

RÉAMÉNAGEMENT AGRICOLE DES CARRIÈRES DE GRANULATS

Sylvie VANPEENE-BRUHIER

Avec la participation de Christian PIEDALLU, Isabelle DELORY



Cemagref
EDITIONS

RÉAMÉNAGEMENT AGRICOLE DES CARRIÈRES DE GRANULATS

Sylvie VANPEENE-BRUHIER

Avec la participation de Christian PIEDALLU, Isabelle DELORY



Réaménagement agricole des carrières de granulats. *Sylvie Vanpeene-Bruhier*, avec la participation de *Christian Piedallu, Isabelle Delory*. © Cemagref Éditions 2002, tous droits réservés. ISBN 2-85362-573-7. PAO Maurice Merlin, dessins Marie-Laure Moyne, infographie Françoise Peyriguer. Impression BIALEC. Vente par correspondance PUBLI-TRANS ZI Marinière 2, rue Désir Prévost, 91080 Bondoufle ; tél. : 01 69 10 85 85. Diffusion aux libraires TEC et DOC, 14 rue de Provigny, 94236 Cachan, cedex ; tél. : 01 47 40 67 00.

Composition du comité de pilotage de l'étude

Cet ouvrage est l'édition, cofinancée par le Cemagref et la Charte Professionnelle de l'Industrie des Granulats, d'un rapport réalisé par le Cemagref dans le cadre de la taxe parafiscale sur les granulats. Le rapport a été suivi et validé par un comité de pilotage interministériel et de professionnels du secteur des granulats.

Ce comité était composé de la manière suivante

Mme Michèle PHELEP, Ministère de l'Agriculture et de la forêt – DERF

Philippe BEAUCHAUD, Ministère de l'Environnement

Jean-Jacques BRUN, Cemagref

Jean FERAUD, BRGM

Corentin JANOT, Morillon-Corvol

Louis de MAUPEOU, UNPG

René MOURON, BRGM

Pierre de PRÉMARE, Lafarge granulats

Jacques LAMBOTTE, Secrétariat d'Etat à l'industrie / DGEMP/DIMAH/S3M

Jean-Paul PEREZ, Secrétariat d'Etat à l'industrie / DGEMP/DIMAH/S3M

La Charte Professionnelle de l'industrie des granulats

Pour une prise en compte accrue de la dimension environnementale de son activité, l'Union nationale des producteurs de granulats (UNPG) a défini en 1992 des règles de bonne conduite et des engagements volontaires spécifiques à son industrie et formalisés dans une Charte Professionnelle écrite.

Statut de la Charte

Le «Comité National de la Charte de l'Industrie des Granulats» a ainsi été créé pour assurer le suivi et le contrôle du bon respect des engagements de la Charte Professionnelle de l'Industrie des granulats.

Le Comité National de la Charte est une association à but non lucratif régie par la loi du 1^{er} juillet 1901.

Objectifs et actions

L'association a pour objet la mise en œuvre de la politique de l'UNPG, exprimée dans sa Charte Professionnelle. Pour contribuer à la réalisation de ces objectifs, diverses actions sont menées, tant au plan national que régional.

- **La mise en œuvre d'un programme d'études** permettant, notamment en matière de production, d'aménagement, d'utilisation de matériaux et de réduction des impacts :
 - de mener des recherches expérimentales de solutions pilotes ou nouvelles ;
 - de développer les connaissances techniques et scientifiques ;
 - de promouvoir des solutions innovantes ;
 - d'élaborer des guides pratiques utilisables sur le terrain ;
 - de former le personnel.

Les études menées dans le cadre de la Charte portent sur 3 thèmes principaux :

- la maîtrise des nuisances liées à l'extraction (bruit, poussières, paysage ...);
- l'écologie (techniques de réaménagement) ;
- la protection des eaux superficielles et souterraines.

Toutes ces études sont tournées vers les préoccupations pratiques des adhérents de la Charte. Elles sont destinées à leur fournir des outils pour assurer la maîtrise de la qualité environnementale de leurs sites.

• **La résorption de «points noirs»** issus d'anciennes exploitations de carrières de granulats, c'est-à-dire le financement de la remise en état de sites d'exploitations passées et leur insertion dans l'environnement. Les critères justifiant la dénomination de points noirs sont, d'une façon générale, l'atteinte au paysage, la sécurité du site, la présence d'anciennes installations et le présence de déchets. Le traitement des points noirs est mis en œuvre après un inventaire préalable et un choix des sites à réhabiliter.

• **La réalisation d'audits environnementaux : programme DACEN (Diagnostic-Audit-Conseil en Environnement).**

Le programme DACEN est destiné à apporter une assistance technique directe aux industriels en établissant un diagnostic et en donnant des conseils aux signataires de la Charte pour leur permettre de situer leur exploitation par rapport aux préoccupations d'environnement, tout en les aidant à définir des plans d'actions à développer au regard des exigences de l'arrêté ministériel du 22 septembre 1994.

Les adhérents de la Charte

En janvier 2002, la Charte de l'UNPG comptait 412 entreprises signataires, totalisant 70 % du tonnage total de granulats extraits en France.

SOMMAIRE

Introduction	9
CHAPITRE 1 : PREPARATION DE LA REHABILITATION	
I - PLANIFICATION DE LA REMISE EN ETAT, DECAPAGE ET STOCKAGE	17
1 - Phasage des opérations	17
2 - Décapage sélectif de la terre végétale et de l'horizon minéral	21
3 - Stockage sélectif de la terre végétale et de l'horizon minéral	23
II - FORME ET TOPOGRAPHIE DE LA PARCELLE REAMENAGEE	28
1 - Forme et accessibilité de la parcelle	28
2 - Diminution de la surface agricole	29
3 - Aménagement du talus	30
4 - Microclimat	30
CHAPITRE 2 : METHODE DE REMISE EN ETAT DES SOLS	
I - PREPARATION DE LA REMISE EN ETAT DU SOL	36
1 - Détermination des différents niveaux des matériaux de comblement	36
2 - Nivellement du fond de fouille	38
3 - Drainage du fond de fouille	39
II - QUALITE ET QUANTITE DES MATERIAUX	40
1 - Choix des matériaux	40
2 - Epaisseur de matériaux	47
III - MISE EN PLACE ET ASSAINISSEMENT DES MATERIAUX DE COMPLEMENT	51
A - LES MATERIAUX GROSSIERS	51
1 - Mise en place des matériaux de comblement	51
2 - Le nivellement du toit du remblai	51
3 - Le drainage	52
B - LES MATERIAUX DE RECONSTITUTION DE L'HORIZON MINERAL	53
1 - Mise en place des matériaux de reconstitution de l'horizon minéral	53
2 - Amélioration de l'horizon minéral	54
IV - MISE EN PLACE DE LA TERRE VEGETALE ET PREPARATION DU SOL	56
1 - Conditions de manipulation de la terre	56
2 - Consignes générales de mise en place de la terre végétale	60
3 - Choix et utilisation des engins	61
4 - Epierrage	67
5 - Travail du sol	69

CHAPITRE 3 : AMELIORATION DU SUBSTRAT	
I - LES AMENDEMENTS ORGANIQUES	74
A - LES COMPOSTS	74
1 - Les composts de déchets verts	75
2 - Les composts urbains	76
3 - Les composts de fraction fermentescible d'ordures ménagères	78
4 - Les composts de déchets agricoles	78
5 - Les composts mixtes	78
B - LES AUTRES AMENDEMENTS	79
1 - Les boues de papeterie	79
2 - Les boues de sucrerie	80
3 - Les boues de station d'épuration	81
II - AMELIORATION BIOLOGIQUE DES SOLS	83
1 - Utilisation de lombriciens	83
2 - Utilisation d'espèces végétales améliorantes	85
CHAPITRE 4 : LES PRATIQUES CULTURALES SUR UNE PARCELLE CONVALESCENTE	
I - UNE PARCELLE CONVALESCENTE	89
1 - Prise en compte de la fragilité de la parcelle	89
2 - Une période de convalescence	90
3 - Un exemple d'une pratique inappropriée	90
4 - Récupération des potentialités de rendement	91
II - LES PRATIQUES CULTURALES	92
1 - Relever le pH	93
2 - Utilisation d'une fertilisation de fond	93
3 - Utilisation de mulchs	93
III - LE CONTROLE DE LA POLLUTION	94
1 - Risques sanitaires liés à l'utilisation de compost	94
2 - Risques de pollution par percolation liés à l'utilisation de compost	94
3 - Risques de pollution par percolation lors des épandages d'engrais	95
CHAPITRE 5 : MISE EN PLACE DES VEGETAUX ET RESULTATS	
I - NATURE DES CULTURES	99
1 - La prairie	99
2 - Les grandes cultures	101
3 - Le maraîchage	104
4 - La vigne et l'arboriculture fruitière	105
II - MISE EN PLACE ET ENTRETIEN DE LA CULTURE	107
1 - La mise en place de la culture	107
2 - L'entretien de la culture	107
3 - L'irrigation	108

CHAPITRE 6 : INTEGRATION DU REAMENAGEMENT	
I - STABILISATION DES TALUS	111
1 - Pente des talus	111
2 - Actions pour stabiliser les talus	111
3 - Améliorer l'installation des végétaux	112
II - LE CAS PARTICULIER DES BASSINS DE DECANTATION	114
III - LA CONCERTATION AVANT ET PENDANT LE REAMENAGEMENT	116
1 - La concertation carrier-agriculteur	116
2 - L'implication du carrier	117
3 - Le transfert de la parcelle à l'agriculteur	117
Conclusion	119
Glossaire	121
Bibliographie	125
Annexes	137
LISTE DES FIGURES	
Figure 1 : Localisation des carrières à réaménagement agricoles visitées	13
Figure 2 : Planification d'une exploitation	19
Figure 3 : Schéma d'un réaménagement agricole à l'avancée	20
Figure 4 : Schéma de décapage pour faciliter les manœuvres	20
Figure 5 : Schéma d'un profil de sol	22
Figure 6 : Préparation d'un site de stockage sur un sol imperméable	25
Figure 7 : Schéma d'un stock de terre végétale	26
Figure 8 : Largeur de parcelle incompatible avec une rampe d'épandage	29
Figure 9 : Schéma d'un profil de sol reconstitué	36
Figure 10 : Schéma d'un nivellement en ados	39
Figure 11 : Schéma d'un drainage en ados et galeries drainantes	40
Figure 12 : Influence de l'épaisseur de terre végétale sur le rendement	50
Figure 13 : Mise en place de drains sur le remblai	52
Figure 14 : Schéma d'un sol après la pratique de culture sur l'horizon minéral	55
Figure 15 : Détection de la limite de plasticité d'un sol	57
Figure 16 : Effet des conditions d'humidité et des engins sur le rendement	58
Figure 17 : Effet des conditions d'humidité ou des engins sur le rendement	58
Figure 18 : Schéma de mise en place du sol avec scraper et pelle	62
Figure 19 : Schéma de décapage avec dumpers et pelles	63
Figure 20 : Schéma de régalaage avec pelle en rétro ou poussée	64
Figure 21 : Schéma de remise en place des terres avec chargeur	66
Figure 22 : Evolution des rendements au cours du temps sur deux parcelles	91
Figure 23 : Rendements en maïs en 1978 à St-Pierre-de-Chandieu	102
Figure 24 : Incidence sur le rendement en maïs de deux facteurs	102
Figure 25 : Exemple de bons rendements sur un bassin de décantation ressuyé	115

LISTE DES PLANCHES-PHOTOS

Planche 1 : Stock de terre végétale non ensemençé et envahi par des espèces adventices	27
Planche 2 : Influence des remontées de nappe sur la qualité du réaménagement	37
Planche 3 : Quadrillage pour remblai avec des inertes d'origine extérieure	41
Planche 4 : Zones de mouillères sur un réaménagement agricole	59
Planche 5 : Conséquences d'une mouillère agricole	59
Planche 6 : Mise en place de la terre végétale	61
Planche 7 : Exemple d'éléments indésirables apportés	77
Planche 8 : Des réalisations réussies	103
Planche 9 : Exemple d'un réaménagement agricole viticole de qualité	106
Planche 10 : Problèmes d'érosion sur des talus à pente trop forte	113
Planche 11 : Bassin de décantation encore en activité	114

INTRODUCTION

Dans les années 1970, face à la multiplication des ouvertures de carrières, la question de leur réaffectation s'est posée. Comme une partie importante des demandes d'extraction de granulats se situait en plaine alluviale agricole, l'idée de rendre ces espaces à leur vocation primitive, donc de remettre en état les sols, est apparue comme une possibilité intéressante.

Le but du réaménagement agricole d'une carrière est de restituer¹ à un exploitant agricole² un sol apte à produire, grâce à des pratiques agricoles³ normales, des rendements satisfaisants. Il faut donc que le sol puisse être travaillé dans de bonnes conditions et qu'il assure l'installation des espèces végétales et leur croissance grâce à une potentialité suffisante de réserve hydrique et de fixation des éléments nutritifs.

La question de la faisabilité technique de tels réaménagements s'est donc posée. De 1974 à 1990, des expérimentations de réaménagement agricole après extraction ont été réalisées avec l'aide du comité de gestion de la taxe parafiscale. Ces études ont permis la mise en place d'essais grandeur nature sur un certain nombre de sites. Elles ont montré que ce type de réaménagement était possible et que des rendements équivalents, voire supérieurs, à ceux sur sols en place pouvaient être obtenus sur des sols reconstitués avec précaution. Elles ont permis aussi de dégager quelques principes et méthodes devant guider les carriers dans la conduite des travaux. Ces principes ont été publiés sous forme de différentes brochures et documents techniques (liste dans la bibliographie). Cependant, il convient de noter que de nombreux sites réaménagés avec le concours de la taxe parafiscale étaient des sites qui avaient été laissés tels quels après l'exploitation, et n'avaient pas fait l'objet d'une remise en état. Les conditions pour la reconstitution du sol y étaient donc globalement très mauvaises (site non nettoyé, absence de terre végétale utilisable, exploitation jusqu'à la nappe, compactage des terrains...). Actuellement, la plupart des remises en état se font à l'avancement⁴, ce qui permet de se placer dans des conditions beaucoup plus favorables. Cependant, les réaménagements actuels ne sont plus expérimentaux, mais intégrés aux pratiques de l'exploitation ce qui peut poser d'autres contraintes : coût, intégration dans le calendrier de production...

1 De manière exceptionnelle, l'ouverture d'une carrière et son réaménagement peuvent fournir de nouvelles terres pour l'agriculture. Ainsi, à Sonnaz (73) et à la Motte-Servolex (73) des massifs boisés de 70 mètres de haut ont été arasés par l'exploitation d'un gisement et ont été transformés en partie en terres agricoles.

2 Celui qui exploitait auparavant le terrain ou un autre exploitant.

3 Analogues à celles utilisées ordinairement par les agriculteurs de la région.

4 Quand on décape une parcelle pour l'exploiter, la terre découverte est tout de suite employée pour réaménager une parcelle dont le gisement a été extrait.

Ce document est une analyse synthétique des réaménagements agricoles des carrières de granulats issue de trois sources d'information :

- les dossiers concernant les expérimentations mises en place dans les années 1974-1990 dans le cadre de la taxe parafiscale ;
- les articles et rapports issus d'une analyse bibliographique sur les méthodes récentes de réaménagement agricole de carrières pratiquées dans les différents pays européens, ainsi qu'au Canada et aux États-Unis (liste des articles et documents dans la bibliographie);
- une phase d'enquête de terrain concernant des réaménagements réalisés dans les années 1974-1990 dans le cadre de la taxe parafiscale, mais aussi des réaménagements récents ou en cours. Ces enquêtes de terrain ont consisté en un entretien avec le carrier responsable du réaménagement, un entretien avec l'agriculteur exploitant la parcelle, éventuellement un entretien avec un responsable environnement de la société et une visite de la parcelle pour repérer des éventuelles anomalies de croissance de la végétation en place.

• *Les sources d'information de la taxe parafiscale sur les granulats :*

Le Comité de la taxe parafiscale sur les granulats a financé des cas concrets de réaménagements de carrières « orphelines⁵ », des recherches expérimentales pour améliorer les connaissances techniques et des documents de synthèse (la liste des documents utilisés dans cette présente étude figure dans la bibliographie). Ces documents sont identifiés par un code [TPG n°].

La remise en état de sols agricoles peut concerner aussi bien les carrières de roches massives que celles en roche meuble. Cependant, les expérimentations menées dans le cadre de la taxe parafiscale n'ont porté que sur des extractions de gisement meuble, soit au-dessous du niveau de la nappe phréatique, soit au-dessus du niveau de cette nappe.

Les expériences de réhabilitation agricole, financées par la taxe parafiscale sur les granulats, citées dans ce rapport sont les suivantes :

- | | |
|---|------------------|
| - Beauchamp, dans la Somme (1985) | [TPG 4], |
| - Blagnac, en Haute Garonne (1985) | [TPG 5], |
| - Caromb, dans le Vaucluse (1981) | [TPG 6 a et b], |
| - Coudoulet (Orange), dans le Vaucluse (1985, 1988, 1992) | [TPG 7 a à c], |
| - Couffouleux (St-Waast), dans le Tarn (1985) | [TPG 8], |
| - Criquebœuf-sur-Seine, dans l'Eure (1981, 1985) | [TPG 9 a et b], |
| - Crotenay, dans le Jura (1980-1983) | [TPG 10], |
| - Cuiry-les-Chaudardes, dans l'Aisne (1978-1981) | [TPG 11 a et b], |
| - Flavigny, en Meurthe-et-Moselle (1981-1982) | [TPG 12 a et b], |
| - Goven, en Ile-et-Vilaine (1979) | [TPG 13 a et b], |
| - Jargeau, dans le Loiret (1976-1977) | [TPG 14 a et b], |
| - Juvigny, dans la Marne | [TPG 15], |
| - Misy-sur-Yonne, dans l'Yonne (1979) | [TPG 16], |
| - Passy, en Haute-Savoie (1982-1985) | [TPG 17], |
| - la plaine de l'Ain (Ambronay et Ste-Julie) (1976-78) | [TPG 18], |

⁵ Carrière qui avait été abandonnée sans remise en état après l'exploitation et dont il n'était plus possible de retrouver le carrier pour lui faire faire a posteriori le réaménagement.

- Pont-à-Mousson, en Moselle (1981-1984) [TPG 19],
- Rennes, en Ille-et-Vilaine (1981-1985) [TPG 20],
- Sierentz, dans le Haut-Rhin (1979-1980) [TPG 21 a à d],
- St-Georges-sur-Eure, en Eure-et-Loire (1984) [TPG 22 a à d],
- St-Pierre-de-Chandieu, dans le Rhône (1977-1980) [TPG 23 a à c],
- Thézan-les-Béziers, dans l'Hérault (1985) [TPG 24],
- Val-de-Loire (Sully-sur-Loire, Baule et Ile-Charlemagne) (1975-1978) [TPG 25].

• *Les sources d'information bibliographiques françaises et étrangères :*

Les articles et études consultés (106 documents analysés) sont issus d'une recherche bibliographique sur différentes bases de données⁶. La majorité de ceux-ci traitent du cas des carrières de roche meuble et très peu des carrières en roche massive avec front de taille. Il s'agit soit d'articles scientifiques soit de rapports, de documents de synthèse ou de guides techniques. Les sources ont été cherchées dans le domaine du réaménagement de carrières mais aussi dans le domaine de la revégétalisation de sols dégradés, ou de manière plus générale, dans celui de la biologie des sols.

Les documents proviennent de :

- France :	32
- Grande-Bretagne :	21
- USA :	17
- Canada :	8
- Espagne :	7
- Europe :	7 (Allemagne, Italie, Pays-Bas et Irlande)
- Suisse :	5
- Australie :	5
- Autres pays :	4 (Haïti, Israël, Vénézuéla)

Leurs sujets se répartissent⁷ de la manière suivante :

- le réaménagement de carrières :	46
- la réhabilitation de sols miniers :	21
- la revégétalisation d'espaces dégradés :	24
- l'utilisation d'amendements et de boues pour reconstituer un sol :	13
- la pédologie et la vie du sol :	9
- le stockage du sol :	7

La nature des documents analysés est la suivante :

- article scientifique :	66
- rapport d'étude ou rapport de synthèse :	23
- guide technique :	9
- texte réglementaire :	4
- plaquette d'organisme professionnel :	4

⁶ Agricola, Biological and agricultural index, Biosis previews, Cab abstracts, Enviroline, Geobase, Ntis, Pascal...

⁷ Le total est supérieur à 106 car certains documents relèvent de plusieurs rubriques.

La plupart des articles consultés mettent en évidence deux points :

- une exigence de qualité du réaménagement du sol d'autant plus grande que les potentialités agricoles du sol de départ étaient importantes (zones maraîchères ou horticoles en périphérie de grosses agglomérations) ;
- une nécessité de concevoir et de planifier soigneusement la remise en état des sols à la fois pour en diminuer les coûts, mais surtout pour en assurer la qualité.

• *Les visites de terrain :*

Les buts de cette phase de terrain étaient de :

- faire le bilan et l'analyse critique des pratiques de réaménagement et des expérimentations menées dans les années 1980 et ayant maintenant un recul important ; en effet, dans la plupart des cas, un bilan des expérimentations avait été tiré seulement deux à trois ans après le réaménagement ;
- faire un bilan et l'analyse critique des pratiques actuelles et voir leurs conséquences sur la qualité du réaménagement ;
- relever les exemples positifs ou les problèmes rencontrés sur les parcelles par leurs utilisateurs actuels, en particulier par des photographies (cette phase de terrain a eu lieu en juin et juillet, les problèmes fréquents de mouillères ne sont visibles que par leur impact sur la végétation) ;
- faire la synthèse des cas rencontrés et proposer des améliorations aux pratiques actuelles.

Nous avons visité 12 carrières en réaménagement agricole⁸ appartenant à 3 grandes régions (figure 1) :

- l'Île-de-France :

Changis [A2 m], Chevrières [A3 m], Cuiry-les-Chaudardes [A5 m], Ecuelles [A6 M], Pécy [A9 M], St-Georges-sur-Eure [A11 m], Varennes [A12 m].

- la région PACA :

Coudoulet [A4 m].

- la région Rhône-Alpes :

Chambéon [A1 m], La Motte-Servolex [A7 Mo], Passy [A8 m], Sonnaz [A10 Mo].

Dans cet ouvrage, le code « m » signifie roche meuble, « Mo » moraine et « M » roche massive.

⁸ Le processus de sélection des sites a été établi par le comité de pilotage de l'étude.

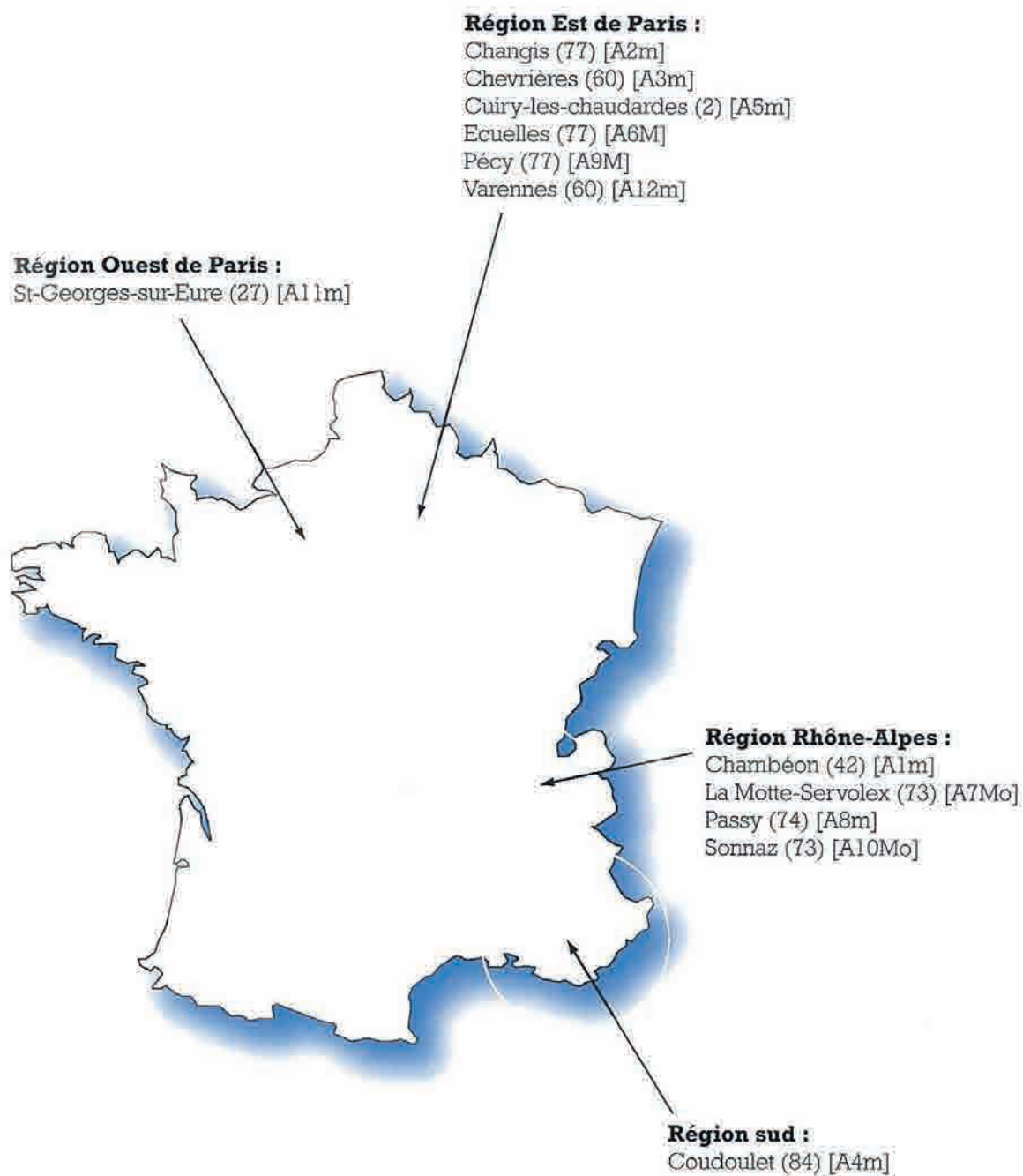


Figure 1 : Localisation des carrières à réaménagement agricole visitées pendant la phase de terrain.

CHAPITRE 1

PREPARATION DE LA REHABILITATION

I - PLANIFICATION DE LA REMISE EN ÉTAT, DECAPAGE ET STOCKAGE

Toutes les études bibliographiques soulignent le grand intérêt de la remise en état à l'avancement et l'importance fondamentale de l'étape de décapage sélectif et de manipulation des terres de découverte avant l'exploitation du gisement.

Elles mettent aussi en évidence la nécessité de réfléchir très en amont, au moment du dépôt de demande d'autorisation d'exploiter, au schéma global de l'exploitation. En effet, il faut exploiter le gisement de manière cohérente afin de diminuer les coûts et de ne pas créer de difficultés. Ainsi, l'exploitation doit se faire en respectant les pentes d'origine et en commençant en amont de l'écoulement de la nappe afin de conserver l'exutoire de l'ensemble de la carrière et éviter ainsi des stagnations d'eau dans la fosse (et donc des pompages pour réaménager).

Les recommandations anglaises [48, 49] préconisent une étape de concertation entre les différents intervenants (carrier, administration de l'agriculture et de l'industrie, agriculteur) et la constitution d'un dossier précis⁹ pour préparer la réhabilitation.

Comme la plupart des études taxe parafiscale sont intervenues sur des sites en fin d'exploitation, la réflexion sur la planification des opérations préalables à la remise en état a été peu abordée¹⁰.

Dans les exploitations actuelles visitées lors de la phase de terrain, un plan de phasage précis de l'exploitation, mais aussi du réaménagement, est fixé dans le dossier d'autorisation d'exploiter. Dans certaines situations [A1 m], nous avons remarqué qu'une trop grande rigidité dans le respect du plan de phasage peut nuire au réaménagement en particulier quand les transports de terre ont lieu de ce fait en période humide. Ce point sera développé dans le chapitre 2 - IV -1.

1 - PHASAGE DES OPÉRATIONS

Le réaménagement à l'avancement constitue toujours le meilleur choix [68]. Quand il est soigneusement planifié et réalisé [67], il permet de limiter au maximum la manipulation de la terre. L'idéal est de ne pas avoir à déposer la terre en tas pour la reprendre ensuite, mais de passer directement du décapage à la remise en place sur une autre parcelle. Ceci nécessite une bonne coordination et un rythme d'avancement comparable des deux chantiers, mais aussi le respect de conditions suffisamment sèches pour les manipulations de terre (voir le paragraphe I - 3).

En Grande-Bretagne [67], un plan d'avancement de l'exploitation est proposé afin de pouvoir limiter les mouvements de terre (figure 2).

⁹ L'annexe 1 présente un résumé des recommandations anglaises.

¹⁰ Seules TPG 9, TPG 23 et TPG 21 ont fait l'objet d'un réaménagement à l'avancement.