



# chambres d'agriculture

## LES CARRIÈRES

### 2. — Les modalités techniques de la remise en état des carrières à des fins agricoles



*Nivellement du fond et régularisation des talus*

**Au moment où nous mettons sous presse, le J.O. du 25 avril 1981 publie le décret d'application de l'art. 109-1 du Code minier.**

**Nous reviendrons sur ce texte très important dans un prochain numéro.**

# Sommaire

Avant-propos .....	4
Introduction .....	5
<b>1. CONNAITRE LE TERRAIN POUR RÉPONDRE AUX TROIS QUESTIONS-CLÉS DE LA FAISABILITÉ .....</b>	<b>6</b>
1.1 Pour écarter le risque de submersion .....	6
1.2 Pour éviter la rétention des eaux superficielles .....	9
1.3 Pour conserver la fertilité du sol .....	9
1.4 La synthèse des informations correspondantes .....	11
<b>2. LES OPÉRATIONS DE TERRASSEMENT .....</b>	<b>12</b>
2.1 Les conditions générales .....	12
2.2 Les cas-limites .....	16
<b>3. L'ORGANISATION DU TRANSFERT DES SOLS .....</b>	<b>19</b>
3.1 Les chantiers-types de transfert des sols .....	19
3.2 La programmation .....	23
<b>4. LA RESTITUTION A L'AGRICULTURE .....</b>	<b>25</b>
4.1 Les travaux connexes sur les abords .....	25
4.2 D'éventuelles mesures « de rattrapage » .....	27
4.3 Le démarrage de la culture .....	28
4.4 L'installation de l'irrigation .....	28
<b>Annexe : des exemples à l'étranger .....</b>	<b>29</b>
<b>Postface .....</b>	<b>30</b>
<b>Bibliographie .....</b>	<b>32</b>

## Avant-propos

Sous le titre « **Les carrières** », la revue « Chambres d'agriculture » a consacré un fascicule de son précédent numéro (n° 670, avril 1981) à une étude sur « **La législation et la réglementation des carrières, et leur impact sur l'agriculture** ».

Nous remercions vivement M. Bernard LUCIEN-BRUN, chargé de mission auprès du Comité de Gestion de la Taxe Parafiscale sur les Granulats, d'avoir bien voulu exposer, dans ce second fascicule, les problèmes techniques que pose la remise en état des carrières à des fins agricoles.

# Introduction

## LA RÉHABILITATION AGRICOLE DES SOLS DE CARRIÈRES : une formule séduisante à utiliser avec prudence

Les carrières, sablières, gravières ou ballastières font partie du paysage de nos régions où les signalent de loin leurs amoncellements de matériaux, leurs impressionnants engins au travail... et leurs vastes surfaces dénudées de toute végétation. Mais ces surfaces, que deviennent-elles lorsque l'exploitation est achevée ?

Si les carrières laissent un terrain stérilisé ou dégradé pour longtemps, il est bien normal que les agriculteurs du voisinage voient progresser leur extraction avec une certaine appréhension. Si, par contre, le sol est reconstitué à l'issue de l'évacuation des matériaux et rendu à nouveau propre à la culture, une conciliation peut être trouvée entre les utilisateurs du sol et ceux du sous-sol.

Cette dernière éventualité n'est pas une gageure. Des essais systématiques, des opérations-pilotes ont, depuis quelques années, amplement démontré que la remise en état à des fins agricoles des zones exploitées en carrières est réalisable et permet d'obtenir, sans délai, des rendements équivalents à ceux des parcelles d'origine.

Toutefois, ne nous leurrions pas ; pour réussir une telle restauration, trois conditions générales s'imposent :

— sur le plan du terrain, **le milieu physique** doit être favorable, particulièrement en ce qui concerne le risque d'inondation après l'extraction, ou l'épaisseur du sol à découvrir ;

— sur le plan économique, le carrier opérateur de la remise en état doit accepter **un supplément** — très variable selon les cas — dans les dépenses de remise en état, par rapport à une simple opération de nettoyage des lieux et de régularisation du relief ;

— sur le plan opérationnel, la mise en œuvre nécessite une planification particulière de l'avancement de l'exploitation de la carrière, à envisager avant l'ouverture de celle-ci.

De nombreux sites d'anciennes extractions restent inutilisables pour l'agriculture là où ces conditions fondamentales n'ont pas été satisfaites.

Ainsi, l'objet de cet ouvrage n'est-il pas d'énoncer des « recettes-miracles » permettant de réussir une remise en culture après l'extraction quelles que soient les circonstances, mais de fournir des recommandations techniques — ou tout simplement pratiques — en vue d'accroître les chances de succès. Ces conseils ne porteront donc leurs fruits que si **le contexte est favorable**, notamment lorsque les trois conditions ci-dessus se trouvent rassemblées, et si l'exploitant de la carrière est motivé pour entreprendre des travaux de reconstitution du sol assez nouveaux pour lui.

\* \* \*

Il serait fort erroné de penser que la remise en état à des fins agricoles se limite à l'action d'étaler en fond de fouille les matériaux de la « découverte ».

La plupart des exploitants de carrière qui ne se sont préoccupés que de l'opération d'un simple régalage des terres décapées ont pu constater, par les échecs rencontrés, l'inefficacité de cette méthode. Pour guider et encourager les opérateurs, le Comité de gestion de la taxe parafiscale sur les Granulats a mis en œuvre, de 1976 à 1978, un programme expérimental de réimplantation des cultures sur des sites de carrières en fin d'extraction.

Objectivement, ce sont les rendements qui permettent de juger du degré de réussite de la réalisation. Notons, à cet égard, que les résultats de culture obtenus dans le cadre du programme expérimental cité ci-dessus, ou sur d'autres opérations pilotes, permettent d'affirmer que l'objectif normal d'une remise en état agricole de carrière est le rétablissement de la valeur agricole antérieure.

Un tel enjeu reste à la portée du carrier. Dans un cas normal d'extraction de graviers, il n'est pas nécessaire de recourir à des modalités compliquées, ni même à un matériel spécialisé. Les recherches qui ont été menées dans ce domaine de la restauration agricole des sols de carrières l'ont été dans la perspective de faciliter autant que possible l'application sur le terrain.

\* \* \*

On l'a souligné au préalable : tous les sites de carrières ne se prêtent pas à une remise en culture. Mais la décision de remise en état à des fins agricoles doit intervenir **avant** l'ouverture de la carrière. L'étude ou la notice d'impact, élément de prévision, a été rendue obligatoire dans le but de résoudre ce genre de difficulté.

Dans ces conditions, pour garantir la reprise agricole du site à l'issue de l'extraction du sous-sol, l'accent doit être mis tout d'abord sur la reconnaissance du milieu en vue de définir les conditions de la « faisabilité » matérielle de l'opération.

# 1 — Connaître le terrain pour répondre aux trois questions-clefs de la faisabilité

Constitués de roches éruptives, sédimentaires ou alluviales, compactes ou meubles, les gisements de matériaux de carrières sont très divers.

Il n'est pas besoin d'une formation géologique approfondie pour saisir la **diversité** des conditions de remise en état du site d'extraction, selon les variables qui représentent, par exemple, l'étendue de la zone exploitable, l'épaisseur des matériaux en place, la proportion des « refus » d'exploitation, la proximité de la nappe phréatique, la consistance du fond du gisement, son relief, l'importance et la nature de la « découverte »...

La connaissance de ces variables permet non seulement de définir le contexte de la remise en état, mais de déterminer le type même de réutilisation du site. Le propriétaire qui exigerait — ou le carrier qui accepterait — une remise en culture après l'extraction sans avoir préalablement procédé à la **collecte des données** nécessaires au niveau du sol et du sous-sol, s'exposerait à n'obtenir qu'une terre ingrate ou impossible à mettre en valeur.

En effet, faute de cette démarche préliminaire, des travaux destinés à reconstituer des sols agricoles pourraient n'aboutir qu'à restituer des surfaces fréquemment recouvertes par les eaux, des terres parsemées de cailloux, d'affleurements stériles, de « mouillères », ou irrémédiablement appauvries...

En tenant compte des expériences récentes, il y a trois questions-clefs auxquelles une réponse doit être apportée, avant tout début d'exploitation de carrière :

- le risque de submersion,
- l'assainissement des terres,
- le maintien de la fertilité du sol.

## 1.1 — Pour écarter le risque de submersion

Après la remise en état, l'inondation ou même un engorgement périodique nuirait non seulement à l'état des cultures implantées, mais encore à la structure de la couche arable. Affectant des terrains cultivés, ce phénomène se révèle catastrophique pour les résultats de la campagne agricole, souvent même si les cultures ne sont pas encore implantées.

L'objectif doit donc être de mettre hors d'eau cette couche dans toute son épaisseur.

Une référence acceptable et susceptible d'être fixée avec exactitude est celle de la remontée décennale de la nappe phréatique.

La cote de crue décennale — atteinte tous les dix ans en moyenne — constitue, en effet, une référence valable pour fixer l'altitude du terrain à remettre en état : pour une période plus courte, cinq ans par exemple, le risque de fréquence de remontée des eaux créerait une contrainte incompatible avec l'exercice normal de l'activité agricole (problèmes d'atteinte aux cultures, d'accès au terrain et de détérioration du sol) ; pour une période plus longue, vingt ans par exemple, la détermination de la crue serait souvent hypothétique, faute d'observations piézométriques sur une durée suffisante.

Pour préciser cette cote de crue périodique, des observations hydrogéologiques locales sont en effet indispensables. Si aucune donnée n'existe pour le site lui-même — et c'est généralement le cas — il convient d'y mettre en place un piézomètre. Après une phase d'enregistrements, la corrélation sera établie entre les variations observées et celles dans le même temps de piézomètres implantés dans la zone de même régime

d'eaux souterraines et dont les enregistrements sont recueillis depuis plusieurs années déjà. L'hydrogéologue, connaissant le niveau de la crue décennale à l'endroit de ces piézomètres-repères, pourra alors l'extrapoler pour le site de la carrière et le traduira en altitude NGF.

Tout projet susceptible d'introduire une modification du milieu hydrologique ou hydrogéologique devra être pris en compte de façon à éviter toute mauvaise surprise ultérieure.

Une fois connue la cote des hautes eaux décennales locales, le niveau de la surface de culture s'en déduira : **au minimum 0,50 m au-dessus de cette cote**. Séjournant tous les dix ans en moyenne à 50 cm de profondeur, les eaux souterraines ne baigneraient que les racines extrêmes et se situeraient à la limite de l'acceptable pour les cultures <sup>(1)</sup>. Ce décalage repousse à plus long terme le danger d'engorgement de l'horizon supérieur et, à plus long terme encore, celui de la submersion de la surface.

La situation est la même selon que le soubassement <sup>(2)</sup> est constitué du fond de fouille ou qu'il est obtenu par un remblayage de rehaussement. Autrement dit, **si, pour la profondeur d'extraction des matériaux, l'exploitant de la carrière était autorisé à dépasser cette cote limite de réaménagement, il devrait la retrouver ensuite, après comblement du fond, dans une mesure équivalente**. Dans ce cas néanmoins, la masse remblayée est susceptible de faire obstacle à la circulation des eaux souterraines et d'en relever le niveau à l'amont.

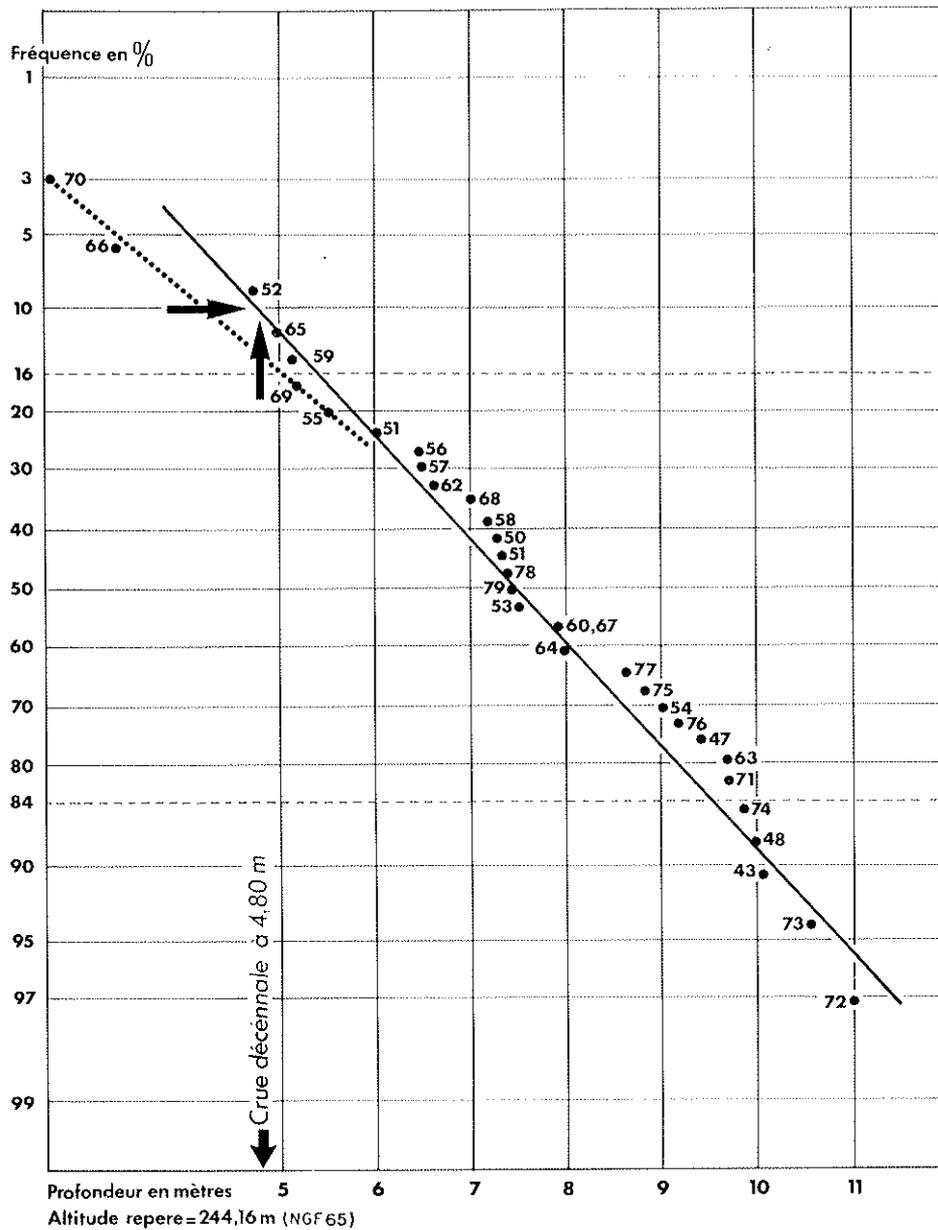


La position de la nappe phréatique est variable

(1) Les observations systématiques devront encore confirmer cette proposition et l'affirmer en précisant les durées de remontées tolérables à différentes profondeurs et pour différentes cultures.

(2) Plate-forme sur laquelle le sol sera remis en place.

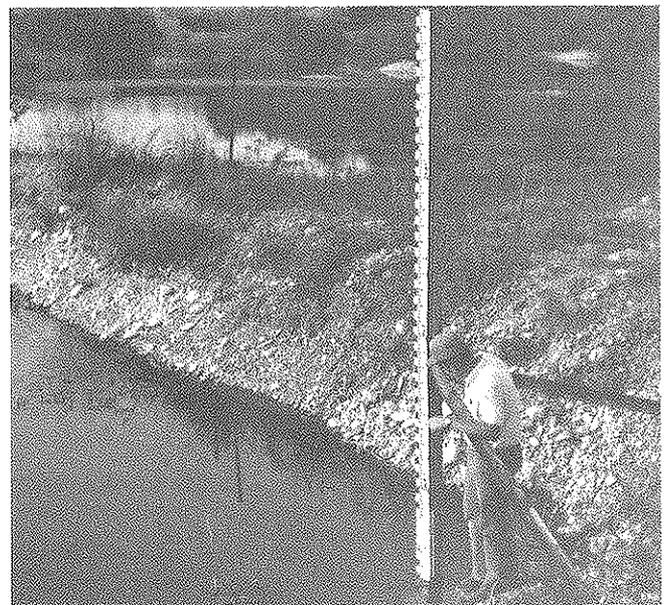
## Détermination du niveau de référence des hautes eaux de la nappe souterraine



Source : Service Géologique d'Alsace (BRGM)

Rappelons, en effet, que le niveau général de références est rarement horizontal, les eaux souterraines s'écoulant généralement dans le sens d'une pente hydrogéologique. Dans la majorité des cas, il ne s'agira donc pas de fixer une seule cote de réaménagement, mais deux ou trois cotes définissant un plan de référence.

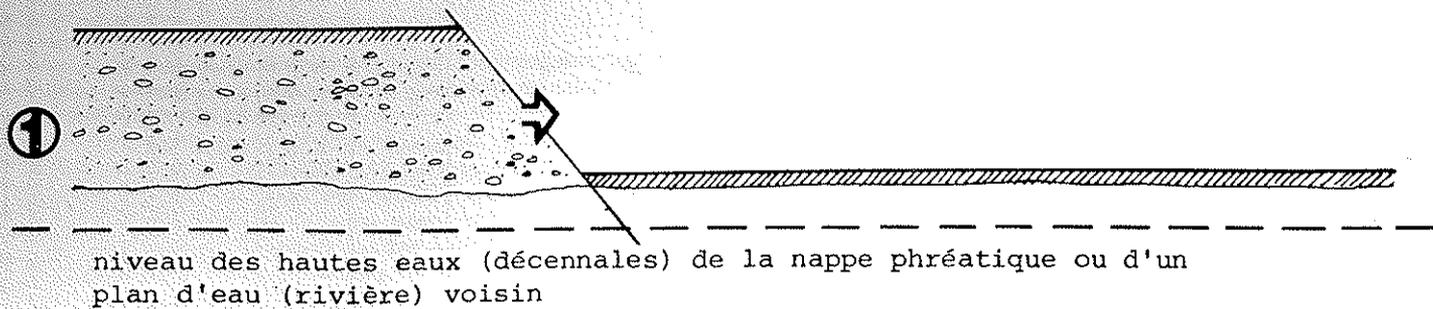
Le problème et la méthode sont analogues si la menace d'inondation ne provient pas de la nappe souterraine, mais de la proximité d'un plan d'eau libre, pouvant déborder (lit de rivière, lac ou étang). Le niveau décennal de la crue de ces eaux sera fixé par étude des variations au point de déversement le plus proche du site de la carrière, puis par rattachement de ces variations à celles des limnigraphes (échelles de hauteur d'eau) régulièrement suivis aux environs. La cote minimum de la surface de réaménagement agricole serait à établir en principe au niveau de la **crue décennale rehaussé de 0,50 m**. Encore reste-t-il, pour les cas de submersions exceptionnelles, à éviter tout effet d'érosion par le courant et à prévoir un dispositif de vidange si le site se trouve en dépression relative.



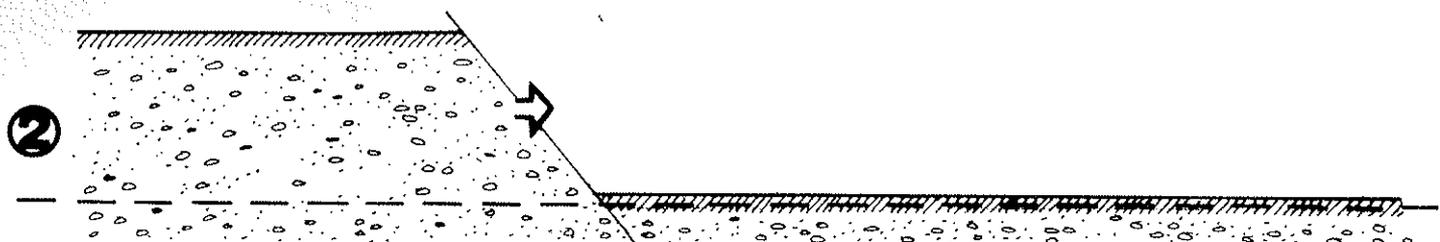
*L'appréciation du niveau des hautes eaux doit se fonder sur des mesures précises interprétées par l'hydrogéologue*

**Différents cas où la remise en culture est envisageable**

LE FOND DU GISEMENT SE SITUE AU-DESSUS DES HAUTES EAUX

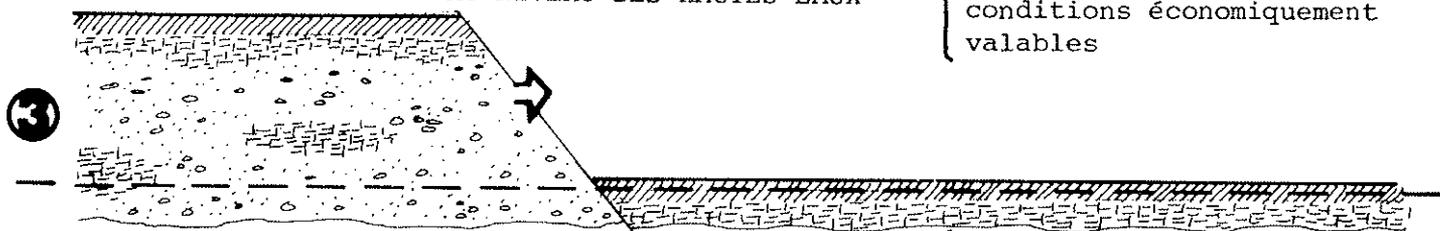


LE FOND DU GISEMENT SE SITUE AU-DESSOUS DES HAUTES EAUX



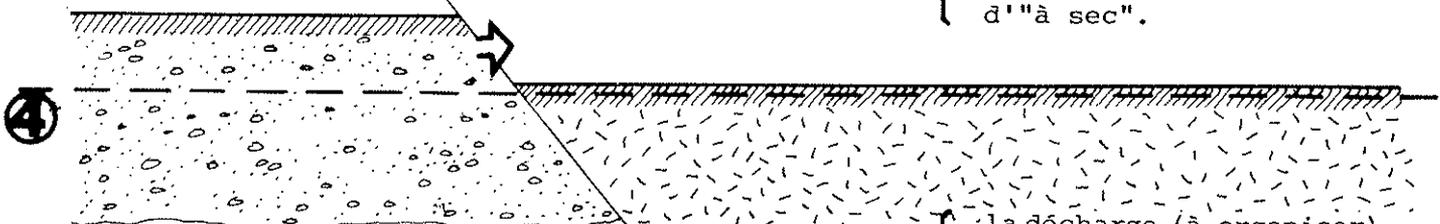
EXPLOITATION LIMITEE  
AU NIVEAU DES HAUTES EAUX

si { la tranche de matériaux à sec est exploitable dans des conditions économiquement valables



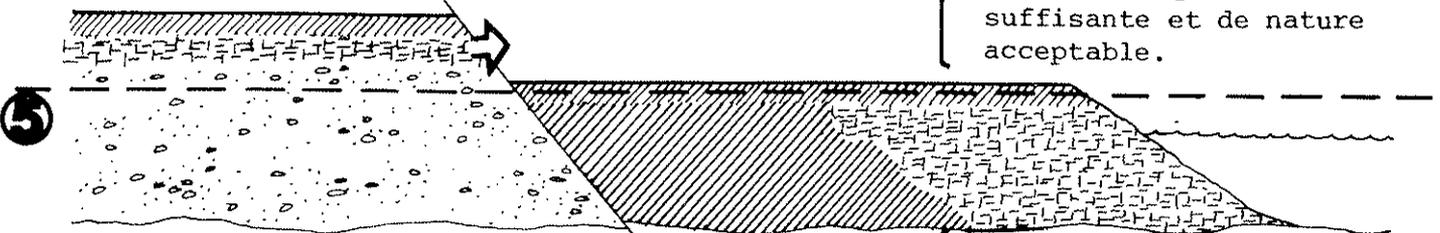
REMBLAYAGE AVEC DES  
DECHETS INERTES

si { le volume de ces "stériles" permet d'atteindre la cote d'"à sec".



REHAUSSEMENT AVEC LES  
"STERILES" D'EXPLOITATION

si { la décharge (à organiser) peut recevoir des matériaux inertes en quantité suffisante et de nature acceptable.



REMBLAYAGE PARTIEL AVEC  
LA DECOUVERTE  
(ET LES STERILES)

si { le volume de la découverte (et des stériles) permet de récupérer une proportion intéressante de la superficie exploitée.

## 1.2 — Pour éviter la rétention des eaux superficielles

Dans le site «en creux» que créera l'exploitation du sous-sol, il existera une probabilité sérieuse de retenir après chaque pluie les eaux de ruissellement superficielles. Les remèdes à y apporter se trouvent étroitement liés aux résultats de la reconnaissance de certains éléments du milieu physique.

Le bon écoulement des eaux d'averse exige, dans la plupart des cas, le modelage du soubassement en pentes légères conduisant vers un réseau de fossés de bordure. Or, la surface de ce soubassement, excepté dans les cas de remblayage, sera constituée du fond de fouille. Là encore, la prudence commande de recueillir toutes les données susceptibles de définir préalablement les contraintes de nivellement éventuelles. Serait-il sérieux de prévoir un aplanissement selon une pente régulière sans informations suffisantes sur la **nature de la roche** constituant le fond du gisement ni sur **son relief**, sachant que la rencontre d'un matériau compact ou d'une topographie excessivement irrégulière serait de nature à faire obstacle à la mise en œuvre?



Zone de mouillère dans une parcelle remise en état après exploitation de carrière : faute d'avoir contrôlé les pentes

Pour autant, il n'y aura généralement pas lieu d'entreprendre une recherche portant exclusivement sur les aspects ci-dessus car, dans les conditions normales, la reconnaissance du fond, comme celle de la nappe phréatique d'ailleurs, est à mener **dans le cadre de la reconnaissance du gisement** et à l'aide des mêmes sondages. Au cours de cette démarche, on apportera une attention particulière à l'éventuelle proportion de «**stériles**» (tufs, limons, blocs, «**fines**» de lavage...) dans la mesure où la mise en œuvre de ces matériaux sera de toute façon à intégrer dans le programme des terrassements de remise en état<sup>(1)</sup>.

Certes, le remblayage de la fouille, s'il pose par ailleurs d'autres problèmes, serait susceptible d'économiser l'examen géologique ci-dessus. Toutefois, dans tous les cas — qu'il s'agisse d'un site à restituer «en creux» ou après remblayage — une investigation préalable doit poser le problème général de l'assainissement des sols sous trois aspects :

— **les écoulements d'eaux extérieurs au site**, provenant de terrains voisins par ruissellement superficiel ou resurgences sur les talus : leur canalisation exigera-t-elle des terrassements ou des ouvrages particuliers?

(1) Souvent pour apporter des solutions opportunes aux difficultés de terrassement sur le fond de fouilles, ces «**stériles**» sont à replacer en talus, en remblais ou en sous-couches.

— **le degré de perméabilité du soubassement**<sup>(2)</sup> : si ce dernier est peu filtrant, le sol de recouvrement manifestera une tendance fâcheuse à l'engorgement ce qui accroîtra l'importance de l'écoulement superficiel. Or, avant de s'engager dans des travaux particuliers (pouvant comporter la mise en œuvre d'une sous-couche absorbante Cf 2.2.3), il est prudent de s'assurer à l'avance de la capacité filtrante du futur soubassement;

— **l'évacuation des eaux de ruissellement** : en cas de difficultés probables d'infiltration, il convient de poser la question de l'évacuation des eaux hors de la dépression formée par la carrière. On recherchera alors s'il existe une possibilité de raccorder leur écoulement à un réseau de fossés déjà construits pour l'assainissement des terres d'alentour. Dans le cas contraire, l'issue est d'ordinaire à rechercher dans l'aménagement d'un réceptacle temporaire.

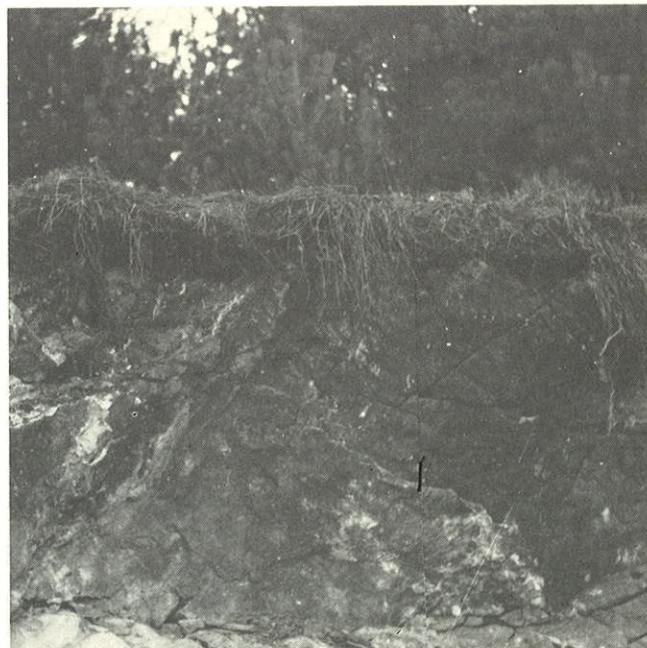
La solution doit évidemment se définir avant le début des travaux pour orienter, en conséquence, l'écoulement des eaux de surface en excès.

## 1.3 — Pour conserver la fertilité du sol

Les terres de découverte devront être décapées, transférées et régaliées sur le nouveau soubassement. Comment ne pas détruire les qualités agronomiques du sol au cours de ces diverses manipulations? La réponse tient essentiellement en une double recommandation :

- procéder à une mise en œuvre séparée de l'**horizon humifère**,
- éviter systématiquement tout compactage.

D'ordinaire, l'observation d'une coupe de sol permet de distinguer au premier coup d'œil la tranche supérieure de couleur plus foncée : l'horizon «**humifère**», ainsi nommé pour sa plus forte teneur en humus, produit de décomposition des matières organiques (d'origine surtout végétale). Cet horizon est également plus riche en éléments chimiques intéressant la nutrition des plantes, principalement l'azote, le phosphore et la potasse.



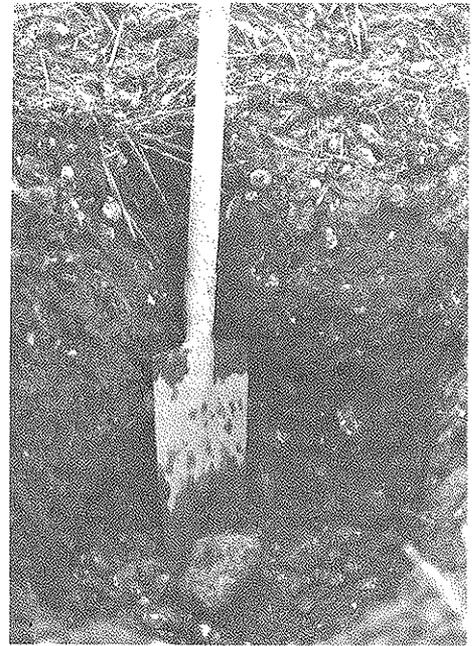
La reconnaissance pédologique ne saurait se suffire de l'observation de la coupe du sol sur un front de taille voisin : des sondages plus ou moins nombreux sont nécessaires dans la zone à découvrir

(2) Plate-forme sur laquelle le sol sera remis en place.

A l'évidence, l'opérateur désireux de respecter la qualité du sol doit, au cours des travaux de remise en état, s'abstenir de mêler les terres de cette tranche supérieure à celles de la tranche inférieure nettement plus pauvres, sous peine d'entraîner une chute très sensible de la fertilité.

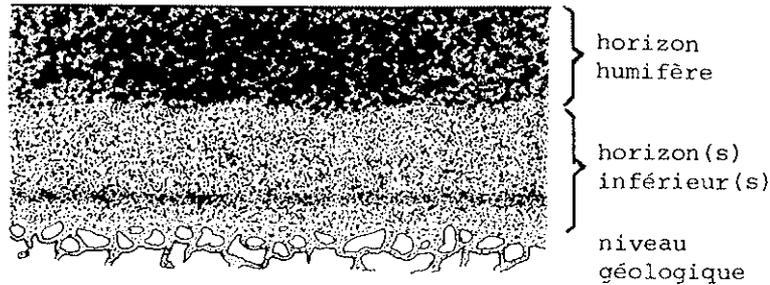
Cette exigence se traduit d'abord par un contrôle du contraste existant entre les terres des deux niveaux au moyen d'analyses d'échantillons prélevés aux mêmes endroits mais à différentes profondeurs... Puis, on procèdera à une reconnaissance pédologique de l'ensemble de la superficie devant faire l'objet d'un décapage en réalisant des sondages dans lesquels le prospecteur relèvera :

- l'épaisseur de l'horizon humifère, généralement de 10 à 50 cm,
- la profondeur totale du sol utile, de 20 à 120 cm environ d'épaisseur.

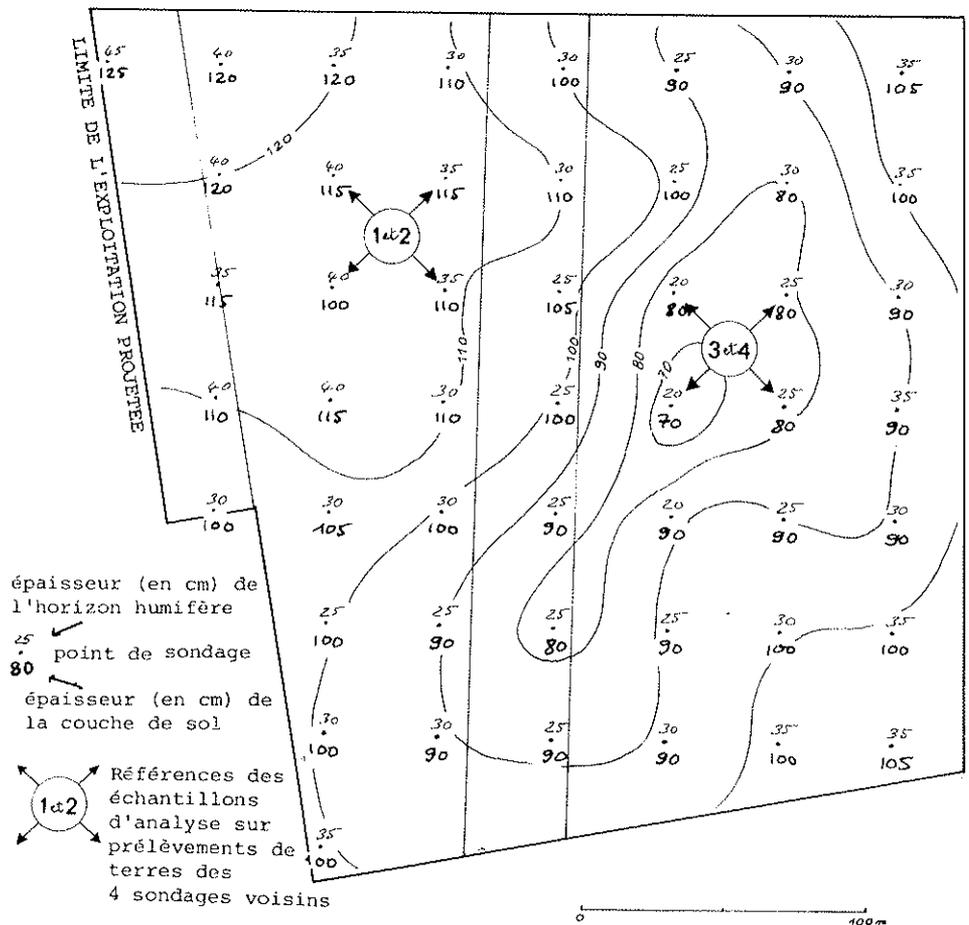


Les sondages : à la pelle (à main ou hydraulique) ou à la tarière ; jusqu'au gisement ou aux « stériles »

**Schéma d'une coupe dans le sol d'origine**



**Exemple de carte des sols, élaborée à partir d'une reconnaissance pédologique**



La densité de ces sondages (à réaliser à la tarière ou à la pelle hydraulique) peut varier de 1 à 10 par hectare, selon le degré d'irrégularité des couches du sol considéré. Il en résulte une **carte des sols** indiquant, par zone, les variations d'épaisseur des deux « passes » à opérer pour effectuer le décapage sélectivement de l'horizon humifère d'une part, des horizons inférieurs, d'autre part.

Cette carte permettra subsidiairement d'obtenir la **cubature** totale des deux catégories de terres du sol, donnée nécessaire pour l'élaboration du projet global de remise en état de culture. (Voir page ci-contre).

Par ailleurs, les analyses fournissant des indications sur la texture (granulométrie) et la structure des terres, seront utiles, en vue de définir les matériels les plus adaptés pour leur manipulation, compte tenu notamment de la sensibilité variable de ces terres au compactage.

## 1.4 — Synthèse des informations préalables

Les informations à recueillir (Cf. tableau ci-après) sont à collecter soit lors de l'étude ou de la notice d'impact, soit lors des sondages de l'étude du gisement. En tout état de cause, c'est seulement à l'aboutissement de cette démarche de reconnaissance du milieu que l'exploitant sera en mesure, le cas échéant, d'assurer de façon crédible que le site de sa future carrière a vocation pour une remise en état à des fins agricoles.

Une telle investigation, conduite de façon systématique, permettra parfois de déceler une cause de **blocage** qu'aucun indice apparent ne laissait prévoir: par exemple, un fond de gisement à un niveau inondé en moyenne une année sur deux sans perspective suffisante d'approvisionnement en matériaux de remblayage, ou bien un recouvrement d'épaisseur insuffisante sur sous-sol devenu rocheux après l'extraction, ou encore l'impossibilité de prévoir une bonne évacuation des eaux de ruissellement destinées à stagner dans le site au soubassement imperméable...

Dans l'hypothèse inverse, si une réutilisation pour la culture apparaît vraisemblable, les renseignements obtenus sur la nature et les caractéristiques du site que créera l'extraction seront indispensables pour élaborer en bonne connaissance de cause un **projet** de travaux adapté à l'objectif agricole poursuivi.

### DONNÉES DE RECONNAISSANCE DU MILIEU A OBTENIR AVANT L'ÉLABORATION DU PROJET DE REMISE EN ÉTAT A DES FINS AGRICOLES (étude ou notice d'impact)

Point à préciser	Éventualité
1] niveau des hautes eaux décennales	→ seulement si → inondation ou engorgement risquant de provenir du relèvement périodique du niveau de la nappe phréatique, d'un cours d'eau ou d'un plan d'eau voisin.
2] fond du gisement	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nature</li> <li>• perméabilité</li> <li>• topographie générale</li> </ul> → seulement si → il est établi que 1] se situe au-dessous de la base de gisement sur toute la superficie de l'exploitation.
3] matériaux de remblayage	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nature</li> <li>• quantité</li> <li>• cadence d'apport</li> </ul> → seulement si → il est établi que 1] se situe au-dessus de la base du gisement ne serait-ce que pour une partie de l'exploitation.
4] probabilité de déversement d'eau de ruissellement sur le site	→ dans tous les cas
5] point d'évacuation des eaux de ruissellement du site (emplacement, niveau)	→ dans tous les cas surtout s'il est établi que 2] ou 3] est un peu perméable
6] les sols : <ul style="list-style-type: none"> <li>• caractéristiques des 2 niveaux</li> <li>• carte des épaisseurs</li> </ul>	→ dans tous les cas
7] les stériles : caractéristiques et volumes	→ seulement si → l'étude du gisement a décelé l'existence de matériaux inutilisables.

## 2 — Les opérations de terrassement

### 2.1. — Les conditions générales

En matière de travaux de remise en état, l'exploitant de la carrière recherche d'une part la limitation des contraintes et des délais, d'autre part la qualité des résultats. Dans une certaine mesure, la prévision correcte des tâches et leur programmation est susceptible de minimiser l'opposition existant entre ces deux points de vue. Efforçons-nous, dans cet esprit, de commenter brièvement chaque phase des terrassements liés au transfert des sols. Ces tâches de remise en état débutent pratiquement après que l'extraction ait dégagé une excavation initiale minimum non seulement pour constituer la première « tranche » de plate-forme destinée à la reprise de la culture, mais aussi, ne l'oublions pas, pour permettre l'évolution des engins de l'exploitation et éventuellement le montage des installations de traitement, l'entrepôt des matériaux, la décantation... Les terres du décapage de ces surfaces seront, exceptionnellement, stockées à long terme.

#### 2.1.1. LA PRÉPARATION DU SOUBASSEMENT

Les travaux de préparation de la plate-forme destinée à recevoir les terres de sol constituent, dans les conditions normales, la première tâche de remise en état à réaliser, dès que l'extraction est suffisamment avancée pour que débute le programme de restauration des sols prévu. Ces travaux visent à assurer ultérieurement des conditions satisfaisantes d'exploitation agricole. Ainsi :

— la régularisation du sol rendra possible le roulement continu des matériels de culture et évitera toute dépression ou contre-pente susceptible d'attirer les eaux de ruissellement en « mouillères ». Mais dès lors que les terres de sol seront à régler en couche d'épaisseur uniforme, le « planage » du terrain est à effectuer au niveau du soubassement lui-même. A l'achèvement des inégalités, + ou - 5 cm peuvent être acceptables ;

— une pente générale sera donnée à la surface, supérieure à 0,5 % <sup>(1)</sup> pour faciliter l'évacuation par ruissellement des excédents de pluie ; une pente secondaire (0,2 % environ)



Les repères de pente du soubassement sont à régler avec une certaine précision

pourrait être utile également en cas d'engorgement fréquent du terrain, en vue de permettre l'établissement d'un réseau de drainage. Pour la bonne réalisation du travail, le chef de chantier fera implanter des piquets marqués aux cotes indiquées au projet ;

— un **défoncement** de la surface par passage du riper améliorera l'assainissement du sol. Si le soubassement local est peu perméable, son éclatement est de nature à augmenter



Passage du riper sur un soubassement constitué de remblai avant dépôt des terres de recouvrement

la profondeur d'infiltration — donc la capacité absorbée — mais il faudra alors prendre d'autres précautions pour la constitution de la couche de recouvrement. Si le soubassement est bien perméable, le riper désagrège la croûte compactée formée par le roulement des véhicules et susceptible de faire obstacle à l'infiltration. Selon les caractéristiques de ce soubassement, le défoncement s'effectue en deux passages croisés ou en un seul dans le sens de la plus forte pente, à une profondeur variant entre 0,30 et 0,80 m. Il est recommandé de n'y procéder qu'au dernier moment, juste avant le dépôt des terres de recouvrement, afin d'éviter de voir détruit l'effet de ce défoncement lors de la circulation des tombereaux ou engins apportant ces terres.

#### 2.1.2. — LA DÉCOUVERTE DU SOL

Lors des opérations de manipulations des terres de surface, il convient d'apporter un certain nombre de précautions que l'on ne peut admettre et appliquer que si l'on considère cette couche de sol non pas comme un simple « matériau », mais comme un milieu biologique avec ses caractéristiques propres. De par sa composition chimique (principaux fertilisants et matières organiques), sa texture (granulométrie) et sa structure (disposition plus ou moins grumeleuse), la couche du sol d'origine se prête naturellement à la production végétale.

(1) Par rapport à l'angle de la verticale avec l'horizontale.



*Deuxième passe pour le décapage de l'horizon inférieur*

Le respect avec lequel on manipule avant et après l'exploitation du sous-sol conditionne la qualité et le délai de la reprise agricole.

Que faut-il considérer comme sol dans les terres de « découverte » ? La question se pose lorsque, au-dessus de la couche de matériaux de carrière, on doit décapier une épaisse tranche non exploitable.

Très « grosso modo », toute l'épaisseur traversée par les racines en place doit être considérée comme utile ; soit généralement un mètre en terrain ordinaire.

Toutefois, il importe de traiter séparément la partie superficielle, l'« horizon » humifère, généralement de couleur plus foncée et plus moelleux au toucher. C'est la couche la plus utile pour le développement des végétaux.

Si l'examen pédologique conclut que cet horizon supérieur n'est pas nettement individualisé <sup>(1)</sup>, il n'y a guère d'avantage à l'isoler, mais le fait est peu fréquent.

Par contre, et c'est le cas habituel, si l'on observe une distinction nette, il y aurait **préjudice pour la productivité agricole à opérer un brassage entre niveaux plus et moins riches**. Un tel mélange entraînerait une diminution de la fertilité que l'on ne saurait rétablir qu'en comptant avec le temps ou avec des apports importants d'amendement organique. Il faut donc recommander en principe un **décapage « sélectif »**.

Dans ce cas, l'étude pédologique préalable déterminera l'épaisseur de la première tranche de découverte.

Dans la pratique, quel que soit l'engin utilisé, il n'est guère possible de décapier régulièrement une couche très fine. Aussi, pour le décapage sélectif, est-il raisonnable de fixer à 20 cm le seuil d'épaisseur minimum de la PREMIÈRE COUCHE. Si l'horizon humifère n'atteignait pas ces 20 cm d'épaisseur, il serait alors concevable d'accepter un certain taux de mélange avec un horizon inférieur jusqu'au seuil de profondeur de 20 cm.

La DEUXIÈME COUCHE de découverte, quoique moins fertile, est nécessaire à la reconstitution du sol agricole. En effet, les horizons inférieurs complètent naturellement l'horizon humifère pour le développement du système racinaire des cultures, notamment par leur réserve en eau.

(1) En considérant notamment le taux de matières organiques et la texture (proportion d'argile, de limons et de sables, sans omettre les éléments grossiers).

Insistons surtout sur les **pratiques à éviter** lors du décapage :

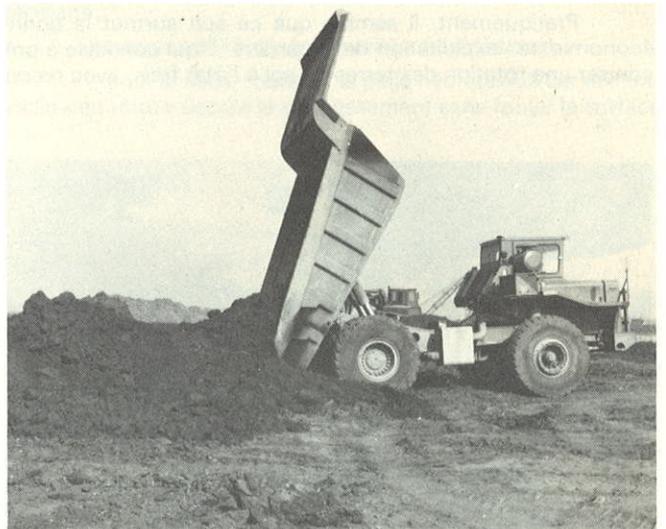
- ne pas effectuer la découverte sur sol détrempe, par exemple par temps pluvieux, ou si la nappe en position haute vient au contact des horizons à décapier, car le malaxage dans des conditions d'imbibition tend à délayer la structure du sol ;

- ne pas utiliser une surface à découvrir ultérieurement comme plan de roulement pour les véhicules et engins à pneus susceptibles de tasser la couche humifère en plaque compacte ;

- ne pas pousser les amas de sol de découverte sur de longues distances (supérieures à 20 mètres en conditions habituelles) de peur de porter atteinte à la consistance de la terre par des mouvements de pression excessive (laminage) ou d'écrasement (pétrissement, pulvérulence).

Dans ces limites, les **engins** utilisés habituellement pour les travaux de carrière sont aptes à opérer la « découverte » : boueur, pelle hydraulique ou chargeur. De même, la dragline, généralement peu usitée lors du décapage, se révèle habile à cette tâche qu'elle effectue sans aucun compactage. Par contre, le motor-scraper est à écarter d'une façon générale car ses pneus forment des bancs de tassement par leurs passages répétés ; par ailleurs, cet engin maîtrise malaisément la régularité du décapage d'une couche d'épaisseur inférieure à 40 cm.

Quant à la séparation entre l'horizon humifère d'une part et les horizons inférieurs d'autre part, et le cas échéant entre ces derniers et une couche sous-jacente de matériaux stériles, elle s'opère d'ordinaire aisément : le conducteur de l'engin avec un minimum d'habitude repère les transitions au simple coup d'œil car l'aspect — la teinte surtout — de chaque niveau permet de le distinguer sans peine. En tout état de cause, le responsable du chantier dispose des résultats de la reconnaissance pédologique où la carte des sols précise les épaisseurs à découvrir sur le fond de plan parcellaire.



*Chaque fois que ce sera possible on préconisera une formule de transfert du sol économisant le transport des terres par véhicules bennes. Ci-dessus un demper.*

### 2.1.3. LE TRANSPORT

Pour le transport, la terre du sol peut créer des problèmes à certains véhicules de chantier car lorsqu'elle contient une bonne proportion d'argile, il arrive qu'elle « colle » au contenant, d'où la nécessité d'affecter au transfert de préférence des bennes à levage de forte inclinaison.

Sous réserve d'étude, on doit déconseiller l'usage du transport hydraulique de la couche humifère, après mise en solution sur le lieu de la découverte et refoulement dans une conduite. Ce procédé suppose, en effet, une dispersion de la structure de cette couche sans que l'on ait de garantie en ce qui concerne la reconstitution rapide de cette structure après séchage et la régularité de l'épaisseur de la couche déposée. Par contre, ce problème est moins aigu pour les horizons inférieurs. Enfin, le transport hydraulique ne semble pas présenter de contre indication de principe en ce qui concerne la mise en place d'un remblai constitué de stériles à condition d'accepter un délai supplémentaire pour le séchage (et parfois la pose d'un réseau de drainage).

La minimisation de la tâche du transport comporte de sérieux avantages en matière de coûts comme de programmation de chantier. Soulignons donc ici l'intérêt de la dragline qui, utilisée judicieusement, permet d'économiser l'emploi de véhicules. Une autre méthode, celle du déversement en bas du front d'exploitation place les terres directement à pied d'œuvre (cf. 3.1.3) à condition que les matériaux constituant ce front ne s'éboulent pas simultanément.

### 2.1.4. LE STOCKAGE ÉVENTUEL

A priori, le stockage prolongé des terres arables est déconseillé pour trois raisons :

1. Un lessivage des parties superficielles peut s'exercer préférentiellement sur des terres ameublies par les manipulations de la découverte et entreposées ensuite telles quelles (mais aucune étude systématique n'a été entreprise pour confirmer le fait) ;
2. L'installation de systèmes racinaires profonds par la végétation spontanée (arbustes et arbres) peut apporter une gêne lors de la remise en place ultérieure ;
3. Le dépôt et la reprise des terres créent des occasions de pollution de ces terres.

Toutefois, ces risques n'existent pas dans tous les cas ; aussi, des remises en état agricole réussies ont-elles pu être menées à bien sur terres arables replacées après un stockage de plusieurs années.

Pratiquement, il semble que ce soit surtout la bonne économie de l'exploitation de la carrière <sup>(1)</sup> qui conduise à préconiser une rotation des terres du sol à l'état frais, avec recou-



Lorsque le sol d'origine présente un horizon humifère distinct il importe de le respecter en pratiquant un recouvrement en deux couches superposées. Ci-dessus dépôt des terres d'horizon inférieur.

(1) D'une part, abaissement du prix de revient du transfert par suppression d'une reprise ; d'autre part, gain d'espace sur le terrain de l'exploitation.

vrement (sur le secteur déjà exploité) aussitôt après la découverte du secteur à exploiter, sans dépôt intermédiaire ou après une courte période d'entrepôt. L'exploitant agricole y gagne également car les sols réaménagés lui sont ainsi restitués dans un délai minimum.

Néanmoins, lorsque le dépôt en stock est indispensable (en deux tas distincts), on doit recommander :

- de ne pas le constituer sur plusieurs « étages », ce qui implique à mi-hauteur des compactages par roulement des véhicules, mais à hauteur maximum de bras de pelle ou de chargeur ;
- de le profiler en « dos d'âne » au boteur afin d'éviter l'infiltration des eaux de pluie, lesquelles s'accumuleraient à la base et y détrempaient les terres durant toute la durée de l'immobilisation ;
- d'effectuer si possible un semis de ray-grass (à la volée) afin d'occuper le sol et faire obstacle à l'installation d'autres végétaux gênants.

## 2.1.5. LE RECOUVREMENT

### 2.1.5.1. Les épaisseurs

L'opération de recouvrement par les terres du sol consiste en l'inverse de l'opération de découverte. C'est ainsi que les horizons inférieurs seront disposés en sous-couche et surmontés ensuite de l'horizon humifère.

L'ensemble doit, en effet, atteindre une épaisseur minimum qui ne reflète pas nécessairement celle du sol initial : cette dimension sera variable selon le système cultural envisagé et la nature du soubassement.

A titre indicatif, précisons l'épaisseur minimum de couche de sol apparaissant nécessaire pour la reprise des différents types de cultures.

	sur soubassement perméable	sur soubassement peu perméable (remblai par exemple)
— prairie permanente . . . . .	20	50
— céréales, maïs, fourrage, maraîchage de plein champ . . . . .	(50) 60	100
— arboriculture . . . . .	70	100

**Remarque :** Les espèces cultivées apportent un facteur de variation par le développement et la pénétration de leurs racines. Toutefois, une référence trop précise à telle culture pourrait réduire la capacité culturale du sol jusqu'à une monoculture, ce qui en limiterait l'usage.

- La nature du soubassement influe :

1. par des risques de heurts contre le fond dur à la suite desquels les instruments agricoles se détérioreraient et des blocs provenant du soubassement remonteraient vers la surface ;

2. par la réserve en eau du sol, étant entendu qu'un constituant massif (roche, remblai homogène) a tendance à retenir les eaux d'infiltration à sa surface supérieure. De ce fait, on observe parfois dans les cultures du fond un progrès par rapport à celles du terrain d'origine ; ainsi, au fond de certaines carrières, les cultures trouvent-elles un sol plus frais sur soubassement marneux. Toutefois, cette tendance est en général ressentie négativement car elle se révèle susceptible de provoquer un engorgement fréquent du sol (à chaque période pluvieuse et surtout en saison hivernale lorsque l'évaporation est faible) du fait du blocage des eaux d'infiltration au-dessus du



Sur soubassement peu perméable le recouvrement, absorbant, sera prévu sur une épaisseur suffisante (1 m comme ci-dessus à gauche), afin d'éviter qu'en saison humide la partie superficielle du sol ne se trouve engorgée (comme ci-dessus à droite).

soubassement. Il convient alors de surévaluer l'épaisseur du sol de recouvrement afin d'améliorer les conditions d'assainissement.

En résumé et pour viser un ordre de grandeur général, estimons que pour des cultures annuelles, il serait hasardeux de rétablir moins de 60 cm de sol sur fond perméable et moins de 1 m sur fond peu perméable.

Ces épaisseurs représentent, rappelons-le, celles de la couche de sol totale : horizon humifère + horizons inférieurs, et non celle de la partie humifère seule (dite aussi terre « végétale »).

Quant au tassement du sol après mise en place à partir des terres « foisonnées », il n'a été donné que rarement l'occasion de l'observer de façon sensible.

### 2.1.5.2. Eviter tout compactage en profondeur

Le croquis, ci-après, illustre les dangers de l'accès de véhicules-bennes sur la couche inférieure lors du dépôt de la deuxième couche du sol de recouvrement. La surface intermédiaire serait alors l'objet de tassements irréguliers au gré des trajets des roues. Dans ces conditions d'impact, la structure des horizons inférieurs est détruite ou durablement atteinte par les compressions dues aux passages répétés ; d'autre part, le niveau de compactage créé constitue un obstacle pour l'infiltration des eaux et l'assainissement du sol.

Un défonçage terminal, même en plusieurs passages, n'apporte pas de correction adéquate à ce défaut car les dents des rippers courants ne s'enfoncent effectivement guère à plus de 0,30 m, ce qui est insuffisant pour ameublir la partie supérieure compactée de la sous-couche du sol. Par ailleurs, l'intervalle entre les dents du ripper ou de la sous-soleuse laisse subsister de grosses mottes dures à mi-profondeur ; la couche contenant ces blocs ne constitue pas un milieu propice à l'exploration racinaire des plantes cultivées. Le défaut serait durable et les outils agricoles ordinaires ne modifieraient pas cette malfaçon car ils ne dépassent guère 25 cm de profondeur. Si l'on recourait à la charrue défonceuse qui travaille jusqu'à 50 cm et plus, le résultat serait de remonter à la surface les terres des horizons inférieurs.

Pour ce type de décompactage, il n'existe à notre connaissance que certains chisels sous-soleurs spéciaux possédant les deux caractéristiques suivantes : d'une part, un intervalle entre les dents  $\leq 50$  cm, d'autre part une profondeur de travail  $\approx 60$  cm ; encore, ces outils exigent-ils des conditions de traction particulières. Au reste, il paraît illusoire d'attendre d'eux qu'ils recréent la structure et la microporosité détruites. Tout au plus peut-on prévoir qu'ils parviennent à réparer les inconvénients causés par le passage des chenilles mais pas ceux des engins roulants.

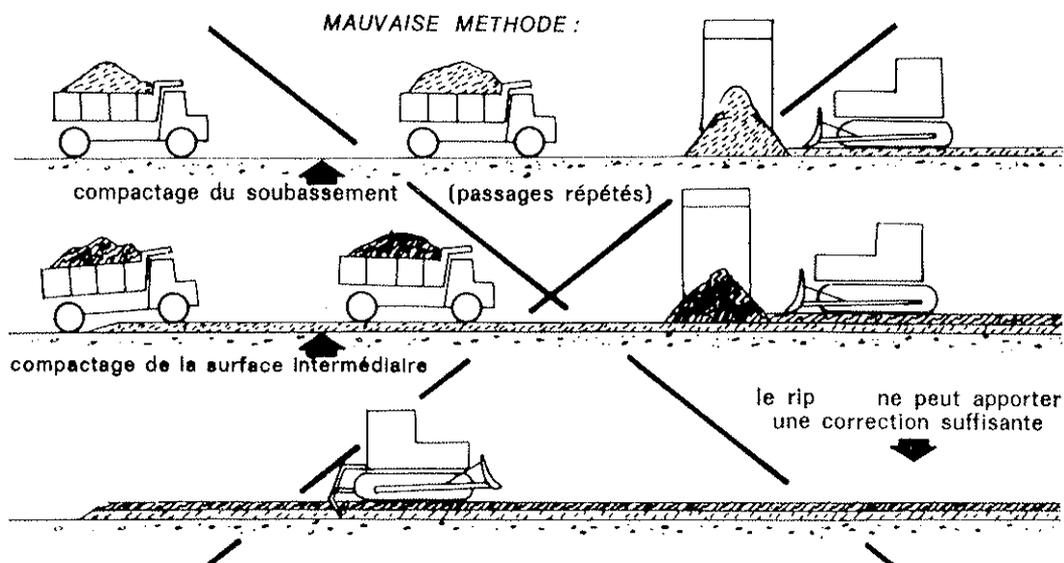
En conséquence, afin de conserver le sol bien structuré et aéré, constituant un bon milieu d'accueil et de nutrition pour les parties souterraines des plantes, il convient de tenir les camions et dumpers hors de la surface en cours de régalage.

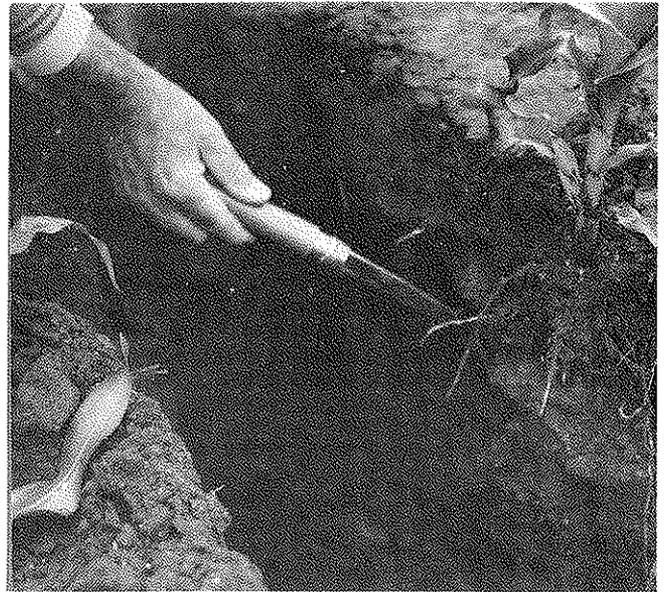
Une fois les terres déposées, il faut les étaler selon une couche régulière. Les terrassiers nomment cette opération le régalage.

Les engins de régalage les mieux adaptés sont :

— pour la sous-couche : la pelle hydraulique car elle travaille « en rétro » depuis le soubassement sans fouler la surface

### Le dépôt des terres





intermédiaire, son rendement est accru par une rallonge de bras (+ 2 m) et l'utilisation d'un godet large (godet de curage par exemple) ; le chargeur peut également faire l'affaire dans la même position ;

— pour la couche humifère : le chargeur à chenilles ou le boteur travaillant sur la surface définitive ; la pelle hydraulique régale le dernier horizon soit depuis le soubassement, soit, plus commodément encore, depuis la surface définitive (mais dans ce cas un dernier surfacage du boteur est recommandé).

*Lorsque les terres de sol ont été compactées à mi-profondeur par le roulement d'un engin, les racines des cultures « coudent » sur l'obstacle (ci-dessus). Le chisel — sous-soleur, mieux que le riper, brise une « semelle » de compactage — sans toutefois corriger totalement ce défaut (ci-contre)*

## 2.2. Les cas plus complexes

### 2.2.1. LORSQUE LE SOUBASSEMENT DOIT ÊTRE REHAUSSÉ PAR UN REMBLAYAGE

Si, après l'exploitation des matériaux, le fond de fouille doit être submergé ou menacé de submersion, un comblement partiel ou total de l'excavation est nécessaire pour atteindre le niveau minimum de « terre ferme ». Dans ce cas, la remise en état à des fins agricoles reste envisageable — même sur une superficie inférieure à celle d'origine — sous réserve toutefois que l'opérateur garantisse les trois conditions suivantes :

#### a) L'approvisionnement en matériaux de remblayage.

D'ordinaire, ils sont constitués par des déchets « inertes », mais aussi par des refus d'exploitation (« stériles » ou excédents de découverte). Toutes assurances devront être préalablement obtenues concernant tant la nature de ces matériaux (compatibles avec la qualité des eaux souterraines) que leur quantité et surtout leur cadence d'apport au regard de l'avancement de l'extraction.

#### b) La stabilité du terrain

Les déformations ultérieures de la surface remblayée, par suite de tassements dans la masse, seraient de nature à gêner l'écoulement cohérent des eaux de ruissellement superficielles. A cet égard, plusieurs précautions de principe se révéleront utiles :

- le dépôt du remblai par couches horizontales successives est à préférer au déversement vertical des matériaux ;
- les éléments creux ou de gros diamètre (>50 cm) s'ils sont en nombre, seront placés au plus profond et exclus de la tranche des 4 m supérieurs ;
- le déchargement direct dans le plan d'eau est à éviter, au moyen d'un pompage s'il est possible.

Au cas où ces précautions ne pourraient être prises, il est alors recommandé de « laisser jouer » pendant un délai minimum d'environ deux ans le remblai mis en place et de ne poursuivre la remise en état (nivellement définitif et recouvrement) qu'à l'issue de cette période.



*Remblayage en cours avec des déchets inertes*

c) La circulation de l'eau dans le sol et le sous-sol.

Il s'agit d'assurer d'une part l'infiltration des eaux de précipitations, d'autre part l'écoulement des eaux de la nappe phréatique. Or, il se révèle que, par suite des conditions inhérentes aux opérations de comblement, une masse remblayée présente généralement une perméabilité plus faible que celle des terrains d'origine environnants ;

— l'engorgement du sol par les eaux de précipitations sera évité grâce aux solutions déjà indiquées ci-dessus, selon le degré de perméabilité du soubassement : simple défoncement, surépaisseur du recouvrement (sous-couche), augmentation de l'inclinaison de la pente du terrain ; en conditions particulièrement difficiles, il faudra envisager la pose d'un réseau de drainage ;

— un éventuel blocage de l'écoulement souterrain des eaux de l'aquifère par une masse de matériaux de remblayage imperméables pourrait aboutir à modifier les niveaux phréatiques soit par relèvement en amont, soit par rabattement en aval. Les conséquences seraient donc très dommageables.

Dans ces conditions, la cohérence devra être prévisionnellement établie entre l'écoulement des eaux souterraines et le remblayage :

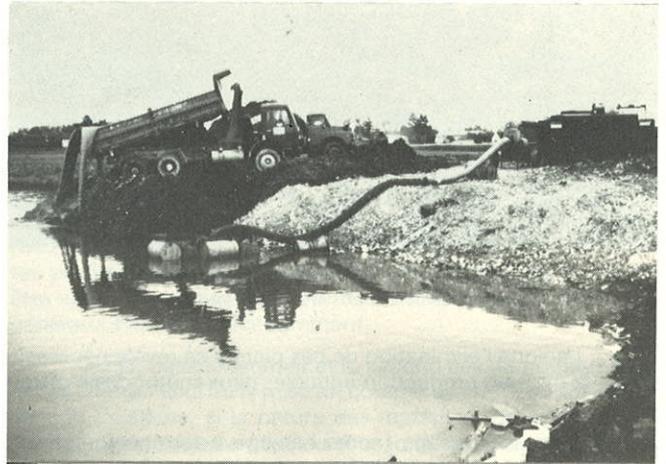
— au niveau du gisement, par un schéma d'exploitation et de réaménagement coordonnés par exemple ;

— au niveau de l'exploitation, par l'étude d'impact qui prévoira notamment que le comblement en cours progressera vers l'aval et non vers l'amont, de peur de créer un barrage susceptible de rehausser le niveau du plan d'eau à remblayer.

Éventuellement seront prévus soit des drains en travers du remblai, soit des bandes de gisement à laisser en place, disposées dans le sens de l'écoulement de la nappe.

L'énoncé des contraintes ci-dessus fait apparaître le caractère plus complexe et plus onéreux de la remise en état agricole des carrières en site aquatique. On doit, en particulier, souligner la difficulté d'établir une programmation de l'avancement dans la mesure où une phase « remblayage », de durée rarement maîtrisable, s'intercale alors parmi les opérations précédemment définies. En pratique, hors des zones voisines des grandes villes, le comblement doit s'effectuer avec des matériaux locaux et ne permet d'ordinaire de ne récupérer qu'une

partie du terrain exploité. Aussi, en principe, pour assurer de bonnes perspectives de remise en état agricole, est-il préférable de limiter l'extraction à la hauteur de la remontée décennale du plan d'eau, chaque fois que l'exploitation « au sec » est économiquement viable.



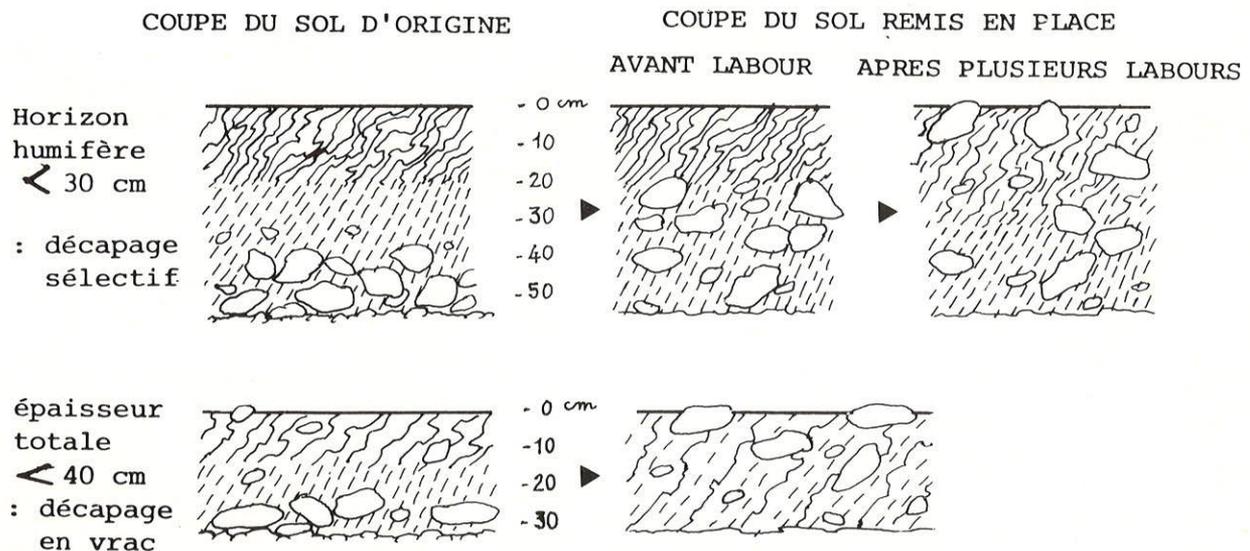
Le pompage facilite l'opération de remblayage et garantit une meilleure stabilité du futur soubassement

Photo BDPA

## 2.2.2. LORSQUE LE TRANSFERT DES SOLS A « REMONTÉ » LES CAILLOUX.

Sur sols minces, inférieurs à 40 cm d'épaisseur totale, la manipulation des terres entraîne parfois inévitablement une diffusion des cailloux lorsque le fond de la découverte contient une forte proportion d'éléments grossiers. Cette éventualité peut être préjudiciable à la qualité du sol remis en place si ces cailloux atteignent un fort taux de pierrosité, constitué par des éléments gênant le travail mécanique (diamètre  $\geq 10$  cm). Ainsi, dans les deux cas ci-dessous :

### Exemple des situations où un épierrage est nécessaire





Le transfert du sol a parfois pour effet d'entraîner l'apparition de cailloux dans la couche arable (ci-dessus).

Lorsque l'élimination de ces pierres se révèle nécessaire avant la mise en production agricole, deux méthodes s'offrent alors :

1) le concassage (après hersage à terrage forcé). Les éléments grossiers de la surface sont battus et broyés par un pesant rotor métallique tracté. Le taux acceptable d'usure de l'appareil n'est compatible qu'avec une certaine friabilité de la roche concernée (calcaire de préférence).

2) la collecte. Premier passage pour mise en lignes, deuxième passage pour ramassage, montée sur tapis roulant et déversement dans une remorque. La méthode est valable pour toutes les duretés, mais pose le problème du lieu de décharge (possibilité de constituer la pente des talus abrupts).

Ces procédés<sup>(1)</sup> requièrent un sol bien sec ; leur efficacité est conditionnée par des passages ultérieurs à l'issue de la première campagne de culture.

D'autres cas de pierrosité sont occasionnés par de simples négligences ou maladresses dans la conduite du chantier :

par exemple, utilisation de terres extérieures de provenance douteuse, recouvrement d'épaisseur insuffisante au-dessus d'un remblai chargé de blocs, passage inconsidéré de riper profond... Les éléments gênants se présentent alors généralement en moins grand nombre que dans les cas de figure ci-dessus, mais sous l'aspect de pierres de plus grandes dimensions : pour ces deux raisons, les méthodes mécaniques proposées (cf. supra) ne sont pas appropriées pour leur élimination ; il ne reste guère que la solution pénible de l'épierrage manuel.

### 2.2.3. LORSQUE L'ÉPAISSEUR DE TERRE PROVENANT DE LA DÉCOUVERTE DOIT ÊTRE RENFORCÉE POUR LE RECouvreMENT.

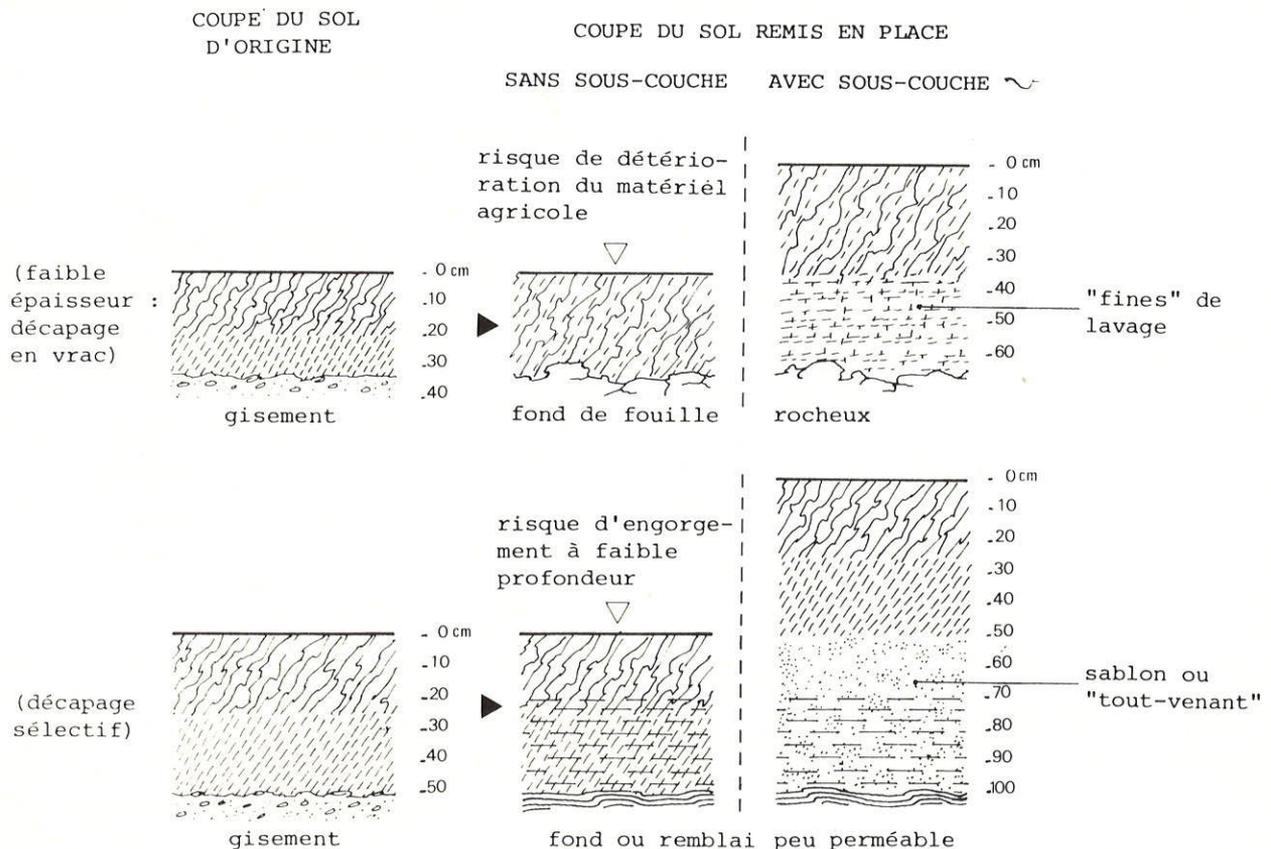
Le cas n'est pas rare. Il peut se rencontrer surtout lorsqu'un sol, cultivable dans sa situation d'origine sur sous-sol de granulats, présente une épaisseur insuffisante après transfert sur un soubassement rocheux ou peu perméable (cf. 2.1.5.1. p. 14).

Si aucun apport de terres extérieures de qualité convenable n'est possible, on peut alors adjoindre une sous-couche constituée d'un matériau meuble inerte provenant de l'exploitation : tout-venant, sablon, « fines » de lavage des granulats<sup>(2)</sup>. Pour permettre une bonne infiltration des eaux de précipitations, cette sous-couche rapportée devra a priori exclure les granulométries uniformément grossières comme les teneurs excessives en argile ( $\geq 20\%$ ).

Intercalée entre le soubassement et le sol, elle sera réglée sur l'épaisseur complémentaire désirée, comme s'il s'agissait d'un horizon inférieur (cf. 2.1.5.2.) par le godet d'un engin, ce dernier évitant soigneusement de fouler sa surface.

(1) On peut citer également le criblage des terres, lequel requiert un stockage.

(2) Si les « fines » de lavage sont à retirer d'un ancien bassin de décantation, leur extraction se fait le plus commodément à la dragline et doit être suivie d'une période de séchage (une quinzaine de jours en été) avant mise en œuvre.



## 3 — L'organisation du transfert des sols

### 3.1 — Les chantiers-types de transfert des sols

Pour la reconstitution du sol agricole, il n'existe pas une méthode obligatoire fixe, mais plusieurs formules-types autorisant entre elles des combinaisons diverses.

Ces différentes formules-types ont un triple intérêt :

— elles évitent le compactage du sol, par le moyen de la manipulation simultanée des terres de l'horizon humifère et celles des horizons inférieurs, ce qui conduit à la confection de bandes de régalage superposant les deux catégories de terres ;

— elles permettent une remise en état « à l'avancement », c'est-à-dire suivant l'extraction, d'où l'avantage pour l'exploitant de la carrière de supprimer la quasi-totalité des stockages de terres de découverte et pour l'exploitant agricole de voir réduit le délai d'attente avant la reprise de la culture ;

— enfin, s'adaptant aux différents types de matériels d'extraction, elles laissent au carrier le choix du procédé, selon la constitution et la disponibilité de son parc d'engins. En effet, les trois formules proposées ci-dessous sont également efficaces sur le plan technique ; il appartient donc au maître d'œuvre de décider en faveur de l'une ou l'autre en fonction de ses contraintes propres.

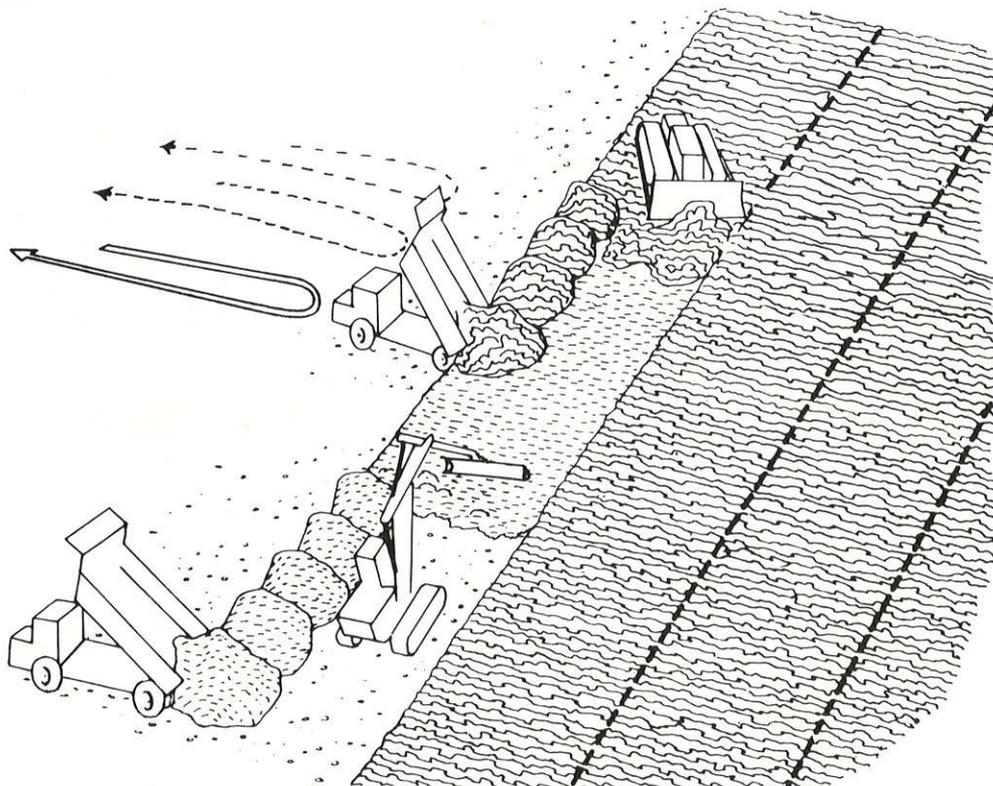
Schématiquement, on peut représenter ainsi le déroulement de la mise en œuvre selon les trois méthodes possibles, dénommées suivant l'engin principalement utilisé (voir pages 20-21-22).

Les trois types de chantiers ci-après ne sont évidemment pas immuables dans leurs modalités. Selon les contraintes propres à chaque exploitation, des modifications peuvent être apportées dans la mesure où sont respectés les principes généraux énoncés précédemment.

Ainsi, dans le premier et le second cas, le boteur pourrait se charger seul de la mise en couche de l'horizon supérieur ; dans le troisième, si la nature des matériaux de la carrière ne permet pas le déversement ou si la zone de décapage est éloignée, le recours aux dumpers ou tombereaux reste concevable (déchargeant la terre de la couche inférieure puis la terre humifère devant la bande à recouvrir, etc...).

Chaque exploitation constitue un cas particulier. Aussi, la conception du projet de remise en état nécessite-t-elle non seulement la connaissance du parc d'engins dont disposera le carrier mais encore un essai matériel de fonctionnement avant le début des travaux. En sus de sa valeur de test pratique, cet essai a pour but de familiariser les conducteurs avec des tâches qu'ils n'ont généralement pas l'habitude d'effectuer de la sorte.

Variante de la méthode décrite



### 3.1.1. MÉTHODE « BENNES ET PELLE »

Le décapage et le régalage sont simultanés. Ce type de chantier concerne principalement des exploitations où la zone de découverte et la zone de recouvrement ne se trouvent pas à proximité immédiate et nécessitent l'emploi de véhicules de transport des terres de sol.

Pour le régalage de la couche humifère supérieure, la pelle ne doit pas progresser sur la couche inférieure préalablement régalée; par contre, elle peut travailler commodément à partir de la surface définitive de la bande voisine et sans inconvénient pour cette dernière (après régalage au buteur pour tasser le sol).



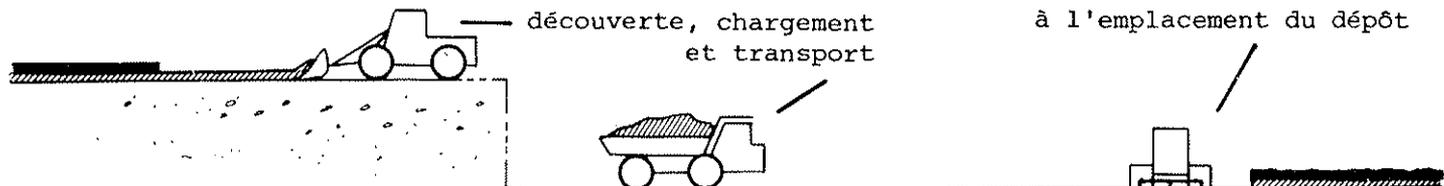
Régalage à la pelle hydraulique.

#### Remise en place du sol à l'aide de la pelle hydraulique

##### HORIZON(S) INFÉRIEUR(S)

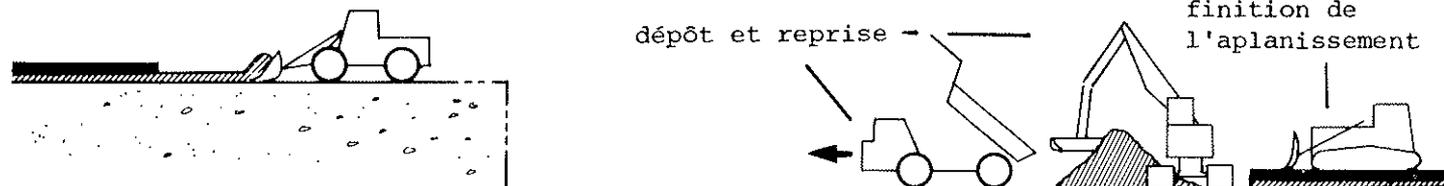
découverte, chargement et transport

Défoncement du soubassement à l'emplacement du dépôt

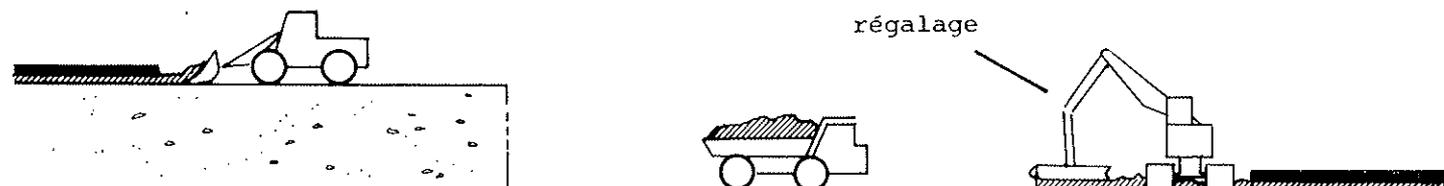


dépôt et reprise

finition de l'aplanissement



régalage

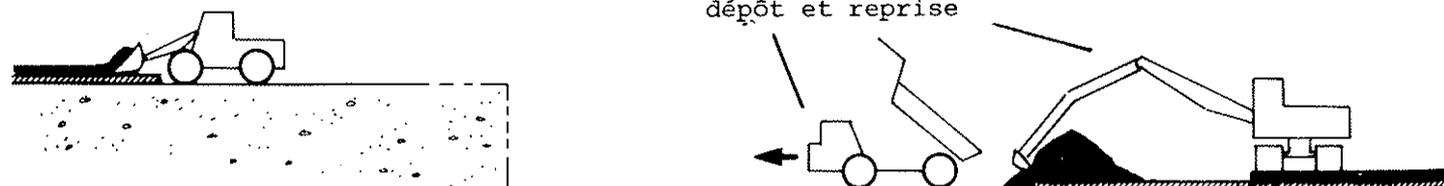


##### HORIZON HUMIFÈRE

découverte, chargement et transport



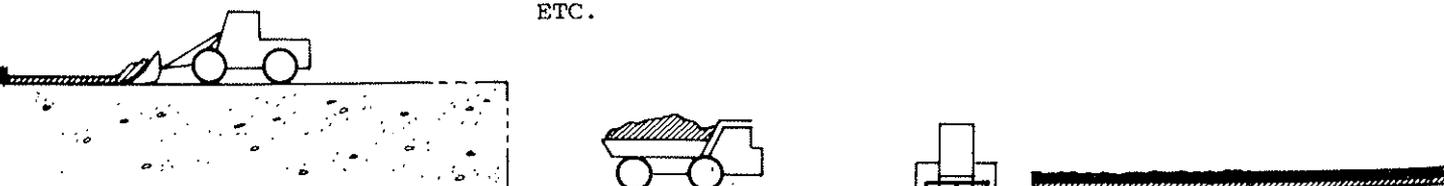
dépôt et reprise



régalage

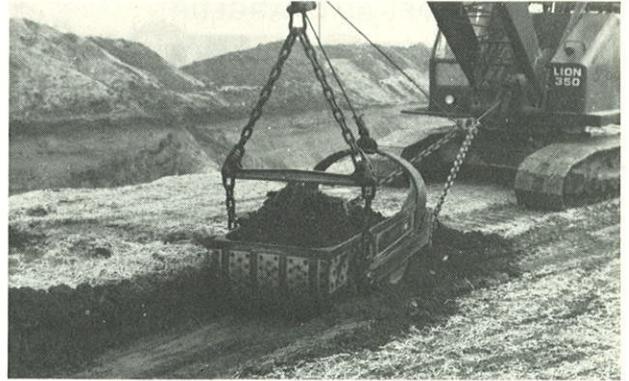


ETC.



### 3.1.2. MÉTHODE « A LA DRAGLINE »

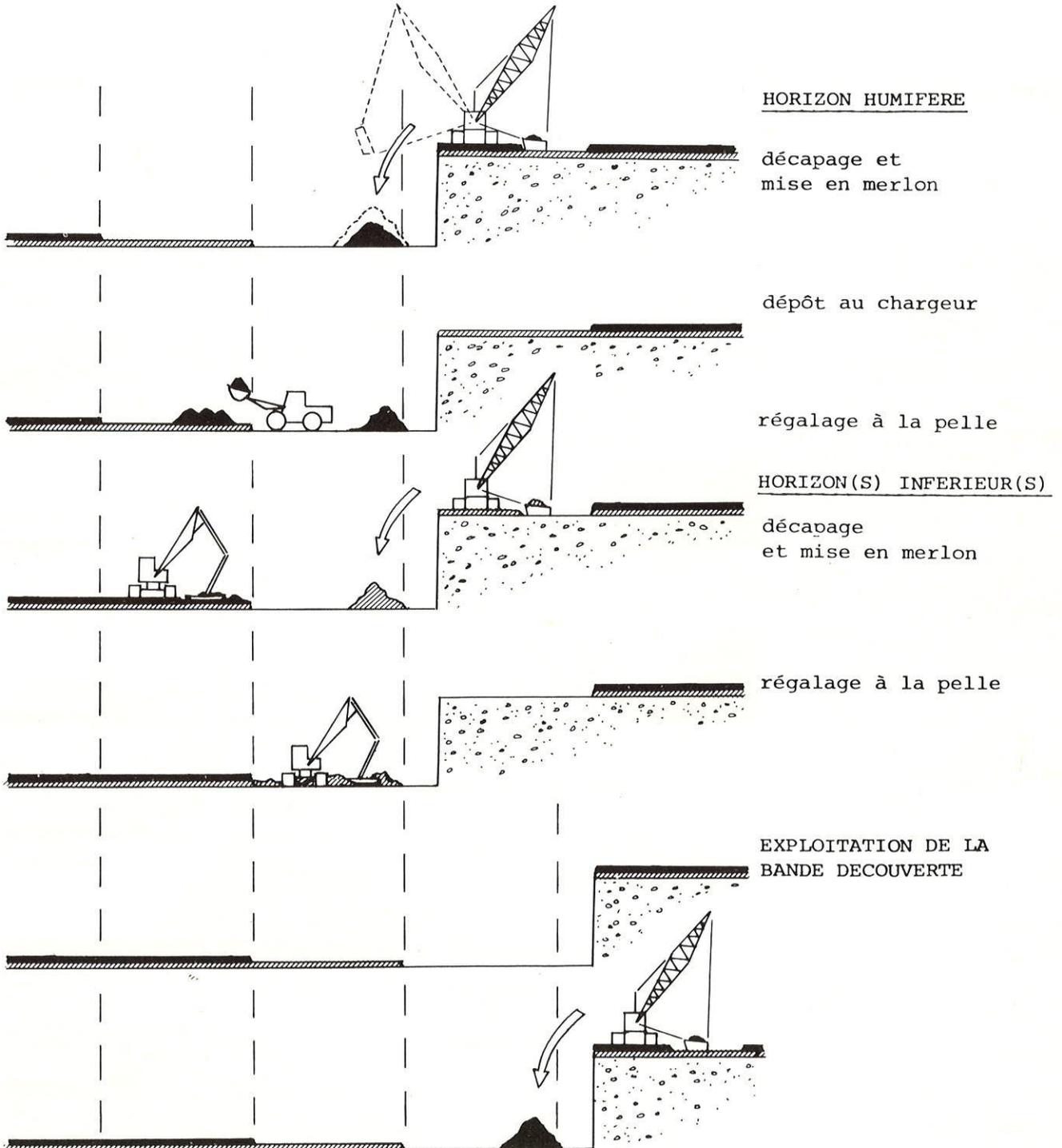
La dragline est essentiellement employée pour la découverte. Cet engin serait également capable d'assurer sans compactage aucun le régalage successif dans deux couches de terre de sol (à condition que leur épaisseur respective dépasse 30 cm). Cependant, pour des raisons de commodité de chantier, de rapidité d'exécution et de prix de revient, on préférera plus souvent le concours du chargeur et de la pelle hydraulique, comme représenté sur le schéma ci-contre.



*Décapage sélectif — horizon humifère — à l'aide du godet de la dragline*

#### Remise en place du sol à l'aide de la dragline

Mise en oeuvre en bandes successives



### 3.1.3. MÉTHODE « AU CHARGEUR »

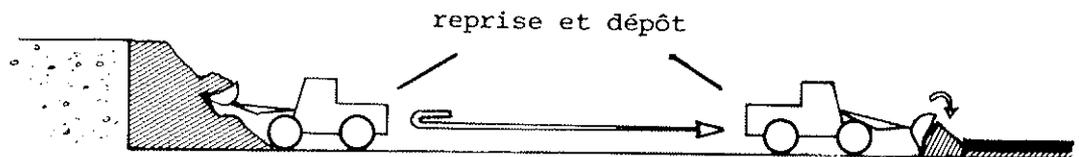
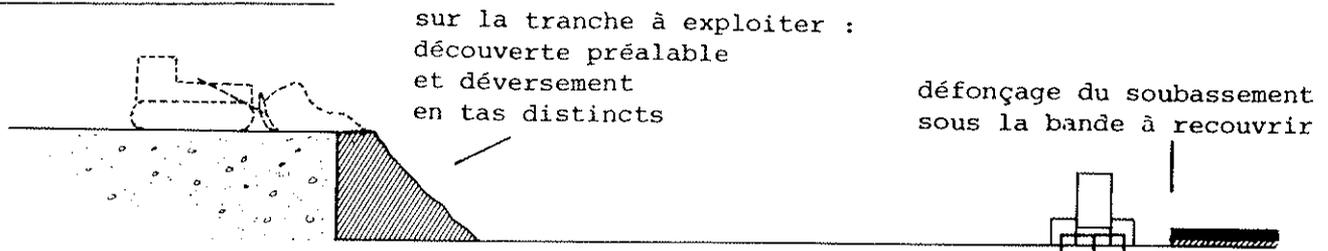
Ici, le décapage est effectué préalablement au début du recouvrement. On l'opère soit au moyen d'un chargeur ou d'un bouteur.

Le réglage surtout est le fait du chargeur, dès lors que cet engin étale commodément, à l'aide des dents du godet, la charge qu'il a déposée. Tel ne serait pas le cas si le dépôt était effectué par une benne, vu le volume déchargé beaucoup plus important.

Signalons donc que ce type de chantier est surtout adapté au cas d'une exploitation dont le plan d'avancement autorise le déversement direct de la découverte sur l'aire à recouvrir. Or, ce type de mouvement des terres de soi, s'il abaisse assez sensiblement le prix de revient du transport des terres, n'est possible qu'à la condition que les matériaux en place sur le front d'exploitation conservent une bonne cohésion; en effet, leur éboulement sur les terres de la découverte, soit lors du déversement, soit lors de la reprise, empêcherait le déroulement normal du recouvrement.

#### Remise en place du sol à l'aide du chargeur

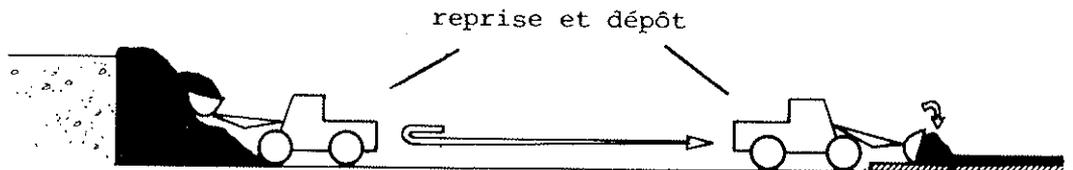
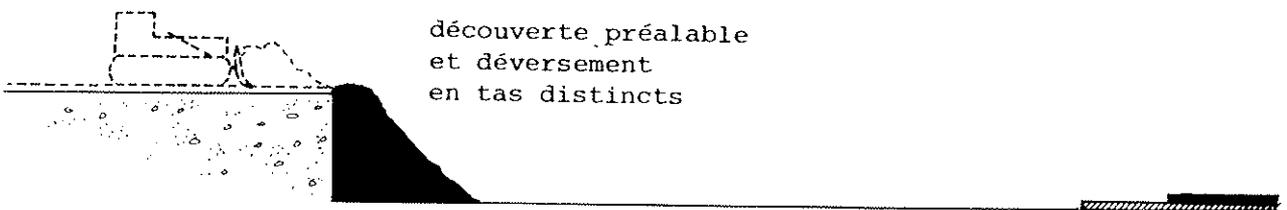
HORIZON(S) INFÉRIEUR(S)



régilage de la bande  
au godet



HORIZON HUMIFÈRE

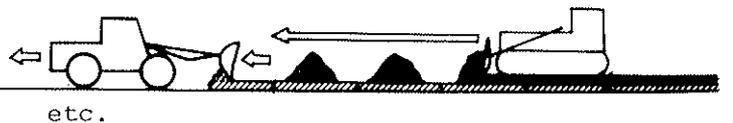


régilage de la bande  
au godet



2 formules  
de réglage  
au choix

régilage  
ultérieur  
au bouteur  
ETC.



## 3.2 La programmation

### 3.2.1. LA COORDINATION DE L'EXTRACTION ET DE LA REMISE EN ÉTAT

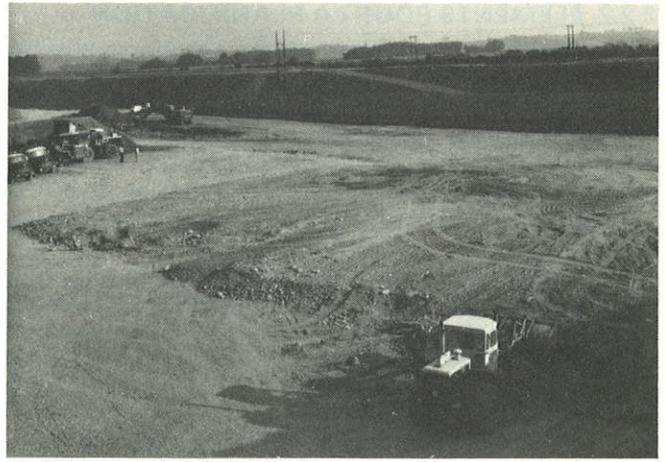
Il est évidemment utile de prévoir le déroulement de la remise en état dès l'ouverture de la carrière: ainsi, pour les exploitations dont la superficie dépasse 3 ha environ, les responsables auront presque toujours intérêt à concevoir ce déroulement en liaison étroite avec l'avancement de l'extraction par exemple en programmant une progression des surfaces reconstituées pour la culture sans attendre l'achèvement de la carrière et au fur et à mesure de son extension, ou en combinant dans toute la mesure du possible les opérations de découverte et de recouvrement. C'est la remise en état «à l'avancement». Cette méthode présente des avantages évidents:

- elle améliore la faisabilité de l'ouvrage en réduisant son volume global à l'échelle de «tranches» annuelles de remise en état;

- elle garantit la qualité par la possibilité d'apporter certaines améliorations de chantier au fur et à mesure des résultats observés sur les tranches précédemment remises en état;

- elle permet une meilleure gestion de la carrière en minimisant les stocks (de terres et de stériles) et l'espace qui leur est consacré;

- elle diminue le prélèvement d'espace agricole. Dans la perspective de la restitution finale à l'agriculture, ce prélèvement est certes temporaire; toutefois, il importe de le restreindre autant que possible en reconstituant les parcelles agricoles au fur et à mesure de l'extraction. Le «trou» momentanément incultivable est réduit au minimum (3 à 5 ha environ si l'installation de traitement est implantée dans la carrière, 1 à 3 ha environ dans le cas contraire). La conséquence peut être très importante si l'exploitant agricole n'est pas propriétaire du terrain car il lui serait alors possible de voir maintenu en vigueur



*Remise en état à l'avancement.*

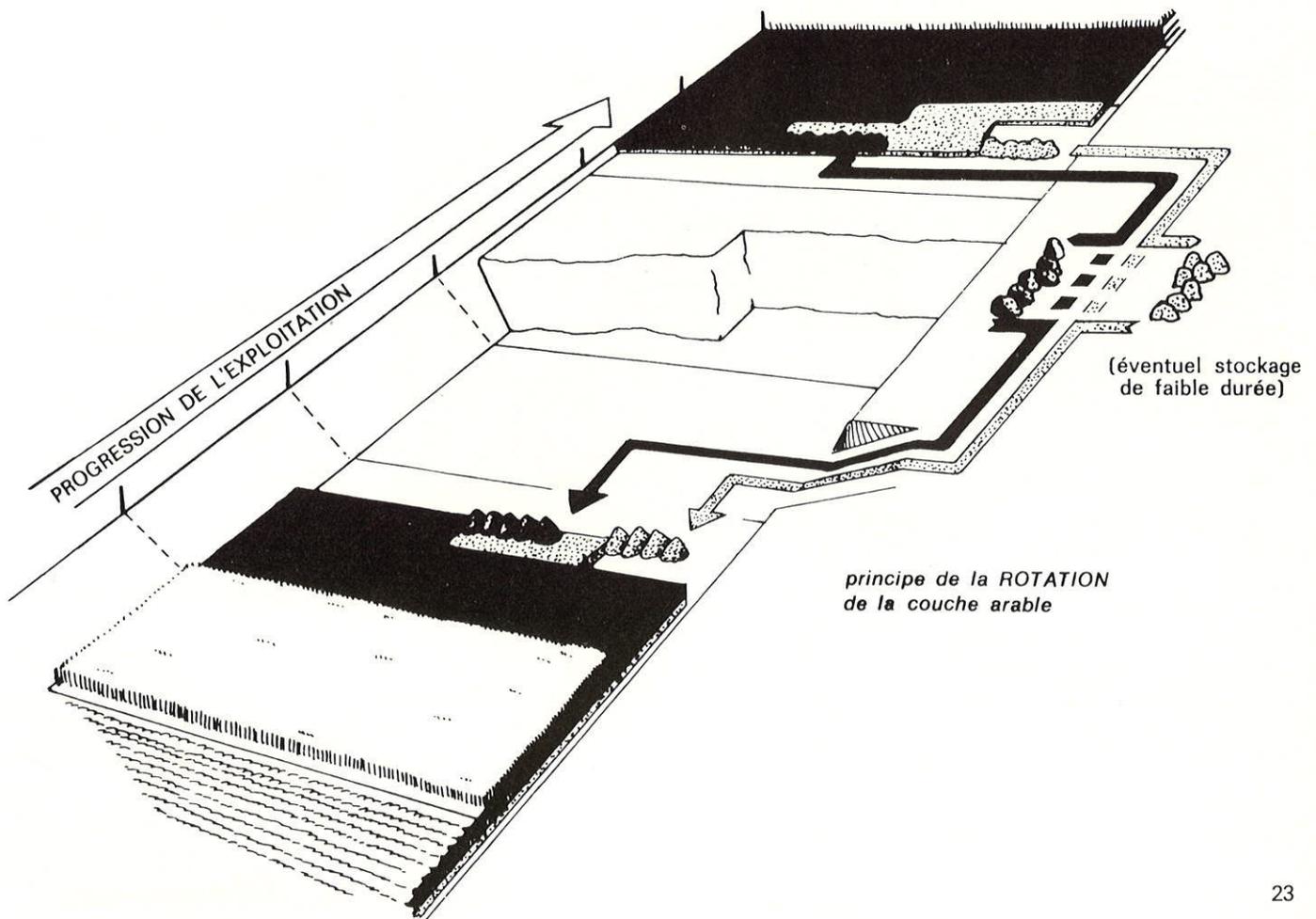
*Au fond tranche déjà rendue à l'agriculture: Au premier plan, sur la nouvelle tranche dégagée par l'extraction, le soubassement est préparé et à droite les terres de sol commencent d'arriver*

son bail<sup>(1)</sup> et son droit au renouvellement. En tout état de cause, moins le prélèvement de surface utilisée est important moins grave est le préjudice à l'exploitation agricole touchée.

Dans ces conditions, pour être clair et complet, le dossier de l'étude d'impact comportera un plan de phasage, à valeur indicative, permettant de prévoir à différentes étapes:

- 1) le sens de la progression simultanée de la découverte, de l'extraction et de la remise en état,
- 2) les déplacements de terres correspondants,
- 3) l'emplacement et l'étendue des zones soustraites et rendues à la culture à chaque étape représentée.

(1) A la condition d'un accord avec le propriétaire.



### 3.2.2 ÉLÉMENTS POUR LA PLANIFICATION

Dans le but d'assurer les meilleures conditions possibles au déroulement de la remise en état agricole, on doit recommander :

1) une phase préliminaire de rodage du chantier (préparation du soubassement et transfert des sois) :

— au cours de laquelle l'opérateur choisit les engins<sup>(1)</sup> et les instruments les plus adaptés à son cas particulier et essaye leur fonctionnement en équipe ;

— à l'issue de laquelle sont définies une fois pour toutes les conditions particulières de mise en œuvre de façon à éviter des variations incessantes au gré des disponibilités momentanées du parc ;

2) l'arrêt de toute opération touchant les terres de sol lors des périodes pluvieuses. Grâce à leur conception où tout compactage est éliminé, trois types de chantier décrits ci-dessus (cf. 3.1.1 à 3.1.3) permettent de travailler convenable-

---

(1) Engins non consacrés directement à l'exploitation de préférence, de façon à assurer autant que possible l'indépendance de la remise en état par rapport à l'extraction.

ment en toute saison mais point à tout moment. Compte tenu des risques de dégradation de la structure du sol lorsqu'il est malaxé à l'état humide, il est impératif de stopper le chantier dès l'apparition de la pluie. Il ne reprendra que lorsque la terre ne sera plus « collante » ; c'est dire que :

— d'une façon générale la période estivale est la meilleure pour le transfert des sols sur le type de chantier « benne et pelle » (3.1.1) notamment ;

— les bandes de découverte des chantiers « à la dragline » et « au chargeur » (3.1.2 et 3.1.3), lesquelles suivent nécessairement le rythme de l'extraction, devront être prévues aussi longues et larges que possible de façon à ce que l'exploitant reprenne le moins fréquemment possible les tâches de manipulation des sols et ne s'expose pas ainsi à être acculé à une découverte en cours de période pluvieuse.

La cadence d'avancement du transfert des sols est assez variable d'un chantier à l'autre, selon les contraintes locales et les engins au travail. A titre indicatif, sur la base de réalisations pilotes suivies, signalons que le volume terrassé atteint entre 700 et 1400 m<sup>3</sup> par jour en moyenne, lorsque le décapage et le dépôt simultanés des terres sont assurés respectivement par un seul engin.



---

*Pour conserver leur structure  
les terres de sol doivent être  
manipulées exclusivement  
par temps sec*

---

## 4 — La restitution à l'agriculture

### 4.1. Travaux connexes sur les abords

Un certain nombre de travaux ayant trait au cadre de la carrière concernent également très directement la future utilisation agricole, c'est pourquoi il convient de leur faire ici une place.

#### 4.1.1. LES TALUS

D'un point de vue de stricte production agricole, un talus assez raide est préférable à une remontée en pente douce jusqu'au niveau d'origine, même mise en culture.

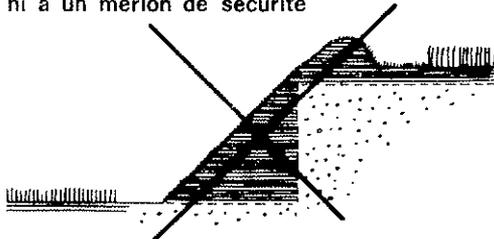
— De longues pentes créent souvent des problèmes d'assainissement en attirant les eaux de ruissellement vers le fond ; alors que dans le cas d'un bord net, un fossé ceinturant le site près de la crête du talus suffit à écarter les eaux adventives.

— Il faut craindre les écoulements d'air froid. On ne les décèle guère lorsque le talus est nettement découpé. Au cas où un mouvement de relief formerait « brèche », un merlon de terre ou mieux une haie suffiraient à bloquer le flux éventuel d'air froid.

— Par ailleurs, le cas échéant, la protection contre le vent, très bénéfique pour les cultures maraîchères, pépinières, etc., se trouve moins assurée si le versant s'incline.

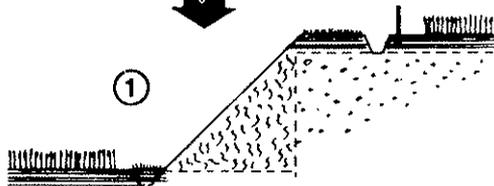
#### La constitution des talus

ne pas consacrer la terre arable au talutage ni à un merlon de sécurité

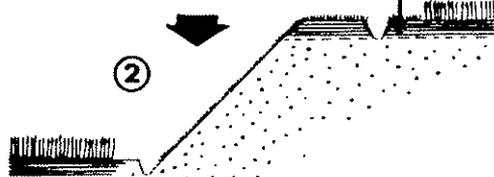


#### 2 bonnes solutions au choix

entreposer les « stériles » en appui et clôturer



tailler le talus « dans la masse »



— Dans le meilleur des cas, une pente douce ne serait pas inférieure à 5° ; elle resterait donc sensible à l'érosion (sur la terre rapportée) et contraignante pour les travaux agricoles ; sur de tels versants, les rendements agricoles fléchissent d'ordinaire.

— Enfin, les talus seront souvent considérés comme des limites provisoires avant un nouveau recul pour l'extraction de la parcelle voisine.

Dans ces conditions, le versant doit être le moins gênant possible pour l'exploitation agricole, c'est-à-dire :

1) occupant peu de surface : s'il est bien fixé par une végétation appropriée, sa pente peut aisément atteindre 45°, même sur du sable, mais bien entendu d'autres impératifs interviennent pour déterminer cette inclinaison (environnement, sécurité, etc.) ;

2) exigeant pour sa « cicatrisation » le moins possible de terre arable, denrée précieuse dont on ne saurait distraire aucune quantité du fond sans raison impérieuse ; or il apparaît, expériences à l'appui, que le verdissement d'un talus de granulats convenablement traité ne réclame généralement pas d'apport de terres.

Des tests systématiques en diverses orientations, destinés à démontrer une éventuelle influence négative du talus sur le développement des cultures implantées immédiatement en contrebas, n'ont pas permis de conclusion nette. C'est dire que la contrainte ne paraît pas fort préoccupante.



Talus taillé dans la masse (sable graveleux) et enherbé sans apport de terre « végétale », un an après l'ensemencement

#### 4.1.2. L'ÉVACUATION DES EAUX DE RUISSELLEMENT

Une carrière après exploitation constitue d'ordinaire un milieu où se pose spécifiquement le problème de l'évacuation des eaux de précipitations.

En effet, si le site est en dépression, il a tendance à créer un appel pour les eaux superficielles du bassin versant, et, en tout état de cause, le talus, par son effet d'« entonnoir » guide, vers sa base, l'eau de précipitation qu'il reçoit sur sa pente.

Si par contre la carrière a été remblayée, le nouveau sous-sol constitue généralement un relatif obstacle à l'infiltration, alors qu'auparavant le sous-sol de granulats en place se comportait comme un milieu particulièrement absorbant.

Dans ces deux cas, si l'on n'y prend pas garde, le site réaménagé créera des problèmes à l'utilisateur agricole par suite de la formation de « mouillères » — flaques ou zones boueuses — ou par suite de faits d'érosion provoqués par le ruissellement.

Pour y parer, certaines recommandations doivent être formulées, en vue d'une application adaptée dans le projet des travaux de remise en état agricole :

— à la périphérie, des fossés de collecte :

- le cas échéant, pour recevoir et guider les eaux extérieures au site, un fossé peut être creusé sur le bord de la zone exploitée, du côté amont par rapport à l'écoulement général dans le bassin versant (fig. ci-après : A) de façon à détourner les flux hors du site et les amener jusqu'au réseau de fossés d'assainissement local côté aval ; on veillera, en particulier, à ce que la voie d'accès ne canalise vers le fond ces éventuels flux extérieurs ;

- pour collecter les eaux du talus (dans le cas des carrières en dépression) un autre fossé sera souvent à créer à la base du versant (B) de façon à rassembler les ruissellements de pente — précipitations mais aussi résurgences d'écoulements de subsurface éventuellement mis à jour par l'extraction.

— sur le terrain, une pente cohérente<sup>(1)</sup> :

- c'est le sol lui-même qui devra absorber et infiltrer les eaux de précipitations normales ;

- toutefois, pour assurer l'élimination sans problèmes des excédents pluviométriques, une inclinaison générale de 1 % environ est souhaitable sur le terrain réaménagé (C) ; on évitera donc les contre-pentes, les formes de « vallon », les cuvettes même légères qui engendreraient des rétentions d'humidité. Il convient de ne pas tracer de fossés à travers le terrain de culture lui-même (ou seulement s'il est de grande emprise : > 10 ha environ) ; ce cloisonnement de l'espace de culture créerait des contraintes gênantes pour l'exploitation agricole et nécessiterait la construction de busages pour les communications.

— la prévision de l'élimination des eaux d'écoulement :

dans le site

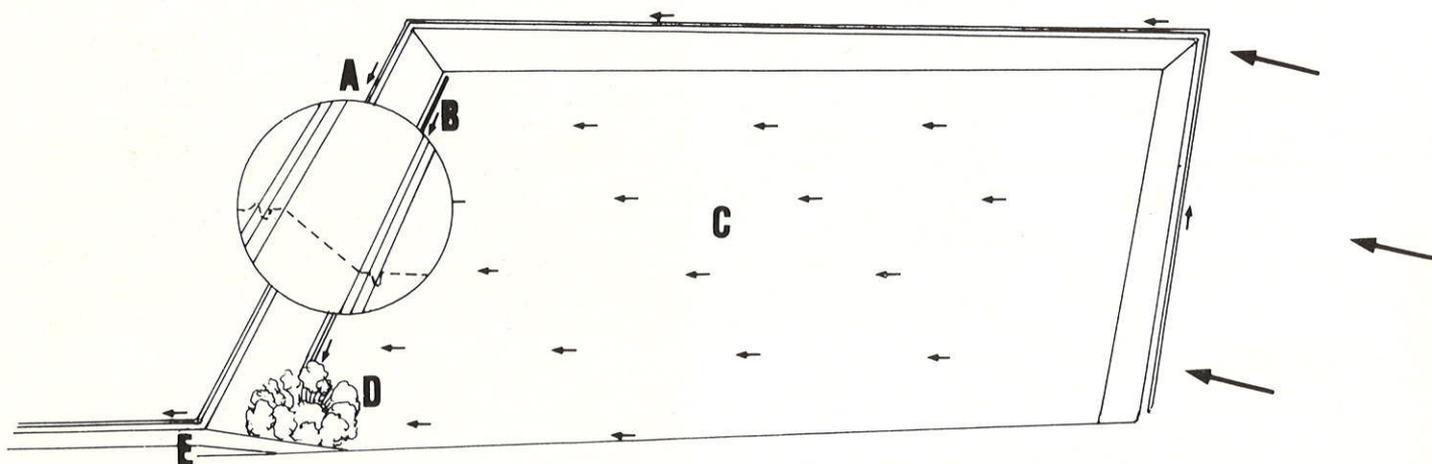
- l'absorption des eaux intérieures est assurée tantôt par rétention dans le fossé lui-même, tantôt par l'intermédiaire d'un bassin récepteur (impluvium) si le sous-sol est peu filtrant. La capacité de cet ouvrage à creuser au point bas du site se détermine d'après le volume d'une averse exceptionnelle (pluie cinquantenaire d'un jour par exemple). Toutefois, le bassin « tampon » ne remplira son office que si l'on peut prévoir (et éventuellement faciliter) une réabsorption progressive de son contenu par le sous-sol.

hors du site

- évidemment la solution du problème est simplifiée lorsqu'il se révèle possible de déverser les eaux du site vers le réseau des fossés d'assainissement agricole déjà construits pour les terrains situés autour de la carrière. L'étude d'impact devra indiquer la faisabilité d'un tel projet après examen des niveaux respectifs des deux systèmes.

(1) Rappelée ici pour mémoire car sa réalisation doit précéder le transfert des sols, cf. 2.1.1.

#### Type d'ouvrages assurant l'assainissement du site de carrière



Écoulement des eaux de ruissellement sur la pente du terrain d'origine — A fossé de crête — B fossé de pied de talus  
C ruissellement sur pente régulière — D bassin de réabsorption  
E aménagement de l'accès évitant la collecte des eaux de ruissellement extérieures.

### 4.1.3. L'ACCÈS

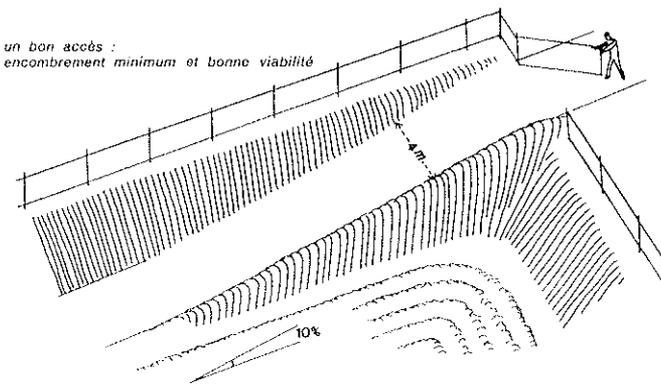
Rappelons seulement que la rampe d'accès doit être convenablement prévue :

- pour le passage des véhicules lourds et encombrants : largeur minimum 4 m, pente maximum  $\leq 10\%$  ;
- pour un encombrement minimum du fond (en restant attenant au talus) ;
- sans créer dans la topographie d'ensemble une « brèche » susceptible de guider les « coulées » d'air froid.

Le bon sens commande évidemment d'appliquer ces caractéristiques dès la conception du premier accès de la carrière, de façon à n'avoir point à créer à l'issue de l'exploitation une nouvelle rampe pour les besoins de l'utilisateur agricole. Tel est l'un des objectifs de l'étude des communications — du carrier et de l'agriculteur — à entreprendre au niveau de l'étude d'impact en vue d'éviter les gênes mutuelles lorsque le terrain remis en état commencera d'être cultivé avant la fin de l'extraction de la carrière.

un bon accès :

encombrement minimum et bonne viabilité



## 4.2. D'éventuelles mesures de « rattrapage »

Si les principes et recommandations énoncés ci-avant ont été appliqués, le terrain reconstitué se trouve prêt pour la culture et l'utilisateur agricole peut en attendre des rendements analogues à ceux que le sol permettait avant son transfert.

Au contraire si des négligences ou maladresses ont été commises dans l'exécution de la remise en état, il reste possible dans deux cas de figure de procéder à certaines opérations de « rattrapage » en vue d'amener le terrain à l'état de productivité agricole. Ces palliatifs ne doivent pas faire illusion car ils relèvent le prix de revient de la remise en état et allongent le délai de restitution à l'agriculture. Pour les autres cas de défauts de remise en état — erreurs dans le nivellement ou l'épaisseur des couches de sol par exemple — il n'existe d'autre correction qu'une reprise complète des terrassements.

### 4.2.1. UN COMPLÈMENT DE FUMURE ORGANIQUE ET MINÉRALE

Lorsque par suite d'une découverte incorrecte, l'horizon humifère n'a pas été séparé (ou a été mal séparé) des horizons inférieurs, il en résulte un appauvrissement en éléments nutritifs dans la couche supérieure du sol. L'analyse chimique permet aisément de le déceler. Une reprise de la culture dans ces conditions ne procurerait que des rendements affaiblis.

La reconstitution du taux de matières organiques, d'où provient l'humus, s'impose et exige un apport extérieur généralement important de fumier ou équivalent (50 à 250 t/ha selon la carence enregistrée par les analyses).

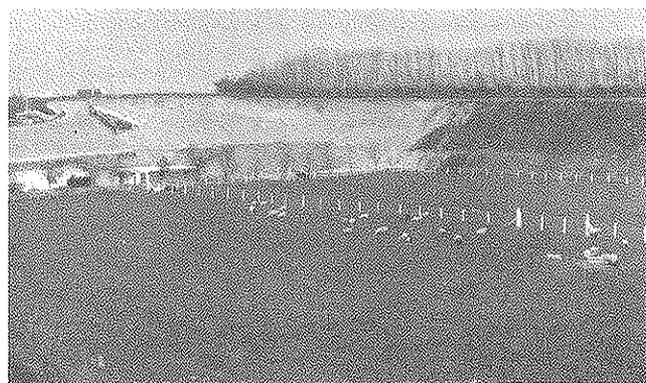
Cette fumure organique pose un problème de prix de revient. Le responsable devra donc rechercher le produit d'amendement organique le moins coûteux. De ce point de

vue, attirons l'attention sur les déchets dont les établissements de traitement recherchent des débouchés (boues d'épuration diverses, ordures ménagères triées, broyées et criblées) ; leur utilisation reste bien entendu subordonnée aux résultats d'une analyse chimique préalable. L'effet du produit d'amendement n'est bénéfique qu'à l'issue d'un délai de décomposition de 6 mois à 2 ans suivant l'épandage.

Un autre procédé destiné à rendre à l'horizon supérieur la matière organique perdue, consiste dans une culture préliminaire, généralement une plante fourragère<sup>(1)</sup>, qu'au lieu de récolter on broie et enfouit. C'est la pratique de l'« engrais vert ». La formule est certes plus économique mais moins efficace si le sol réclame une importation massive de matière organique<sup>(2)</sup>. Ce procédé peut atteindre simultanément l'objectif poursuivi par l'installation d'une prairie temporaire (cf. ci-dessus) le cas échéant. Dans le même temps, l'horizon supérieur, également appauvri en éléments fertilisants minéraux, devra recevoir une forte fumure minérale « de redressement », destinée à rétablir autant que possible ses teneurs en azote, acide phosphorique et potasse.

### 4.2.2. L'IMPLANTATION D'UNE PRAIRIE TEMPORAIRE

Lorsque par suite de terrassement dans de mauvaises conditions (compactage par pneus, par passages d'engins sur la surface intermédiaire entre les deux couches de recouvrement, manipulations de la terre à l'état détrempe) la structure du sol a subi un préjudice évident, il convient de la reconstituer par une culture dite pionnière. Cette pratique est susceptible de recréer la disposition en agrégats qui rendra au sol à la fois sa capacité de ressuyage et sa réserve en eau. Sachant que la diffusion des racines et radicules constitue un facteur extrêmement favorable pour l'amélioration de la structure, on sèmera une plante à système racinaire puissant et prospectant un grand volume de sol, les parties compactées seront ainsi pénétrées progressivement. Selon l'importance des préjudices causés à la structure, la végétation implantée devra être maintenue, au besoin renouvelée, sur une période de deux à cinq ans. Il s'agira de graminées — surtout ray-grass — et (ou) de légumineuses, à exploiter régulièrement en prairie de fauche ; les crucifères à racines pivotantes peuvent également être efficaces en culture pionnière annuelle : colza, moutarde, chou fourrager (mais sans perspective de véritable rentabilité en l'occurrence).



*L'implantation d'une prairie est toujours plus aisée que celle d'une culture annuelle — surtout si le nouveau sol présente des défauts — mais pas toujours souhaitée par l'exploitant agricole*

(1) Légumineuse (vesce, féverole, trèfle), graminée (ray-grass) ou crucifère (colza, moutarde, siletta).

(2) A titre d'exemple l'enfouissement sur un ha de ray-grass d'Italie, après un an de végétation, peut fournir jusqu'à 15 tonnes de matières sèches (parties aériennes et souterraines), ce qui correspond à un épandage de 70 à 90 tonnes de fumier de ferme.

### 4.3. Le démarrage de la culture

#### 4.3.1. LA PREMIÈRE CULTURE

Reprenons l'hypothèse normale où l'exploitant a respecté les modalités nécessaires pour la reconstitution du sol agricole et où il laisse à l'agriculteur un terrain prêt pour la mise en culture dès la fin du recouvrement.

Pour faciliter la reprise, il faut recommander une implantation immédiate qui, d'une part, évite le « salissement » par une levée de mauvaises herbes, d'autre part, favorise d'emblée le drainage du profil cultural. Ainsi, les meilleures périodes pour la fin de travaux de remise en état et le début des travaux agricoles en cultures annuelles sont en principe dans les régions moins ensoleillées<sup>(1)</sup> :

- avril, pour semis d'un maïs début mai,
- mai à juillet, pour semis d'une culture fourragère annuelle, semis ou repiquage d'une culture légumière,
- août, pour semis d'une plante à enracinement précoce (colza d'hiver, ray-grass, luzerne...) susceptible de bien occuper le nouveau terrain au cours de sa première période humide et d'améliorer ainsi le ressuyage, parfois plus délicat, du sol récemment rapporté ; dans ce cas le véritable départ de la culture peut n'avoir lieu qu'en début mai (avec du maïs par exemple) après broyage et enfouissement de cette implantation-relais.

Par ailleurs, en zone alluviale, il n'est pas rare que l'exploitant agricole constate une amélioration du sol par rapport à son état antérieur, amélioration créée essentiellement par le changement de sous-sol. Après remise en état, le souassement est en effet d'ordinaire plus consistant que le précédent massif de matériaux sablo-graveleux, ce qui améliore la réserve en eau du sol et peut étendre le choix des cultures possibles.

(1) Dans ces régions où l'évaporation de l'humidité du sol est moindre, le maïs constitue une meilleure culture de démarrage qu'une céréale, laquelle nécessite soit un semis (céréales de printemps) soit des traitements (céréales d'hiver) en mars-avril, à une époque où l'accès du tracteur peut poser des problèmes si le terrain n'a pas encore retrouvé sa porosité normale.

### 4.4. L'installation de l'irrigation

Dès avant la fin des travaux de remise en état, le futur utilisateur du sol agricole aura parfois aperçu une intéressante possibilité de renforcer sa production agricole grâce à l'amélioration des conditions d'approvisionnement en eau d'irrigation. Cet aspect ne saurait bien entendu figurer au titre des obligations de « remise en état des lieux » mais peut présenter un avantage au titre du réaménagement du terrain à la charge du propriétaire.

Effectivement, lorsque la cote de référence du niveau du fond est à la nappe phréatique en position haute, le plan d'eau souterrain se situera à faible profondeur le reste du temps (environ 2 à 5 mètres du nouveau sol en été). L'extraction, en général opérée sur une tranche exploitable de 4 à 10 mètres, a contribué à rapprocher de la nappe la surface du champ. D'où, pour l'installation de l'irrigation, des économies dans le coût de l'équipement (creusement du puits simplement à la pelle, possibilité d'une pompe de surface) et dans le coût du pompage de l'eau (économie d'énergie).

L'aménagement du puits peut être réalisé aux meilleurs frais avec l'aide de l'exploitant de la carrière dès le début de la mise en culture de la première tranche reconstituée.

Il arrive parfois à l'inverse que l'eau manque dans le secteur faute de la proximité d'une nappe d'un débit suffisant. Alors, les travaux de remise en état peuvent utilement comprendre l'aménagement d'une cuvette conçue de façon à collecter les eaux de pluie de l'ensemble du site en dépression et constituer une réserve pour l'irrigation.

Seul un fond imperméable ou la disposition de matériaux imperméables (refus argileux, fines de décantation « lissées ») autorise la réalisation d'une telle réserve.

La contenance sera calculée en fonction du débit de complément nécessaire ; les contraintes imposées pour la mise en œuvre d'un bassin collecteur orientent le choix du système d'irrigation vers le « goutte à goutte », plus économe en eau.



*Un petit bassin de prise d'eau valorise la parcelle reconstituée ; la confection de cet ouvrage serait à mettre au compte du réaménagement mais non de la remise en état réglementaire*

M. Bernard LUCIEN-BRUN

## Des exemples à l'étranger

Dans de nombreux pays, les Administrations responsables des carrières et des mines à ciel ouvert appliquent une politique de restauration des sols agricoles à l'issue de l'exploitation du sous-sol.

En Grande-Bretagne, les réalisations systématiques débutèrent dès après la seconde guerre mondiale. Actuellement, des milliers d'hectares de terre de culture ont été remis en état, surtout en Écosse, dans le Yorkshire, le Somerset et le Cheshire. Des essais de reprise agricole sur parcelles comparatives réaménagées ont lieu depuis 1974, en vue d'améliorer encore les techniques sur les grandes carrières de granulats de la région de Londres.

En Allemagne Fédérale, où une étude d'impact particulièrement poussée est exigée avant l'ouverture de chaque carrière, on remarque surtout les réalisations sur remblai des allées alluviales du Rhin et du Danube (essais agronomiques d'Ingols-

tadt), de Westphalie (après exploitation du lignite) et en fond de fouille sur le plateau calcaire Franconien.

La remise en état à des fins agricoles est pratiquée également en Hongrie, en Pologne, en Suisse, en Belgique et aux Pays-Bas. Dans ce dernier pays, de vastes surfaces ont pu être remblayées pour recréer les pâturages après l'extraction des matériaux alluvionnaires (cas exemplaires de la vallée de la Meuse, dans la province du Limbourg).

Hors d'Europe, principalement au Japon, en U.R.S.S., au Canada et aux États-Unis, l'exploitation du sous-sol donne lieu à un transfert soigné des terres de sol en vue de rétablir l'agriculture chaque fois que cela est possible. Un programme spécifique de recherches expérimentales est actuellement poursuivi sous différents climats dans les États américains, de Virginie, Kentucky, Illinois, Iowa, Nord Dakota et Wyoming en vue de tester les meilleures modalités de remise en état agricole sous la responsabilité de différentes Universités et de l'U.S.D.A. (Ministère de l'Agriculture).

# Postface

par **André FAIVRE**  
Conseiller à l'Assemblée Permanente  
des Chambres d'Agriculture

La remise en état agricole des sites exploités en carrières est une opération qui paraît nécessaire et même indispensable dans certaines circonstances, ne serait-ce que pour rendre à la culture, dans un objectif d'intérêt général, des superficies importantes nécessaires à l'équilibre économique des exploitations agricoles.

Il ne faut pas oublier en effet que les orientations préconisées par la loi d'Orientation Agricole du 4 juillet 1980 supposent une organisation du territoire, de telle manière que les objectifs de production agricole soient respectés.

Par ailleurs, la remise en état agricole nous paraît également constituer une solution heureuse face à la dégradation des paysages et devrait aussi atténuer les conflits en matière de zonage (voir à cet égard le document de la Seine-et-Marne dans la première partie de cette étude).

Pour que la remise en état puisse s'exécuter dans des conditions optimales, il nous paraît indispensable de rappeler les principales données du problème.

## I — LE CHOIX DES SITES

Au vu des expérimentations menées ces dernières années, nous avons été amenés à observer que tous les sites ne conviennent pas à la remise en état agricole : une sélection des sites, avant toute exploitation de carrière, nous paraît nécessaire, ceci en accord avec les différents intéressés.

C'est pourquoi nous proposons que le choix du type de remise en état découle de l'étude d'impact ou de la notice d'impact, ce qui contribuerait grandement à clarifier la situation. Cette étude d'impact, qui malheureusement ne sera trop souvent qu'une « notice », peut faire intervenir le propriétaire, l'exploitant agricole, le carrier, mais aussi d'autres intéressés tels que le SUAD, lequel pourra indiquer par exemple les types de cultures possibles et les contraintes d'exploitation. Nous connaissons bien les défauts des études actuelles ou des notices d'impact, notamment le financement par le pétitionnaire, lequel aura tendance à faire prévaloir un certain type de remise en état : mais l'occasion est offerte de ne pas se laisser enfermer dans des solutions stéréotypées, peu ou mal étudiées et qui conduiraient à l'abandon de remises en état à caractère agricole qui pourraient être possibles mais qui dérogent aux habitudes (plans d'eaux, « zones naturelles », par exemple).

## II — LE BILAN ÉCONOMIQUE DE LA REMISE EN ÉTAT

L'impact économique d'une remise en état à des fins agricoles comporte plusieurs aspects dont le coût ne peut pas toujours être chiffré et intervenir de manière significative.

Il est assez courant de comparer la valeur foncière du terrain, qui est fort déprécié après exploitation des gravières, et le coût de la remise en état agricole.

Cette comparaison ne nous paraît pas une approche satisfaisante : il est en effet connu que les comparaisons actuelles sont faites à partir d'expérimentations dont le coût global est très supérieur à certaines réalisations qui commencent à être pratiquées sans difficulté ; nous sommes persuadés qu'un coût de travaux très acceptable peut être obtenu :

— d'une part, lorsque les données de base sont connues, c'est-à-dire valeur agronomique des sols, étude hydrologique, couche de terre arable suffisante...

— d'autre part, lorsqu'une programmation de l'exploitation du gravier est coordonnée avec les travaux de remise en état, ce qui suppose une concentration de l'exploitation.

On peut également observer que deux éléments sont à considérer : l'équipement de l'exploitant de carrière et surtout son expérience en matière de remise en état : le second élément peut consister à conclure des contrats de droit privé entre les intéressés prévoyant les conditions techniques et financières de l'opération, ce qui peut éviter la vente du terrain et la rupture du contrat entre propriétaire et locataire.

Si l'analyse d'un coût moyen de remise en état reste, de toute manière, aléatoire en raison de la diversité des sites, des conditions de stockage des terres, du matériel dont dispose le carrier, des conditions climatiques, ... il ne nous paraît pas acceptable que la valeur foncière serve de moyen de comparaison.

L'intérêt économique d'une telle remise en état doit plutôt être considéré comme un investissement destiné au maintien du foncier agricole qui s'amortit sur une très longue durée : il s'agit, en fait, de la reconstitution d'un potentiel de productivité, perturbé par une déstructuration foncière et économique de l'exploitation agricole.

L'intérêt public qui s'attache à l'exécution de certains travaux ne peut être juridiquement invoqué dans le cas des carrières ; on peut cependant admettre que l'intérêt général justifie cette reconstitution du potentiel agricole. On peut également noter qu'une remise en état à des fins agricoles a un certain impact sur l'environnement dont le coût est impossible à chiffrer, de même que le coût, pour la collectivité, de l'abandon d'un trou improductif sans aucune valeur vénale, quand bien même le propriétaire aurait retiré de son bien une certaine indemnité ne lui permettant pas toujours de racheter un bien équivalent pour son exploitation agricole.

\* \* \*

Dans l'état actuel de ce dossier et en tenant compte des éléments rappelés, s'il peut y avoir un coût supplémentaire incombant à la technique de remise en état, celui-ci peut être compensé sans grandes difficultés par l'un ou l'autre ou la combinaison des trois facteurs suivants :

- diminution du prix de vente des terres à sable,
- augmentation légère du prix du granulat,
- prise en charge directe par l'entreprise d'extraction.

Il nous paraît également utile d'insister sur le fait qu'un suivi technico-économique doit être assuré sur une période de trois à cinq ans pour qu'un nouvel équilibre agronomique s'opère.

### III — CHOIX DÉFINITIF ET CONTRÔLE DES TRAVAUX

Les seuls moyens mis en œuvre actuellement pour le choix définitif sont les instruments de droit public :

- |   |   |              |
|---|---|--------------|
| 1°) Code minier                         | } | Autorisation |
| 2°) Code de l'urbanisme<br>(SDAU - POS) |   |              |

Cette source unique et administrative limite les possibilités de contrôle du choix et réduit à deux (le carrier et le préfet) le nombre des parties prenantes, effaçant ainsi le propriétaire s'il y a eu foretage (la demande d'autorisation est en effet présentée par la personne qui projette d'exploiter la carrière - art. 8 D.20.12.79) et surtout le fermier ; or, des contrats tripartites entre le carrier, le propriétaire et le fermier peuvent permettre de mieux considérer la faisabilité réelle du réaménagement agricole, car ses intervenants seront sur le terrain de manière permanente et seront directement concernés par le succès de l'opération.

En matière de contrôle des travaux, la technique de réaménagement agricole suppose un contrôle pratiquement permanent des travaux, des analyses...

Perfectionner les modalités techniques ou plutôt les instructions techniques, nous paraît à la limite beaucoup moins important qu'instituer des conditions de contrôle des opérations, pour éviter de regrettables accidents (mélange de différents horizons de terres, ...) qui compromettent les meilleurs plans de remise en valeur.

\* \* \*

Ces quelques points évoqués, choix, aspects économiques, contrôle des travaux, nous paraissent être de nature à engager un rapprochement entre les différents partenaires : il faut, en effet, essayer de maintenir un outil de travail aux agriculteurs, permettre cependant l'exploitation des richesses du sous-sol dans un intérêt général, mais aussi contribuer efficacement à maintenir un certain environnement.

## Bibliographie

- France.** — « Étude de programme de réaménagement agricole pour les gravières du Val de la moyenne Loire » B.D.P.A. ; pour le Groupement d'Intérêt Économique des Sablières de la Loire-Mayenne. Lucien Brun et coll. (1975), 126 p.  
« Problèmes agronomiques posés par le réaménagement agricole des carrières de la Plaine de l'Ain » pour la Direction Départementale d'Équipement de l'Ain, B. Vadot (1975), 18 p.  
« Réaménagement agricole des gravières de la région lyonnaise ». Département des Sciences de la Terre, Institut National Agronomique Paris - Grignon, 97 p., B. Depalle (1975).  
« Expérience de réaménagement agricole sur carrières remblayées dans le Val-de-Loire (Loiret) » à « l'Île-Charlemagne », Baule et Bois-au-Cœur. BDPA. Pour le ministère de la Qualité de la Vie, le Comité de Gestion de la Taxe Parafiscale sur les granulats. S. Maimay (1978), 55 p.  
« Expérience de réaménagement agricole de la carrière de Jargeau » (Loiret), BDPA 1978. Pour le Comité de Gestion de la Taxe Parafiscale sur les granulats et le ministère de l'Agriculture. S. Maimay (1978), 44 p.  
« Expérience de réaménagement agricole de carrières de La Plaine de l'Ain (Ain) à Ambronay et Sainte-Julie. BDPA 1979. Pour le Comité de Gestion de la Taxe Parafiscale sur les granulats, le ministère de l'Agriculture et le département de l'Ain. B. Lucien Brun et S. Maimay, avec la collaboration de la Chambre d'Agriculture de l'Ain (1979), 56 p.  
« Expérience de remise en culture de la carrière de Labrat-le-Gland à Saint-Pierre-de-Chandieu (Rhône). BDPA. Pour le Comité de Gestion de la Taxe Parafiscale sur les granulats et la Direction Départementale de l'Agriculture du Rhône. G. Hofer (1979).
- Allemagne Fédérale.** — Kiesgrube und Landschaft - Hubert Weinzierl, 1965.  
Landschafts und Erholungsplanung in den nördlichen Oberrheinniederungen südlich von Karlsruhe unter Berücksichtigung von Rekultivierungsmaßnahmen - IFU Institut Hrsq. 1972.
- Grande-Bretagne.** — Joint agricultural Land Restoration Experiments - Progress Report, 1974-1977. Department of Environment Ministry of Agriculture F. and F., Sand and Gravel Association, 141 p.
- Pays-Bas.** — Het inrichten van de grindwinningsgebieden in Limburg Concept, 1976 - Provinciale Planologische Dienst Provinciale Waterstaat Landinrichting.
- U.R.S.S.** — Le Réaménagement des sols. T.P. Fedosseeva, 1977. Institut des Ressources pédologiques, ministère de l'Agriculture.
- U.S.A.** — Iowa Coal Research Project Progress Reports, 1974 to 1978. Iowa State University Ames Iowa, 27 p.  
Reclamation of Drastically Disturbed Lands, 1978. American Society of Agronomy.