méthode culturale, appelée également «**séparation du sol**», trouve son origine au début des années soixante, au sud de l'Aberdeen-Angus (GB, Ecosse), où quelques agriculteurs équipés d'arracheuses combinées à pommes de terre à un rang ont mis sur pied des essais afin d'obtenir des buttes exemptes de pierres et de mottes de terre [5]. Une butte, formée au préalable, était reprise avant la plantation par l'arracheuse transformée; la terre tamisée, les pierres et les mottes étaient déposées dans le sillon intermédiaire. «The Edinburgh School of Agriculture» a compris très tôt la signification de cette idée. Finalement, des essais de base très étendus de cette institution ont également provoqué les impulsions nécessaires auprès de l'industrie des machines agricoles. En l'espace d'une dizaine d'années, plu-

sieurs firmes étaient en mesure d'offrir une technique avancée dans la séparation des sols. L'équipement adéquat se compose, en plus d'engins spéciaux pour la fumure minérale, d'un outil pour tracer les sillons (largeur de travail 300 cm – 360 cm) et d'un séparateur de sol avec ramassage de terre, équipé d'au moins une bande cribleuse et d'un dispositif pour déposer latéralement les «corps étrangers» triés.

Principalement des systèmes à deux rangs

Bien qu'au départ, on ait encore développé et proposé des séparateurs de sol à un rang (c'est-à-dire équipés pour une butte, largeur de travail 75 cm – 90 cm), on utilise aujourd'hui principalement des machines à deux rangs (largeur de travail 150 cm – 180 cm). Les séparateurs à 4 rangs (largeur de travail 325 cm à 360 cm), relativement peu utilisés, ne sont plus d'actualité.

Trois niveaux de performance pour les séparateurs de sol

Les **plus petites machines**, pesant environ 1500 kg, sont conçues pour l'attelage à trois points (fig. 3). Elles sont équipées d'une à deux bandes de triage avec un système de broyeur à mottes. Le déchargement des «corps étrangers» s'effectue au bout de la bande de triage par des chéneaux inclinés directement dans les traces des passages ou au moyen d'un élévateur hydraulique transversal réglable, dans les sillons intermédiaires latéraux, soit

entre les planches déjà travaillées ou entre celles qui ne le sont pas encore. Les séparateurs de **classe moyenne** disposent avant tout de plus grandes surfaces de criblage. L'attelage se fait aux bras inférieurs du relevage. Au bout du champ, le relevage des bras par l'hydraulique du tracteur soulève le ramasseur de terre, qui est monté de manière fixe sur les bras de la machine. Les poids oscillent entre 2000 et 2500 kg pour une longueur totale des machines d'environ 5,5 m.

Les **plus grands séparateurs** (jusqu'à 4000 kg) pouvant avoir jusqu'à trois bandes cribleuses sont exclusivement conçus pour être tractés, soit par le crochet conventionnel, soit par le crochet américain. On peut soulever indépendamment autour d'un axe de rotation le ramasseur de terre avec la première bande de criblage. Pour des machines de cette longueur (jusqu'à 8 m), il est nécessaire d'avoir une installation de guidage des roues de béquille de la machine. De tels engins, d'une valeur approximative de fr. 50 000.–, sont conçus pour des tracteurs d'une puissance minimale de 60 kW et atteignent souvent en Grande-Bretagne des capacités annuelles de 50 ha (fig. 4).

Des accessoires variés

Les séparateurs de sol de grande capacité peuvent en partie être pourvus de multiples accessoires (fig. 5). Ainsi, il existe pour les sols cohérents, un «**rotor à mottes**» (semblable à un rotor à dents) disposé juste après le ramasseur de terre. On trouve encore des **coussinets de bande cribleuse** et des

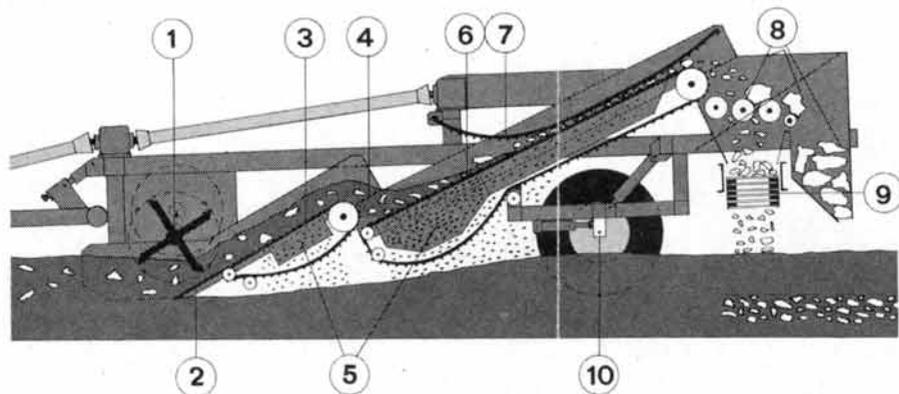


Fig. 5: Principe de fonctionnement d'un séparateur de sol complètement équipé (selon REEKIE; la machine présentée peut encore être équipée d'une planteuse automatique à pommes de terre):

- | | |
|---------------------------------|--|
| 1. Rotor d'alimentation/fraise. | 6. Deuxième bande cribleuse. |
| 2. Soc de reprise de terre. | 7. «Râpe à mottes». |
| 3. Première bande cribleuse. | 8. Rouleaux calibreurs et soule à pierres. |
| 4. Pallier de chute. | 9. Élévateur transversal. |
| 5. Tôle de refoulement de terre | |

secoueurs de bande cribleuse de plusieurs sortes, servant également à éliminer les mottes de terre. Des **plan-teuses automatiques** à deux rangs, dont certaines peuvent être adaptées ou transformées avec une grosse trémie, permettent de combiner en un seul passage la séparation du sol et la plantation des pommes de terre. Cependant, le remplissage de la trémie à semences occasionne une perte de temps qui diminue le rendement du séparateur d'environ 20%. Sur certains modèles, on peut installer après la dernière bande cribleuse, sur l'aligneur transversal, un **dispositif de calibrage à rouleaux** afin de trier les pierres de trop grande taille. Ces dernières arrivent dans une grande **cuve à pierres**, que l'on peut vider par force hydraulique au bout du champ. Les types de séparateurs convertibles, qui sont modifiables en machines de récolte (andaineur ou arracheuse-chargeuse) pour les pommes de terre ou les légumes, sont moins répandus. La modification en question s'effectue en règle générale par le montage d'un dispositif de ramassage des buttes et de séparateurs de fanes, l'échange des bandes cribleuses et le remplacement de l'aligneur transversal par un élévateur de transbordement. Cette double utilisation, en soi économique, ne s'est pas imposée, car en pratique, le travail nécessaire à ces modifications est trop important.

Enterrer ou déposer les «corps étrangers» dans les sillons

Deux variantes ont aujourd'hui la préférence parmi les différentes possibilités:

En cas de **«d'enfouissement préalable»**, (fig. 6), il faut monter deux dents de sous-soleuse devant les socs de la «mouleuse à planches». Le dépôt des corps étrangers a lieu dans le sillon intermédiaire ameubli de la planche qui n'a pas encore été travaillée. En passant avec le séparateur de sol, le tracteur roule sur cet andain de pierres et de mottes et le tasse dans le sol. A chaque passage ultérieur (plantation, entretien, traitements phytosanitaires, préparation de la récolte, récolte et transport), les roues empruntent ces «traces» (fig. 7) déposées à l'écartement des passages (150 cm ou 180 cm). Si les corps étrangers se composent essentiellement de pierres, on obtient à la fois une diminution du compactage et une amélioration de la portance du sol, de la traction et de l'accès. Cela peut représenter un avantage déterminant lors de traitements contre le mildiou par temps ou conditions critiques du sol.

Avantages:

- séparation des sols et plantation peuvent être effectuées séparément.
- si, lors du dépôt des corps étrangers, certains atterrissent dans la planche, ils seront retravaillés une deuxième fois par le séparateur.
- faible différence dans la profondeur des sillons.

- plantation à quatre rangs également possible.
- peu de gêne lors des traitements et de la récolte.

Inconvénients

- moins bonne rétention des flux d'eau (érosion)
- nécessite une profondeur de travail relativement grande lors de la redistribution des pierres (passage latéral du cultivateur; n'est toutefois indiqué qu'en cas de grandes quantités de pierres).

Le «dépôt à plat entre les buttes» (fig. 8)

convient particulièrement aux sols peu profonds (impossible de creuser de profonds sillons au préalable) et extrêmement pierreux. Dans ce cas, il faut planter en même temps que l'on sépare le sol.

Avantages

- empêche efficacement l'érosion par l'eau et le vent (s'il y a beaucoup de corps étrangers).

Inconvénients

- les performances de séparation et de plantation sont interdépendantes l'une de l'autre.
- possibilité de planter uniquement sur deux rangs.
- sarclage et buttage ultérieurs limités.
- risque de voir des corps étrangers poussés de l'andain sur les buttes, resp. dans la récolte lors des soins, du défanage et de la récolte des pommes de terre.

Les buts atteints, la méthode prend une grande importance en Ecosse

On peut résumer ainsi les caractéristiques les plus importantes de la séparation du sol en Grande-Bretagne (sous réserve d'un équipement et d'une utilisation correcte): **«diminution d'un tiers des grosses blessures aux tubercules, sensible augmentation des capacités de récolte et réduction des besoins de travail».**

Les machines pour la séparation du sol sont fabriquées en Europe pour le moment par les firmes suivantes:

- Blair Engineering, Rattray-Blairgowrie (GB)
- Grimme, Damme (D-W)
- Key Agricultural, Peterborough (GB)
- Kverneland, Rotherham S Yorks (GB) et Naerbo (N)

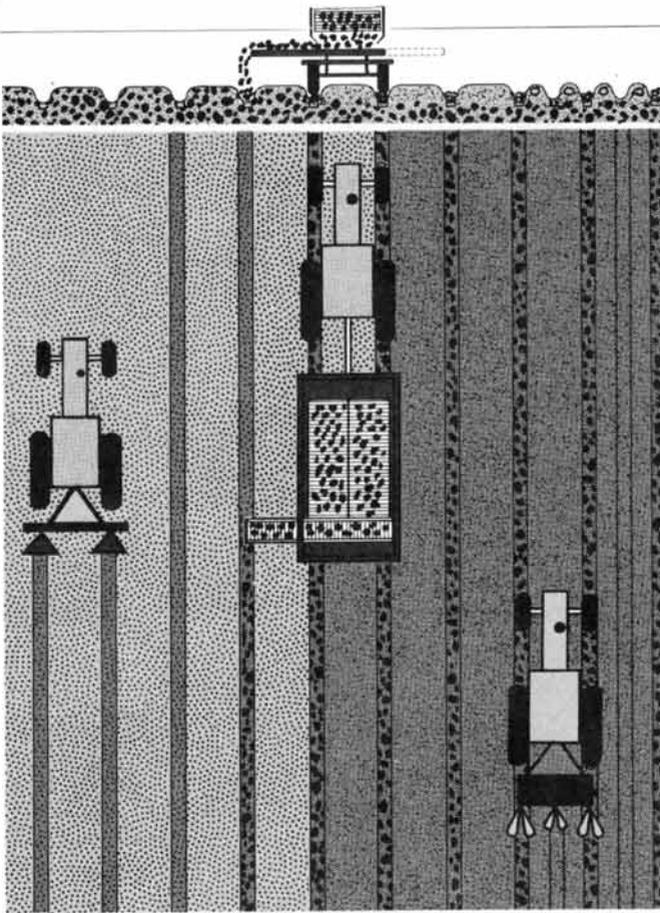


Fig. 6: L'enfouissement préalable est la méthode la plus utilisée dans la séparation du sol. La FAT a également appliqué ce procédé dans ses essais (selon GRIMME).

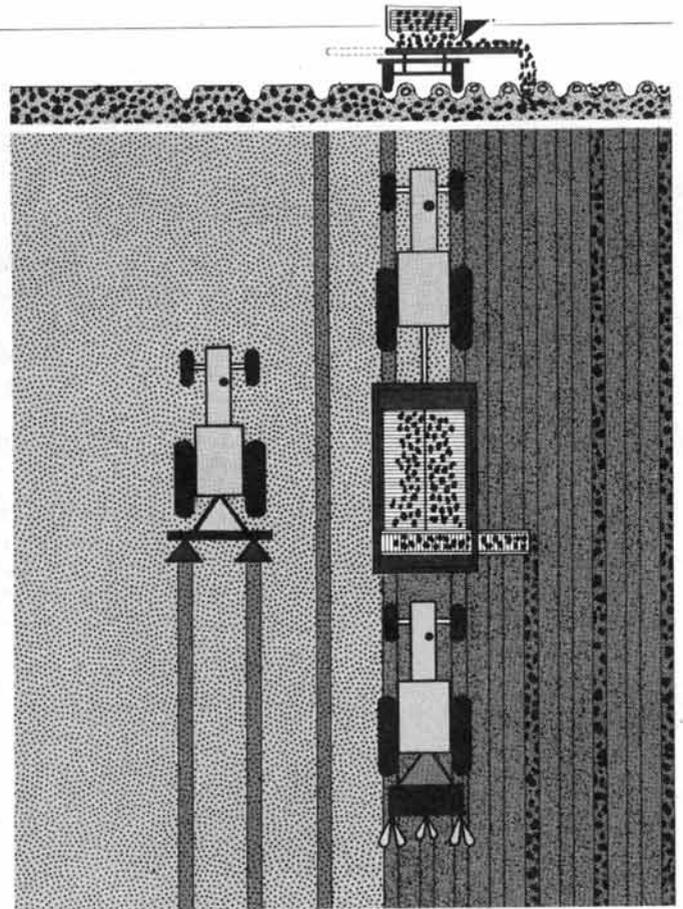


Fig. 8: Le dépôt entre les buttes s'adapte bien aux sols peu profonds et contenant beaucoup de pierres. Dans de telles conditions, il peut s'avérer avantageux d'agrandir un peu la largeur des raies des andains de pierres (par ex. 80-70-80-70...). La planteuse doit travailler immédiatement derrière le séparateur (selon GRIMME).

- Richard Pearsen, Freiston-Bosten (GB)
- Reekie Manufacturing, Orchbank-Fortar (GB)
- Samka Kartoffeltechnik, Vejle (DK)
- A Q Squier, Rochford-Essex (GB)

A ce jour, cette méthode culturale s'est **avant tout répandue** en Ecosse. On estime que, dans cette partie de la Grande-Bretagne (environ 150 000 ha de pommes de terre), les trois quarts des planteurs appliquent cette métho-

de. La séparation est aussi répandue en Angleterre et on la trouve partiellement en Suède. C'est une condition préalable importante pour l'utilisation, aujourd'hui prépondérante, des récolteuses à deux rangs.



Fig. 7: Lors de l'enfouissement préalable, le tracteur avec le séparateur de sol roule déjà sur les traces de pierres séparées. Après la plantation, les corps étrangers ne sont plus visibles. Malgré cela, la portance est améliorée pour tous les travaux alors que le sol et les buttes sont ménagés.



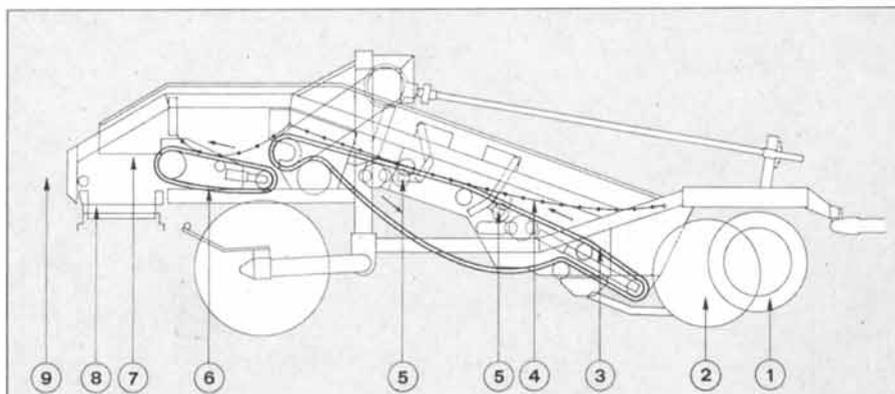
Fig. 9: L'essai en parcelles des «nouvelles méthodes culturales» (quatre répétitions), peu avant la récolte. Les essais de séparation du sol furent menés également en relation avec les essais de culture en planches et de couverture verte en automne (semis Mulch, semis direct Mulch).



Fig. 10: Le séparateur de sol a trié 40 à 50% de la quantité totale de pierres de la couche arable. Dans ce cas, cela représentait 17 kg/m², soit 170 t/ha.

Premiers essais de séparation du sol en Suisse

Il fallait d'abord recueillir des informations sur les risques, les possibilités et les limites de cette méthode culturale toute nouvelle en Suisse. On a donc mis en place plusieurs parcelles et bandes d'essais dans des conditions proches de la pratique avec différentes variétés et conditions de sol, afin de pouvoir avant tout examiner les effets sur la



Séparateur de sol:

- | | |
|---|---|
| 1. Rouleau de réglage de la profondeur. | 7. Espace pour le montage des cylindres de calibrage. |
| 2. Coutres à disques. | 8. Aligneur transversal. |
| 3. Première bande cribleuse. | 9. Espace pour le montage d'une trémie à pierres. |
| 4. «Râpe à mottes». | |
| 5. Secoueur de bande cribleuse. | |
| 6. Deuxième bande cribleuse. | |

Fig. 11: Tous les essais en station et en pratique étaient effectués à l'aide d'une mouleuse à planches (valeur neuve Fr. 6200.-) et d'un séparateur de sol de gamme moyenne (33 000.-) fournis par Grimme.

croissance des plantes, les rendements, les techniques de récolte et les besoins en travail (fig. 9).

Lors d'essais sur des **sols minéraux** (limon sableux, sable limoneux) avec une teneur en pierres moyenne (400 t/ha dans la couche arable), l'épierreage a été d'abord placé au premier plan (fig. 10). D'autres essais ont été effectués sur des sols assainis cohérents (limon argileux riche en humus, sol limoneux sableux riche en humus), où les problèmes venaient presque exclusivement de la formation de mottes de terre. Dans de telles conditions de sol, il est, la plupart du temps, impossible d'obtenir une butte de récolte exempte de mottes, même avec des méthodes de travail du sol spéciales.

Des **machines** de la maison Grimme étaient à disposition pour la séparation du sol (fig. 11). Le séparateur de sol à deux bandes cribleuses peut être classé dans la gamme moyenne. A chaque utilisation, on a mis en pratique l'enfouissement préalable des corps étrangers, car il s'agissait toujours de sols



Fig. 12: Le séparateur laisse derrière lui des planches avec un sol très aéré et ameubli. Le degré de travail dépend avant tout de la largeur des trous du tamis.



Fig. 14: La séparation du sol permet d'utiliser aussi bien des planteuses à deux ou à quatre rangs (enfouissement préalable).

passablement profonds, sans teneur extrême en pierres.

Les sols tamisables moins problématiques

La formation des planches et la séparation du sol ont pu être réalisées la plupart du temps sans problème sur les sols plus ou moins tamisables, aussi bien en automne (poursuite d'un essai avec couverture hivernale resp. semis

direct sous litière) qu'au printemps avec des tracteurs à quatre roues motrices de 33 kW et 40 kW. On peut éventuellement renoncer à un travail préalable du sol après la charrue (par exemple lors d'une préparation des planches en automne suivie de la séparation du sol au printemps). L'important est d'avoir une terre bien «ressuyée» en profondeur. Le but dans la séparation du sol est de tamiser un volume au moins aussi grand que celui nécessité par la butte de récolte (correspondant au volume de sol qui sera travaillé par la récolteuse; fig. 12). Pour cela, il faut en général 15 cm de terre meuble dans la planche travaillée. Si l'on tient compte d'une certaine réserve de sécurité, il faudrait atteindre dans la pratique une profondeur de sol de 18 – 20 cm. La capacité de séparation est déterminée au niveau du sol par la profondeur à laquelle on doit le travailler et par son aptitude à être tamisé. La capacité limite est atteinte lorsque l'aligneur transversal emporte une grande quantité de terre légère et de mottes de terre. Dans des conditions favorables (Rheinau, sols de sable limoneux), on a pu atteindre des vitesses de travail de 2,8 km/h, avec 20 à 22 cm de sol meuble en planche. L'aération profonde de la terre lors de la séparation élève sensiblement la température du sol (d'environ 1 °C).

On a obtenu les **valeurs de référence** suivantes comme base de calculs:

- vitesse de travail:
- mouleuse à planches 4,5 km/h (largeur de travail 3,0 m)
- séparateur de sol 2,2 km/h (largeur de travail 1,5 m)

- temps de travail total:
- mouleuse à planches 1,3 h/ha
- séparateur de sol 3,0 h/ha

Limites de capacité dans des sols cohérents

De leur côté, les sols argileux et les sols assainis cohérents ne permettaient que des vitesses faibles d'environ 2,0 km/h. Même avec un rendement faible, on constatait par endroits que les sillons entre les planches se remplissaient complètement de mottes de terre (140 à 160 t/ha) (fig. 13). Les espaces intérieurs des orifices des bandes criblées (28 – 30 mm) se sont avérés un peu trop grands pour la culture de plants de pommes de terre. De petites mottes de terre apparaissaient lors du passage au crible, qui n'étaient en partie pas retenues par le tamis à la récolte (plants de pommes de terre). Cependant, la part de mottes de terre dans la récolte a pu être réduite de 37,2 t/ha à 7,7 t/ha. Par la suite, on a pu installer des bandes criblées avec des espaces de 25 mm (voir aussi «Conclusions et perspectives»).

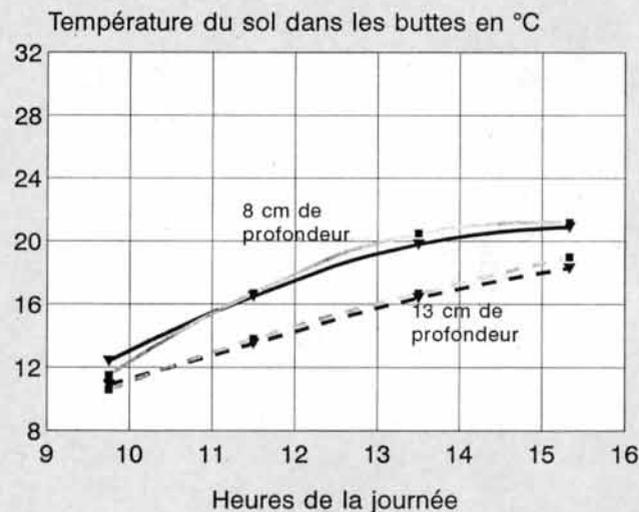
Plantation et soins

Les travaux de plantation (sur deux ou quatre rangs) peuvent être entrepris à n'importe quel endroit du champ (fig. 14). Les planteuses automatiques de conception nouvelle, avec le positionnement des roues de béquille dans les traces du tracteur (resp. dans les raies) sont particulièrement bien adaptées. Grâce aux sillons intermédiaires,

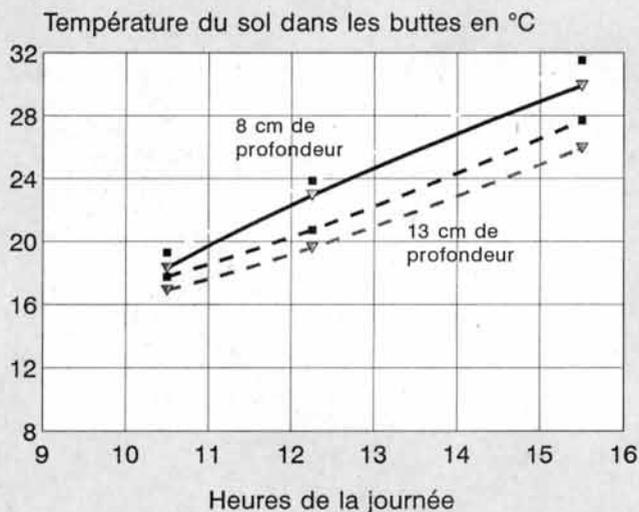


Fig. 13: Dans les sols à mottes dures, resp. cohérents, la limite de rendement est déjà atteinte à basse vitesse. Si l'on trie de trop grandes quantités de mottes, il n'y a plus assez de sol pour la formation des buttes.

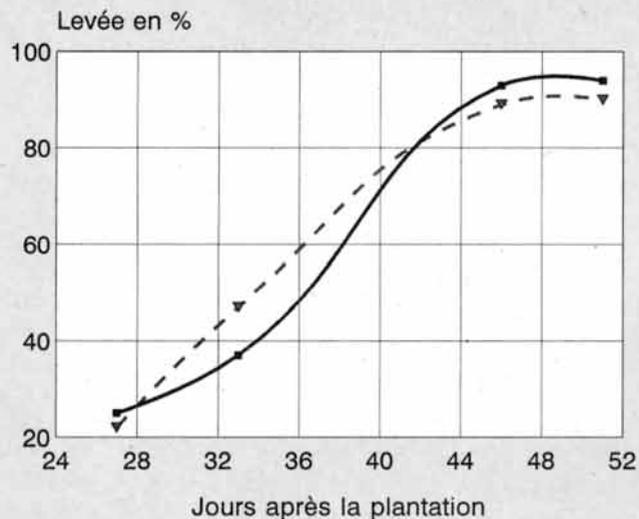
RHEINAU ZH, 16.5.90, limon sableux, 150 t/ha de pierres séparées



RHEINAU ZH, 24.5.90, limon sableux, 150 t/ha de pierres séparées



RHEINAU ZH, 1990, sable limoneux, 150 t/ha de pierres séparées, Bintje



PROCEDE
 ■ avec séparation
 ▼ traditionnel

Fig. 15: Evolution de la température du sol et de la levée avec et sans séparation du sol. En 1990, les semences ont subi de légers dégâts dus au gel. C'est la raison pour laquelle on n'a atteint que 90% de levée.

les tracteurs et les machines ont pu être conduits de manière précise, ce qui a rendu possible sans problème le travail de nuit. Du fait de la forme surélevée des planches, l'espace entre le sol et la partie inférieure des outils est réduit, ce qui nous a contraints à régler l'axe des planteuses automatiques parfois plus bas. Il faut faire attention, lors de la plantation comme lors des soins, à ce que les machines ne travaillent pas trop profondément dans les sillons, afin de ne pas ramener des mottes et des pierres sur les buttes.

Température du sol et levée

La séparation du sol, resp. l'épierrage, a peu influencé la levée (un peu plus ré-

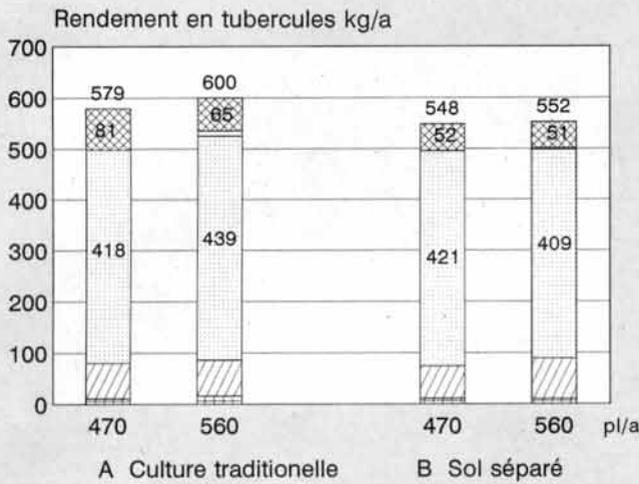
gulière dans les sols assainis), bien que les températures à 8 cm de profondeur dans les parcelles épierrées les jours chauds du printemps étaient plus basses que dans les buttes contenant des pierres. Cependant, à partir de 10 heures, la chaleur augmentait plus rapidement dans les parcelles sans cailloux (fig. 15). Les pierres retardent l'échauffement du sol pendant le jour, mais freinent d'autant son refroidissement pendant la nuit.

Peu de différences au niveau des rendements

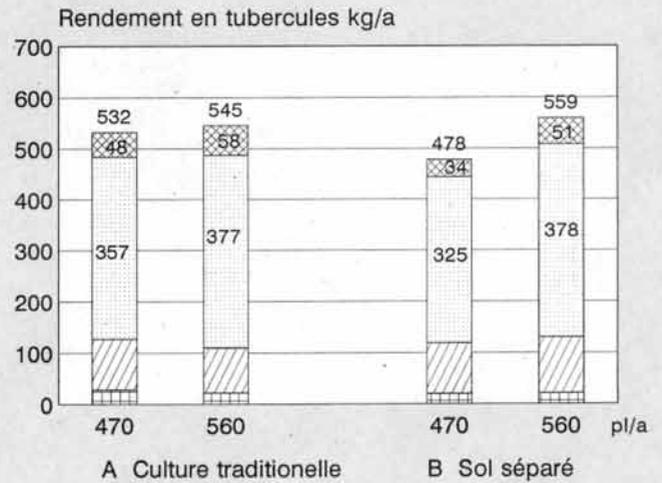
La séparation du sol n'a pas influencé de manière significative les rendements en tubercules dans les essais sur

sols minéraux (différences de rendements dues au hasard et non significatives; fig. 16). 11 n'y avait pas non plus de différence importante au niveau du calibre des tubercules entre la culture traditionnelle et la séparation du sol. Dans un essai pratique, la mise en valeur des tubercules au calibre était nettement moins bonne, à rendement égal, qu'avec la méthode culturale traditionnelle. En l'occurrence, on a travaillé le sol trop profondément avec la mouleuse à planches alors qu'il n'était sec qu'en surface. Le sol humide, en combinaison avec un criblage, resp. un travail trop intensif, ont mené à une structure de sol peu favorable. On a observé, lors de fortes précipitations ou arrosages dans un sol plus léger, une érosion des buttes un peu

RHEINAU ZH, 1989, sable limoneux, 150 t/ha de pierres séparées, Bintje



RHEINAU ZH, 1990, sable limoneux, 150 t/ha de pierres séparées, Bintje



TAENIKON TG, 1990, limon sableux, 170 t/ha de pierres séparées, Eba

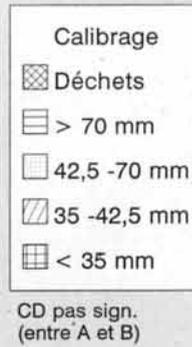
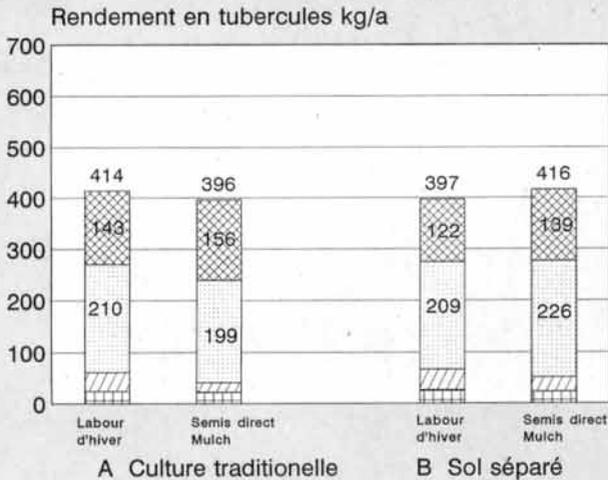


Fig. 16: Rendements en pommes de terre et calibres des tubercules avec la culture traditionnelle et la séparation du sol (récolte des parcelles à la main, donc dégâts à la récolte pas retenus). Malgré des résultats chiffrés très homogènes, il n'y a pas eu de différence de rendement significative. Il est à relever que dans les sols séparés, la part en tubercules présentant des défauts (Tänikon 1990: passablement de gale) est toujours un peu plus basse qu'avec la méthode culturale traditionnelle.

RHEINAU ZH, 1990, sable limoneux, 150 t/ha de pierres séparées

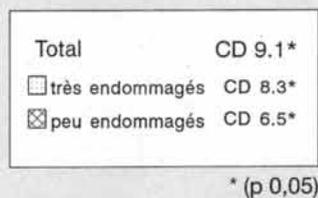
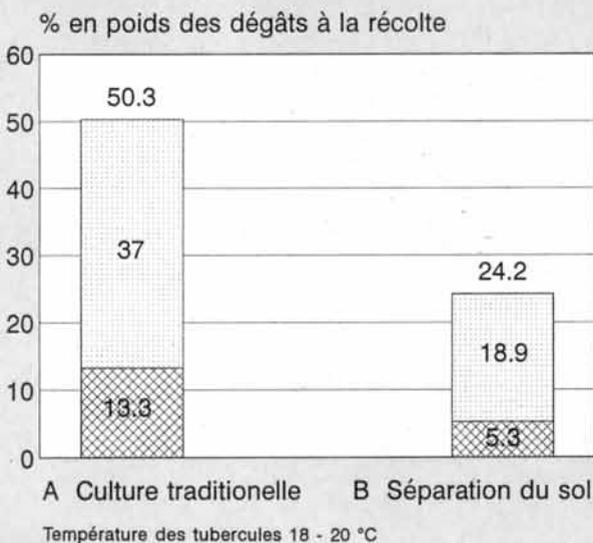


Fig. 17: Blessures dues à l'arracheuse combinée (de marque Samro Offset). Les différences (sensibles) en faveur de la séparation du sol sont significatives (statistiquement prouvées).



Fig. 18: La séparation du sol a permis de réduire considérablement le besoin en travail sur la récolteuse.

a: sans séparation, du fait de la petite vitesse d'arrachage, il y a moins de tubercules et plus de corps étrangers sur les bandes de triage.

b: avec séparation, du fait de la vitesse d'arrachage plus grande, il y a plus de tubercules et seulement quelques petites pierres (Tänikon 1990, limon sableux, 170 t/ha de pierres séparées).

plus importante, sans pour autant pouvoir démontrer de différence au niveau du rendement et de la qualité (tubercules verts).

Jusqu'à présent, on n'a pas encore pu mettre en place un essai par parcelles sur sol assaini, presque sans pierre et ayant une forte tendance à la formation de mottes, avec un équipement du séparateur de sol adéquat. Cependant, les essais pratiques effectués en 1991 laissent présager dans ce cas une influence positive sur le rendement en tubercules (séparateur de sol à mailles étroites équipé d'un aplatisseur de mottes à cylindre).



Fig. 19: Dans des cas semblables, avec une teneur en pierres extrêmement élevée (les sillons entre les planches presque pleins), il faudrait utiliser le «dépôt entre les buttes» (éventuellement en alternant la largeur des raies) et il faudrait répartir à nouveau latéralement les pierres après la récolte (Rheinau 1989, sable limoneux, 350 t/ha séparées).

Beaucoup moins de dégâts à la récolte

La proportion de tubercules endommagés par l'arracheuse combinée fut d'environ la moitié plus faible sur les parcelles ayant subi une séparation que sur celles cultivées de manière traditionnelle et contenant des pierres (fig. 17). La différence est encore plus grande pour les blessures importantes (profondeur >3,4 mm). La vitesse de travail et celle de la bande cribleuse étaient maintenues identiques dans chaque procédé pour des raisons d'essais, bien que la séparation du sol autorise avant tout un avancement sensiblement plus élevé (meilleur enrobage de terre sur les organes de triage), ce qui, de plus, aurait pu agir favorablement sur le menagement de la récolte.

Arracheuse combinée: travail de triage fortement réduit

La séparation du sol a pour conséquence que les systèmes de tamisage et de tri de l'arracheuse combinée séparent eux-mêmes une très grande part des corps étrangers restants, rendant ainsi le triage manuel moins fastidieux (fig. 18).

La séparation permet dans presque tous les types de sol – qui se prêtent à la culture des pommes de terre – d'arriver à un besoin en temps inférieur à 30 heures par hectare. Le rendement à

l'arrachage se monte ainsi à plus de dix ares à l'heure.

Aucune influence sur les cultures ultérieures

Sur une douzaine d'essais avec le séparateur de sol (maximum 180 t de pierres séparées à l'ha), on n'a constaté aucune influence sur les cultures ultérieures, bien qu'on ait renoncé à un travail du sol spécial après les pommes de terre. Dans un cas, caractérisé par des sols très perméables, graveleux et avec une teneur en pierres dans la couche arable extrêmement élevée (environ 800 Vha, environ 350 t/ha séparées, à Rheinau ZH), les bandes de pierres ont formé visiblement une sorte de drainage superficiel dans du blé d'automne (fig. 19). Ce phénomène s'est caractérisé par l'apparition au printemps/été de couleurs différentes dans une culture de blé d'automne: un vert plus foncé à l'endroit des bandes de pierres qu'entre celles-ci. Dans un tel cas, il aurait manifestement fallu pratiquer un labour transversal après la culture des pommes de terre.

Moins de travail, plus d'investissements

En comparaison avec la technique culturale traditionnelle, on voit qu'avec la méthode de séparation du sol il n'y a plus besoin de herser avant de planter.

Heures de travail et de tracteur (teneur élevée en corps étrangers)

Opération	Procédé traditionnel		Procédé avec séparation du sol	
	hMO/ha	hT/ha	hMO/ha	hT/ha
Herser avec une herse vibroculteur, 3 m	0,9	0,9		
Mouler les planches			1,3	1,3
Séparation du sol			3,0	3,0
Récolte avec une arracheuse combinée, grande	100,0	20,0	25,0	6,0
Total	100,9	20,9	29,3	10,6

En revanche, la formation des planches et la séparation du sol demandent un passage supplémentaire.

Le rendement horaire d'une arracheuse combinée à pommes de terre peut être augmenté par le procédé de la séparation. Dans des sols contenant beaucoup de corps étrangers, le besoin en temps passe de 20 à 6.3 heures de tracteur, resp. de machine à l'hectare ce qui équivaut à plus du triple de rendement à l'ha. Les meilleures conditions de récolte permettent également d'utiliser annuellement la

récolteuse sur une plus grande surface. On a ainsi la possibilité de mieux tirer profit de machines sous-utilisées comme la mouleuse à planches, le séparateur de sol ou encore l'arracheuse combinée.

Investissements et coûts

Une comparaison économique entre le procédé traditionnel et celui de la séparation du sol s'impose. Les machines suivantes furent prises en considération:

Type de machines	Procédé		Valeur neuve Fr.	Frais fixes par an Fr.	Frais variables Fr./UT
	ancien	nouveau			
Herse vibroculteur, 3.0 m	X		3'800.-	867.-	5.17/ha
Mouleuse à planches, 3.0 m		X	6'200.-	1'008.-	30.-/ha
Séparateur, 1.5 m		X	33'000.-	4'760.-	125.60/ha
Arracheuse combinée, grande	X	X	57'000.-	8'473.-	202.40/ha
Tracteur, 4 roues motrices, 41 kW	X	X	45'000.-	7'389.-	11.24/h

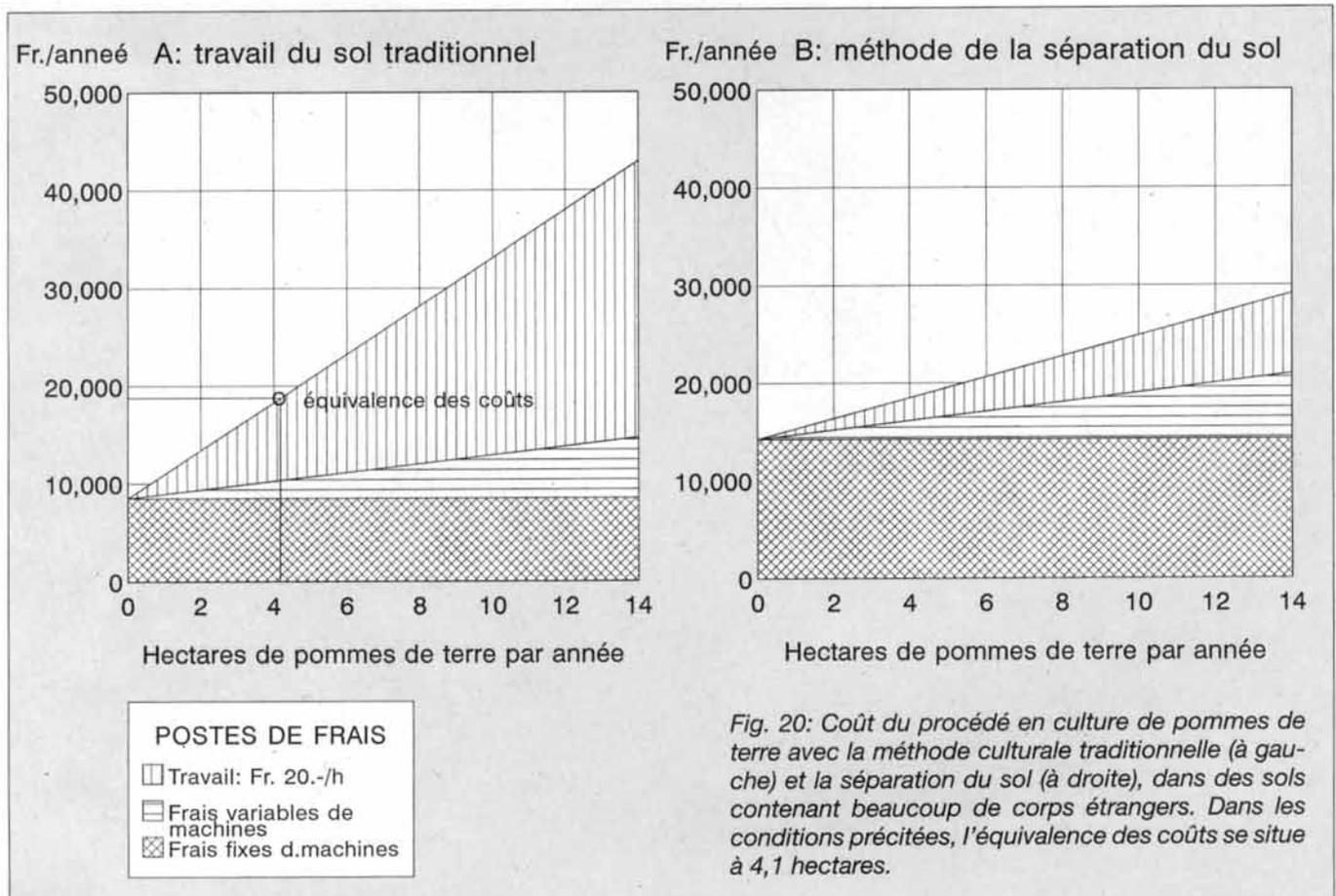


Fig. 20: Coût du procédé en culture de pommes de terre avec la méthode culturale traditionnelle (à gauche) et la séparation du sol (à droite), dans des sols contenant beaucoup de corps étrangers. Dans les conditions précitées, l'équivalence des coûts se situe à 4,1 hectares.

Postes de frais	Travail du sol traditionnel Fr.	Procédé de séparation du sol Fr.
Frais fixes imputables par année	8'473.-	14'241.-
Frais variables de machines par hectare	442.-	478.-
Frais de main-d'oeuvre par hectare, avec un salaire horaire de Fr. 20.-	2'018.-	586.-

Comparaison des coûts et du travail (fig. 20)

En comparaison avec les procédés traditionnels, la séparation permet d'économiser environ 70 heures de travail par hectare. La disponibilité et les frais de la main-d'oeuvre prennent dans ce secteur une importance considérable. Au sujet des frais de machines, on n'impute pas spécialement les frais fixes de la herse canadienne et du tracteur à la culture des pommes de terre. Les deux engins font partie du parc habituel d'une exploitation de cultures.

Conclusions et perspectives

Les essais et les expériences réalisés jusqu'ici avec la séparation du sol montrent que cette méthode culturale apporte des perspectives résolument nouvelles, particulièrement dans nos conditions de mécanisation très exigeantes.

Il y a de sensibles économies de travail à réaliser, ne serait-ce qu'au niveau de la comparaison avec la méthode traditionnelle de récolte dans des sols contenant beaucoup de corps étrangers. **On peut mieux tirer profit des machines de récolte par unité de surface**, du fait du plus grand rendement horaire à l'arrachage. Les investissements supplémentaires pour la mouleuse à planches et le séparateur induisent des frais de machines annuels plus élevés. Il faut également tenir compte de l'importante **diminution des dégâts à la récolte** dans les observations économiques.

Les sols séparés, resp. les buttes de récolte pratiquement exemptes de corps étrangers, satisfont aux exigences des **méthodes de récolte d'avenir** que sont les procédés d'arrachage et de chargement de récolte à deux rangs les plus rationnels et les moins exigeants techniquement, avec ou sans possibilité de tri, ou encore la méthode de récolte en deux phases.

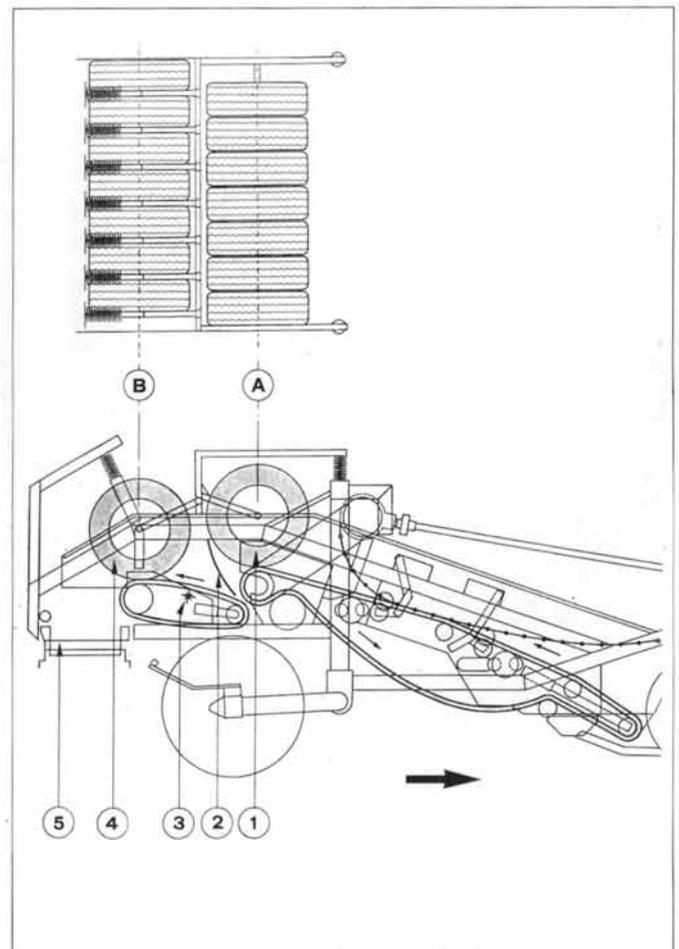


Fig. 21: Les «rouleaux aplatisseurs de mottes» (FAT) – constitués de pneus usagés à basse section – peuvent considérablement améliorer la performance du séparateur, surtout dans des sols très lourds. L'effet du travail peut être modifié en réglant la pression d'air et la force d'appui des ressorts.

1. Premier rouleau à la fin de la première bande cribleuse.
2. Déflecteur de terre.
3. Vibreur supplémentaire de bande cribleuse.
4. Deuxième rouleau.
5. Vibreur supplémentaire de bande cribleuse sur l'élevateur transversal.

A = Exemple d'exécution sur des sols ayant une forte teneur en mottes.

B = Exemple d'exécution (suspension individuelle) sur des sols très pierreux (grosses pierres).



Les **traces de pierre** formées lors de la séparation des sols très pierreux constituent un avantage non négligeable lors de la lutte contre le mildiou. A chaque passage dans les traces, on **roule plus aisément**.

Contrairement au ramassage ou au broyage des pierres, le sol ne subit à long terme aucune modification de sa **substance et de sa composition**. La fonction relativement importante des pierres dans le sol est au moins maintenue pour la culture suivante. La structure et la fertilité du sol ne subissent pas de préjudice. Ainsi, on pourrait démontrer lors d'essais complémentaires ultérieurs, qu'après une séparation du sol au début de l'automne, combinée avec une couverture verte en hiver (prévue pour un semis direct sous litière des pommes de terre), l'activité biologique du sol est légèrement meilleure que si l'on pratique un labour d'hiver ou de printemps. Avec cette méthode, la végétation automnale utilise l'azote superflu et constitue par la suite une couche protectrice de Mulch. Ainsi,

une **répartition** conséquente **de la surface des traces et du volume d'enracinement** a déjà lieu l'année précédente.

Les **limites** de la séparation du sol ont été atteintes jusqu'à présent dans les sols peu tamisables et ayant une forte tendance à former des mottes de terre. La FAT a développé en 1991/92 un dispositif visant à éliminer les mottes de terre qui ne sont pas tamisables lors de la séparation (**fig. 21**). Ce dispositif supplémentaire travaillant sans problème a mené à des augmentations sensibles. Sur des sols cohérents, il est clair que les **besoins de la séparation du sol en énergie spécifique** sont plus faibles qu'avec les appareils rotatifs traditionnels de préparation du sol, même pour obtenir un grand effet de préparation. Contrairement à ces derniers, seules les particules de sol encore trop grossières sont travaillées intensivement. La séparation a tendance à moins mettre le sol à contribution et à plus l'aérer qu'un système de travail du sol traditionnel de même intensité.

Bibliographie

- [1] NAEF, E (1982): Arbeitswirtschaftliche Blätter der FAT. FAT-Bericht Nr. 206.
- [2] IRLA, E. (1978): Steinsammel- und Steinbrechmaschinen. FAT-Bericht Nr. 135
- [3] SCHWANTES, A.J. (1964): Movement of field stones toward the surface. Translations of the American Society of Agricultural Engineers 7.
- [14] IRLA, E-, SPIESS E. (1979): Auswirkungen der Steinbeseitigung im Kartoffelbau. FAT-Bericht Nr. 151
- [5] WITNEY, B.D. (1984): The investigation and promotion of stone/clod windrowing for potato production systems. R. and D. in Agric. 1