

**METHODE DE REAMENAGEMENT DES SITES MINIERES
EN FIN D'EXPLOITATION, AVANT ABANDON,
AUX HOUILLERES DE BASSIN DU CENTRE ET DU MIDI**

**Jean-Pierre DONNADIEU, Michel OBERLINKELS (SIRAS)
Yves PAQUETTE (INERIS)
Didier DRIANCOURT (HBCM)**

PREAMBULE

Charbonnages de France a engagé un vaste et exemplaire programme de réaménagement des sites d'exploitations à ciel ouvert à l'Unité d'Exploitation Hérault des Houillères de Bassin du Centre et du Midi.

Les motivations, fondées principalement sur la restitution du cadre naturel et du cadre de vie ainsi que sur le respect de réglementation, ont conduit à concevoir et mettre en oeuvre une méthodologie pour la préparation et la réalisation de travaux de réaménagement sur des sites miniers en fin d'exploitation. Cette démarche est sous-tendue en permanence par la prise en compte des problèmes humains posés par l'arrêt de l'extraction.

La méthode comporte un ensemble de phases qui se présentent sous la forme d'un enchaînement cohérent de documents cartographiques et d'études spécialisées, depuis l'élaboration de la démarche jusqu'au suivi à long terme des actions de réaménagement. Elle fait appel à un éventail de compétences pilotées par une véritable action d'ingénierie.

Les réalisations en cours, sur les sites des mines de charbon à ciel ouvert de l'Hérault, sont présentées dans une deuxième partie. Les principes et les exemples d'actions illustrent le réaménagement des fosses d'exploitation, la stabilisation des verses, la lutte contre l'érosion, la protection des ouvrages de drainage, la préservation de la qualité de l'eau, les études paysagères et les méthodes de végétalisation.

CdF : Charbonnages de France
HBCM : Houillères de Bassin du Centre et du Midi (Groupe Charbonnages de France)
INERIS : Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
CECA : Communauté Européenne du Charbon et de l'Acier
SIRAS : Société Internationale de Réhabilitation et d'Aménagement des Sites
CNR : Compagnie Nationale du Rhône

I - INTRODUCTION

Les travaux présentés sont le résultat d'une collaboration entre les H.B.C.M., l'INERIS, chargé de la coordination des études de remise en état des sites dans le cadre d'un projet de recherche CECA "Réhabilitation de sites d'anciennes exploitations minières", et la société SIRAS filiale de C.N.R., chargée de la maîtrise d'oeuvre du projet de remise en état des sites d'exploitation de l'U.E. Hérault.

Le gisement houiller de Graissessac s'étend sur 20 km de long et se présente sous la forme d'une gouttière synclinale large de 2 km dans le secteur exploité.

Les exploitations souterraines ont été fermées en 1962 avec une production cumulée de 30 millions de tonnes de charbon. Les exploitations se sont surtout développées sur le flanc nord du synclinal, dans 7 à 8 couches redressées entre 30 et 50°.

Depuis 1956, 4,6 millions de tonnes de charbon pour 29 millions de m³ de morts terrains ont été extraits en découverte sur 5 massifs montagneux (Plaisance, Rive Gauche, Rive Droite, Cap Nègre et Orb). L'exploitation s'est achevée en 1993. Les fosses, situées en sommet de colline, ont été exploitées en gradins descendants, avec appui sur le mur gréseux des couches. Elles sont souvent restées en l'état, non remblayées, et les produits de découverte mis en verse directement à flanc de coteau, à l'équilibre limite, sur des hauteurs de 40 à 250 m.

L'ensemble des sites à réaménager représente 400 hectares. La durée prévisionnelle des travaux est de 4 ans. CdF a décidé de procéder à une remise en état particulièrement exemplaire sur les sites de l'Hérault et s'est doté des moyens financiers et techniques nécessaires.

II - LES MOTIVATIONS

Avec l'arrêt de la production, la cessation de toute activité charbonnière nécessite un réaménagement complet et définitif des sites d'exploitation et de production, pour les restituer dans le domaine public et pouvoir procéder à l'abandon des concessions minières.

Les motivations pour le réaménagement sont les suivantes :

- **respecter la réglementation** minière pour faire approuver par l'Administration l'état final des sites et obtenir l'abandon des concessions minières,
- **réintégrer les sites dans l'environnement** pour maintenir la richesse biologique et la variété des paysages,

- **restituer à la population locale** un cadre de vie agréable pouvant constituer un des facteurs du développement socio-économique local,
- mettre en place une **stratégie en matière de réaménagement** (réaliser les travaux conformément aux projets, planifier les travaux avec estimation des coûts et des délais, optimiser le bon déroulement des opérations),
- **permettre d'étaler dans le temps** la cessation d'activité des exploitations et d'effectuer le reclassement du personnel dans de meilleures conditions, tout en conduisant la remise en état avec le personnel disponible de l'exploitation.

Toutes ces motivations reposent sur la prise en compte des contraintes et le respect des engagements concernant :

- la notice ou l'étude d'impact pour les travaux les plus récents,
- les contraintes foncières et les conventions avec les propriétaires,
- les accords et les concertations avec les communes, le département, les associations locales et les entreprises pour une valorisation future des sites.

III - UNE METHODE GENERALE DE REAMENAGEMENT DES SITES

La prise de conscience de l'enjeu que représente le réaménagement des sites a abouti à l'élaboration et la mise en oeuvre de modalités d'organisation et de gestion pour parvenir à l'objectif de remise en état et améliorer au cours de la démarche les performances du réaménagement.

La méthode comporte un ensemble de phases séquentielles qui se présentent sous forme de documents cartographiques et d'études individualisées. Ces documents s'enchainent dans une succession logique tout au long de leur réalisation.

III.1 - Préparation du projet de réaménagement

Les différentes étapes de la démarche sont les suivantes :

- **Définition du cadre de l'action**
 - par la prise en compte des contraintes (réglementation, engagement d'études d'impact, situation foncière, pression écologiste et environnementale, moyens financiers disponibles),

- en définissant l'aménagement final en fonction de la valorisation future du site,
- en déterminant les actions et les méthodes à mettre en oeuvre en concertation avec l'Administration et les collectivités locales.
- **Evaluation**, autant que possible, de l'état initial du site par une étude historique des archives.

Cette phase se concrétise par la réalisation de plans de base à une échelle standard intégrant les informations suivantes :

- topographie :

- initiale, avant travaux d'exploitation minière,
- actuelle, par restitution photogrammétrique.

- géologie :

- nature des terrains, présence de couches de charbon,
- structures cassantes, pendages, plis.

- hydrographie :

- inventaire des ruisseaux, sources, captage d'eau,
- étude des bassins versants.

- historique des travaux :

- plan d'ensemble des travaux miniers souterrains,
- extensions et creusement maximum des mines à ciel ouvert,
- états piézométriques et historiques des circulations d'eaux dans les travaux d'exploitations.

- plan du domaine foncier :

- propriétés, location, conventions, accords de vente etc...

- Analyse de l'état du site à l'aide d'une cartographie détaillée de l'état des lieux.

Il s'agit de dresser un plan de l'état des lieux dans lequel les éléments à représenter sont les suivants :

- zones de remblais : verses, talus, merlons, éboulis, pistes,
- zones rocheuses à l'affleurement : pendages des formations,
- zones à l'état naturel non affectées par les travaux d'exploitation,
- zones instables visuellement (fissures, ravinements, blocs instables),
- état de la végétalisation,
- circuits d'écoulement des eaux en surface,
- localisation des orifices et galeries débouchant au jour.

La réalisation de l'ensemble de ces documents nécessite de se doter des outils nécessaires à leur élaboration.

C'est à ce niveau qu'il faut affecter les ressources humaines et matérielles suffisantes pour la mise en oeuvre de la démarche, par :

- la création d'une équipe interne affectée au réaménagement,
- l'organisation de la gestion des plans et documents,
- la définition des besoins informatiques (logiciel d'infographie minière),
- la mise en place d'un plan de communication interne et externe en matière d'environnement,
- la mise en mémoire de l'action de réaménagement (photographies aériennes et au sol, vidéo, archives).

III.2 - Validation des principes retenus pour le réaménagement

Les principes pour la conduite d'un plan de réaménagement sont dictés par les nécessités suivantes :

a) Garantie de la stabilité à long terme des terrains

Pour assurer une pérennité aux travaux réalisés, un coefficient de stabilité à long terme supérieur ou égal à 1,3 est le plus souvent retenu pour les talus en remblais et les murs rocheux restés en l'état.

b) Maîtrise de la circulation des eaux et préservation de leur qualité

Pour éviter les ravinements et assurer la stabilité des ouvrages, un réseau de drainage des eaux superficielles est créé pour les collecter et les évacuer dans le milieu naturel.

L'impact des eaux souterraines liées aux travaux miniers est maîtrisé par une connaissance des circuits et un contrôle de la qualité de ces eaux.

c) Sécurité du public

Les travaux sont réalisés dans le but d'éliminer au maximum les dangers objectifs sur l'ensemble du site tels que les chutes de pierres et rochers. La protection des zones à risques s'effectue par la mise en place de merlons ou de barrières naturelles (taillis d'épineux), voire de clotûres.

d) Aspect paysager : accélérer le retour à l'équilibre naturel.

Afin d'intégrer les sites dans leur environnement écologique et paysager, un certain nombre de mesures sont adoptées pour tenir compte des contraintes sévères liées au climat local, au substrat très rocheux et à la topographie.

e) Valorisation des sites : prise en compte de l'aspect humain.

Toutes les utilisations futures des terrains, compatibles avec les principes énumérés ci-dessus et qui ne remettent pas en cause l'intégrité du réaménagement des sites doivent autant que possible être prises en compte lors des projets de réaménagement.

f) Orienter des études spécialisées sur différents aspects indispensables à la conception du projet et plus précisément :

- Etude de stabilité (INERIS)

- Analyse géotechnique de la stabilité des versants et des fronts d'exploitation.

- Analyse des risques d'affaissements résiduels, voire d'effondrements, des travaux miniers souterrains.

- Etude hydrogéologique (INERIS, SIRAS)

- Etude de l'incidence des travaux miniers et des travaux de réaménagement sur l'hydrologie environnante.

- Analyse et synthèse des écoulements d'eaux dans les anciens travaux souterrains.

- Localisation des résurgences et de l'exhaure des travaux miniers (analyse de la qualité et la quantité des eaux).

- Etude de l'influence des travaux de réaménagement sur l'hydrologie : modelage des versants, comblement des mines à ciel ouvert, fermeture des orifices des travaux souterrains.

- Etude paysagère (SIRAS)

- Définition des principes de revégétalisation.
- Etudes de terrain pour déterminer les unités paysagères et l'impact visuel du site réaménagé.
- Visualisation de l'état final sur différents supports.

Cette phase d'études permet de définir un ensemble de préconisations concernant la gestion des eaux, de l'air, du sol et du sous-sol, de la faune et de la flore, du paysage et l'aspect humain.

III.3 - Réalisation du projet et des travaux de réaménagement

Au stade de la réalisation proprement dite, les phases successives sont les suivantes :

- **Choix** d'un type de projet (ex: remblayage de fosse, création d'un plan d'eau à des fins agricoles ou sylvicoles, aménagements pour les loisirs, remodelage),
- **Préparation des travaux** par une décomposition de l'ensemble des actions en une série d'opérations élémentaires par chantier et par site, pour maîtriser :
 - les moyens humains et matériels,
 - les actions en terme de volumes manipulés,
 - le budget par type de fonction économique :
 - études pour le projet,
 - conduite et contrôle des travaux,
 - démantèlement,
 - mise en sécurité des travaux miniers,
 - terrassement = mouvements des terres,
 - ouvrages = travaux spéciaux de surface,
 - finitions,
 - la planification des opérations par chantiers successifs.

- **Réalisation de plans thématiques** :
 - plan de l'état final - plan et tableau remblais-déblais,
 - plan des opérations de terrassement,
 - phasage des opérations,
 - drainage des eaux superficielles.

- **Visualisation** par traitement informatique sur blocs diagrammes, sur photo-montages ou sur maquettes, du phasage des opérations et de l'état final.

- **Réalisation des travaux** par :
 - la création d'une équipe chargée du réaménagement dotée d'engins spécifiques et formée à leurs usages,
 - une préparation des opérations par une implantation topographique précise sur le chantier,
 - la conduite des travaux en contrôlant les rendements et les coûts afin d'optimiser les travaux prévus en fonction des réalités du chantier,
 - le contrôle, en cours de réalisation et a posteriori, de l'efficacité des travaux de réaménagement relativement :
 - à la topographie,
 - à la conformité du réalisé par rapport au projet,
 - aux rendements et aux coûts de chaque opération,
 - au respect de la planification,
 - aux mesures dans l'environnement (quantité et qualité des eaux par exemple).

L'intérêt d'une préparation et d'un suivi des travaux de réaménagement est de pouvoir :

- maîtriser toutes les opérations concernées pour en améliorer les coûts et les rendements, ce qui est bénéfique pour les opérations ou projets suivants,
- développer un objectif de qualité dans la réalisation des travaux en sensibilisant et en formant le personnel,
- gérer rapidement tout problème relatif à l'aspect technique et à l'environnement.

III.4 - Suivi des actions et mesures à long terme pour un retour à l'équilibre naturel

Il est important de vérifier que les objectifs et les cibles environnementales ont été atteints pour, si nécessaire, apporter quelques corrections :

- le drainage après réaménagement des eaux de surface et souterraines doit être vérifié notamment après des périodes de fortes pluies,
- la stabilité des terrains peut être contrôlée par le maintien, si nécessaire, d'un réseau d'auscultation et par l'entretien des ouvrages,
- l'intégration écologique et paysagère par des semis herbacés et des plantations arbustives doit s'intégrer dans une dynamique naturelle permettant la reconstitution des groupements herbacés et forestiers environnant. Il est important de suivre par des bilans périodiques l'état de la végétation en assurant si nécessaire des interventions pour son entretien (Procédé Séravert).

IV - AMENAGEMENT ECOLOGIQUE ET PAYSAGER

L'objectif essentiel de cet aménagement est d'intégrer les sites des anciennes exploitations à ciel ouvert dans leur environnement paysager et écologique par maintien de la biodiversité.

La prise en compte des souhaits des nouveaux utilisateurs des sites offre par ailleurs la possibilité d'adapter la conception de l'aménagement paysager aux futurs usages : activités de loisirs, sportives, didactiques...

L'étude paysagère définit les éléments structurants de l'environnement du site, résultant lui-même de la conjonction du contexte écologique (substrat, climat, végétation) et de l'action anthropique (impact des exploitations, action de remodelage...). Les points forts du paysage local (richesse biologique, patrimoine socio-culturel, esthétique...) définissent ensuite le cadre du projet de végétalisation.

Le projet doit tenir compte des contraintes spécifiques du site peu favorables à l'implantation de végétation :

- faibles capacités biogènes des substrats,
- climat méditerranéen de montagne : rigoureux et à longue période sèche,
- accessibilité parfois difficile et donc limitation de l'entretien.

Ces facteurs contraignants nécessitent la mise en oeuvre de végétaux rustiques, vigoureux, adaptés aux conditions écologiques locales et demandant un faible entretien. Les végétaux les mieux indiqués sont ceux qui se développent spontanément au voisinage du site, la liste des espèces à implanter est donc établie après un relevé détaillé des groupements végétaux locaux.

Le principe de répartition des masses végétales est élaboré dans le souci de ne pas trop marquer les lignes horizontales "en escalier" des banquettes ou pistes. La disposition des plantations s'effectue de façon discontinue par bosquets alternant avec des surfaces de prairies, ou prolongeant les massifs boisés préexistants.

Les plantations se font essentiellement à l'aide de jeunes sujets, type plants forestiers, dont le taux de reprise est très satisfaisant et le coût de mise en oeuvre est réduit. Quelques sujets de taille plus importante peuvent être localement implantés afin de jouer un rôle d'écran végétal ou de signal immédiat.

La majorité des surfaces est végétalisée par semis hydrauliques selon le procédé SERAVERT qui fait appel à des mélanges d'espèces herbacées constitués d'un grand nombre d'espèces sauvages à fleurs.

Ces espèces sont dans un premier temps collectées dans les groupements végétaux naturels, puis sélectionnées et cultivées dans des conditions écologiques proches de celles des sites où elles seront ensuite réinstallées.

SIRAS dispose ainsi d'espèces natives exclusives pouvant être semées en sites difficiles à végétaliser. Les mélanges SERAVERT permettent par leur grande diversité spécifique (15 à 20 espèces semées) d'obtenir une végétation résistante, pérenne, totalement adaptée aux sites à réhabiliter et s'intégrant parfaitement dans la dynamique végétale locale. De plus, les opérations de semis hydrauliques s'étalent sur 2 années afin de suivre l'installation progressive des jeunes plantes et de réaliser des fertilisations complémentaires qui garantiront la réussite de l'aménagement paysager.

V - LES REALISATIONS EN COURS SUR LES SITES HBCM DU BASSIN DE GRAISSESSAC

Le réaménagement des sites du massif du Cap Nègre a débuté en 1992 sur une surface de 60 hectares.

- **Le réaménagement des fosses**

Les fosses d'exploitation d'où ont été extraits plus de 10 millions de mètres cubes de matériaux sont remblayées partiellement avec les produits des versés déposés à flanc de montagne de part et d'autre de la découverte. Ces travaux permettent de stabiliser les fronts de carrière et les murs de couches de charbon, pentés à 35°, particulièrement fracturés et disloqués.

Les matériaux les plus gréseux sont déversés dans le fond de la fosse et sur les gradins, de manière à fournir un soubassement drainant et à augmenter les frottements avec le terrain en place. Les produits plus fins des verses schisteuses servent ensuite à la confection des talus et des banquettes, aptes à la végétalisation.

L'écêtage du sommet des découvertes fournit les produits gréseux à forte blocométrie pour le comblement. Les pentes sommitales sont ainsi adoucies. Le modelé souple limite l'impact paysager lointain des excavations. Les éboulis gréseux perchés au sommet des découvertes et laissés en l'état, feront l'objet d'un traitement ultérieur de coloration par le procédé Naturoc.

Les dalles structurales gréseuses, qui correspondent au mur des couches de charbon, sont conservées en l'état lorsque la fracturation le permet. L'intérêt est de diminuer le volume des remblais et de conserver dans le paysage des éléments de structuration géologique. Ces dalles sont légèrement écêtées et buttées en pied par des apports de remblais, pour améliorer leur stabilité et éliminer les chutes de blocs. Des ouvrages de protection (merlons, fossés) devront constituer une barrière pour empêcher l'approche de ces parois, outre la mise en place d'une protection naturelle (taillis dense d'épineux).

L'ensemble de ces travaux de terrassement est effectué à l'aide de boteurs du type Caterpillar D9H et d'attelages pelles Liebherr 962, de tombereaux Caterpillar 969 de 35 tonnes. La distance moyenne de manipulation est de 270 m. Les terrassements pour le réaménagement des sites représentent 11 % du volume total ayant été manipulé lors de l'exploitation des découvertes.

- **Les verses**

De nombreuses verses de nature schisto-gréseuses ont été disposées à flanc de montagne, parfois sur de grandes hauteurs (200 m), par déversement, entraînant une ségrégation des matériaux grossiers à la base. Elles sont toutes à l'équilibre limite, sans banquette drainante et présentent des instabilités telles que ravinements, ruptures planes superficielles et fissures de tassements. Elles ont fait l'objet d'une végétalisation qui a été rapidement détériorée par l'apparition des rigoles et griffes d'érosion.

Le remodelage d'un grand nombre de ces verses est donc nécessaire pour assurer leur stabilité à long terme, protéger les terres contre les ravinements et permettre la reprise d'une végétalisation pérenne qui diminuera l'impact visuel.

Le sommet des verses est déchargé d'une partie des matériaux qui servent pour le réaménagement des fosses. Les pentes moyennes des verses sont généralement abaissées de 37° à 26°, assurant un coefficient de sécurité supérieur ou égal à 1,3.

Des banquettes drainantes d'une largeur de 5 m sont disposées tous les 20 m environ pour réduire les bassins versants élémentaires avec des talus intermédiaires pentés à 31°. Le profil des pentes est plat, très régulier et débarrassé de tous blocs apparents. Ce modelé est obtenu par poussage au bouteur. Les banquettes assurent un écoulement latéral des eaux de ruissellement et éliminent tout risque de ravinement. Le choix judicieux du réseau de banquettes permet d'optimiser les déplacements de matériaux qui se font essentiellement au bouteur.

- **Les ouvrages**

La prise en compte des écoulements d'eaux de ruissellement et des infiltrations souterraines nécessite la réalisation d'un réseau très dense (140 m linéaires en moyenne à l'hectare) d'ouvrages de collecte des eaux dont les sections sont calibrées pour absorber les violentes pluies d'orages.

Ce réseau est composé essentiellement de banquettes drainantes inclinées à contre-talus et pentées longitudinalement à 2%. Elles sont compactées pour améliorer leur pérennité et favoriser un libre écoulement des eaux.

Il s'agit également :

- de fossés creusés dans le terrain naturel,
- de barrages d'atterrissement des fines, ouvrages nécessaires pendant la durée des travaux de réaménagement,
- de tranchées drainantes réalisées sur la pente des remblais et protégées de l'érosion régressive par des enrochements massifs. L'objectif est de réaliser le plus souvent possible ce type de collecteur dans le terrain naturel pour lui assurer une pérennité.

Les ravinements torrentiels qui ont eu un fort impact sur les ruisseaux situés à l'aval des versants nécessitent le recalibrage des cours d'eau avec élimination de tous les obstacles artificiels (buses, canaux, zones bétonnées) liés à l'activité minière passée.

VI - CONCLUSION

Après remodelage et végétalisation, l'impact des anciennes exploitations minières sera considérablement amoindri, voir effacé, et les sites ainsi remis en état participeront à la nouvelle identité paysagère de la région. Ces vastes espaces constitueront le théâtre de nombreuses activités, traditionnelles telle que la chasse, ou plus modernes: parcours de randonnées pédestres et cyclistes, sentiers de découvertes du milieu à fonction didactique (écologie, géologie...). Ainsi sera réussie une opération de valorisation d'une région chargée d'histoire, ayant concilié respect du patrimoine régional et intérêt socio-économique.