

ROYAUME DU MAROC



MINISTÈRE DE LA TRANSITION
ÉNERGÉTIQUE ET DU DÉVELOPPEMENT
DURABLE

**Plan d'action national pour la valorisation
des rejets miniers**

Mars 2021



Table des matières

<i>Introduction</i>	1
<i>Contexte</i>	3
<i>Cadre législatif national relatif au secteur minier</i>	4
1. Textes législatifs relatifs à l'environnement	4
2. Textes législatifs et réglementaires spécifiques au secteur minier	4
2.1 Textes réglementant la valorisation des rejets miniers.....	5
2.2 Textes réglementant la réhabilitation des sites miniers.....	6
<i>Plan d'action national pour la valorisation des rejets miniers</i>	7
1. Approche adoptée pour l'élaboration du plan d'action	7
1.1 Approche globale.....	7
1.2. Méthodologie adoptée pour l'étude technique relative aux sites fermés prioritaires	8
2. Actions techniques	9
3. Actions réglementaires	87
4. Mesures d'accompagnement.....	94
4.1 Renforcement de la communication	94
4.2 Renforcement des capacités	94
4.3 Mise à jour de la base de données du Système d'Information Géographique	95
5. Planification du plan d'action.....	95
6. Évaluation budgétaire et montage financier du plan d'action	100
6.1 Estimation du coût des actions relatives aux sites fermés prioritaires	100
6.3 Montage financier du plan d'action	104
<i>Conclusion</i>	124

Introduction

L'industrie minière représente un secteur d'activité stratégique de par les enjeux économiques et politiques auxquels elle est associée. Au Maroc, le secteur minier représente un important contributeur au produit intérieur brut (10%) et un incontournable créateur d'emplois (41 000 emplois directs en 2017). Il contribue ainsi au développement régional, et rural et au désenclavement des régions déshéritées par la construction d'infrastructures économiques et socio-éducatives. Le secteur minier est par ailleurs confronté à plusieurs défis notamment le faible niveau de couverture géologique au regard de la grande richesse des ressources du sous-sol marocain, les contraintes liées à l'exploitation minière artisanale qui pèsent sur le développement du secteur et sur la création de la valeur, la diminution de rentabilité des gisements de plus en plus difficiles à valoriser par leur profondeur et leurs plus faibles teneurs.

A ces défis spécifiques au contexte marocain s'ajoutent ceux liés à la volatilité des prix des matières premières et la globalisation de la concurrence et de la compétitivité. Face à ces défis, le Ministère de l'Énergie, des Mines et de l'Environnement a adopté depuis 2013 une stratégie de développement du secteur minier, hors phosphates, en concertation avec la profession minière. La stratégie repose sur des objectifs ambitieux à l'horizon 2025 visant le triplement du chiffre d'affaires du secteur à plus de 15 milliards de Dirham, la multiplication par 10 du volume d'investissement dans l'exploration et la recherche minière à près de 4 milliards de Dirhams et le doublement des emplois générés par le secteur.

Le Maroc comporte environ 259 mines dont 165 sites fermés. Ces derniers ont été généralement abandonnés sans mesure de maîtrise des risques environnementaux et de sécurité liés aux rejets, aux ouvrages et à l'infrastructure.

La mise en place des mesures pour la réhabilitation de ces sites fermés et celles pour la prévention de la reproduction de la même situation dans le futur sont plus que jamais une priorité. Les dispositifs du nouveau règlement minier (loi 33-13) constituent un point fort pour le redressement de la situation. Ils nécessitent toutefois d'être renforcés par les textes d'application et les directives permettant d'assurer leur mise en œuvre effective et complète.

Les rejets miniers constituent un enjeu de taille pour l'industrie minière en raison de leurs impacts environnementaux et sanitaires (génération de drainages contaminés, dispersion des poussières chargées en éléments nocifs, risque d'inhalation ou ingestion de ces particules par les riverains, perturbation paysagère, etc.) auxquels s'ajoutent des enjeux fonciers qui peuvent représenter une entrave au développement des régions minières.

Le secteur minier a produit environ 3,5 Milliards de tonnes de rejets entre 1968 et 2015 (mines fermées et en activité). Ces quantités atteindront plus de 6 milliards de tonnes à l'horizon 2030 .

Afin de soulever les défis actuels et futurs posés par ces rejets, l'adoption de nouvelles pratiques plus durables paraît incontournable. La contrainte environnementale et sanitaire que représentent les sous-produits miniers devrait être transformée en une opportunité permettant la création de la richesse et de l'emploi. La valorisation encadrée des rejets miniers représente dans ce sens une alternative très prometteuse.

La Stratégie Nationale du Développement Durable (SNDD) mise en place par le Maroc consacre tout un axe stratégique (N°6) pour assurer un secteur minier durable capable de créer de la valeur et des emplois en plus de sa capacité de réduire l'ampleur de la pression exercée sur les ressources naturelles. C'est dans ce cadre que le Département de l'Environnement a élaboré le plan d'actions pour la valorisation des rejets miniers au Maroc.

Ce plan a pour objectif principal l'assainissement de la situation environnementale relative au passif minier et l'instauration de nouvelles pratiques garantes d'un développement responsable du secteur minier. Le plan d'action vise également le renforcement de la compétitivité de l'industrie minière nationale et la relance d'un développement économique solidaire dans les anciens territoires miniers.

Le plan propose ainsi des actions techniques pour la gestion des rejets, la réhabilitation des sites et la valorisation du patrimoine minier ainsi que des actions pour le renforcement du cadre réglementaire et la gouvernance, en se référant aux meilleurs pratiques disponibles et aux standards internationaux.

Le présent plan d'action, de par les actions, les solutions et les recommandations qu'il contient, pourra servir de base pour l'élaboration d'un guide méthodologique pour des mines durables au Maroc.

Contexte

Le plan d'action national pour la valorisation des rejets miniers a été élaboré en tenant compte des résultats du diagnostic environnemental du secteur minier et du benchmark national et international réalisés précédemment.

Au cours de la phase du diagnostic, un inventaire de l'ensemble des sites miniers au niveau national a été réalisé. Les priorités d'actions ont été dégagées sur la base d'une analyse multicritères qui a permis de ressortir neuf sites miniers fermés comme prioritaires en raison de l'ampleur de leurs impacts sur l'environnement et de leurs potentiels à la valorisation. Il s'agit des mines de Sidi Boubker, Sidi Lahcen, Zaida, Mibladen-Aouli, Kettara, Azegour, Erdouz, Sidi Bou Othmane et Tansrift.

Les sites prioritaires ont fait l'objet par la suite d'une évaluation appropriée des potentiels contaminants et valorisables de leurs rejets ainsi que de leurs potentiels en terme d'héritage minier valorisable.

Les évaluations ont été fondées sur les informations et les données collectées sur le terrain et sur les résultats des différentes analyses réalisés sur les échantillons de rejets prélevés sur chaque site. Les données ont été renforcées en capitalisant sur les résultats des travaux de recherche approuvés scientifiquement.

Le benchmark a permis par ailleurs d'identifier les meilleures pratiques utilisées pour la gestion des rejets et des sites miniers à l'échelle nationale et internationale. Il a concerné aussi bien les pratiques de valorisation des rejets miniers et de réhabilitation des sites que les aspects relatifs à la gouvernance et à la législation concernant l'activité minière.

En se référant à l'ensemble des données déterminées et collectées, le plan propose des actions approfondies et détaillées pour les neufs mines fermées prioritaires. Il intègre également des propositions d'actions pour le reste des mines. Ces dernières étant plus générales, peuvent être affinées pour chaque site en adoptant la même approche méthodologique développée pour les sites prioritaires.

Après un rappel du cadre législatif national relatif au secteur minier, le présent rapport comporte les parties suivantes :

- Une 1^{ère} partie consacrée aux résultats de l'étude technico-économique relative aux mines fermées prioritaires. Dans cette partie sont détaillées les actions de valorisation des rejets proposées pour chaque site, ainsi que des propositions relatives à la réhabilitation et la valorisation du patrimoine.
- La 2^{ème} partie donne d'une manière plus générale et commune à chaque catégorie de mines, des actions pour la valorisation des résidus et la maîtrise des rejets non valorisables ainsi que des propositions pour la réhabilitation des sites et la préparation de nouveaux usages et ce pour les mines fermées autres que les sites prioritaires, les mines en activité et les mines en développement.
- Dans La 3^{ème} partie, sont proposées des actions pour le renforcement du cadre réglementaire et institutionnel ainsi que des mesures d'accompagnement portant sur la communication, le renforcement des capacités et la mise à jour du Système d'Information Géographique des sites miniers.

Cadre législatif national relatif au secteur minier

Sur le plan environnemental, l'activité minière est régit à la fois par des lois relatives à l'environnement en général et par les textes législatifs spécifiques au secteur minier.

1. Textes législatifs relatifs à l'environnement

L'arsenal législatif marocain lié à l'environnement s'est consolidé ces dernières décennies afin d'ériger la protection de l'environnement et l'intégration du concept du développement durable comme droit fondamental. Ainsi, le Maroc dispose actuellement de plusieurs textes législatifs qui visent la prévention et la lutte contre l'atteinte à l'environnement et à la santé publique et qui s'appliquent, à différents niveaux à l'activité minière (autorisation, acceptabilité environnementale, gestion des déchets, seuils effluents liquides et atmosphériques, etc.). Il s'agit principalement de la loi-cadre n°99.12 portant Charte Nationale de l'Environnement et du Développement Durable, de la loi n°11.03 relative à la protection et à la mise en valeur de l'environnement, de la loi n°12.03 relative aux études d'impacts sur l'environnement qui a été abrogée par la loi n°49-17 relative à l'évaluation environnementale stratégique, de la loi n° 13.03 relative à la lutte contre la pollution de l'air, de la loi n° 28.00 relative à la gestion des déchets et à leur élimination tel que complétée et modifiée par la loi n° 23.12, de la loi n° 36.15 relative à l'eau, de la loi n°81.12 relative au littoral, de la loi 27-13 relative aux carrières, du Dahir du 25 août 1914 portant règlementation des établissements insalubres, incommodes ou dangereux, tel qu'il a été modifié et complété.

2. Textes législatifs et règlementaires spécifiques au secteur minier

Le secteur minier s'est doté, donc d'une nouvelle loi n° 33-13 relative aux mines qui a été promulguée par le Dahir n° 1-15-76 du 14 ramadan 1436 (1^{er} juillet 2015).

Cette loi vise à redynamiser l'exploration et la recherche minières, et à assurer une activité minière durable et responsable ouverte sur les pratiques internationales et tenant compte des spécificités locales.

La loi 33-13 accorde une grande importance à la protection de l'environnement et à l'intégration du concept de développement durable dans l'activité minière. Elle a introduit plusieurs dispositions couvrant la prévention des impacts potentiels au cours de la phase d'exploitation et l'après-mine (étude d'impact sur l'environnement et plans d'abandon). Elle a également étendu l'exploitation aux haldes et terrils en vue de la valorisation des rejets miniers.

Les principales dispositions de la loi 33-13 et ses textes d'application relatives à l'environnement en général portent sur :

- L'obligation de la réalisation de l'étude d'impact sur l'environnement et de l'obtention de l'acceptabilité environnementale pour tout projet d'exploitation minière (*article 59 de la loi 33-13 et article 10 du décret n° 2-15-807 portant sur la procédure d'octroi des titres miniers*).
- La responsabilité en matière de la protection de la santé et de la sécurité du personnel et des populations riveraines ainsi que la préservation de l'environnement et des biens communs (*articles 52, 61, 62 et 101 de la loi 33-13 précitée*).
- La responsabilité de la préservation et de la réparation environnementale en cas d'accident (*article 57 de la loi 33-13 précitée*).
- L'obligation de se conformer à toutes les obligations environnementales applicables autres que celles spécifiques à l'activité minière (*article 56 de la loi 33-13 précitée*).

La loi 33-13 a fait l'objet d'une révision afin d'apporter de nouvelles dispositions législatives permettant de consolider les orientations visées pour le secteur minier. Un nouveau texte portant la référence « projet de loi n° 46-20 modifiant et complétant la loi 33-13 » est en phase de finalisation. Les principales modifications de ce projet de loi en lien avec le volet environnemental sont :

- L'institution d'une caution par type de permis miniers ou d'autorisation d'exploitation des haldes et terrils. Notons que les modalités du cautionnement seront fixées par voie réglementaire (article 7-1).
- L'obligation de procéder à la réhabilitation du site en cas de révocation d'un permis minier par l'ex titulaire dudit permis. Le cas échéant, l'administration chargée des mines y procède en utilisant la caution mentionnée à l'article 7-1 et ledit ex-titulaire est privé d'avoir d'autres permis miniers pendant une période de 5 ans (article 103).
- L'institution d'un " Comité National Consultatif des Mines " dans le but d'émettre des conseils concernant les questions minières prévues par la loi des mines et ses textes d'application ainsi que d'un " Comité des Minerais Stratégiques " qui se chargera de proposer la liste des minerais stratégiques et l'écosystème approprié pour les exploiter ainsi que de développer les industries associées (article 117-1).

2.1 Textes réglementant la valorisation des rejets miniers

La loi 33-13 a consacré tout un chapitre (Titre V) pour introduire les dispositions liées à l'autorisation de l'exploitation des haldes et terrils (articles 75 à 83). Les modalités d'application des exigences relatives à l'exploitation des rejets miniers ont été fixées par le décret n° 2-18-548 portant sur la procédure d'octroi des autorisations d'exploitation des haldes et terrils en application aux dispositions de la loi.

L'autorisation d'exploitation des haldes et terrils est dotée de mécanismes réglementaires permettant d'assurer une valorisation des rejets respectueuse de l'environnement à savoir :

- **L'obligation de la réalisation de l'étude d'impact sur l'environnement.** Le décret stipule dans son premier article relatif à la constitution du dossier de demande de

l'autorisation d'exploitation des haldes et terrils, que le demandeur de ladite autorisation doit fournir un engagement d'exécution de l'étude d'impact sur l'environnement et présenter la décision d'acceptabilité environnementale dans un délai ne dépassant pas une année à partir de la date d'octroi de l'autorisation d'exploitation.

- **La nécessité de préservation de l'environnement au cours de l'exploitation des gisements de rejets miniers.** Ainsi le titulaire de l'autorisation de l'exploitation des haldes et terrils doit informer par écrit l'administration chargée des mines au moins un mois avant le démarrage des travaux d'exploitation des mesures qu'il préconise en matière d'hygiène, de sécurité et de préservation de l'environnement (article 8)
- **La nécessité de remise en état des sites d'exploitation en cas de renonciation,** le titulaire de l'autorisation doit fournir un descriptif des mesures de sécurité prises ou projetées pour remettre en état la zone exploitée. L'administration chargée des mines ou toute personne déléguée à cet effet peut subordonner l'acceptation de la renonciation à l'exécution des travaux nécessaires à la remise en état des lieux exploités (article 11).

2.2 Textes réglementant la réhabilitation des sites miniers

La loi 33-13 a apporté une nouvelle disposition qui consiste en l'obligation de la réhabilitation des sites miniers après leur exploitation. Ainsi l'article 60 de la loi stipule dans son deuxième aliéna que le titulaire de la licence d'exploitation de mines doit élaborer un plan d'abandon. Les textes d'application de cette obligation ne sont, toutefois, pas encore fixés à ce jour.

Cette obligation est en cours de renforcement par le projet de loi n° 46-20 modifiant et complétant la loi 33-13 pour les permis miniers et les autorisations d'exploitation des haldes et terrils qui a institué une caution par type de permis miniers ou d'autorisation d'exploitation des haldes et terrils. Ces cautions serviront en principe à la mise en place par l'administration des travaux de réhabilitation dans le cas où ces derniers n'ont pas été réalisés par l'exploitant.

Plan d'action national pour la valorisation des rejets miniers

Le Plan d'action pour la valorisation des rejets miniers vise comme objectif principal le renforcement et la concrétisation des principes de durabilité et de responsabilité dans l'activité minière. A travers la mise en place des actions écologiques, le plan d'action permettra de solutionner à la fois les problèmes environnementaux et sanitaires associés aux rejets miniers, ceux liés à la libération du foncier en plus de permettre la sauvegarde des réserves en matériaux naturels. Ce plan propose des actions permettant l'optimisation de la valorisation des rejets miniers à l'échelle nationale et l'instauration de cette pratique pour les mines futures. Il propose également des actions de maîtrise des pollutions liées aux rejets, de réhabilitation et de préparation de nouveaux usages des sites miniers. Ces actions constitueront un moteur de relance économique dans les régions concernées.

1. Approche adoptée pour l'élaboration du plan d'action

1.1 Approche globale

Le plan d'action pour la valorisation des rejets miniers porte sur l'ensemble des sites miniers au niveau national (en arrêt/fermés, en activité et en développement) et couvre aussi bien le volet technique que le volet réglementaire et institutionnel. Sur le plan technique, des actions approfondies et détaillées sont proposées pour un échantillon de sites identifiés comme prioritaires et ont porté sur la valorisation des rejets, la réhabilitation des sites et la valorisation du patrimoine minier. Des actions plus générales sont proposées d'une manière commune pour chaque catégorie de mines (fermées autres que prioritaires, en activité et en développement). Sachant que l'approche méthodologique générale qui a été développée pour la détermination des actions pour les sites prioritaires pourrait être appliquée pour affiner les actions relatives au reste des sites miniers.

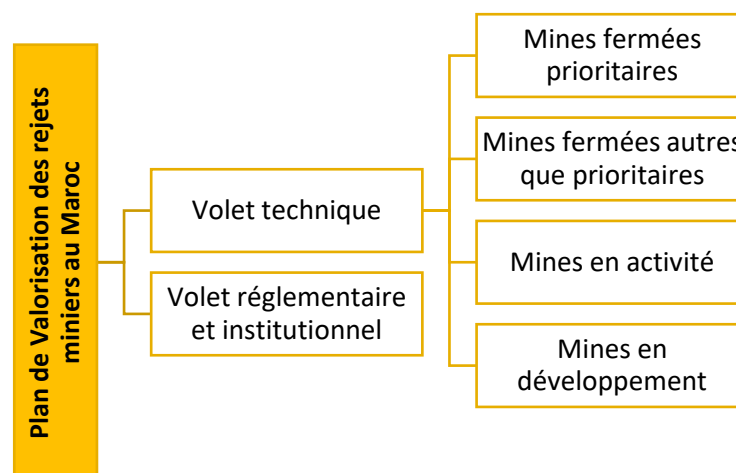


Figure 1 : Approche considérée pour la proposition des actions

1.2. Méthodologie adoptée pour l'étude technique relative aux sites fermés prioritaires

L'étude technique relative aux mines fermées prioritaires a concerné les **neuf sites** identifiés par l'analyse multicritère et qui sont présentés dans le tableau ci-après.

Tableau 1 : Liste des mines retenues comme prioritaire pour l'élaboration du plan d'action

Régions	Mines	Minerai exploité	Statut
Oriental	Sidi Boubker	Pb-Zn	Fermée
	Sidi Lahcen	Pb-Ag	Fermée/en arrêt
Drâa-Tafilalt	Zaida	Pb	Fermée
	Mibladen-Aouli	Pb	Fermée
Marrakech-Safi	Kettara	Pyrrhotine	Fermée
	Azegour	Cu-Mo-W-U	Fermée
	Erdouz	Pb-Zn	Fermée
	Sidi Bou Othmane	Zn	Fermée
Béni Mellal-Khénifra	Tansrift	Cu	Fermée/en arrêt

Afin de déterminer les actions pour la valorisation des rejets des mines fermées prioritaires, il a été procédé dans un premier temps à la collecte et la détermination des informations concernant les propriétés quantitatives et qualitatives des rejets pour chaque site (caractéristiques chimiques, physiques et minéralogiques). Par la suite, le caractère dangereux des rejets a été évalué sur la base de deux essais spécifiques notamment l'essai de prédiction de la génération du drainage minier acide et l'essai de l'évaluation du potentiel de lixiviation des éléments toxiques TCLP (*Toxicity Characteristic Leaching Procedure*).

Par la suite, une approche a été adoptée pour la détermination des actions de valorisation des rejets pour chaque site (Figure 8). Elle consiste à évaluer dans un premier temps si le rejet comporte des éléments avec des teneurs suffisantes pour une valorisation économique et pouvant justifier son retraitement. Dans le cas, positif, le rejet sera destiné à une valorisation par récupération de l'élément (ou des éléments) en question. Cette opération génère un concentré (le produit marchand) et un sous-produit dont le volume est quasi-similaire à celui du rejet traité.

Dans le cas où le rejet ne possède pas d'éléments d'intérêt économique valorisables avec des teneurs importantes, la classification du rejet en terme de dangerosité est vérifiée. Si le rejet est classé non dangereux, il pourrait être utilisé comme substituant aux granulats naturels. Si par contre, le rejet est classé comme dangereux, il ne pourrait en principe être valorisé comme matériau alternatif et doit plutôt être géré conformément aux dispositifs requis pour une telle catégorie de rejet.

Afin de pouvoir optimiser la valorisation d'un maximum de volume de rejets miniers générés, il a été procédé dans le cas d'un rejet dangereux, à la vérification de la possibilité d'un retraitement afin de le rendre non dangereux. Si l'opération est faisable, le rejet peut être

reclassé non dangereux après l'élimination des fractions à la base de sa dangerosité et devient alors admissible pour un recyclage comme matériau alternatif. Dans le cas contraire, le rejet doit être restauré conformément aux modalités permettant sa stabilisation chimique et garantissant l'absence de relargage des polluants vers les différentes composantes de l'environnement et vers les populations.

Il est à signaler que l'opération de retraitement « environnemental » serait davantage viable économiquement si le rejet en question est déjà programmé pour un retraitement pour récupération d'élément d'intérêt économique (optimisation des coûts d'investissement et d'opération). L'opération dans ce cas visera à récupérer simultanément les fractions économiques et les fractions « nocives ».

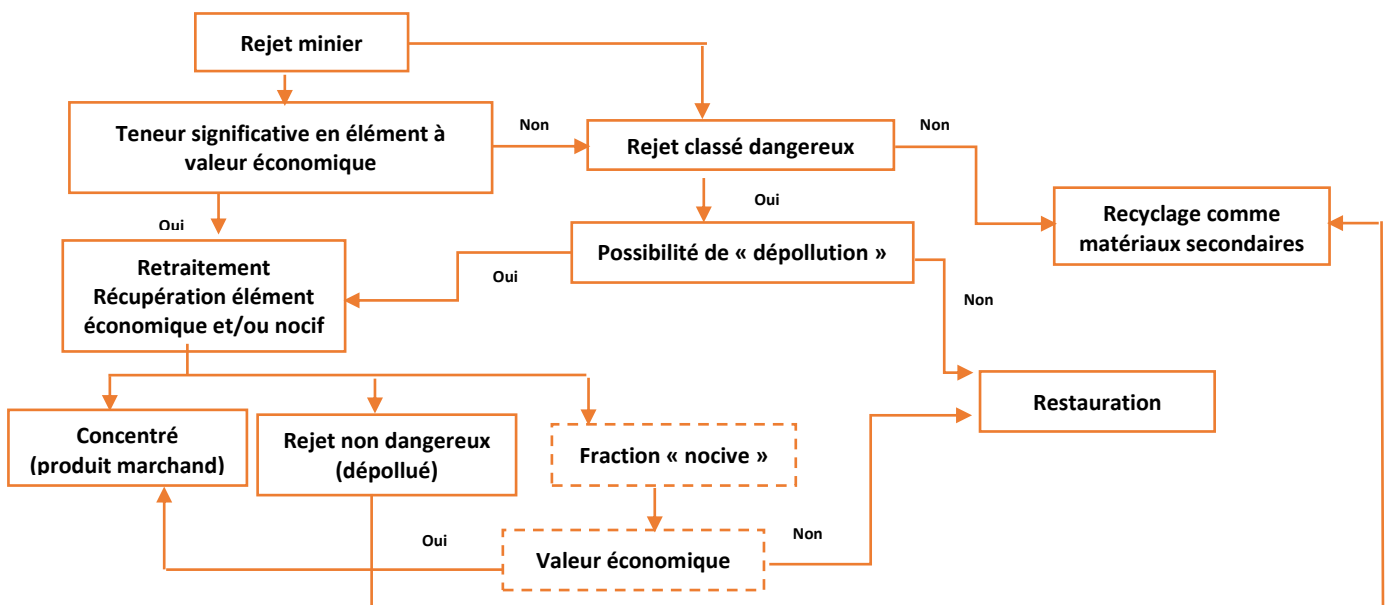


Figure 2: Schéma suivi pour la détermination des actions appropriées pour chaque site minier (les pointillés désignent une action potentielle)

2. Actions techniques

Dans les parties suivantes seront présentées les actions proposées par catégorie de mines notamment les neuf sites miniers fermés prioritaires, les mines fermées autres que prioritaires, les mines en activité et les mines en développement.



Sites miniers fermés prioritaires

1. Actions pour la valorisation des rejets

Dans cette partie sont présentées les actions proposées pour la valorisation des rejets pour chaque site assorti d'une synthèse des éléments utilisés comme base pour la définition desdites actions (caractéristiques et classification des rejets (dangerosité et production du drainage minier acide DMA)).

Il est à noter que les valeurs et données pour les différents paramètres des rejets représentent des moyennes obtenues à partir d'un certain nombre d'échantillons prélevés à des points (coordonnées géographiques fixes) et à une profondeur donnée. Elles ne peuvent prétendre représenter les caractéristiques de la totalité des stocks de rejet (en termes de superficie et du volume totaux).

A noter également que les solutions de valorisation proposées ont été associées à la suggestion des procédés de valorisation et des débouchés des rejets comme substituants de matériaux naturels eu regard des caractéristiques disponibles dans le cadre du plan d'action. Ces dernières ne sont pas exhaustives et ne couvrent pas toutes les propriétés requises principalement en termes de minéralogie, de propriétés physiques, et mécaniques. ***Par conséquent, les procédés de traitement et les voies de recyclage suggérés sont donnés à titre d'orientation globale. Il faudrait les confirmer par des caractérisations et des essais de laboratoire complémentaires et/ou pilote pour confirmer la faisabilité des protocoles proposés et d'apporter les ajustements si nécessaire. Ces essais permettront aussi d'évaluer les différents paramètres nécessaires à la mise en œuvre des actions (p.ex. définition de l'équipement de séparation et des réactifs appropriés en cas de récupération, ratio de substitution en cas de recyclage en matériaux de construction).***

Mine de Sidi Boubker

Les deux parcs à résidus sur le site de Sidi Boubker montrent des teneurs différentes en éléments à valeur économique. Le parc à résidu Est correspond à un véritable gisement de zinc avec des teneurs moyennes de l'ordre de 2,7% contrairement au parc à résidu Ouest qui présente des concentrations plus faibles (0,75%).

Les rejets de Sidi Boubker ne sont pas générateurs de Drainage Minier Acide (DMA) et affichent une certaine stabilité chimique. Ils peuvent par ailleurs libérer des concentrations importantes en plomb dans des conditions plus agressives et sont de ce fait classés comme dangereux (Tableau 2).

Le schéma de valorisation proposé pour les résidus de Sidi Boubker consiste en un retraitement de ces derniers pour la récupération du zinc (raison économique) et du plomb (pour rendre le rejet non dangereux) associé à un recyclage du sous-produit du retraitement comme substituant de granulats naturels (Figure 3). Afin de ne pas engendrer une dilution des teneurs importantes en zinc contenu dans le parc Est par mélange avec ceux pauvres du parc Ouest, il est proposé de les traiter séparément.

Il est à noter que la stabilisation des terrains sur le site de Sidi Boubker qui connaissent un affaissement est un préalable à toute action de valorisation des rejets ou toutes autres activités sur le site.

Tableau 2 : Synthèse des caractéristiques relatives aux résidus de Sidi Boubker

		Parc à résidu Est	Parc à résidu Ouest
Dangérosité	Production de DMA	Non	Non
	Classification TCLP	Dangereux	Dangereux
	Élément dépassant les seuils	Pb	Pb
Potentiel de récupération	Identification de potentiel de récupération	Oui	Non
	Élément(s) à valeur économique	Zn	-
	Teneur moyenne de l'élément économique	2,7%	-
	Minéralogie (phases porteuses de l'élément/minéraux de la gangue)	Smithsonite-cérusite/ carbonates	Smithsonite-cérusite/ carbonates
Potentiel de recyclage matériaux secondaires	Identification de potentiel de substitution	Oui après dépollution	Oui après dépollution
	Critères favorables à l'utilisation comme substituant	Granulométrie proche de celle de sable fin	Granulométrie proche de celle de sable fin
		Faible teneur en soufre total (≈0,33%)	Faible teneur en soufre total (≈0,09%)

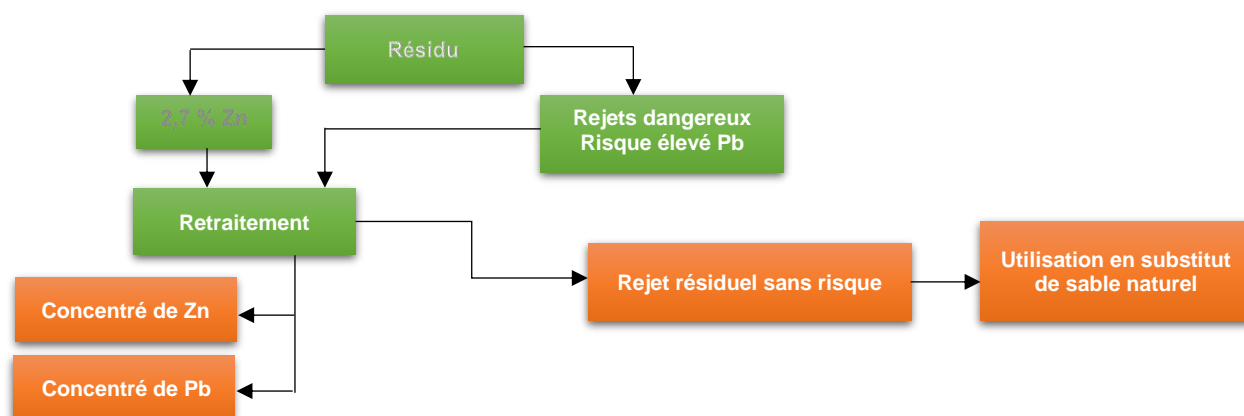


Figure 3: Schéma synthétique proposé pour la valorisation des résidus de Sidi Boubker

Action 1 : Retraitement des résidus pour la récupération économique du zinc et la récupération « environnementale » du plomb

Seuls les résidus du parc Est justifient un retraitement économique. Par ailleurs, le traitement environnemental doit porter sur les deux parcs à résidus afin d'éliminer le plomb. Il est proposé une opération de traitement distincte des deux parcs à résidus qui permettrait de récupérer le zinc et le plomb du parc Est et uniquement le plomb du parc à résidus Ouest. Les quantités de plomb récupérées initialement pour des raisons de nocivité peuvent présenter également un plus économique en cas d'obtention d'un concentré marchand.

Les résidus de Sidi Boubker sont très fins avec des D_{80} moyen de 270 μm . Le zinc et le plomb dans les résidus sont associés principalement à la smithsonite et la cérusite. La gangue est principalement sous forme de carbonates (dolomite (84%) et ankérite (4,24%). En considérant les propriétés disponibles des résidus de Sidi Boubker, deux modes de traitement peuvent être envisagés pour la récupération du zinc et du plomb notamment la séparation gravimétrique et/ou la flottation. Le choix définitif de la méthode la plus pertinente d'un point de vue technico-économique ainsi que la définition des équipements d'enrichissement les plus appropriés nécessitent des analyses supplémentaires et la réalisation des essais effectifs sur les rejets.

- **Séparation densimétrique** : cette technique est à privilégier puisqu'elle est simple, moins coûteuse et moins polluante (réactifs) que les autres techniques d'enrichissement (e.g. flottation). Les résidus de Sidi Boubker s'y prêtent grâce à la différence significative des densités entre les minéraux porteurs du zinc et du plomb (4,3 en moyenne pour la smithsonite et 6,58 pour la cérusite) et les minéraux de la gangue (2,84 pour la dolomite et 3,05 en moyenne pour l'ankérite). Les techniques gravimétriques telles que la table à secousse ne sont pas adaptées vu que le zinc et le plomb se concentrent dans les fractions les plus fines du résidu (< 32 μm) à hauteur de 60% et 85% respectivement.

- **Séparation par flottation** : cette technique pourrait également être pertinente pour récupérer le zinc et le plomb contenus dans les résidus de Sidi Boubker avec des concentrés à plus fortes teneurs (atteindre la teneur marchande) mais uniquement pour le parc à résidus Est en cas de non efficacité de la séparation densimétrique.

L'adoption d'une technique de traitement plus couteuse pour ce cas est justifiée en raison de la forte teneur en zinc dans les résidus et de l'absence des coûts liés à l'extraction et à la préparation mécanique des matériaux en comparaison à une exploitation conventionnelle.

La flottation pourrait être précédée par une pré-concentration du minerai par une séparation densimétrique (spirale) ou classification (cyclonage) puisque les éléments d'intérêt sont concentrés dans les fractions les plus denses et les plus fines. Cette opération permettrait d'éliminer une bonne partie de la gangue ce qui permettrait de soulager les parties aval du procédé avec une économie en coûts d'investissement et en coûts opératoires.

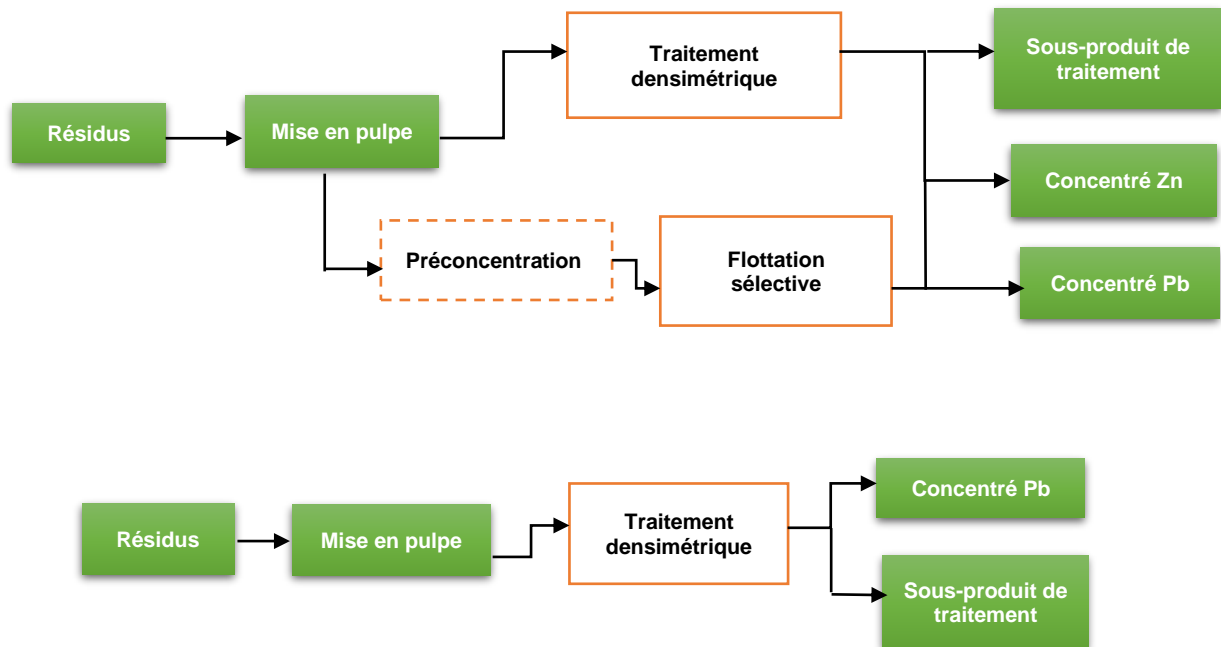


Figure 4 : Flowsheet simplifié des procédés proposés pour la récupération du zinc et du plomb à partir des résidus de Sidi Boubker (a : parc à résidus Est, b : Parc à résidus Ouest)

Action 2 : Utilisation des rejets comme substituant de granulats naturels

Le sous-produit qui sera issu du retraitement des résidus de Sidi Boubker pourrait être considéré comme non dangereux après récupération du plomb (métal qui dépasse les seuils de classification). Il pourra, par conséquent, être valorisé sans risque comme matériau alternatif.

Les résidus de Sidi Boubker, quoique relativement plus fins que le sable naturel, peuvent être utilisés comme substituant de ce dernier vu leurs distributions granulométriques très similaires. Ils peuvent ainsi être utilisés dans plusieurs secteurs de matériaux de construction consommateurs de sable tels que la

confection de mortier de dressage ou de finition, la fabrication de béton bitumineux ou hydraulique.

S'agissant d'un matériau sableux fins, les sous-produits du retraitement des résidus de Sidi Boubker, sont plus adaptés à une substitution partiel comme correcteur permettant d'améliorer certaines caractéristiques telles que la finesse du mortier, la malléabilité du béton autoplaçant, l'augmentation de la résistance ou encore l'augmentation de la durabilité des matériaux (diminution de la pénétration des éléments agressifs tels que le chlore ou le dioxyde de carbone).

L'opération de récupération du plomb et du zinc prévue en amont permettrait d'améliorer la résistance mécanique des matériaux conçus à base de ce sable alternatif et à assurer leurs conformités aux normes en vigueur.

La faible teneur en soufre total des résidus est un paramètre favorable à leur réutilisation dans les travaux de construction sans risque de détérioration des matériaux et de sécurité des ouvrages. Une teneur en soufre supérieure à 1% serait prohibitive à ces usages (NF-EN-12620, 2008).

Synthèse relative au potentiel valorisable des rejets de la mine de Sidi Boubker

Les résidus de Sidi Boubker offrent un double potentiel de recyclage matière :

- Un potentiel de production de concentrés de zinc avec des tonnages métal qui s'élèvent à 378 000 tonnes de zinc (*et éventuellement un concentré marchand de Pb avec un tonnage de 42 000 tonnes de plomb*).
- Un potentiel d'exploiter les parcs à résidu comme carrière de sable fin avec un volume de 11 770 800 m³.

Potentiel de récupération	Quantité de rejets (T)	18 000 000
	Élément à valeur économique confirmée*	Zn
	Élément à valeur économique potentielle (récupéré de la dépollution)	Pb
	Teneur moyenne des éléments à valeur économique (%)	2,17
	Tonnage métal contenu dans les résidus (T)	378 000
Potentiel de substitution	Volume matériau secondaire (rejet après retraitement) (m ³)	11 770 800
	Type de valorisation	Substitut de sable fin

*confirmée sur la base des données recueillies dans le cadre du plan d'action

Mine de Sidi Lahcen

Les résidus de Sidi Lahcen renferment des teneurs importantes en plomb de l'ordre de grandeur d'un gisement primaire (2,15%). Ce potentiel économique justifierait pleinement le retraitement des rejets et la production d'un concentré de plomb. Les résidus sont par ailleurs classés comme dangereux en raison du risque élevé de lixiviation du plomb (Tableau 3). Afin de rendre les rejets admissibles comme matériaux alternatifs, il serait nécessaire de réduire (éliminer) leurs teneurs en plomb. Il serait également nécessaire de réduire la concentration du soufre total afin d'enlever l'incertitude relative à la production du DMA (rendre le rejet clairement non générateur) et en même temps pour que le sous-produit soit conformes aux normes en vigueur relatives à la teneur en soufre dans les granulats.

L'opération de retraitement pour la récupération économique du plomb permettrait en même temps la réduction de ses concentrations dans les résidus et par conséquent la diminution ou l'annulation de risque de lixiviation du plomb. Elle permettrait également d'abaisser la concentration en soufre total.

Pour la réduction des sulfures, deux cas se présentent, en fonction des résultats des analyses et essais complémentaires nécessaires (minéralogie poussée, essais de séparation, etc.) :

1) Soit que la galène représente le sulfure majeur dans les résidus. Dans ce cas, la récupération du plomb serait suffisante pour réduire la concentration en soufre et en sulfures ce qui répondrait à l'ensemble des objectifs de dépollution (désulfuration partielle).

2) Dans le cas contraire, il serait plus approprié de réaliser une désulfuration plus poussée (récupération de l'ensemble des sulfures métalliques) conjointement à la récupération du plomb.

Le résidu final, dénué de ses éléments de dangerosité, pourrait être recyclé comme granulats secondaires. En cas de désulfuration, les sulfures métalliques récupérés doivent être maîtrisés s'ils ne présentent pas de possibilité de valorisation (Figure 5).

Tableau 3: Synthèse des caractéristiques relatives aux résidus de Sidi Lahcen

Dangerosité	Production de DMA	Incertain
	Classification TCLP	Dangereux
	Élément dépassant les seuils	Pb
Potentiel de récupération	Identification de potentiel de récupération	Oui
	Élément(s) à valeur économique	Pb
	Teneur moyenne de l'élément économique	2,15
	Minéralogie (phases porteuses de l'élément d'intérêt/gangue)	Galène/silicates
Potentiel de recyclage matériaux secondaires	Identification de potentiel de substitution	Oui après dépollution
	Critères favorables/défavorables à l'utilisation comme substituant	Granulométrie proche de celle de sable fin
		Teneur en soufre total ($\approx 1,6\%$)

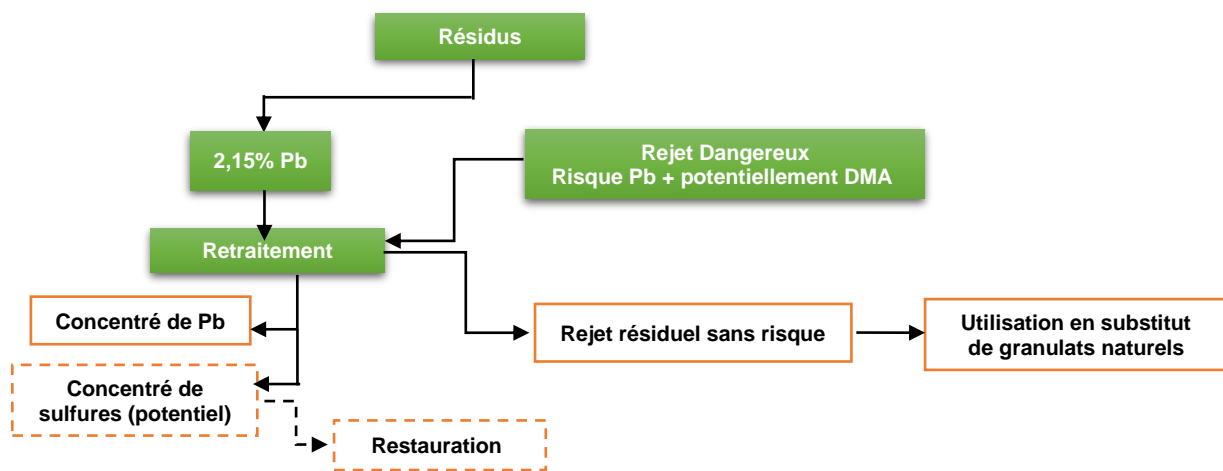


Figure 5 : Schéma synthétique proposé pour la valorisation des résidus de la mine de Sidi Lahcen

Action 1: Retraitement des résidus pour la récupération économique et environnementale du plomb et potentiellement la récupération « environnementale » des sulfures

L'objectif du retraitement (reprocessing) étant la récupération du plomb et éventuellement le reste des sulfures métalliques (sphalérite et/ou pyrite et chalcopyrates). Tenant compte des caractéristiques des rejets dont nous disposons, il est proposé deux techniques d'enrichissement qui paraissent appropriées :

- **Séparation gravimétrique** privilégiée pour son plus faible coût, principalement pour le cas de récupération du plomb uniquement. La galène ayant une masse volumique nettement plus importante (7,5 de densité) que celles des autres sulfures métalliques contenus dans le résidu de Sidi Lahcen (densités moyennes entre 4,05 et 5) et des minéraux de la gangue (2,56-3). Elle peut être récupérée aisément par gravimétrie. Le calcul du coefficient de Taggart montre que la séparation gravimétrique est possible pour les résidus de Sidi Lahcen quelle que soit la granulométrie.
- **Séparation par flottation sélective** : proposée principalement en cas de nécessité de désulfuration parallèlement à la récupération du plomb. La technique de flottation permettrait de récupérer successivement un concentré de plomb (produit marchand),

des sulfures métalliques (marchand ou rejet résiduel) et un sous-produit constitué des minéraux de la gangue. Puisque les éléments d'intérêt sont concentrés dans les fractions les plus denses, une pré-concentration du minerai par une technique densimétrique (e.g. spirale) permettrait d'éliminer une grande partie de la gangue et de soulager le procédé de flottation et engendrer une économie en coûts d'investissement et opératoires.

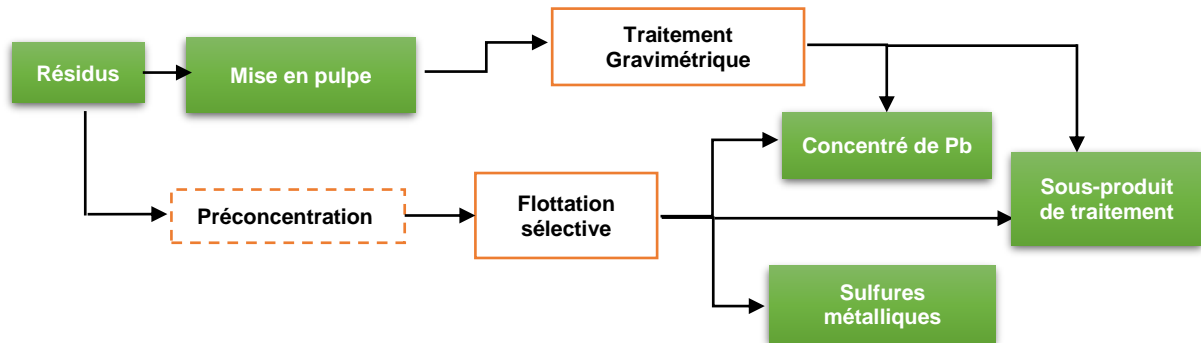


Figure 6 : Flowsheet simplifié des procédés proposés pour la récupération du plomb et des sulfures à partir des résidus de la mine de Sidi Lahcen

Action 2 : Utilisation des rejets comme substituants de granulats naturels

Le sous-produit de l'opération de retraitement des résidus de Sidi Lahcen correspondrait à un rejet non dangereux suite à l'élimination du plomb et des sulfures métalliques réactifs. La teneur en soufre total, élevée initialement (1,6% en moyenne), sera également réduite significativement. Le matériau pourra de ce fait être utilisé comme substituant de granulats naturel sans aucun risque environnemental ni de sécurité des ouvrages conformément aux normes en vigueur. Les résidus de Sidi Lahcen peuvent être utilisés comme des sables secondaires dans les travaux de construction ou dans les sous-couches routières.

Synthèse relative au potentiel valorisable des rejets de la mine de Sidi Lahcen

Le site de Sidi Lahcen possède un potentiel de production de concentré de plomb avec des tonnages métal estimés à 1 290 tonnes. En plus d'un bon potentiel en granulats secondaires avec un volume qui avoisine les 39 250 m³.

Potentiel de récupération	Quantité de rejets (T)	60 000
	Élément à valeur économique confirmée*	Pb
	Élément à valeur économique potentielle (récupéré de la dépollution)	-
	Teneur moyenne des éléments à valeur économique (%)	2,15
	Tonnage métal contenu dans les résidus (T)	1 290
Potentiel de substitution	Volume rejet résiduel (après dépollution) (m ³)	39 250
	Type de valorisation	Substitut de sable

*confirmée sur la base des données recueillies dans le cadre du plan d'action

Mine de Zaida

Les résidus de Zaida ne contiennent pas d'éléments à valeur économique à des teneurs qui justifient une récupération. Par ailleurs, ces résidus possèdent une distribution granulométrique très similaire à celle du sable naturel avec une fraction sableuse qui représente environ 88% du résidu. Ils présentent de ce fait un haut potentiel comme substituant au sable naturel dans divers secteurs notamment de construction.

Cependant, et malgré que les rejets ne soient pas générateurs de DMA, ils sont classés comme dangereux en cause du potentiel important de lixiviation du plomb (Tableau 4). Leur utilisation comme granulats alternatifs est tributaire par conséquent de l'élimination du plomb pour rendre le matériau sécuritaire pour les milieux et pour les personnes exposés.

Il est proposé donc pour les résidus de Zaida un schéma de valorisation incluant un retraitement préalable pour récupérer le plomb et un recyclage des sous-produits du retraitement comme sable secondaire. (Figure 7). Il est à signaler que dans le cas où le plomb qui sera récupéré pour des raisons environnementales comporte une valeur économique, les investissements relatifs au traitement pourraient être amortis.

Le site de Zaida contient une quantité considérable en stériles de découverte estimée par des travaux antérieurs à 70 millions de tonnes. **Il est proposé l'utilisation de ces stériles pour la sécurisation des fosses sur le site (remblayage total ou partiel sur les pentes).**

Dans le cas de non utilisation des stériles pour le remblayage ou d'une consommation partielle de ces derniers, il est suggéré de vérifier/confirmer leur potentiel de valorisation comme substituant d'argile naturelle (adéquation et absence de nocivité). Les stériles sont composés essentiellement de conglomérats, de grès arkosiques rouges, de grès argileux rouge, grès fins clair de marnes, d'argiles et d'argilites rouges. Les teneurs de métaux (oïdes) dans ces stériles sont généralement comparables à celles du fond géochimique naturel de la zone et peuvent de ce fait être considérés comme des granulats naturels sans grand risque de contamination.

Ces stériles argileux peuvent constituer une source d'argile pour des utilisations industrielles telles que la fabrication du clinker (ciment) ou la brique et autres céramiques comme ils peuvent être utilisés dans l'aménagement et la gestion environnementale des aires de stockage et d'enfouissement des déchets en raison de leur faible perméabilité (étanchéité des décharges ou recouvrements des rejets).

Tableau 4 : Synthèse des caractéristiques relatives aux résidus de Zaida

Dangerosité	Production de DMA	Non
	Classification TCLP	Dangereux
	Élément dépassant les seuils	Pb 0,43%
Potentiel de récupération	Identification de potentiel de récupération	Non
	Éléments à valeur économique	-
	Teneur moyenne de l'élément économique	-
	Minéralogie (phases porteuses de l'élément/ minéraux de la gangue)	Cérusite-galène/silicates
Potentiel de recyclage matériaux secondaires	Identification de potentiel de substitution	Oui (après dépollution)
	Critères favorables à l'utilisation comme substituant	Granulométrie proche de celle de sable fin Faible teneur en soufre total ($\approx 0,8\%$)

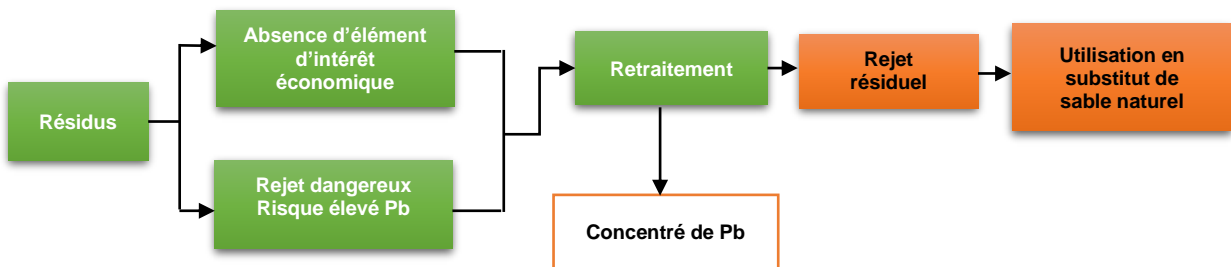


Figure 7 : Schéma synthétique proposé pour la valorisation des résidus de Zaida

Action 1 : Retraitement des résidus pour la récupération « environnementale » du plomb

Le retraitement des résidus de Zaida vise principalement la dépollution des rejets pour les rendre recyclable et non la récupération économique du plomb (concentrations largement plus basses que la teneur de coupure du plomb (0,43%)). La technique de traitement doit être la plus simple, et surtout, la moins coûteuse possible.

Une technique de séparation gravimétrique est proposée en raison des caractéristiques des résidus de Zaida. En effet, une différence significative des masses volumiques est notée entre les minéraux porteurs de plomb, la cérusite principalement (densité de 6,58) et secondairement la galène (7,55 de densité moyenne) et les minéraux de la gangue composée à plus de 80% de silicates dont la densité ne dépasse pas 2,65. Le critère de Taggart (2,59 et 3,29) confirme la faisabilité de la séparation gravimétrique et indique que toutes les technologies gravimétriques sont envisageables pour le cas des résidus de Zaida.

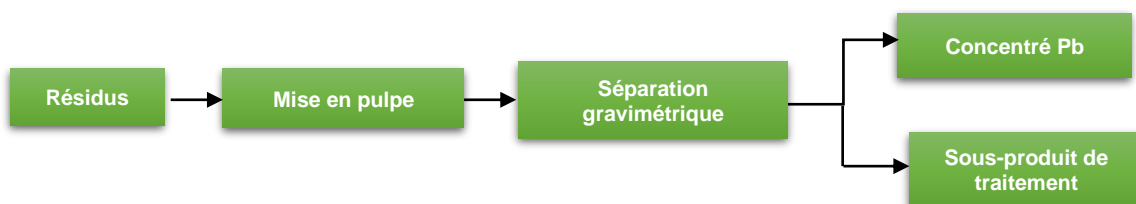


Figure 8: Flowsheet simplifié du procédé proposé pour la récupération du plomb à partir des résidus

Action 2 : Utilisation des rejets comme substituant de granulats naturels

Après élimination du plomb qui pose problème d'un point de vue environnemental et sanitaire à l'utilisation des résidus de Zaida, ces derniers peuvent être recyclés comme substituant du sable fin dans les travaux de construction vu la similitude de leurs propriétés physiques avec celles du sable naturel. Les résidus peuvent être recyclés dans le domaine de construction et des travaux routiers. Ils peuvent en effet rentrer dans les formulations pour la fabrication du mortier et du béton. La faible teneur en soufre totale des résidus (<1%) favorise ces utilisations en garantissant la sécurité des ouvrages et la conformité aux normes en vigueur.

Les résidus de Zaida ne peuvent cependant pas être utilisés en substitution totale du sable naturel (principalement dans la confection du mortier de dressage et la fabrication du béton) en raison de leur pourcentage en fine plus important. Les pourcentages de substitutions appropriés pour chaque usage peuvent être définis suite à des essais.

D'un autre côté, la diminution des concentrations du plomb et du zinc dans le sous-produit suite à l'opération de dépollution des résidus serait en faveur de l'utilisation de ces derniers avec de plus grandes proportions tout en préservant les performances mécaniques requises. Ces métaux peuvent engendrer la diminution de la consistance et la résistance à la compression des produits (mortier par exemple).

Il est à noter que les résidus de Zaida sont utilisés depuis des années de manière illicite dans les travaux de construction dans toute la région (confection de mortier principalement) en ignorance totale du risque que cette opération peut comporter. Le retraitement des rejets avant leur utilisation permettrait non seulement de limiter leur risque pour l'environnement et l'amélioration des performances mécaniques des produits et des ouvrages mais également de limiter le risque de toxicité pour les populations exposés (inhalation ou ingestion de particules) à commencer par la main d'œuvre qui est en charge de préparer et d'utiliser ces matériaux.

Synthèse relative au potentiel valorisable des rejets de la mine de Zaida

Les résidus de Zaida correspondent à une véritable carrière de sable avec un volume estimé de l'ordre de 4 189 020 m³ mais à condition de l'élimination du plomb nocif d'un point de vue environnemental et santé publique.

Le plomb qui sera récupéré à la base pour la dépollution des résidus et dont les quantités s'élèvent à 27 101 tonnes, pourrait présenter un potentiel économique dépendamment de la qualité du concentré qui sera obtenu. Ce dernier pourrait être destiné au marché des concentrés semi-marchants (utilisé comme amendement des concentrés de fortes teneurs) ou valorisé dans la production de produits dérivés).

Potentiel de récupération	Quantité de rejets (T)	6 302 500
	Élément à valeur économique confirmée*	-
	Élément à valeur économique potentielle (récupéré de la dépollution)	Pb
	Teneur moyenne des éléments à valeur économique (%)	0,4
Potentiel de substitution	Tonnage métal contenu dans les résidus (T)	27 101
	Volume rejet résiduel (après dépollution) (m ³)	4 189 020
	Type de valorisation	Substitut de sable

*confirmée sur la base des données recueillies dans le cadre du plan d'action

Mine de Mibladen-Aouli

Selon les caractéristiques chimiques des échantillons considérés, les résidus comme les stériles de Mibladen-Aouli ne montrent pas de fortes teneurs pour un élément donné. Ils ne représentent par conséquent aucun potentiel justifiant un retraitement pour des raisons économiques. La distribution granulométrique typique de sable fin avec une fraction sableuse d'environ 98,5% suggère un potentiel pour un recyclage des résidus de Mibladen-Aouli comme agrégats secondaires.

Ces résidus, malgré qu'ils ne soient pas générateur de DMA, sont classés comme dangereux en raison des concentrations du plomb qui dépassent les seuils critiques lors de l'essai de lixiviation. Ils ne peuvent de ce fait être valorisé dans l'état. Il est proposé alors le retraitement des résidus afin d'éliminer le plomb et rendre les résidus admissibles à un recyclage granulats secondaires (Figure 9).

Le plomb qui sera récupéré à la base pour des raisons environnementales pourrait représenter une valeur économique permettant d'amortir les coûts de traitement (en fonction de la qualité du concentré qui sera obtenu).

Le site de Mibladen-Aouli contient une quantité importante de stériles (découverte et de sélectivité) qui a été estimée par des travaux antérieurs à 110 millions de tonnes. Il est suggéré d'évaluer la compatibilité de ces stériles pour le remblayage des vides sur le site (galeries, fosses, etc.).

Dans le cas où ces stériles ne seront pas utilisés pour la sécurisation des vides ou ne seront pas consommés totalement, il est proposé de vérifier leur potentiel à une valorisation en tant qu'agrégats secondaires étant donné qu'ils sont à priori peu ou pas dangereux. L'échantillon de stérile analysé dans le cadre du plan d'action montre une très faible teneur des éléments métalliques et une absence de génération de DMA et laisse déduire un risque faible à nul.

Tableau 5 : Synthèse des caractéristiques relatives aux résidus de Mibladen-Aouli

Dangerosité	Production de DMA	Non
	Classification TCLP	Dangereux
	Élément dépassant les seuils	Pb
Potentiel de récupération	Identification de potentiel de récupération	Non
	Éléments à valeur économique	-
	Teneur moyenne de l'élément économique	-
	Minéralogie (phases porteuses de l'élément/ minéraux de la gangue)	Cérusite-galène/carbonates
Potentiel de recyclage matériaux secondaires	Identification de potentiel de substitution	Oui après dépollution
	Critères favorables à l'utilisation comme substituant	Granulométrie proche de celle de sable fin Faible teneur en soufre total (\approx 0,94%)

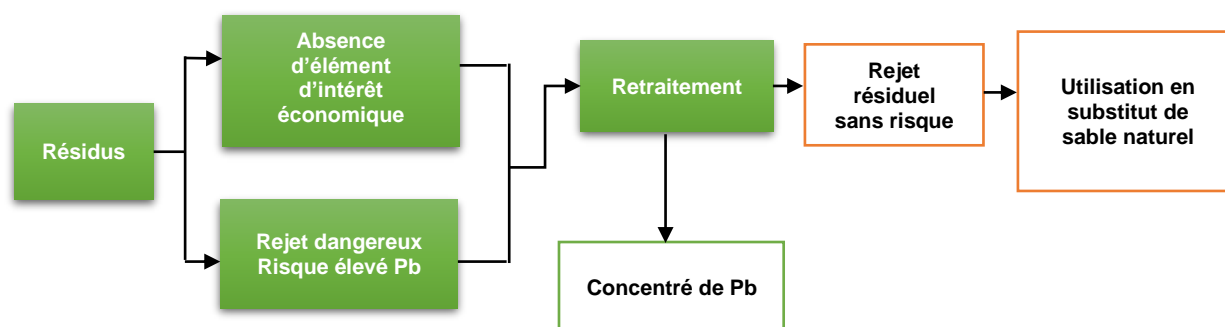


Figure 9 : Schéma synthétique proposé pour la valorisation des résidus de Mibladen-Aouli

Action 1 : Retraitement des résidus pour la récupération « environnementale » du plomb

L'objectif du retraitement étant d'éliminer le plomb qui entrave la valorisation matière des résidus de Mibladen-Aouli. Contrairement au cas de retraitement des rejets pour produire un concentré à forte valeur économique dans lequel l'investissement dans les techniques d'enrichissement les plus performantes est justifié, le cas de retraitement pour l'élimination de métaux (oïdes) à risque doit reposer sur une technique qui permet de réduire significativement les teneurs des éléments indésirables avec le moindre investissement possible.

Il est proposé une technique d'enrichissement du plomb par **séparation gravimétrique** en raison d'une répartition minéralogique favorable. Les minéraux de la gangue (carbonatée à 75%) présentent des densités qui ne dépassent pas 2,84 ce qui va permettre en principe de les séparer aisément des minéraux porteurs du plomb (cérusite et galène) ayant des densités plus importantes (6,55 et 7,4-7,7 respectivement). La séparation gravimétrique à l'aide des tables à secousse

est peu adaptée à cause de la forte finesse des résidus. La séparation gravimétrique à l'aide des **jigs centrifugeuses** ou bien en milieu dense semble par ailleurs plus appropriée. L'utilisation du milieu dense doit être couplée à une centrifugation pour compenser le déficit en pesanteur dû à la granulométrie très fine des résidus de Mibladen-Aouli.

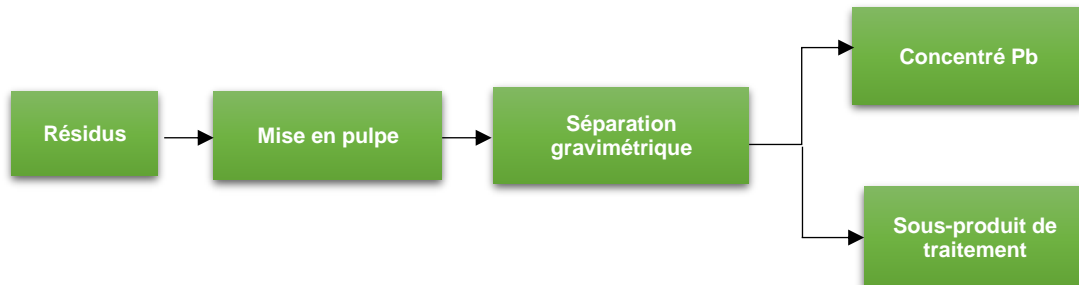


Figure 10 : Flowsheet simplifié du procédé proposé pour la récupération du plomb à partir des résidus de Mibladen-Aouli

Action 2 : Utilisation des rejets comme substituant de granulats naturels

Les résidus de Mibladen-Aouli retraités présentent un potentiel pour l'utilisation comme matériaux alternatifs dans le secteur de construction ou de travaux routier. En raison de la forte finesse des grains et le pourcentage en fins (47%) plus important que celui de sable naturel (4,6%) et qui dépasse les limes réglementaires, plusieurs options d'utilisation sont envisageables :

- Utilisation en l'état comme remblai à condition que la teneur en argile respecte les seuils normatifs (à vérifier par analyse complémentaire).
- Utilisation comme additif pour améliorer les caractéristiques des matériaux dans le domaine des travaux de construction. Les particules fines permettent de combler les vides existants entre les particules plus grossières et limiter la pénétration des éléments nocifs (e.g. chlore, dioxyde de carbone) ce qui augmente la durabilité des ouvrages. Elles permettent également d'améliorer la malléabilité du produit (cas du béton autoplaçant par exemple) ou d'augmenter la finesse (cas du mortier par exemple). Les pourcentages de substitution doivent dans ce cas être définis en fonction des usages afin de répondre aux normes en vigueur.
- Réalisation d'une opération de tamisage ou de lavage des résidus qui permettrait d'obtenir une fraction sableuse utilisable comme sable secondaire et une deuxième fraction composée des fines valorisable comme filler. Cette opération pourrait être envisagée en fin de circuit de récupération de plomb (après traitement gravimétrique) à l'aide d'un équipement approprié.

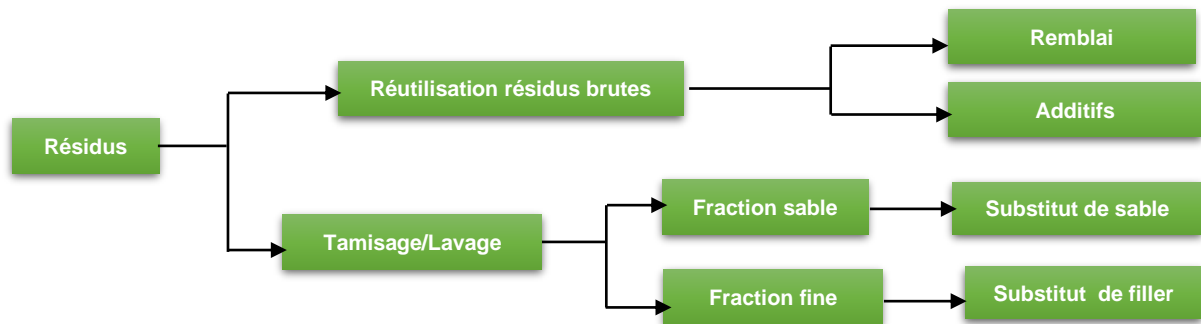


Figure 11 : Options proposées pour l'utilisation des résidus de Mibladen-Aouli comme granulats secondaires

Synthèse relative au potentiel valorisable des rejets de la mine de Mibladen-Aouli

Les résidus de Mibladen-Aouli présentent initialement un important potentiel granulats secondaires avec un volume global estimé à environ 4 152 194 m³ à condition d'éliminer le plomb identifié comme nocif pour une réutilisation des rejets.

Le plomb récupéré (38 156 tonnes) pourrait comporter un potentiel valorisable en fonction de la qualité du concentré qui serait obtenu. Ce dernier pourrait être commercialisé et utilisé comme amendement des concentrés de fortes teneurs ou valorisé dans la production de produits dérivés.

Potentiel récupération	de	Quantité de rejets (T)	6 255 000
		Élément à valeur économique confirmée*	-
		Élément à valeur économique potentielle (récupéré de la dépollution)	Pb
		Teneur moyenne des éléments à valeur économique (%)	0,6
		Tonnage métal contenu dans les résidus (T)	38 156
Potentiel substitution	de	Volume rejet résiduel (après dépollution) (m ³)	4 152 194
		Type de valorisation	Substitut de sable

*confirmée sur la base des données recueillies dans le cadre du plan d'action

Mine de Kettara

Les résidus issus de l'ancienne exploitation de la mine de Kettara ne montrent pas de potentiel de récupération économique en raison des faibles concentrations de l'ensemble des éléments d'intérêt (Tableau 6).

Les résidus ne présentent pas de risque de lixiviation de métaux (ïodes) critiques mais sont considérés dangereux en raison de leur potentiel à générer le DMA. Les résidus présentent de forte teneurs en soufre (5% en moyenne) et contiennent des sulfures de fer très réactifs (pyrrhotite et pyrite). Ces caractéristiques chimiques en font des matériaux évolutifs qui pour de multiples raisons ne peuvent être valorisés comme granulats alternatifs. L'utilisation de ces résidus producteurs de DMA dans les travaux de construction ou dans les techniques routières est prohibé en raison de la possibilité de libération et de dispersion des polluants dans les milieux sous-jacents (eaux souterraines et de surface).

D'un autre côté, les minéraux sulfureux réactifs contenus dans les résidus, une fois intégrés au matériaux (béton, etc.) engendrent une chaîne de réactions (oxydation, précipitation de minéraux secondaire (e.g. goethite), libération de l'acide sulfurique qui attaque les minéraux cimentaires, précipitation de nouveaux minéraux secondaires (e.g. gypse), cristallisation (ettringite), etc.). Ce qui provoque des gonflements, des fissurations ou des cratères et entrave la sécurité et la durabilité des ouvrages.

La faisabilité d'une désulfuration environnementale des résidus de Kettara ne paraît pas justifiée économiquement. Elle nécessiterait l'utilisation de la technique de flottation qui est très onéreuse. D'autant plus que les résidus de Kettara, en grande partie grossiers (2,9-15 mm), nécessiteront une préparation mécanique (broyage), opération très énergivore qui amplifierait les coûts du traitement.

En absence de potentiel de valorisation pour les rejets de Kettara qui au contraire présente un fort pouvoir polluant démontré par des études expérimentales (drainages très acides (pH 2,7-4) et très chargés en sulfates et en éléments métalliques) et par des investigations sur le terrain (contamination des eaux souterraines et des sols au voisinage du site minier), **il est nécessaire de procéder sans délai à la stabilisation de ces rejets et à la maîtrise de la libération des polluants.**

Il est proposé l'adoption d'une technique de recouvrement notamment une couverture type stockage et relargage (Store and Release) en raison de son adaptation au climat de Kettara (faible précipitation et une forte évapotranspiration) et de ses performances concluantes démontrées à l'échelle internationale et locales pour des contextes climatiques arides à semi-aride. Ces couvertures permettent de retenir l'eau des précipitations durant les périodes pluvieuses et la relarguer par évaporation (évapotranspiration) au cours des périodes sèches. L'eau faisant défaut dans les résidus, les réactions à la base de la production du DMA se retrouvent stoppées et la libération des polluants maîtrisée.

Les modalités de mise en place de cette solution de restauration pour le parc à résidus de Kettara ainsi que le choix des matériaux de recouvrement appropriés seront traités en détails dans la partie réhabilitation des sites miniers fermés prioritaires.

Tableau 6: Synthèse des caractéristiques relatives aux résidus de Kettara

Dangerosité	Production de DMA	Oui
	Classification TCLP	Non dangereux
	Élément dépassant les seuils	Aucun
Potential de récupération	Identification de potentiel de récupération	Non
	Éléments à valeur économique	-
	Teneur moyenne de l'élément économique	-
Potential de recyclage matériaux secondaires	Identification de potentiel de substitution	Non
	Critères favorables/défavorables à l'utilisation comme substituant	Résidus similaires aux agrégats
		Forte teneur en soufre total (≈ 5%)

Mine d'Azegour

Les résidus de traitement de l'ancienne exploitation d'Azegour ont été presque totalement emportés par les eaux. Malgré que les résidus renferment des teneurs très importantes en molybdène et en cuivre, ils ne seront pas considérés pour la valorisation vu les très faibles quantités restantes. Par ailleurs, les volumes plus considérables des stériles miniers et leur teneur élevée en molybdène, minerai stratégique (2,9% en moyenne) présente un intérêt de récupération (Tableau 7).

Les rejets d'Azegour ne montrent pas de risque de lixiviation d'éléments problématique mais sont par ailleurs générateurs de DMA avec de fortes teneurs moyennes en soufre total (3%). Cet aspect entraverait leur recyclage dans l'état en tant que matériau secondaire en raison des risques de pollution et des normes en vigueur pour les granulats (teneur en soufre > 1).

Étant donné que les stériles seront retraités pour la récupération du molybdène, Il est proposé la récupération parallèlement des sulfures à l'origine de la concentration importante en soufre et de la production du DMA (désulfuration partielle ou totale). Le sous-produit du traitement qui serait épuisé des éléments à valeur économique et en même temps devenu non générateur de DMA et conforme aux seuils normatifs en soufre, pourrait être utilisé comme substituant des granulats naturels (Figure 12).

Il est recommandé de procéder initialement à la vérification de la concentration du tungstène dans les stériles étant donné qu'il s'agit d'un métal critique (à forte valeur économique) ayant été exploité durant l'ancienne période d'activité de la mine. Il est alors probable d'identifier dans les stériles des teneurs qui justifieraient une récupération.

Tableau 7 : Synthèse des caractéristiques relatives aux stériles d'Azegour

Dangerosité	Production de DMA	Oui
	Classification TCLP	Non dangereux
	Élément dépassant les seuils	Aucun
Potentiel de récupération	Identification de potentiel de récupération	Oui
	Éléments à valeur économique	Mo
	Teneur moyenne de l'élément économique	2,9%
	Minéralogie (phases porteuses de l'élément/ minéraux de la gangue)	Molybdénite-powellite/silicates
Potentiel de recyclage matériaux secondaires	Identification de potentiel de substitution	Oui
	Critères favorables/défavorables à l'utilisation comme substituant	Possibilité de produire des agrégats
		Forte teneur en soufre total (≈ 3% en moyenne)

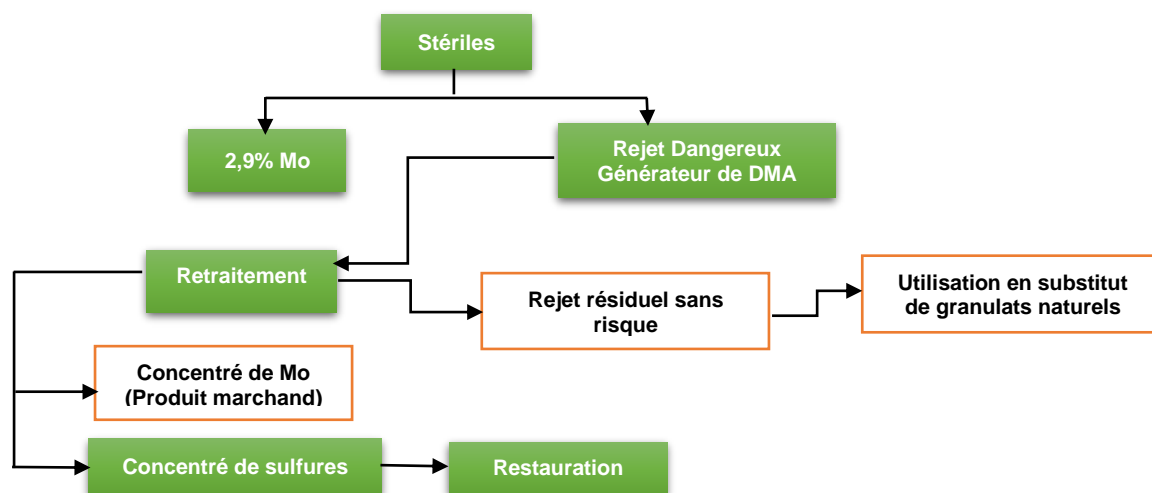


Figure 12 : Schéma synthétique proposé pour la valorisation des stériles de la mine d'Azegour

Action 1 : Retraitement des résidus pour la récupération économique du molybdène et la récupération « environnementale » des sulfures

Tenant compte de l'objectif du retraitement qui vise la récupération d'un côté du molybdène (porté principalement par la molybdénite) et d'un autre côté les sulfures contenus dans les stériles (pyrite, pyrrhotite, chalcopyrites, etc.) et tenant compte de la faible différence entre les densités respectives de ces minéraux et ceux de la gangue, les techniques de séparation densimétriques/gravimétriques ne semblent pas adaptées.

Il est proposé un traitement par flottation différentielle qui permettrait de récupérer successivement un concentré de molybdène (produit marchand), des sulfures métalliques et un sous-produit constitué des minéraux de la gangue. L'investissement en un traitement par flottation est justifié par la forte valeur économique du molybdène qui sera récupéré.

Dans le cas d'Azegour, le rejet à retraiter correspond à des stériles composés de matériaux plus au moins grossiers (bloc rocheux, graviers, gravats), Il est nécessaire d'effectuer une préparation mécanique pour atteindre la maille de libération du molybdène (concassage et broyage).

Le site d'Azegour contient de faible quantité de résidus issus de l'ancienne exploitation et qui renferment des teneurs importantes en molybdène (2,12%) (et en cuivre (1,46)). **Il est suggéré la reprise de ces résidus et leurs traitements simultanément avec les stériles pour récupérer leur contenu en molybdène** d'autant plus qu'ils ne nécessiteront aucune préparation mécanique préalable. **Les résidus d'Azegour emportés par les eaux illustrent bien les pertes économiques (18 159 tonnes de molybdène emportés par les eaux) encourue suite au retard d'action de gestion appropriée et progressive des rejets miniers.**

Le site d'Azegour renferme encore des réserves qui ont été estimées à 120 000 tonnes à 0,20% de MoS₂ et 130 000 tonnes à 0,20% de WO₃. La reprise d'une activité minière sur le site

pourrait profiter à une valorisation plus économique des rejets grâce à l'infrastructure et les moyens logistiques qui seront mis en place pour la nouvelle activité.

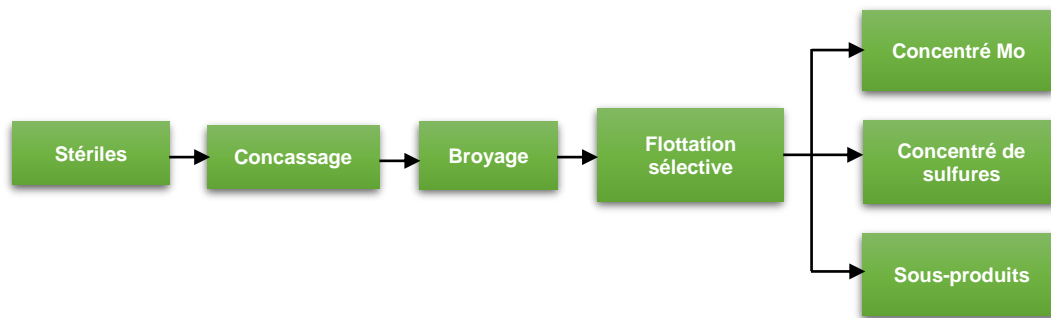


Figure 13 : Flowsheet simplifié du procédé proposé pour la récupération du molybdène et des sulfures à partir des stériles de la mine d'Azegour

Action 2 : Utilisation des rejets comme substituant de granulats naturels

Le sous-produit de l'opération de retraitement des stériles d'Azegour correspondrait à un rejet non dangereux suite à l'élimination des sulfures métalliques réactifs. La teneur en soufre total sera également réduite significativement. Le matériau pourra de ce fait être utilisé comme substituant de granulats naturel sans aucun risque environnemental et technique.

Le mode de traitement par flottation génère généralement des résidus ayant une granulométrie similaire à celle du sable. Les sous-produits de retraitement des stériles d'Azegour peuvent être recyclés, comme sable secondaire, dans les travaux de construction (fabrication du mortier ou du béton), dans les travaux routiers ou comme remblai.

Synthèse relative au potentiel valorisable des rejets de la mines d'Azegour

Les stériles d'Azegour possède un stock en molybdène estimé à environ 9 280 tonnes comparable à la production totale durant la période d'activité de la mine (11 328 tonnes). Le sous-produit du retraitement des stériles constituerait un potentiel économique supplémentaire en terme de carrière de granulats pouvant atteindre un volume de 208 162 m³.

Potentiel de récupération	Quantité de rejets (T)	320 000
	Élément à valeur économique confirmée*	Mo
	Élément à valeur économique potentielle (récupéré de la dépollution)	-
	Teneur moyenne des éléments à valeur économique (%)	2,9
	Tonnage métal contenu dans les résidus (T)	9 280
Potentiel de substitution	Volume rejet résiduel (après dépollution) (m ³)	208 162
	Type de valorisation	Substitut de sable

*confirmée sur la base des données recueillies dans le cadre du plan d'action

Mine d'Erdouz

Les résidus de traitement de l'ancienne exploitation de la mine d'Erdouz ont été emportés par les eaux, et le site ne renferme de ce fait que les stériles. Ces derniers ne montrent pas de teneurs significatives pour un élément qui justifie sa récupération. Les stériles sont relativement stables chimiquement et ne sont pas générateurs de DMA. Ils peuvent par conséquent être valorisés comme agrégats alternatifs.

Les haldes d'Erdouz constituent une carrière secondaire à partir de laquelle il est possible de produire différents types de granulats pour travaux publics et génie civil. Les fractions de plus petites tailles (graves, gravillons, etc.) peuvent être utilisées comme matériaux de construction (gravier dans le béton) ou dans les travaux routiers (remblai, agrégats dans les différentes couches en fonction des exigences normatives). Les fractions plus grossières peuvent être utilisées par ailleurs comme ballast des chemins de fer ou être concassées pour produire divers granulats selon le besoin (gravillon, grave, sable, etc.). Il serait nécessaire toutefois d'adapter l'utilisation selon les limites en soufre total exigées en fonction du type d'utilisation et les facteurs d'exposition vu les teneurs relativement élevées dans les stériles.

Tableau 8 : Synthèse des caractéristiques relatives aux stériles d'Erdouz

Dangerosité	Production de DMA	Non
	Classification TCLP	-
	Élément dépassant les seuils	-
Potentiel de récupération	Identification de potentiel de récupération	Non
	Élément à valeur économique	-
	Teneur moyenne de l'élément économique	-
Potentiel de recyclage matériaux secondaires	Identification de potentiel de substitution	Oui
	Critères favorables/défavorables à l'utilisation comme substituant	Possibilité de produire divers granulats
		Teneur en soufre total ($\approx 1,8\%$ en moyenne)



Figure 14: Opérations proposées pour la valorisation des stériles de la mine d'Erdouz

Synthèse relative au potentiel valorisable des rejets de la mine de l'Erdouz

Les stériles de l'Erdouz comportent un potentiel matériaux secondaires importants avec un volume estimé de l'ordre de 216 667 m³.

L'exploitation de cette carrière est tributaire toutefois de l'amélioration de l'accès au site pour faciliter le transport des matériaux.

Mine de Sidi Bou Othmane

Les résidus de l'ancienne exploitation de Sidi Bou Othmane se caractérisent par de fortes teneurs en zinc (3,5% en moyenne) similaires à la teneur de coupure d'un gisement primaire de zinc. Ils contiennent également des concentrations assez importantes en plomb (1,1% en moyenne). Les résidus de Sidi Bou Othmane sont stables chimiquement et sont classés comme non dangereux (non générateurs de DMA et non lixiviables).

Le schéma de valorisation proposé inclut une opération initiale de récupération du zinc et du plomb suivie d'un recyclage du sous-produit du retraitement comme matériaux secondaires (Figure 15). La récupération du plomb serait d'autant plus justifiée, malgré des teneurs relativement moyennes, suite à la mise en place de l'unité de traitement pour la récupération du zinc qui permettra une optimisation des coûts d'investissement et d'opération.

Tableau 9 : Synthèse des caractéristiques relatives aux résidus de Sidi Bou Othmane

Dangerosité	Production de DMA	Non
	Classification TCLP	Non dangereux
	Élément dépassant les seuils	-
Potentiel de récupération	Identification de potentiel de récupération	Oui
	Élément à valeur économique	Zn et Pb
	Teneur moyenne de l'élément économique	3,5 en Zn 1,1 en Pb
	Minéralogie (phases porteuses de l'élément/minéraux de la gangue)	Sphalérite-Cérisite/silicates-carbonates
Potentiel de recyclage matériaux secondaires	Identification de potentiel de substitution	Oui
	Critères favorables/défavorables à l'utilisation comme substituant	Granulométrie proche de celle du sable
		Faible teneur en soufre total (≈ 0,88% en moyenne)

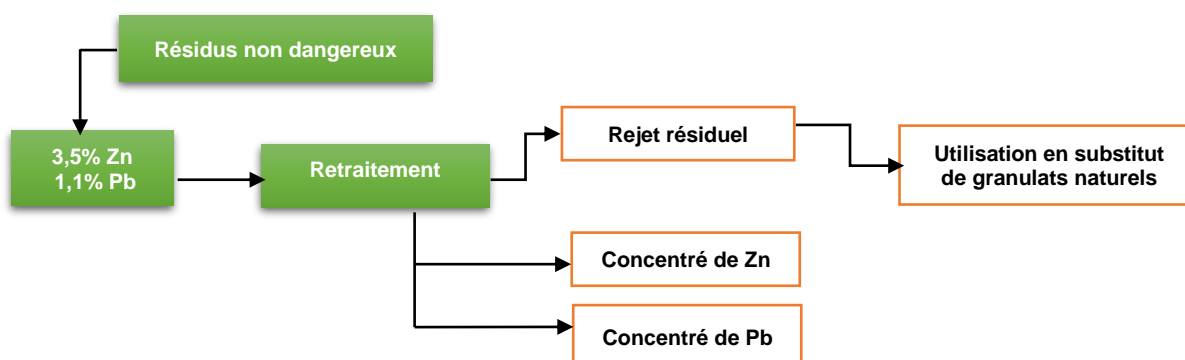


Figure 15 : Schéma synthétique proposé pour la valorisation des résidus de la mine de Sidi Bou Othmane

Action 1 : Retraitement des résidus pour la récupération « économique » du zinc

Le zinc dans les résidus de Sidi Bou Othmane est associé principalement à la sphalérite (sulfure de zinc) tandis que le plomb est lié à la cérusite (carbonate de plomb). La gangue est composée à environ 65% de minéraux silicatés et à 28% de carbonates.

Sur la base des caractéristiques dont nous disposons dans le cadre du plan d'action, Il est proposé deux technique de traitement :

- **Séparation densimétrique** qui pourrait être efficace en raison de la différence des densités entre les minéraux porteurs du plomb et du zinc (6,58 et 3,9-4,2 respectivement) et les minéraux de la gangue (densité ne dépasse pas 3)
- **Flottation sélective** qui est également appropriée en raison des caractéristiques granulométriques et minéralogiques des résidus de Sidi Bou Othmane qui s'apprête à ce type de traitement.

Il est à noter que l'analyse réalisée sur un échantillon de stériles de Sidi Bou Othmane a montré une teneur de 1,8% de zinc, ce qui peut indiquer un potentiel en zinc à récupérer également à partir des stériles. Il est recommandé de vérifier et confirmer par un échantillonnage plus étalé ce potentiel afin de planifier une valorisation de la totalité des rejets disponible sur le site (résidus et stériles).

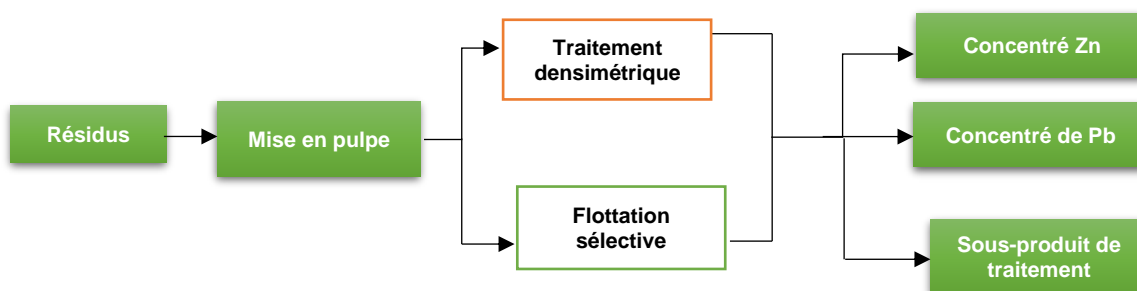


Figure 16 : Flowsheet simplifié des procédés proposés pour la récupération du plomb et du zinc à partir des résidus de Sidi Bou Othmane

Action 2 : Utilisation des rejets comme substituant de granulats naturels

Les résidus de Sidi Bou Othmane sont initialement classés non dangereux. Le sous-produit de retraitement de ces résidus sera davantage moins problématique pour l'environnement et la santé publique en raison de sa plus faible charge polluante suite à la récupération du zinc et du plomb. Ce résidu peut, par conséquent, être utilisé comme matériau alternatif. Il est proposé un recyclage comme substituant du sable naturel en raison de sa granulométrie favorable. La substitution est

réconfortée par la teneur en soufre du résidu de Sidi Bou Othmane (<1%) conforme aux teneurs exigées pour les granulats destinés aux travaux de construction et routiers.

Synthèse relative au potentiel valorisable des rejets de la mine de Sidi Bou Othmane

Les résidus de Sidi Bou Othmane possèdent un potentiel récupérable en zinc et en plomb avec des tonnages métal de l'ordre de 1 574 et 486,2 tonnes respectivement et un volume potentiel en sable d'environ 28 731 m³.

Malgré la forte teneur en zinc dans les résidus, le tonnage métal qui pourrait être récupéré reste relativement faible en raison des faibles quantités de rejets. La confirmation du potentiel des stériles augmenterait le rendement d'une unité de traitement.

La reprise de ces résidus par un opérateur établi non loin du site de Sidi Bou Othmane (Guemassa par exemple), permettrait de réduire les coûts d'exploitation et d'opération (pas d'investissement dans la mise en place d'usines de traitement). Ce qui rendrait le gisement plus attrayant économiquement. L'attrait environnemental et foncier étant déjà présents.

Potentiel de récupération	Quantité de rejets (T)	44 200
	Élément à valeur économique confirmée*	Zn et Pb
	Élément à valeur économique potentielle (récupéré de la dépollution)	-
	Teneur moyenne des éléments à valeur économique (%)	3,5 en Zn 1,1 en Pb
	Tonnage métal contenu dans les résidus (T)	1 574 Zn 486,2 Pb
Potentiel de substitution	Volume rejet résiduel (après dépollution) (m ³)	28 731
	Type de valorisation	Substitut de sable

*confirmée sur la base des données recueillies dans le cadre du plan d'action

Mine de de Tansrift

Les résidus issus de l'ancienne exploitation de Tansrift sont classés non dangereux (non lixiviable et non générateur de DMA). Les rejets renferment encore des teneurs assez importantes en cuivre (0,5%) en comparaison à la teneur de coupure du cuivre pour des gisements primaires qui débute à partir de 0,7%. Le minerai dans le cas des résidus de Tansrift est déjà extrait et préparé mécaniquement (concassé et broyé). Les résidus offrent de ce fait un double potentiel de recyclage matière.

Il est proposé donc un schéma de valorisation qui inclut une opération de retraitement pour la récupération du cuivre suivie par une réutilisation du sous-produit de traitement comme matériau secondaire (Figure 17).

Tableau 10 : Synthèse des caractéristiques relatives aux résidus de Tansrift

Dangerosité	Production de DMA	Non
	Classification TCLP	Non dangereux
	Élément dépassant les seuils	-
Potentiel de récupération	Identification de potentiel de récupération	Oui
	Éléments à valeur économique	Cu
	Teneur moyenne de l'élément économique	0,5%
	Minéralogie (phases porteuses de l'élément/ minéraux de la gangue)	Sulfures de cuivre/Quartz
Potentiel de recyclage matériaux secondaires	Identification de potentiel de substitution	Oui
	Critères favorables à l'utilisation comme substituant	Granulométrie proche de celle de sable fin
		Faible teneur en soufre total ($\approx 0,01\%$)

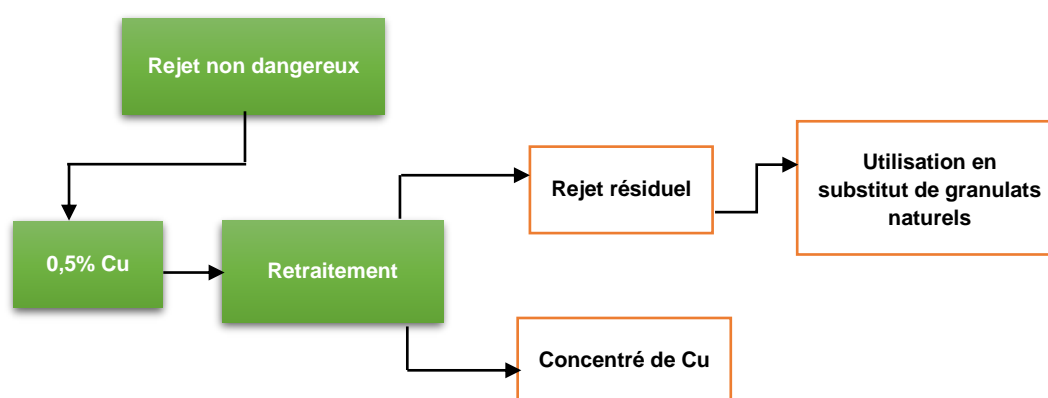


Figure 17 : Schéma synthétique proposé pour la valorisation des résidus de la mine de Tansrift

Il est suggéré l'étude de la compatibilité des stériles de découverte (matériaux décapés pour donner accès au minerai) pour un usage comme matériau de remblayage des quatre fosses de l'ancienne exploitation laissées sur le site de Tansrift, et ce dans le cas où le remblayage est retenu comme schéma de réhabilitation.

Dans le cas échéant, il est recommandé de vérifier leur potentiel de valorisation comme substituant d'argile naturelle vu la nature argileuse de ces stériles et leur potentielle faible charge métallique. Ces stériles pourraient constituer une importante source d'argile pour des usages industriels (ciment, brique, autres céramiques, etc.) ou d'aménagement environnemental (recouvrement des déchets, étanchéité, etc.). Cela nécessite la confirmation par des analyses et essais appropriés, la conformité environnementale et technique de ces matériaux avec les usages potentiels.

Action 1: Retraitement des résidus pour la récupération « économique » du cuivre

Les analyses minéralogique en DRX réalisées sur les résidus de Tansrift n'ont pas pu révéler les phases porteuses du cuivre. Ce dernier est très probablement sous forme de sulfures de cuivre (chalcosine, chalcopyrite, bornite et covellite) et d'oxyde de cuivre (cuprite) comme cela a été décrit dans la minéralisation du gisement (Ibouh et al. 2011). La gangue est composée totalement par du quartz.

Selon les caractéristiques granulométriques et minéralogiques dont nous disposons pour les résidus de Tansrift, Il est proposé deux techniques de retraitement pour la récupération du cuivre :

- **Séparation gravimétrique** : méthode peu onéreuse à privilégier si ses performances sont confirmées par les essais. Elle s'apprête potentiellement aux résidus de Tansrift en raison de la différence entre les masses volumiques des sulfures potentiellement porteurs du cuivre (densités moyennes comprises entre 4,2 et 5,65) et les minéraux de la gangue notamment le quartz (densité de 2,65). Le choix de la variante gravimétrique appropriée (milieu dense, table à secousse, spirale, etc.) dépendra principalement des données granulochimiques (si le cuivre est concentré dans les fractions fines, grossières ou sur l'ensemble) ainsi que de la maille de libération des minéraux porteurs du cuivre (données non disponibles pour cette étude).
- **Flottation** : technique plus couteuse proposée pour le cas où le traitement gravimétrique ne donne pas de résultats probants. La granulométrie des résidus est appropriée à ce type de traitement qui correspond à la méthode d'enrichissement utilisée initialement au cours de la période d'activité de la mine.

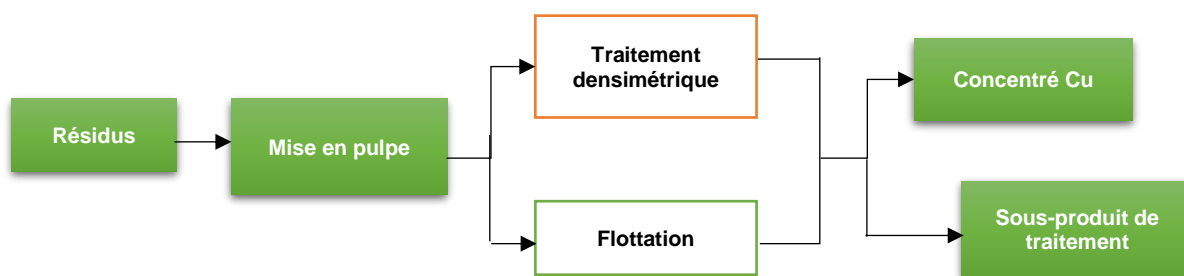


Figure 18 : Flowsheet simplifié des procédés proposés pour la récupération du cuivre à partir des résidus de Tansrift

Action 2 : Utilisation des rejets comme substituant de granulats naturels

Les résidus de Tansrift ne présentant aucun critère de dangerosité peuvent être utilisés sans restriction comme des granulats secondaires. Leur distribution granulométrique similaire à des sables fins ainsi que la très faible teneur en soufre total (0,01%) prédisposent les résidus de Tansrift à une utilisation comme matériaux d'addition ou de substitution dans les travaux routiers ou comme agrégats de construction (mortier, béton) sans aucun risque de détérioration des matériaux et de sécurité des ouvrages. La nature silicatée des résidus (100% de silicates) proche de celle du sable naturel ($\approx 95\%$) rend possible la valorisation de ces résidus non dangereux dans les secteurs nécessitant un sable siliceux tels que l'industrie du verre.

Synthèse relative au potentiel valorisable des rejets de la mine de Tansrift

Le site de Tansrift offre une carrière de sable sécuritaire avec un volume important qui avoisine 840 857 m³. Le site offre en même temps environ 6 905 tonnes de cuivre récupérable. La faible teneur en cuivre est compensée par le volume important des résidus. La reprise de l'activité sur le site rendrait la récupération encore plus avantageuse économiquement.

Potentiel de récupération	Quantité de rejets (T)	1 380 970
	Élément à valeur économique confirmée*	Cu
	Élément à valeur économique potentielle (récupéré de la dépollution)	-
	Teneur moyenne des éléments à valeur économique (%)	0,5
	Tonnage métal contenu dans les résidus (T)	6 905
Potentiel de substitution	Volume rejet résiduel (après dépollution) (m ³)	840 857
	Type de valorisation	Substitut de sable

*confirmée sur la base des données recueillies dans le cadre du plan d'action

Synthèse sur les actions de valorisation des rejets des sites miniers fermés prioritaires

D'après l'étude des caractéristiques techniques et environnementales des rejets qui ont pu être déterminées et collectées dans le cadre de l'étude, l'existence ou non d'un potentiel de valorisation a été statuée et les actions de valorisation appropriées ont été proposées pour chaque site sous-l'étude (dans la limite des données disponibles). Il en ressort que huit sur les neuf sites miniers étudiés présentent un potentiel de valorisation notamment les sites de Sidi Boubker, de Sidi Lahcen, de Zaida, de Mibladen-Aouli, d'Azegour, d'Erdouz, de Sidi Bou Othmane et de Tansrift. Les résidus de la mine de Kettara ne peuvent par ailleurs être valorisés en raison de leur dangerosité et de la non faisabilité économique de leur dépollution.

Tableau 11 : Potentiels de valorisation identifiés pour les rejets des sites miniers fermés prioritaires

Potentialité	Mines	Métal à récupérer	Teneur moyenne (%)	Élément problématique	Type de substitution
Double Valeur économique (Métaux + granulats secondaires)	Gisement secondaire sans besoin de dépollution pour valorisation granulats				
	Tansrift	Cu	0,5	-	Sable
	Sidi Bou Othmane	Zn	3,5	-	Sable
	Gisement secondaire avec besoin de dépollution pour valorisation granulats				
	Sidi Boubker (parc Est)	Zn	2,7	Pb	Sable
	Sidi Lahcen	Pb	2,15	Pb/soufre potentiellement	Sable
	Azegour	Mo	2,9	Sulfures (DMA)	Sable
Valeur économique granulats secondaires	Absence d'éléments à récupérer/Potentiel granulats secondaires				
	Erdouz	-	-	-	Sable/gravier/remblai/roche
	Absence d'éléments à récupérer/Potentiel granulats secondaires après dépollution				
	Zaida	-	-	Pb	Sable
	Mibladen-Aouli	-	-	Pb	Sable/filler/remblai
Sidi Boubker (Ouest)	-	-	Pb	Sable	
Absence de valeur économique	Absence de potentiel de valorisation				
	Kettara	-	-	Sulfures	-

2. Actions pour la réhabilitations des sites miniers

Les actions proposées pour la valorisation des résidus dans le cadre du plan d'action permettront certes de résoudre les problèmes environnementaux et sanitaires liés aux rejets ainsi que ceux liés au foncier mais restent insuffisantes pour l'atteinte des objectifs de réhabilitation globale des sites miniers. Dans ce sens, Il est proposé des actions qui vont permettre d'assainir l'héritage des anciennes exploitations et de préparer une seconde vie aux anciens sites miniers.

L'ensemble des sites prioritaires est concerné par les actions de réhabilitation. Ces dernières sont alors proposées d'une manière commune. Les mesures spécifiques à un site donné sont explicitées à chaque fois que le cas se présente.

2.1 Sécurisation des zones excavées

Les excavations engendrées par l'ancienne exploitation des sites miniers représentent un risque de sécurité pour les personnes. Elles nécessitent de ce fait, la mise en place, sans délai des mesures appropriées. Des actions sont proposées dans ce qui suit en fonction de la nature des excavations :

- **Ouvertures minières**

Ces actions se rapportent aux orifices des puits, cheminées, galeries, rampes ou tout autre accès similaire aux ouvrages miniers souterrains. Ces ouvertures sont souvent utilisés pour une exploitation illicite des minerais (e.g. Sidi Boubker, Sidi Lahcen, Mibladen) ce qui engendre des écroulements des piliers et galeries et entraîne une perte des vies humaines. Les ouvertures minières sont également responsables de phénomène d'affaissement ou d'effondrement de terrain comme le cas de la mine de Sidi Boubker. **Afin de sécuriser ces vides, Il est proposé le remblayage rapide de l'ensemble des ouvertures avec des matériaux assurant la conformité géotechnique et environnementale requise** (matériaux meubles, résidus et stériles miniers, etc.). il est suggéré l'évaluation de la compatibilité des rejets pour le remblayage, principalement dans le cas où ces derniers n'ont pas une très forte valeur économique (cas des stériles de Mibladen, etc.).

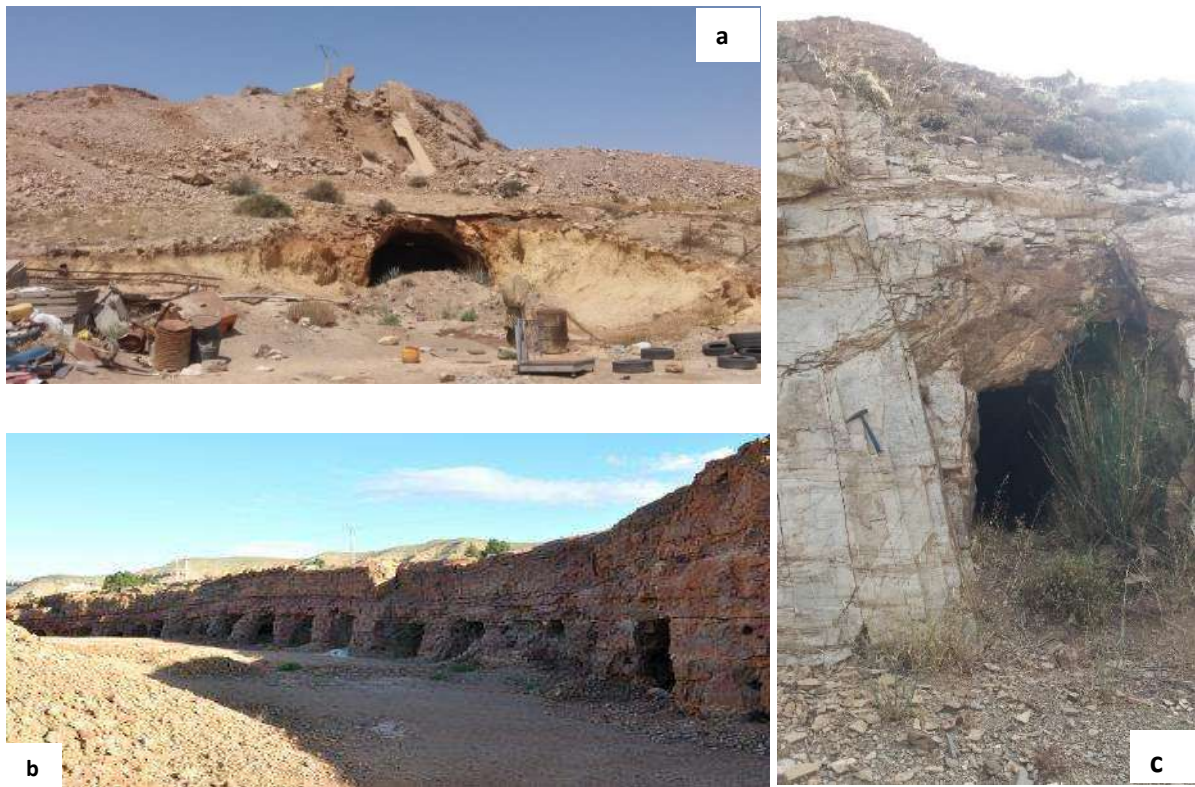


Figure 19 : Photos montrant un exemple de galeries laissées ouvertes sur les sites de Sidi Boubker (a), Mibladen (b) et sidi Lahcen (c)

- **Excavations à ciel ouvert**

Dans le cas d'une exploitation à ciel ouvert comme le cas de la mine de Zaida et de Tansrift, les fosses de carrières abandonnées sans remblayage se remplissent de volumes importants d'eau. Le site de Tansrift renferme trois fosses tandis que celui de Zaida abrite une dizaine de fosses de carrière. En plus du risque de sécurité publique, l'utilisation des eaux remplissant les fosses par les riverains pour l'alimentation en eau potable, l'irrigation, l'abreuvement des cheptels et la baignade constitue un risque potentiel de santé publique (risque d'intoxication métallique). Pour le cas de la mine de Zaida, le risque d'accident devient de plus en plus important en raison de l'expansion de la ville et le rapprochement de la population des zones à risque surtout que les bords des carrières sont abruptes.



Figure 20 : Photo montrant une des fosses de l'exploitation à ciel ouvert de la mine de Zaida

Afin de sécuriser et de réhabiliter ces vides, il est suggéré deux options de restauration notamment le remblaiement (total ou partiel) ou la conversion des fosses en plans d'eau artificiels. Le choix de la solution appropriée à chaque site nécessite des études spécifiques afin de déterminer la faisabilité technique et économique des solutions.

La conversion des fosses des anciennes exploitations à ciel ouvert de Zaida et de Tansrift en plan d'eau constitue une alternative de réhabilitation envisageable d'autant plus que les carrières des deux sites sont déjà partiellement remplies d'eau et que le contexte géochimique est relativement stable (pas de génération confirmée de drainage acide). Il est toutefois nécessaire de vérifier la qualité des eaux et d'évaluer leur aptitude à accueillir une certaine biodiversité. L'objectif final étant de créer un écosystème qui pourrait s'intégrer au paysage et d'assurer son propre fonctionnement naturel à moyen et à long terme.

Les fosses de carrière peuvent également être remblayées totalement comme elles peuvent être réhabilitées par minage et remblayage des pentes uniquement (adoucir les pentes). Le remblayage peut être réalisé avec divers matériaux à condition que ces derniers démontrent une stabilité chimique et physique à court et à long terme. En cas de faisabilité technique du remblayage, *il est suggéré la vérification de la compatibilité des caractéristiques des stériles de découverte excavés initialement et déposés à proximité des fosses (70 millions de tonnes dans le cas de Zaida) pour une utilisation comme remblai.* Le remblayage doit être associé à la mise en végétation des zones remblayées (reboisement éventuellement) afin d'assurer la stabilité physique du remblayage, d'améliorer l'esthétique du site et de permettre son intégration dans le paysage naturel.

Dans le cas où les études démontrent l'impossibilité de remblayage de la fosse ou sa conversion en lac artificiel, il est impératif d'assurer la sécurisation des sites par

condamnation de l'ensemble des voies d'accès et la mise en place d'une clôture et des signalisations de danger au pourtour des fosses en particulier au niveau des zones surplombant les carrières à proximité des fronts.

Il est à noter que, indépendamment de l'option de réhabilitation choisie, une étude de la stabilité des pentes dans le cas de non remblayage de l'excavation et de l'ouvrage dans le cas d'une fosse remblayée ou convertie en plan d'eau doit être réalisée.

2.2 Démantèlement des bâtiments, infrastructures et équipements

Les sites miniers fermés prioritaires abritent encore certains équipements et infrastructures (e.g. chevalement (Kettara et Sidi Lahcen), concasseur (Azegour), laveries (majorité des sites, etc.) et bâtiments hérités de la période d'activité de la mine. Ces installations peuvent comporter des risques de sécurité en plus de constituer une nuisance paysagère et une entrave à la réutilisation de l'espace.

Il est proposé dans le cadre des plans de réhabilitation de chaque site, le démantèlement de tous les bâtiments et toutes les infrastructures de surface à moins qu'un besoin lié au développement socio-économique du territoire ne soit démontré. C'est le cas notamment pour les sites de Sidi Boubker, Zaida et Mibladen-Aouli, pour lesquels une action de valorisation en tant que patrimoine minier est proposée dans le cadre de ce plan. Pour les besoins de cette action, il est recommandé de préserver les composantes nécessaires à la mise en place des musées et visites guidées proposées (objets à exposer, repères et points à visiter, bâtiments, galeries sécurisées (Mibladen)). Cette aspect souligne l'importance de disposer d'une vision claire de l'usage post-fermeture du site bien avant la phase de fermeture.

2.3 Restauration des aires d'entreposage des rejets

La restauration des aires d'entreposage des rejets (stabilisation physique et chimique des rejets) doit être réalisée afin de limiter le transfert des contaminants vers les différents récepteurs (milieu naturel et humain) et d'assurer la stabilité des ouvrages de retenue. Elle permettra également d'assurer la conformité des effluents aux seuils réglementaires ainsi que l'intégration du site dans le paysage et l'amorçage de son usage future.

La restauration des aires de dépôt des rejets concernera uniquement les rejets qui ne montrent aucun potentiel de valorisation. Il s'agit principalement des résidus de la mine de Kettara et des rejets résultant de la dépollution des rejets à des fins de recyclage (éventuellement les sulfures qui seront récupérés du retraitement des rejets d'Azegour et Sidi Lahcen en cas d'absence de potentiel économique pour ces derniers). Les stériles ainsi que les minerais non traités (cas de Mibladen) sont

également concernés pour les actions de stabilisation en cas de la non faisabilité du recyclage et/ou de la réutilisation.

- **Stabilisation chimique**

Les rejets concernés par la restauration sont des matériaux réactifs qui génèrent un DMA. Il est proposé dans ce sens le confinement des rejets par une couverture type stockage et relargage afin de limiter l'infiltration de l'eau et stopper par conséquent l'oxydation des sulfures et la production des eaux contaminées. Ce type de couverture est proposé pour son efficacité démontrée et son adaptation aux sites concernés en l'occurrence le site de Kettara.

il est suggéré l'utilisation des stériles de phosphates pour la mise en place de la couverture. Ce matériau a montré lors de travaux antérieurs une grande efficacité même sous des événements pluviométriques extrêmes (essais laboratoire et parcelles expérimentales sur terrain). Ce matériau possède les caractéristiques lui permettant de faire barrière à l'eau et de stopper la libération des polluants vers l'environnement. Il est en même temps disponibles en grandes quantités et non loin de la mine (site de Gantour à 30 km de Kettara). L'adoption de ce choix de matériau de recouvrement permettrait de réduire considérablement l'investissement nécessaire à la restauration. Les coûts se limiteront dans ce cas aux seuls coûts de transport et d'aménagement.

Le schéma de restauration qui a été proposé pour le parc à résidus de Kettara consiste à rassembler l'ensemble des résidus sur une surface circonscrite par ramassage des résidus grossiers et leur disposition sur les résidus fins. Par la suite, il est nécessaire de procéder au profilage du dépôt des résidus avec la définition des pentes appropriées avant de mettre en place la couverture phosphatée (1 m) (Figure 21).

Le schéma de restauration doit être achevé par la mise en place d'un couvert végétal qui va permettre de lutter contre l'érosion de la couverture et accentuer son pouvoir transpirant en plus de rendre l'esthétique au site et permettre son usage future. L'association végétale *Atriplex semibaccata*, *Vicia sativa* et *Launaea arborescens* pourrait être utilisée vue sa capacité de croissance sur les stériles de phosphates tout en préservant l'intégrité du recouvrement en plus de sa tolérance aux contaminants et sa capacité à les stabiliser.

Il est important d'inclure dans le plan d'aménagement du site des dispositifs de contournement des eaux afin d'éviter les ruissellement vers l'ouvrage bâti.

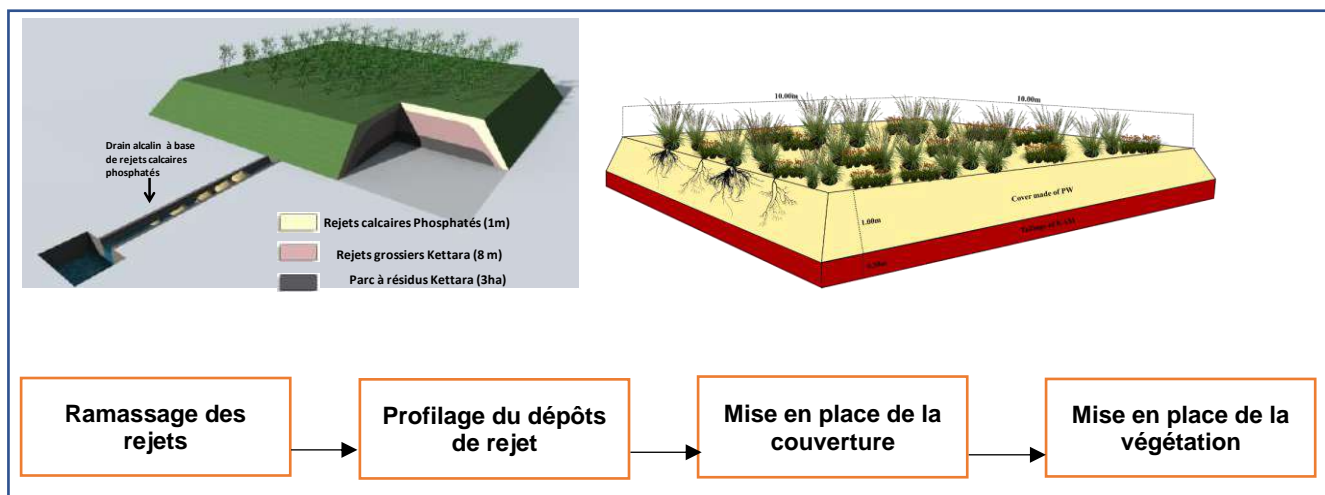


Figure 21 : Schéma global du plan de restauration proposé pour le parc à résidus de Kettara

- **Stabilisation physique**

La sécurité des ouvrages de stockage des rejets et des systèmes de recouvrement qui seront mis en place sur les sites de Kettara et éventuellement d'Azegour et de Sidi Lahcen doit être assurée pour le court et le long terme. Des études techniques de conception et de mise en place des ouvrages sont nécessaires et doivent intégrer l'ensemble des paramètres qui peuvent impacter l'intégrité de ces derniers ou causer une défaillance tels que les conditions climatiques (événements extrêmes, changement climatique), les propriétés géotechniques des matériaux (rejets, sols de fondation et de tout matériel de construction utilisé) et les particularités de l'aire de stockage (topographie, hydrologie, hydrogéologie, fondations, effets sismiques, etc.). Les ouvrages doivent faire l'objet de contrôle de la qualité au cours de la construction et d'un programme d'entretien et de suivi après réhabilitation.

2.4 Gestion des ouvrages de captage des eaux et effluents miniers

Il est nécessaire de mettre en place des ouvrages de captage des eaux de percolation contaminées (produites avant la mise en place des méthodes de gestion) et le détournement des eaux de ruissellement non contaminées. Par ailleurs, les ouvrages de captage des eaux existant initialement sur les sites fermés et qui ne sont plus requis (fossés, bassins collecteurs) doivent être démantelés et au besoin remblayés. Les ouvrages laissés sur le site doivent être stables, sécuritaires et doivent être protégés contre l'érosion à long terme.

Il est également nécessaire de vérifier que les effluents miniers respectent les seuils réglementaires applicables aux rejets notamment les valeurs limites générales des rejets en milieu naturel. En cas de dépassement des seuils, il est nécessaire de traiter l'eau de drainage malgré la mise en place d'une couverture,

jusqu'à ce que les effets de ces eaux de drainage sur l'environnement puissent être considérés comme acceptables. Les traitements passifs (drain alcalin, lits à bactéries sulfatoréductrices, etc.) sont plus appropriés dans cette phase de fin de vie contrairement aux traitements actifs (chaux, coagulants, etc.).

2.5 Gestion des matières résiduelles (déchets autres que miniers)

Les sites miniers fermés prioritaires renferment d'autres types de déchets que ceux provenant de l'exploitation et de l'enrichissement des minerais (ferrailles, plastiques, bois, fus, huiles usagées, etc.) qui ont été abandonnés sur site après la fermeture des mines ou déchargés bien après (déchets ménagers) (Figure 22). Ces déchets constituent une source potentielle de contamination du milieu en plus d'une pollution visuelle confirmée. **Il est nécessaire de procéder à l'assainissement des sites miniers tout en assurant une gestion appropriée de ces déchets.** Certains peuvent être classés dangereux (futs des huiles usées ou de produits chimiques, etc.) et doivent être gérés dans ce cas selon les dispositions légales spécifiques à la gestion des déchets dangereux (transport, élimination, etc.). Les déchets non dangereux (déchets ménager (Zaida), ferrailles, plastiques, bois (Sidi Boubker, Azegour, Kettara, etc.) peuvent être valorisés dans des filières appropriées ou gérés conformément à la réglementation en vigueur (lieu d'enfouissement, etc.).

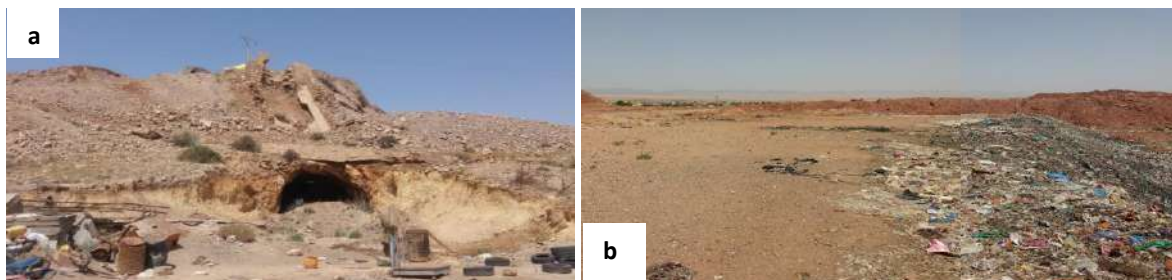


Figure 22 : Photos montrant des exemples de matières résiduelles retrouvées sur les sites miniers a : ferraille abandonnée sur le site de Sidi Boubker, b : déchets ménagers déposés sur le site de Zaida

2.6. Restauration des sols contaminés

La contamination des sols des sites fermés prioritaires est très probable en raison des différentes sources de contamination sur les sites miniers (dépôts de rejets, retombées des polluants atmosphériques au cours des anciennes phases d'activité et dépôts des particules mobilisées à partir des rejets, déversements de substances dangereuses, etc.). Des travaux antérieurs ont mis en évidence une contamination métallique des sols des sites de Sidi Boubker, Kettara et Zaida.

Il est par ailleurs nécessaire de vérifier pour l'ensemble des sites si les teneurs de contaminants atteignent les seuils nécessitant une décontamination. Dans lequel cas, des stratégies de décontamination doivent être mise en place.

L'ajout de substances alcalines (chaux, cendres, boues rouges, etc.), la solubilisation des métaux et la phytoremédiation (utilisation des plantes pour la

décontamination) constituent les méthodes les plus utilisées pour le traitement des sols en cas de contamination métallique. **Il est proposé pour la restauration des sols contaminés des sites miniers l'adoption de la phytoremédiation qui représente une technique écologique qui se confirme de plus en plus pour les opérations de traitement des sols pollués par les métaux (oïdes).** Elle utilise la capacité de certaines essences végétales (métaallopytes) à accumuler de fortes teneurs en éléments métalliques dans leur biomasse (plantes accumulatrices ou hyperaccumulatrices) ce qui permet de les extraire des sols et de réduire les teneurs à des valeurs inférieures aux seuils critiques.

2.7 Mise en place de la végétation

La mise en place de la végétation constitue une étape importante du plan de réhabilitation des sites miniers et concerne aussi bien les sites dont les rejets nécessitent une restauration (Kettara) que les sites dont les rejets seront valorisés. **Ainsi, tous les terrains qui ont été affectés par l'activité minière (site des bâtiments, aires de stockage des rejets, bassins restaurés, surface des routes, etc.) doivent être mis en végétation afin d'en contrôler l'érosion et de redonner au site un aspect naturel en harmonie avec le milieu environnant.** Il est important de souligner que le terrain doit être nivelé de façon à s'harmoniser avec la topographie environnante avant la mise en végétation.

Il est important de noter la nécessité de tenir compte lors du choix des espèces pour la végétalisation des sites de l'emplacement de ces derniers (sur recouvrement des rejets réactifs (générateur de DMA) ou sur des rejets stables chimiquement (non générateur de DMA) ou encore sur les sols avoisinants. Les objectifs et les contraintes de la mise en place du couvert végétal seront relativement différents.

2.8 Suivi et entretien post-restauration

La réhabilitation des sites miniers ne s'achève pas avec la mise en place des différentes actions de restauration et d'assainissement. **il est nécessaire d'élaborer un programme de suivi et d'entretien afin de vérifier la progression de la performance environnementale des travaux de restauration réalisés, de s'assurer de la pérennité des ouvrages ainsi que d'évaluer l'atteinte de l'état satisfaisant du site minier.**

Il est proposé que le programme de suivi environnemental inclut le suivi de la qualité des eaux de percolation, des eaux souterraines et des sols ainsi que la réalisation de suivi et d'entretien de l'intégrité des ouvrages (parcs à résidus après recouvrement) pour les sites concernés (Kettara et éventuellement Azegour et Sidi Lahcen). Il est également nécessaire d'assurer l'évaluation de l'efficacité de la

couverture mise en place (efficacité de rétention d'eau) et le suivi du couvert végétal.

Pour les sites qui ne contiendront aucune aire de stockage des rejets (valorisation de la totalité des rejets), le suivi portera principalement sur les paramètres environnementaux (qualité des eaux et sols) et le maintien du couvert végétal.

Il est à noter toutefois, la nécessité pour l'ensemble des sites, de la réalisation d'opérations de suivi et d'entretien de l'intégrité de tout ouvrage présentant un risque telles que les vides remblayés (fosses, galeries, etc.) ou les équipements maintenus sur site pour des raisons socioculturelles ou économiques.

2.9 Préparation de l'usage future des sites

La réhabilitation des sites miniers doit se faire de façon à garantir un état permettant une utilisation future des terres. De nouvelles opportunités environnementales et socio-économiques peuvent être dérivées de mines fermées ou abandonnées. Le choix des possibilités de conversion et de valorisation des anciens sites miniers dépendra du potentiel offert par le site (localisation, histoire, patrimoine, espaces, autres richesses, etc.) et des impératifs du développement socioéconomique de chaque région ou commune.

Pour les zones à faible densité de population et éloignée des centres urbains à expansion rapides (Erdouz, Azegour, Mibladen-Aouli, Tansrift), les espaces remis en état peuvent être utilisés pour une agriculture ou pâturage contrôlés (si absence totale de contaminants) ou être préservés pour un retour à l'écosystème naturel. Par ailleurs, dans les zones densément peuplées ou promue à une forte pression démographique (Zaida, Sidi Bou Othmane, Kettara), les sites miniers réhabilités peuvent être utilisés pour décongestionner les centres urbains. Ils peuvent être convertis en centres d'agrément social, tels que des parcs, des terrains et espace de sport ou de scènes artistiques comme ils peuvent être convertis en parcs industriels ou même résidentiel si absence d'aléas.

Les excavations peuvent être valorisés en entrepôts, réservoirs, ou encore en bioréacteurs (production de l'énergie à partir du méthane produits par déchets ménagers).

Il est à noter toutefois, que toute réutilisation des sites miniers fermés nécessite préalablement des études de stabilité des terrains et des vides comblés.

Dans ce sens, des études au cas par cas, pour l'évaluation des potentialités en terme de reconversion des anciens sites miniers sont nécessaires afin de statuer sur l'option la plus appropriée en considérant l'ensemble des paramètres et particularités du site notamment géographique, environnementale, sociale et économique. Ces études doivent être menées en concertation et en coordination avec l'ensemble des départements concernés (mines, environnement, culture,

tourisme, etc.), les parties prenantes locales (région, province, commune) et les représentants des populations.

Il est à noter que la valorisation des rejets proposée par ce plan d'action permettra la libération d'un foncier qui fait souvent défaut et qui va favoriser davantage la planification des nouveaux usages des sites miniers fermés.

La détermination des nouveaux usages pour les sites miniers fermés prioritaires a été amorcé au cours de ce plan d'action et a porté sur l'évaluation des potentialités de valorisation des sites en tant que patrimoine minier. Cet aspect sera présenté dans la partie suivante.

3. Actions pour la valorisation du patrimoine minier

La valorisation du patrimoine industriel minier constitue un élément significatif et productif permettant d'assurer la reconversion des régions minières. Ce patrimoine peut être un facteur de redéveloppement de ces territoires qui souvent se sont retrouvés dans une situation socio-économique difficile après la fermeture des mines.

A l'échelle du Maroc, la préservation du patrimoine minier n'est pas encore très ancré dans les pratiques. L'héritage des anciens sites miniers n'a malheureusement pas été assez protégé et sa mise en valeur non concrétisée. Les actions proposées dans le cadre de ce plan d'action vise à contribuer au redressement de cette situation.

3.1 Choix des sites pour valorisation patrimoine

Avant de proposer des actions pour la valorisation du patrimoine minier pour les sites fermés prioritaires, il était nécessaire d'identifier les sites pertinents et présentant un fort potentiel à mettre en avant. Pour se faire, nous avons considéré un certain nombre de critères notamment l'absence de potentiel minier, la valeur symbolique du site, l'aspect informatif et l'aspect architectural et esthétique du site.

Les sites présentant un potentiel minier confirmé ou probable ont été les premiers à écarter. Ainsi, des réserves confirmées et/ou probables ont été rapportées pour Azegour, Kettara et Tansrift. Les sites de Sidi Lahcen et Sidi Bou Othmane présentent également un potentiel minier très probable (DM. 1990, Ibouh et al. 2012).

Les sites qui ne possèdent pas de potentiel minier, sont évalués sur la base des critères présentés plus-haut. Il en ressort que le site d'Erdouz offre peu de potentialité en raison d'une histoire minière peu pesante, d'un patrimoine architecturale, technique, dégradé et surtout d'une accessibilité très difficile étant

donné sa situation géographique (à 2 700 m d'altitude) et l'absence de route praticable.

Par conséquent, il est proposé pour la valorisation du patrimoine minier les sites de Sidi Boubker, Mibladen-Aouli et Zaida. Les mines de Zaida et Mibladen-Aouli présentent une proximité géographique et une histoire minière commune ou similaire ainsi que des similitudes géologique, culturelle et socioéconomique. Il est jugé plus pertinent de proposer un schéma de valorisation qui rassemble les trois sites miniers et qui sera présenté dans la partie suivante.

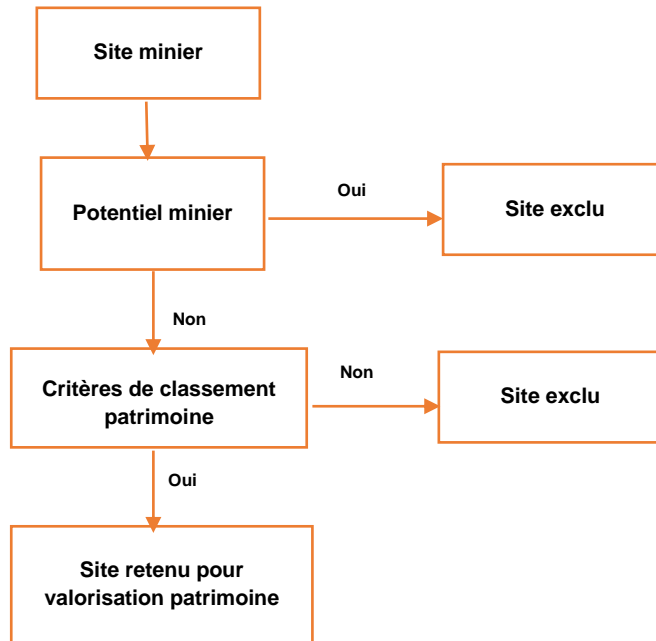


Figure 23 : Schéma adopté pour le choix des sites pour une valorisation patrimoniale

3.2 Actions pour la valorisation du patrimoine des sites retenus

3.2.1 District minier de Zaida-Mibladen-Aouli

Le district de Zaida-Mibladen-Aouli présente plusieurs atouts qui font de lui un site privilégié pour une valorisation autant que patrimoine minier notamment l'histoire minière du site et sa valeur symbolique, l'héritage industriel et architectural minier et le patrimoine minéralogique et géologique.

Il est proposé une stratégie de valorisation de l'héritage minier des mines de Zaida, Mibladen et Aouli par la création d'activités culturelles, touristiques et commerciales au tour de ce patrimoine minier. **Le schéma de valorisation proposé inclut plusieurs composantes interdépendantes et qui consistent en la création d'un musée de la mine, le développement de visite et d'activités autour de l'héritage minier sur les trois sites miniers, l'exploitation du patrimoine géologique et la mise en valeur du patrimoine minéralogique.** Ces composantes peuvent faire l'objet d'une promotion du patrimoine de la région autant qu'un seul ensemble (package), comme elles peuvent être promu par leur attrait individuel.

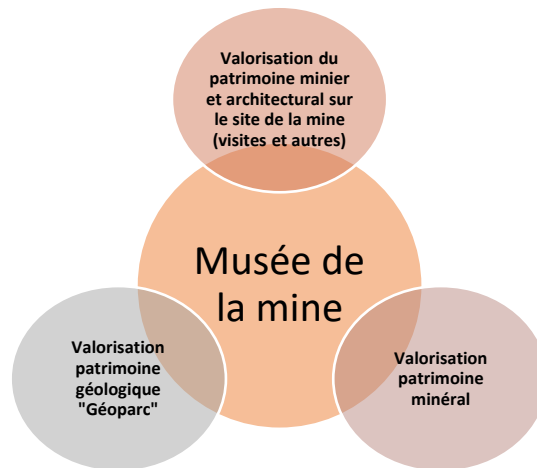


Figure 24 : Schéma de valorisation-patrimoine proposée pour le district minier de Zaida-Mibladen-Aouli

- **Création d'un musée de la mine** : le musée constituera le cœur du projet de valorisation du patrimoine minier de la région. L'histoire minière y sera racontée. Les documents et objets qui y seront exposés viendront l'appuyer et l'étayer et doivent donner au visiteur l'envie de s'imprégner davantage et de découvrir d'autres composantes de l'histoire et la culture sur le terrain. Un auditorium et un parcours d'exposition peuvent être envisagés avec des espaces consacrés pour chacun des trois sites.

Il est toutefois important de noter qu'un musée, est au-delà d'une exposition de collections, c'est avant tout une mémoire de toute une population. Un musée ça raconte une histoire et des vécus. Il est impératif de prendre les dispositions nécessaires à sa bonne conception par des professionnels muséographes et scénographes. Ces paramètres réunis peuvent assurer la réussite du projet et garantir son attractivité.

- **Développement d'activités culturelles et touristiques autour du thème de la mine** : ces activités pourraient être proposées comme suite du projet du musée ou indépendantes. Elles peuvent consister notamment en un circuit de visite des trois sites miniers et de leurs héritages. Les itinéraires peuvent inclure des «points d'ancrage» dont le musée, avec de nombreux points d'observation. Ces points peuvent inclure les lieux de l'ancienne exploitation (galeries et vues sur les fosses), les sites de traitement de minerais (usines, laverie, ateliers, etc.) ainsi que les lieux de vie des anciens mineurs (cités minières).

Les sites peuvent également héberger des événements scientifiques ou artistiques. Les entrées des galeries en surface de Mibladen peuvent être, à titre d'exemple, mise en valeur dans ce sens à condition que les évaluations préalables des aléas l'autorise et à condition que ces activités respectent toutes les composantes écologiques de la région.

- **Création d'un Ecomusée ou « Géoparc »** : le terme géoparc n'est pas utilisé dans le présent rapport dans le sens de classification des géoparc de L'UNESCO mais pour signifier un espace à forte valeur géologique à l'échelle national couplée à une richesse patrimoniale et culturelle et qui mérite d'être mis en valeur. Ériger le district Zaida-Mibladen-Aouli en géoparc national va permettre la mise en place des mesures de sa

protection et de sa promotion. Le site pourra constituer le support d'activités touristiques d'un public sensible à ces aspects géologique et écologique en plus de support d'activité éducatives et de recherches scientifiques. Des circuits géologiques bien établis doivent être définis par les scientifiques en concertation avec les promoteurs touristiques.

- **Promotion du patrimoine minéral** : les minéraux de la région Zaida-Mibladen-Aouli présentent une importante ressource naturelle qui a fait la réputation de la région à l'échelle nationale et internationale principalement grâce à la vanadinite. Malheureusement, l'exploitation de ces minéraux se déroule jusqu'à aujourd'hui d'une façon illicite et en absence totale des conditions de sécurité pour les mineurs clandestins. Ces derniers empruntent les anciennes galeries ou en creusent de nouvelles au péril de leurs vies.

Il est proposé de structurer et de développer de nouveaux modèles économiques autour des minéraux ainsi que de promouvoir et de mettre en avant ce patrimoine aussi bien auprès des collectionneurs avérés qu'auprès des amateurs. Il serait nécessaire de commencer par la mise en place de dispositifs juridiques permettant de structurer et de réglementer l'exploitation et garantir la protection des personnes et des ressources naturelles. Des autorisations d'exploitation peuvent être octroyées à des personnes morales ou au profit de coopératives assorties d'exigences environnementales, de sécurité et de quotas bien spécifiées. Si le choix se tourne vers la création de coopératives pour l'exploitation du minerai, il est suggéré de profiter du retour d'expérience des coopératives créées pour l'exploitation du charbon de Jerada notamment en terme de contraintes rencontrées.

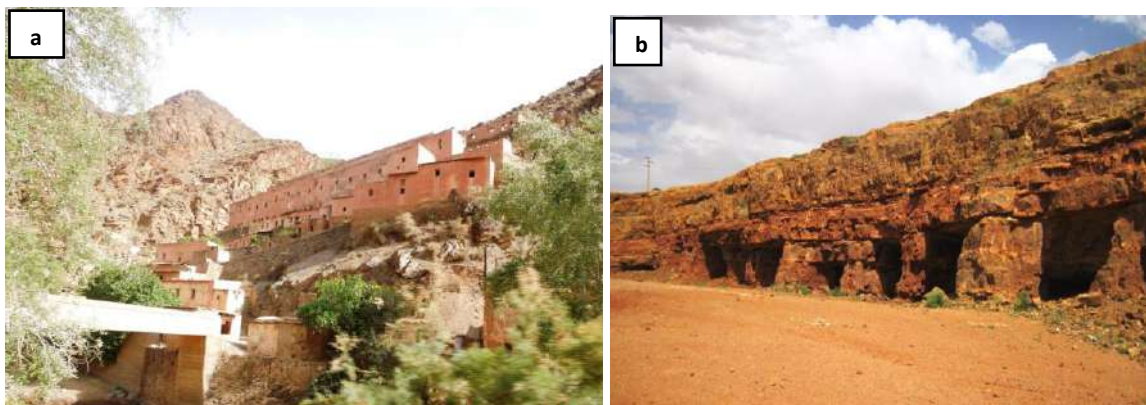


Figure 25 : Photos montrant la cité ouvrière sur le site d'Aouli (a) les galeries typiques de Mibladen (b)

La mise en place de ce projet de valorisation du patrimoine en général constituerait un moteur du développement et de la création d'emploi à l'échelle local et régional. En plus des emplois directs liés aux fonctions du musée, des visites et de l'extraction du minerai et sa commercialisation, la dynamique créée pourra engendrer un entrainement d'attractivité immobilière, commerciale et touristique. Les richesses culturelles, artisanales et culinaires locales peuvent se greffer et enrichir l'offre et l'attractivité de la région.

Les actions proposées doivent être promues auprès du grand public mais particulièrement auprès des touristes (internes et externes) adeptes du tourisme culturel, du géotourisme et de l'écotourisme.

3.2.2 Site de Sidi Boubker

Le site de l'ancienne exploitation de Sidi Boubker possède une histoire et un héritage miniers qui méritent d'être mis en valeur, reconnu et connu du grand public. Cependant, un projet de parc muséologique est déjà prévu sur le site de l'ancienne mine de charbon de Jerada (1927-2001) dont les travaux de construction sont lancés. Le site Sidi Boubker fait partie, avec la mine de Jerada et la mine plombo-zincifère de Touissit (1926-2002), d'un même district à forte histoire minière. Prévoir deux musées de la mine dans un seul district minier et dans la même commune ne paraît pas approprié.

Il est suggéré que le site de Sidi Boubker soit intégré au projet muséologique de Jerada. Ce dernier pourrait promouvoir toute la région minière. Le musée pourrait consacrer des espaces d'exposition pour les sites miniers de Sidi Boubker (et Touissit) en plus du site principale (Jerada) avec un parcours de visite commun retraçant l'histoire minière de ce pôle industriel minier de la région.

La mise en place de ce projet muséologique va contribuer à la renaissance économique de la région et à l'augmentation de son attractivité. Elle permettra également de rétablir la fierté de la population par rapport à son histoire.

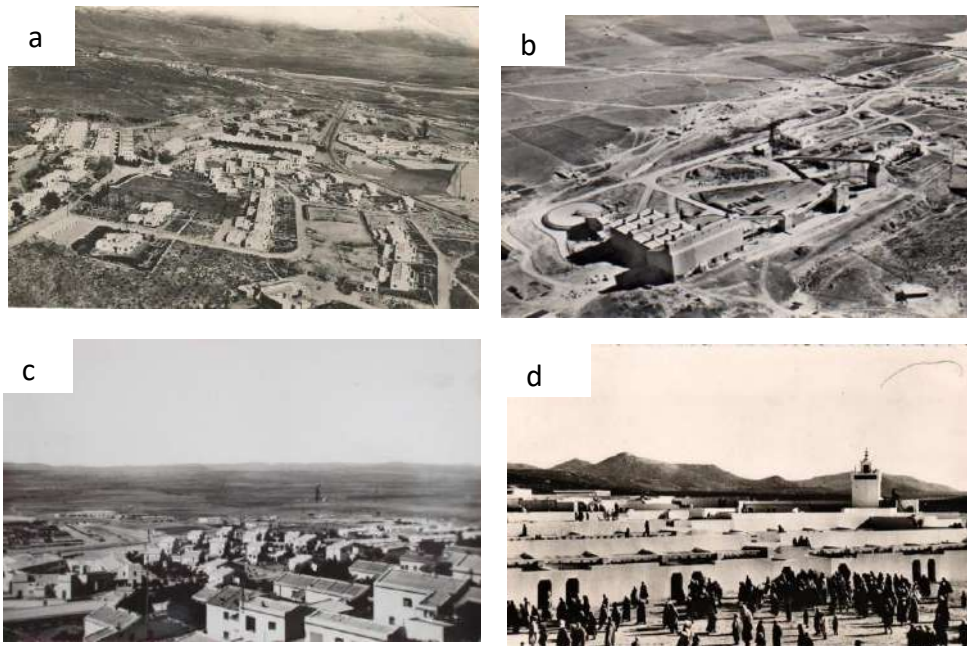


Figure 26 : Photos montrant le site de Sidi Boubker et ses installations et cités minières (a : vue aérienne du site, b : usine de traitement, c : cité minière des cadres et d : cité minières des ouvriers)

3.3 Actions préalables à la valorisation du patrimoine des sites retenus

La mise en place du projet de valorisation du patrimoine du district minier Zaida-Mibladen-Aouli et celui du site de Sidi Boubker nécessite plusieurs actions en amont afin de garantir sa réussite. Ces actions portent principalement sur :

- Implication et sensibilisation de la population à l'importance du « projet valorisation du patrimoine » et ses répercussions globales sur la région afin d'assurer son acceptation du projet et sa contribution à sa réussite.
- Régler le problème de la stabilité des terrains de la zone de Sidi Boubker et la sécurisation de l'ensemble des territoires afin d'assurer la sécurité de la population et des futures visiteurs. Les travaux de sécurisation doivent être suivis par des contrôles de la stabilité des vides réhabilités et de l'absence de risque d'aléas (affaissement, effondrement, etc.).
- Recenser et mettre à niveau les bâtiments : il est nécessaire d'identifier l'ensemble des bâtiments existant sur les sites miniers et de choisir ceux qui doivent être gardés pour le projet de valorisation du patrimoine. Les bâtiments et cités minières, qui sont dans un état dégradé et délabré, doivent être mis à niveau en veillant au respect total de leur authenticité (préserver l'âme de leur état architecturale de l'époque).
- Assurer la réhabilitation correcte des sites minier : une fois les sites sécurisés, les rejets miniers valorisés, les travaux de réhabilitation porteront principalement sur le démantèlement de l'infrastructure et bâtiments non jugés utile au projet muséologique, la décontamination des sols et la mise en place du couvert végétal.
- Recenser les archives et les objets de la mine existants et rechercher et récupérer ceux perdus (pillés et vendus). Il est nécessaire de commencer par inventorier et classer

l'existant en termes de documents et objets liés à l'ancienne époque d'exploitation (collections géologiques, cartes, photos, outils utilisés par les mineurs, documents équipements, etc.). Cette étape est importante pour retracer et concevoir l'histoire qui sera raconté et aussi pour la sélection des objets pertinents à exposer au musée.

- Améliorer l'infrastructure d'accueil notamment les routes d'accès, l'hébergement, la restauration et les commerces de première nécessité.



Figure 27 : Photo montrant l'état dégradé de la cité ouvrière de Sidi Boubker

4. Évaluation économique

L'étude économique a porté sur les actions proposées pour la valorisation des rejets des neuf sites miniers fermés prioritaires. La faisabilité et l'attrait économiques de ces actions ont été évalués en considérant aussi bien l'estimation de la valeur économique des rejets que celle des investissements nécessaires pour leur valorisation, comme expliqué ci-après :

- **Évaluation économique de la matière potentiellement récupérable.** Pour cette estimation, ont été considérés les éléments et hypothèse suivants :
 - Le tonnage métal qui sera récupéré estimé sur la base de la teneur moyenne de l'élément d'intérêt et de la quantité totale des rejets.
 - La valeur des concentrés de métaux est estimée en considérant que les concentrés qui seront récupérés ont une teneur moyenne et ce afin de ne pas surestimer le potentiel. Sachant que la possibilité de production de concentrés à plus forte teneur n'est pas exclue.
 - La valeur économique potentielle des concentrés qui seront récupérés suite aux opérations de dépollution n'a pas été considérée vu l'absence de certitude sur leur valeur marchande (Sidi Boubker, Zaida, Mibladen-Aouli). Néanmoins, la valeur de ces concentrés doit être évaluée lors des études spécifiques.
- **Évaluation économique de la matière potentiellement utilisable (granulats).** Pour cette estimation, il a été considéré que le volume des rejets restant après récupération des éléments d'intérêt économique ou nocifs. Pour le rejet du site Erdouz, l'estimation a concerné le volume total étant donné l'absence de retraitement. Il est à noter que pour le cas de Mibladen-Aouli où les résidus présentaient une forte teneur en fines, le scénario avec une opération de lavage de sable a été également estimé.

- **Estimation des coûts d'investissement** et d'opérations nécessaires pour exploiter les rejets (études, construction et commissioning, production, etc.). L'estimation a tenu compte des deux scénarios (procédés) proposés pour la récupération de la substance utile pour les sites concernés (unité de traitement, réactifs, etc.). Cette approche permet de vérifier si l'action de récupération reste toujours faisable d'un point de vue économique et en même temps, elle permet de donner un ordre de grandeur de l'investissement nécessaire même dans le cas le plus pessimiste (si la technique la moins coûteuse ne s'est pas avérée efficace). Les essais et compléments d'analyses permettront de statuer plus sûrement sur l'option appropriée et son coût.

Pour l'exploitation des granulats, l'estimation de l'investissement a inclut les coûts relatifs aux stockage et au transport des matériaux.

Il est important de rappeler que les estimations réalisées et les conclusions qui en découlent ont été basées sur un certains nombres d'échantillons prélevés sur chaque site. La confirmation de ces potentiels par des échantillonnages et analyses plus étalés reste nécessaire.

Comme montré dans le tableau 12, les actions de valorisation qui ont été proposées paraissent viables économiquement et permettraient de dégager des bénéfices d'ampleur différente et ce pour l'ensemble des rejets ayant un potentiel de recyclage. ***Il est important de rappeler que l'objectif principal derrière ces opérations de valorisation des rejets est d'ordre environnemental et de libération du foncier. Par conséquent, même pour les rejets ayant un faible potentiel économique, le recyclage resterait une solution à prioriser et à encourager par les outils incitatifs nécessaires. Dans le cas contraire, il serait nécessaire de plutôt investir pour restaurer et maîtriser convenablement ces rejets.***

Les sites de Sidi Boubker, Zaida, Mibladen-Aouli et Azegour paraissent les plus rentables malgré les coûts relatifs à la dépollution des rejets.

Ainsi, l'évaluation montre que le site de Sidi Boubker présente un fort potentiel économique qui pourrait atteindre 2.5 à 4,4 Milliards Dh grâce à la récupération du zinc et au volume important de sable disponible. L'exploitation des résidus de Zaida et de Mibladen-Aouli comme sable secondaire pourrait également dégager une rentabilité significative de l'ordre de 533-566 millions Dh (coût de dépollution inclut). Les estimations affichent pour le site d'Azegour un gain net de 664 MDh en lien particulièrement à sa forte teneur en un minerai à forte valeur économique (molybdène).

Les rejets de Sidi Bou Othmane est malgré leurs fortes teneurs en zinc, dégage moins de résultat net en raison de leur volume relativement faible. Le retraitement de ce rejet riche par une exploitation déjà en place à proximité du site pourrait constituer une alternative intéressante à évaluer (Site de Guemassa par exemple). Cette alternative devrait également être étudiée pour les rejets de Sidi Lahcen avec les compagnies qui s'installent dans la région.

Tableau 12 : Évaluation du potentiel économique des rejets pour les sites fermés prioritaires

Sites miniers	Valeur métal récupéré (MDH)	Coûts d'investissement récupération métal (MDH)	Bénéfice métal (MDH)	Valeur granulats (MDH)	Coût investissement granulats (MDH)	Bénéfice Granulats (MDH)	Total valeur (MDH)	Total investissement (MDH)	Total Bénéfice (MDH)
Sidi Boubker	1 020,6 – 2 960	438 – 532*	489–2 427	2 384	353	2 030	3 404 –4 990	842– 885	2 519- 4 457
Sidi Lahcen	11,3 – 13,2	3,8 – 5,0*	7,5 – 8,3	7,9	1,2	6,7	19-21	5 – 6,2	14,2-15
Zaida	-	145 **	-	848	126	722	848	271	577
Mibladen-Aouli	-	151**	-	841	124	717	841	275	566
Azegour	704	75,6*	628	42	6	36	746	82	664
Erdouz	-	-	-	44	20	24	44	20	24
Sidi Bou Othmane	9,9	8,1 – 8,3	1,6 – 1,8	5,82	0,86	5	15,7	8,9-9,2	6,3 – 6,5
Tansrift	264	26	238	186	28	158	450	53	396

*Coût inclut la dépollution des rejets

**Coût uniquement pour la dépollution des rejets



**Mines fermées autres que les sites
prioritaires**

Les potentiels polluants et valorisables des rejets sont variables d'un site à un autre dépendamment du contexte géo-climatique du site et des pratiques minières utilisées à l'époque de l'exploitation. Les actions de maîtrise environnementale ainsi que celles de valorisation ne peuvent être extrapolées. Un plan de gestion, qui peut intégrer plusieurs solutions, doit être élaboré pour chaque site.

1. Estimation du gisement rejets

Les mines fermées (165 mines) ont généré environ 108 millions de tonnes de résidus de traitement et 221 millions de tonnes de stériles. Les sites ayant les plus importants tonnages de rejets ont été déjà pris en compte dans la proposition des actions pour les sites fermés prioritaires du plan d'action (Sidi Boubker, Zaida, etc.). Les sites fermés restants présentent des quantités très variables de résidus allant de quelques milliers de tonnes à plusieurs centaines de milliers de tonnes. **La valeur économique des rejets dépend de leur volume. Il est donc primordial de déterminer les quantités de rejets réellement disponibles avant tout prise de décision quant aux actions de gestion appropriées.** Ainsi, pour les sites qui présentent des tonnages importants, l'évaluation du potentiel des rejets à la valorisation peut être réalisée. Dans le cas de faibles quantités de rejets, la valorisation ne serait pas justifiée et le rejet doit être restauré convenablement en fonction de son potentiel polluant (générateur ou non de DMA/DNC) (Figure 28).

La détermination des quantités de rejets pour les mines fermées doit se faire sur le terrain selon les techniques appropriées. Les estimations faites sur la base des bilans matière et du facteur de rendement ne reflètent souvent pas la réalité après des dizaines d'années d'abandon. Les rejets ont été emportés en quantités plus en moins importante en fonction des conditions locales. Dans certains sites accidentés, la totalité des résidus a été dispersée et emportée par les eaux (cas rencontrés pour les mines fermés prioritaires d'Azegour et d'Erdouz). Dans d'autres cas, les résidus sont exploités illicitement dans la construction ou utilisés pour le remblayage ce qui pourrait réduire significativement leur quantité. Pour les stériles, la détermination des quantités directement sur site est davantage nécessaire étant donné que les estimations ne sont pas applicables.

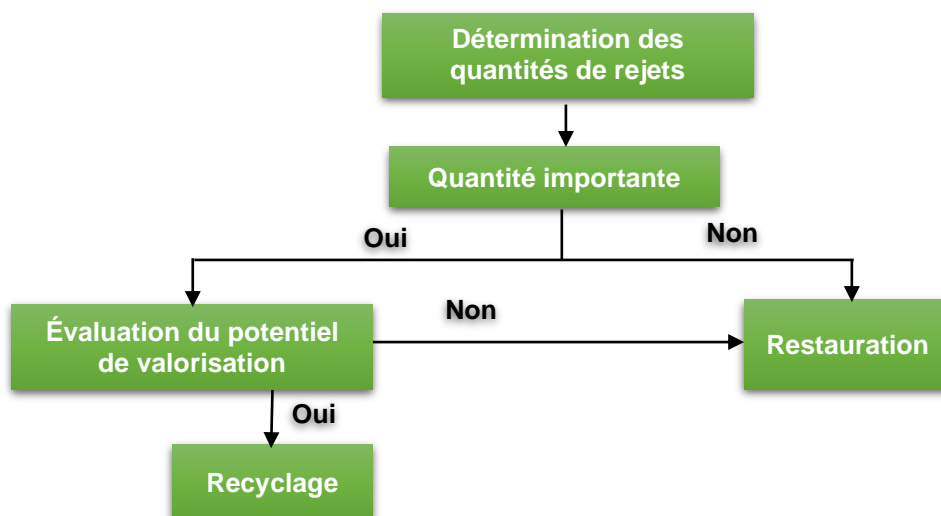


Figure 28 : Processus d'orientation des actions de gestion des rejets pour les mines fermées

2. Actions pour la valorisation des rejets

La détermination des actions pour la valorisation des rejets nécessite la détermination des propriétés des rejets, l'évaluation du potentiel valorisable et de l'admissibilité du rejet à la valorisation.

2.1 Détermination des caractéristiques des rejets

Dans le cas des mines fermées, les données relatives aux rejets sont quasi-inexistantes (quantité, caractéristiques, lieu et techniques d'entreposages, etc.). Il est par conséquent nécessaire de déterminer initialement l'ensemble des caractéristiques.

Sur ce plan, il est soulevé la nécessité d'instaurer, par les opérateurs miniers et les départements de tutelle, des mesures pour la détermination et l'archivage des données et caractéristiques détaillées des rejets et ce pour les besoins actuels et surtout futures connus ou non connus de notre époque.

Il est à noter la nécessité de déterminer les caractérisations pour les stériles également. Le plus souvent, l'intérêt est porté uniquement sur les résidus que ça soit pour les évaluations des impacts que pour les études de valorisation. Les stériles miniers peuvent constituer des gisements aussi attrayant économiquement d'autant plus que leur volume sont généralement plus important. Ils peuvent correspondre à des minerais « pauvres » de l'époque de l'exploitation mais qui comportent encore des teneurs importantes de l'élément exploité ou en d'autres substances à attrait économique. Les stériles peuvent dans d'autres cas, principalement pour les stériles de découverte, être comparables aux sols naturels et exempte de contamination, ce qui leur confère un haut potentiel de recyclage sécuritaire.

Les caractéristiques à déterminer d'une manière conjointe sont synthétisées comme suit (plus de détail sur le type de caractérisations nécessaires est donné dans le tableau 13) :

- **Caractérisations pour identifier l'existence d'un potentiel valorisable** : éléments en teneurs économiques à récupérer et/ou potentiel granulats à utiliser en substitution.
- **Caractérisations pour vérifier l'admissibilité environnementale à la valorisation** : consiste à évaluer le comportement environnemental des rejets et leur classification en terme de dangerosité. Nécessaire pour déterminer la compatibilité à un recyclage matériaux alternatifs.
- **Caractérisations pour vérifier l'admissibilité technique à la valorisation** : consiste à vérifier si les caractéristiques des rejets sont conformes aux exigences normatives en fonction de l'utilisation prévue (cas de substitution de granulats naturels). Nécessaire pour confirmer le potentiel à la valorisation.

La pertinence des caractéristiques des rejets et par conséquent celle des actions qui seront décidées dépendent de la représentativité des échantillons considérés. Il est extrêmement important d'adopter une méthode standard pour l'échantillonnage tenant compte du caractère hétérogène des parcs à résidus et des haldes à stériles et de leurs grandes variabilités horizontale et verticale.

2.2 Évaluation du potentiel de valorisation et détermination des actions

Le potentiel de valorisation doit être évalué pour chaque site présentant des quantités significatives en se basant sur les caractéristiques des rejets préalablement déterminées.

Le potentiel recherché pourrait correspondre à un métal/minéral présent à de fortes teneurs et potentiellement récupérable ou bien à une capacité de substitution de matière ou énergie.

Dans le cas de récupération, les stocks de rejets doivent être évalués comme pour les gisements primaires en fonction de la quantité et de la qualité (teneur) du gisement ainsi que de la faisabilité technique de l'enrichissement. Il faudrait tenir compte lors de l'évaluation économique du fait que l'exploitation des gisements secondaires nécessite rarement des coûts de préparation (concassage et broyage) avec absence des coûts d'exploitation (extraction du minerai). Ce qui peut rendre rentable l'exploitation de gisements même à plus faibles teneurs (teneur de coupure peut être revue à la baisse).

La proximité des mines fermées d'une exploitation en activité rendrait la reprise des anciens rejets plus rentable économiquement en raison de l'économie sur les dépenses relatives à la mise en place des unités de traitement et de l'infrastructure nécessaire.

Dans le cas de valorisation matériaux de substitution, l'évaluation doit se faire sur la base du volume utilisable et de la qualité des matériaux (caractéristiques).

Une fois le potentiel à la valorisation est confirmé, les actions appropriée doivent être décidées pour chaque rejet (résidus, stériles, minerais non traités) et pour chaque site. L'approche globale utilisée dans le plan d'action pour la détermination des actions pour les sites fermés prioritaires est valable pour le reste des sites fermés. Elle permet d'assurer un recyclage à valeur économique tout en étant sécuritaire pour l'environnement naturel et humain (cf. paragraphe III.1.2).

Dans le cas des rejets à faibles potentiels de valorisation, il est nécessaire de procéder à la restauration de leurs aires de stockage en fonction de leur potentiel contaminant.

Il est important de noter que même si dans certain cas le recyclage des rejets miniers peut avoir une valeur économique peu motivante pour les investisseurs, leur valorisation permet de solutionner plusieurs problèmes et peut avoir des retombées directes et indirectes notamment d'ordre environnementales, de santé des populations et de la libération du foncier. Des mesures incitatives doivent être instaurées afin d'encourager l'investissement dans le recyclage des gisements et carrières secondaires (principalement ceux à faible potentiel) qui peuvent en plus contribuer à la relance économique dans les régions minières souvent enclavées.

3. Actions pour la réhabilitation et la préparation des nouveaux usages

Les sites fermés représentent un réel risque pour la sécurité des populations en raison des ouvertures, galeries, terrains instables, etc. A cela s'ajoute, les risques environnementaux potentiels liés aux rejets abandonnés.

Les rejets réactifs doivent être maîtrisés et leurs aires de stockage restaurées. La stabilisation par recouvrement type stockage relargage est la plus appropriée pour la majorité des mines au Maroc. La possibilité de l'utilisation des matériaux alternatifs (stériles des phosphates, autres rejets) pour le recouvrement doit être étudiée pour les sites situés à proximité des unités de production afin de réduire les coûts de la restauration.

Des actions de réhabilitation doivent être planifiées et mise en œuvre pour l'ensemble des mines fermées indépendamment de leur potentiel valorisable des rejets. La réhabilitation doit porter sur la sécurisation des zones excavés, l'assainissement des sites (démantèlement des bâtiments, équipements, etc.), la restauration des parcs à résidus pour les rejets non recyclables, la décontamination

des sols et la végétalisation du site (*Plus de détails sur les actions de réhabilitation sont donnés dans la partie III.2*). **Les actions de sécurisation des sites (remblayage des puits, fosses, galeries, etc.) sont prioritaires et ne doivent pas nécessairement attendre la mise en place du plan de réhabilitation en sa totalité.**

La réhabilitation doit être réalisée en tenant en compte l'utilisation prévue pour le site afin d'adapter certains éléments aux nouveaux usages des sites. La conversion des anciens sites miniers doit permettre la mise en place des alternatives pouvant assurer le développement des territoires miniers sur la base des potentialités de chaque site et des priorités locales (valorisation patrimoine minier, reconversion en zone urbaine, pastorale, industrielle ou juste un retour à l'écosystème naturel).



Mines en activité

Au Maroc, les pratiques de gestion des rejets miniers restent en grande partie tributaires des orientations stratégiques de chaque compagnie minière en raison de mesures réglementaires peu contraignantes et lacunaires. Cette situation a engendré des écarts significatifs de gestion des rejets entre sites miniers allant de l'absence/faiblesse des mesures à des cas de mise en place de mesures plus poussées.

La loi 33-13 relative aux mines a instauré l'obligation du plan de fermeture qui doit comporter entre autre mesures, la restauration adéquate des aires de stockage des rejets miniers.

Les compagnies minières ont tout à gagner en anticipant la fermeture et en adoptant des stratégies intégrées de gestion de leurs rejets intégrant la réduction en amont des volumes de rejets qui nécessiteront le stockage et la restauration et en optimisant le recyclage et la réutilisation (Figure 29).

Mais indépendamment des considérations réglementaires, la valeur des rejets miniers devrait être reconsidérée et leur gestion devrait être perçue, de la même façon par l'ensemble des opérateurs, comme une opportunité qui permettrait de prolonger la chaîne de valeur et la durée de vie de la mine, de gagner en économie d'approvisionnement en matières premières, de réduire les redevances, de développer le savoir-faire, d'améliorer les relations avec les parties intéressées en plus de contribuer dans la création de nouvelles richesses et le développement des régions.

Sur ce plan, des instruments et des mesures doivent être mis en place par les parties prenantes (FDIM, opérateurs miniers, État, etc.) afin de promouvoir les stratégies de valorisation des rejets miniers auprès de l'ensemble des acteurs miniers et en particulier afin d'accompagner les petites et les moyennes entreprises minières pour l'instauration et le maintien de ces pratiques.



Figure 29 : Schéma proposé pour une gestion intégrée des rejets miniers pour les sites en activité

Dans ce sens, ce plan d'action, s'est arrêté sur la proposition des actions se rapportant particulièrement à la valorisation des rejets et à la restauration des aires de stockage de ces derniers ainsi qu'à la préparation de la réhabilitation globale des sites pour la fin de vie. Les actions sont proposées d'une manière commune pour l'ensemble des mines en activité au Maroc, et sont de ce fait générales. ***Les compagnies minières en activité sont concernées par l'ensemble ou***

une partie des actions proposées dépendamment de leurs pratiques existantes et du degrés de maturité de leur système de management environnemental en général.

1. Actions pour la valorisation des rejets

La valorisation doit être érigée au premier rang des modes de gestion des rejets après la réduction à la source et les opérateurs devraient en faire un enjeu stratégique. Les efforts qui doivent être consentis portent en grande partie sur l'évaluation et la confirmation des possibilités de valorisation et sur l'optimisation et l'augmentation de ces possibilités lorsqu'elles ne sont pas évidentes.

1.1 Évaluation du potentiel valorisable

Les opérateurs devraient procéder dans un premier temps à la caractérisation des rejets et à l'évaluation de leur potentiel recyclable (quand ce n'est pas déjà fait). L'évaluation doit porter sur les rejets déjà stockés dans les parcs à résidus et les haldes à stériles mais également sur les futures rejets (gisement). Quand le cas se présente, l'évaluation doit inclure également les boues de traitement des eaux de la mine et les scories. Deux potentiels sont donc à rechercher et à évaluer conjointement ; l'existence de substances utiles contenus dans les rejets à des teneurs qui justifient le retraitement et la possibilité de l'utilisation des rejets comme substituants des granulats naturels sur site et hors site.

a. Évaluation du potentiel en substances utiles

- **Identification de substances économiques** : l'élément à rechercher pourrait correspondre à la substance exploitée initialement qui n'a pas été totalement récupérée (grande abondance du minerai ou limites des techniques de traitement au début de l'exploitation). Comme il pourrait correspondre à des minerais non exploités initialement par manque de valeur économique au moment du développement de la mine (Figure 30).

Dépendamment des marchés actuels et futures influencés par les évolutions technologiques rapides de nos jours, certains éléments « sans valeur » peuvent devenir stratégiques ou même critiques (e.g. platinoïdes, terres rares, tungstène). Les compagnies minières devraient être proactifs quant à l'identification de ces niches économiques qui permettraient la diversification des produits, l'augmentation de la rentabilité et le positionnement sur le marché international.

Dans la plupart des cas, la recherche d'éléments à récupérer porte sur un (ou plusieurs) éléments à valeur économique qui est valorisé en soi (Ag, Au, Pb, etc.). **Il est toutefois aussi intéressant d'évaluer le bénéfice de la récupération de substances sans valeur économique conventionnelle pour la production de produits à plus fortes valeur ajoutée.** Les exemples sont nombreux dans la littérature mais l'exemple qui semble le plus pertinent vu son double avantage est celui de la récupération et la transformation de sulfures de fer (pyrite et/ou la pyrrhotite), minéraux de la gangue retrouvés souvent dans les parcs à résidus et qui posent de sérieux problèmes de gestion liés à la production du DMA. Les concentrés de ces sulfures sont utilisés pour la production

d'acide sulfurique, de sulfate ferrique ou ferreux et du pigment. Un procédé similaire a été d'ailleurs développé au Maroc par MANAGEM et permet de produire à partir de la pyrrhotine récupérée lors de la flottation des concentrés de Zn, Pb, Cu, de l'acide sulfurique, un pigment et de l'énergie éolienne.

- **Évaluation de la faisabilité technique et économique de la récupération:** Les opérateurs sont tenu de réaliser des caractérisations poussées des rejets et des essais de traitement (échelle laboratoire et/ou pilote) afin de confirmer les réserves et la faisabilité de leur enrichissement ainsi que pour choisir et ajuster la technique de récupération (Tableau 13).

La possibilité d'adapter le procédé de traitement en place ou la nécessité de développer un nouveau procédé est à évaluer. Les techniques minières d'enrichissement des minerais sont généralement les mêmes utilisées pour la récupération des minéraux à partir des rejets sauf que dans certains cas, ces techniques sont devenues plus efficaces dans le temps (entre le début de l'exploitation et le moment du retraitement des rejets). Il serait toutefois intéressant d'intégrer des méthodes de traitement moins conventionnelles qui peuvent s'avérer avantageuses sur le plan écologique et économique.

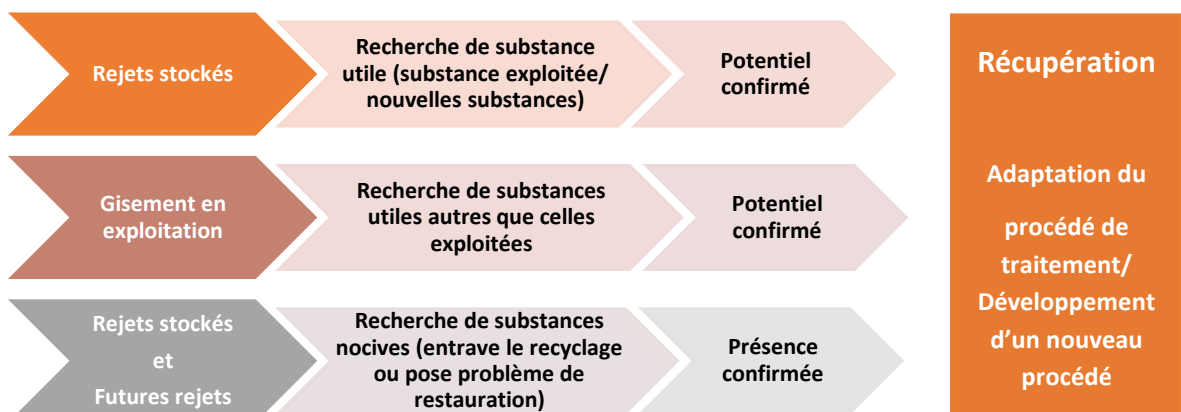


Figure 30 : Approche proposée pour l'identification et l'augmentation du potentiel de valorisation des rejets dans le cas des mines en activité

b. Évaluation du potentiel d'utilisation des rejets comme granulats secondaires

Les opérateurs devraient procéder à l'évaluation de la faisabilité de l'utilisation des sous-produits miniers comme granulats alternatifs. Ce processus passe par quatre niveaux d'évaluation notamment l'admissibilité environnementale des rejets et de leur produits de valorisation, la faisabilité technique de la substitution ainsi que l'évaluation de l'avantage économique de l'opération.



Figure 31 : Processus d'évaluation de la faisabilité de l'utilisation des rejets miniers comme granulats alternatifs

- **Évaluation de l'admissibilité environnementale des rejets au recyclage-substitution**

Malgré que les rejets miniers peuvent fréquemment s'apparenter aux granulats naturels, ils peuvent dans certains cas contenir des éléments nocifs à forte teneurs (métaux (oïdes), soufre, etc.) qui peuvent constituer un risque pour l'environnement ou pour l'Homme au cours de leur utilisation (réactivité, mobilité, etc.). ***Il est par conséquent impératif de déterminer l'éligibilité du rejet au recyclage avant toute proposition à l'usage ou toute utilisation effective.*** Pour cela, il est nécessaire de procéder à la classification des rejets sur la base de la détermination de leur propriétés et leur comportement environnemental suite aux analyses et essais appropriés (Tableau 13) .

Les rejets classés comme dangereux ne peuvent être utilisés comme substitut de matériaux naturels. Les critères de dangerosité et les méthodes de leur détermination diffèrent en fonction des pays. Le caractère acidogène, lixiviable et radioactif sont considérés toutefois unanimement comme des critères classant un rejet comme dangereux (Maroc, Canada, France, etc.). D'autres critères basés sur la détermination des risques liés aux diverses voies d'exposition (ingestion, inhalation, contact cutané, etc.) peuvent être considérés pour évaluer l'effet direct sur la santé.

Les rejets classés dangereux ne sont pas systématiquement exclu de la valorisation. Il est possible dans certains cas de les retraiter et d'extraire les fractions à la base de leur dangerosité ce qui permet de les reclasser et les rende admissibles pour un recyclage quand l'opération est viable économiquement. La pratique est déjà courante pour la désulfuration des rejets générateurs de DMA. Il est important de l'inclure davantage dans les schémas de gestion afin d'augmenter l'aptitude des rejets au recyclage et de maximiser les volumes valorisés.

Le retraitement des rejets pour des fins de récupération de substances utiles peut constituer une opportunité pour éliminer les éléments nocifs et générer un sous-produit à fort potentiel de recyclage (Figure 30).

Les stériles de décapage, comme les stériles des exploitations de phosphate, sont généralement moins concernés par ces entraves au recyclage vu que leur teneur en éléments sont généralement dans le même ordre de grandeur que le fond géochimique local. Leur utilisation comme granulats alternatifs devrait être fortement encouragée.

Tableau 13 : Aperçu des principales caractérisations nécessaires pour l'évaluation des potentiels de valorisation des rejets miniers

	Caractérisations (Analyses et Tests)	Objectifs
Recyclage- Récupération	Chimie	Présence de teneurs significatives en substances utiles
	Minéralogie, granulométrie, granulochimie, etc.	Faisabilité technique de la récupération
	Essais des techniques de traitement de minerai (gravimétrique, flottation, etc.)	Choix de la technique de récupération, ajustement des paramètres
Recyclage- Substitution	Chimie, test de prédiction de DMA, test de lixiviation (TCLP, ANC, etc.), etc.	Admissibilité environnementale du rejet
	Essais de lixiviation (Tank leaching tests, TCLP, ANC, etc.), essais de toxicité	Admissibilité environnementale du produit du recyclage
	Granulométrie, minéralogie, teneur en soufre, sulfates, alcalino-terreux, % des fines, masses volumiques apparente et absolue, indice de plasticité, coefficient d'absorption d'eau, essai équivalent de sable, porosité intergranulaire, etc.	Compatibilité technique des rejets avec la substitution et respects des normes (fonction de l'utilisation) Fixation des paramètres de la substitution (ratios, etc.)

- **Évaluation de la compatibilité technique des rejets à la substitution**

Une fois que l'admissibilité environnementale des rejets confirmée, ***il est nécessaire d'évaluer la faisabilité technique de la substitution, les secteurs potentiels pour le recyclage et la conformité avec les normes applicables.*** Il serait question de vérifier par les analyses et les essais appropriés l'adéquation des caractéristiques des rejets avec celles des matériaux de remplacement ainsi que les paramètres pouvant impacter la qualité des produits de valorisation (Tableau 13).

S'agissant de rejets et non de matériaux primaires, il est important d'accorder une importance à la vérification des concentrations de certains éléments résiduels ou en fortes teneurs qui peuvent impacter la solidité et la stabilité des ouvrages conçus avec les rejets (par exemple les sulfures (e.g. pyrite), les chlorures, les sulfates, les nitrates ou la matières organiques). D'ailleurs dans certains cas, certains éléments peuvent ne pas être problématiques d'un point de vue environnemental et l'être pour la matrice utilisée (le cas par exemple d'une grande concentration en zinc qui pourrait affecter la solidification du bitume).

- **Évaluation de l'acceptabilité environnementale des produits de la valorisation**

Les sous-produits miniers admissibles pour la valorisation ne pourront être utilisés que si ils sont incorporés dans des structures où les risques de contact entre les contaminants, l'environnement et les utilisateurs de ces structures sont faibles. Certains éléments ne présentant pas de problèmes dans le rejet, peuvent devenir mobiles et constituer un risque de libération après transformation (traitement thermique des briques par exemple qui peut mobiliser certains métaux(oïdes)). ***Il est donc nécessaire d'évaluer la qualité environnementale des produits de recyclage (brique, mortier, etc.) sur le court et le long terme.***

Des tests de simulation en laboratoire sont nécessaires afin d'extrapoler le comportement des rejets dans l'environnement en tant que produit destiné à l'utilisation et aussi en tant que déchet en fin de vie. Plusieurs essais de lixiviation réalisés sur monolithe ou sur matériaux granulaires permettent d'atteindre cet objectif (Tableau 13). Des tests de toxicité peuvent être nécessaires, particulièrement dans le cas de produits de valorisation destinés à un usage impliquant un contact étroit avec les personnes.

- **Évaluation économique de la production de granulats secondaires**

L'évaluation de la viabilité économique de la valorisation des sous-produits miniers comme granulats alternatifs ne doit plus être fondée uniquement sur les avantages économiques directs (prix de la matière commercialisée) mais doit inclure les bénéfices indirects qui en découle. Cibler les marchés grands consommateurs de matériau (bâtiment, génie civil, ciment, etc.) permettrait aux compagnies minières d'écouler de grands volumes de rejets et de générer des avantages additionnels qui peuvent modifier la balance financière.

Il s'agit du manque à gagner suite à la réduction des coûts relatifs au stockage des rejets (aménagement des aires de stockage, édification et stabilisation des digues de retenue, entretien à court et long terme de ces ouvrages, etc.), à la restauration (recouvrement, entretien, etc.) et au besoin en superficies pour le stockage des rejets.

Afin d'aider les opérateurs miniers dans l'évaluation des potentiels de valorisation de leurs rejets et l'identification des secteurs (marchés) potentiels, un guide définissant les critères d'admissibilité des rejets miniers au recyclage, les méthodes de leur détermination ainsi que les secteurs d'utilisation autorisés pour les rejets non dangereux est nécessaire.

1.2 Retraitement des rejets miniers

L'identification d'un potentiel en substance utile et la confirmation de la faisabilité technique et économique de la récupération doivent être suivis par la planification et à la mise en œuvre des actions permettant la valorisation effective des rejets et des future rejets. Cette étape est quasi-similaire à l'étape de conception d'une unité de traitement d'un nouveau projet minier à l'exception du cas où l'unité de traitement existante permettrait la récupération également des nouveaux minerais. Il est à noter toutefois, l'absence généralement du besoin de prétraitement (préparation mécanique) pour l'enrichissement de ces minerais secondaires.

Il est important de souligner l'importance que devrait accorder les opérateurs à la R&D qui devrait continuer à accompagner la tendance de valorisation des rejets par récupération. La R&D en s'appuyant sur l'innovation et les nouvelles technologies pourrait permettre de récupérer de plus en plus d'éléments à des coûts viables et des conséquences environnementales minimisées.

1.3 Recyclage des rejets miniers comme substituants des granulats naturels

Une fois le potentiel granulat secondaire des rejets est confirmé et son attrait économique est validé, ***ce sont principalement des opérations de commercialisation qui doivent être mises en place. Aussi, il serait nécessaire de prioriser et d'augmenter les volumes de rejets consommés sur site en substitution de matériaux naturels dans les chantiers*** (construction de bâtiments, de routes, etc.).

Dans le cas des rejets ne répondant pas à certains critères relatifs à l'admissibilité à la valorisation (environnementale ou technique), ***les opérateurs peuvent mettre en place, quand c'est viable économiquement, des actions pour augmenter le potentiel des rejets au recyclage.*** C'est le cas par exemple de l'intégration d'une opération au procédé de retraitement afin d'éliminer ou réduire les teneurs de certains éléments qui entravent la réutilisation (sulfures, soufre, métaux (oïdes)). Ou d'opérations permettant de séparer les fractions fines de celles plus grossières pour produire des granulats plus marchands conformes à des utilisations spécifiques (classificateur en fin de procédé de traitement permet d'obtenir un sable avec un pourcentage en fine réduit et des fillers). Dans d'autres cas, l'amélioration du potentiel à la valorisation peut être obtenue par le mélange avec d'autres matériaux afin de corriger les caractéristiques montrant un écart par rapport aux standards techniques.

A l'échelle du Maroc, la substitution des granulats primaires par les rejets miniers, en particulier dans les domaines de construction et génie civil, n'est pas commune en dehors des sites miniers en raison des limites légales à cet usage. Néanmoins, des utilisations illicites ont été notées aux voisinages de certains sites dont les résidus s'apparentent aux sables naturels, en occultation totale des risques éventuels liés à la qualité des produits et à l'exposition des personnes et de l'environnement (e.g. résidus des mines de Zaida, Mibladen). ***Avec la publication en septembre 2019 du décret relatif à l'octroi des autorisations de l'exploitation des haldes et terrils, la pratique sera élargie et avec elle les marchés potentiels.***

Entre temps, plusieurs études se sont intéressées à l'évaluation des potentiels de recyclage des sous-produits miniers (exploitations en activité et fermées). **Ces connaissances développées devraient être exploitées par les opérateurs miniers, en particulier les petites et moyennes compagnies ne disposant pas de leur propre centre de recherche afin d'identifier et de confirmer de nouveaux potentiels pour leurs rejets.** Dans ce sens, le tableau ci-après synthétise les principales substitutions étudiées jusqu'à présent pour le recyclage des rejets miniers au Maroc.

Tableau 14 : Synthèse des travaux de recherche portant sur le recyclage-substitution des rejets miniers au Maroc

Mine	Type de rejet	Substitution étudiée	Secteur	Stade de l'étude
Zaida (Pb)	Résidus de traitement	Sables	Confection du mortier de finition	Laboratoire
Mibladen (Pb)	Résidus de traitement	Sables	Confection du mortier de finition	Laboratoire
Touissit (Pb-Zn)	Résidus de traitement	Sables	Confection de mortier de finition	Laboratoire
Jerrada (Anthracite)	Terrils	Divers granulats	Tavaux routiers (bitumes, couche de fondation et de forme, etc.)	Laboratoire
		Argiles	Fabrication de briques	Semi-pilote
		Sables	Granulats à béton (confection du mortier cimenté)	Laboratoire
Guemassa Calamine (Minerai de Zn)	Résidus de traitement	Argile	Fabrication de briques	Laboratoire
Zgounder (Ag)	Résidus de traitement	Argile	Fabrication de briques	Laboratoire
Mines de phosphates	Stériles	Argiles Marnes Block de calcaire Silex Silicates	Géopolymères (matériaux de construction)	Laboratoire
	Boues de traitement		Granulats pour travaux routiers	Semi-Pilote
			Fabrication de briques cuites	Laboratoire
			Ciment écologique	Laboratoire
			Membranes filtrantes céramiques	Laboratoire
			Béton	Laboratoire

1.4 Réutilisation des rejets miniers

La pratique de l'utilisation des stériles et des résidus pour remblayer les vides créés par les travaux d'exploitation, pour la construction des digues, des parcs à résidus, de chemins et en remblai des chantiers est très courante sur les sites miniers. **Cette pratique doit être envisagée davantage dans la mesure où elle permet en même temps de réduire la quantité de rejets qui nécessitent d'être stockés et gérés en**

surface. La réutilisation des rejets en remblai souterrain doit se faire en veillant à ce qu'elle ne constitue pas une source de contamination des eaux souterraines.

Il est nécessaire d'encourager également l'utilisation des résidus miniers stables chimiquement (sans nocivité) comme couverture pour les résidus réactifs ou générateurs de DMA en remplacement au sols naturel. Les résidus peuvent être utilisés pour la constitution de la couche de bris capillaire comme ils peuvent être utilisés sous forme de couche en pate cimenté afin d'établir une barrière hydrogéologique et de protéger les rejets sous-jacents de la pénétration de l'oxygène et/ou de l'eau. Cette alternative devrait intéressée de plus en plus les compagnies minières vue les avantages économiques et aussi de réduction de l'empreinte écologique due au décapage sur les sites d'approvisionnement en matériaux naturel de recouvrement. Dans les cas où les propriétés des résidus le permettent, ces derniers peuvent être utilisés comme substrat pour la revégétalisation du site minier (Tableau 15).

Les compagnies minières devraient également évaluer les possibilités de la réutilisation de leurs rejets en dehors du site minier et identifier de nouveaux usages pour accroître et diversifier leur attractivité notamment comme amendement et fertilisation des sols. Cette dernière alternative s'applique plus particulièrement aux sous-produits inertes et présentant des caractéristiques physiques et chimiques recherchées (forte teneur en fractions fines/fractions sableuses/éléments nutritifs). Il est toutefois, nécessaire de s'assurer de l'absence de contaminants biodisponibles pouvant être transférés le long des chaines alimentaires.

Tableau 15: principales réutilisations proposées pour les rejets miniers

Lieu	Domaine	Type de réutilisation
Sur site	Aménagement	Construction de digue des parcs à résidus
		Matériaux d'aménagement paysager des sites miniers
	Restauration	Utilisation comme matériaux de remblayage des vides
		Utilisation comme matériaux de recouvrement des parcs à résidus
		Substrat pour la revégétalisation des sites mines
Hors site	Agriculture et foresterie	Amendement et amélioration de la qualité des sols
		Fertilisant

2. Actions pour la maîtrise des rejets sans potentiel de valorisation

2.1 Restauration progressive

Les rejets (résidus, stériles, rejets résiduels de retraitement, boues, scories) dont la valorisation n'est pas faisable d'un point de vue environnemental, technique ou économique tenant compte des connaissances actuelles doivent être sans délai, adéquatement maîtrisés. A chaque fois qu'une aire d'entreposage est fermée (parc à résidus à pleine capacité), il doit faire l'objet de mesures de restauration afin de limiter le transfert des contaminants vers les différents récepteurs (milieu naturel et humain), d'assurer la stabilité des ouvrages de retenue et d'assurer la conformité des effluents aux seuils réglementaires.

L'intention de retraitement des rejets ne peut pas justifier la non restauration des aires d'accumulation particulièrement quand les rejets sont réactifs et libèrent des contaminants (lixiviats ou poussières). Dans de tels cas, il est impératif de procéder à une fermeture provisoire avec une technique permettant de stabiliser physiquement et chimiquement les rejets avec l'option que ces derniers puisse être repris au moment opportun pour un retraitement. Les étapes de la vie d'un parc à résidus miniers peuvent, d'ailleurs, se succéder de manière aussi bien linéaire que cyclique (Figure 32).

L'adoption de la restauration progressive (tout au long de la période d'activité) des dépôts de rejets est indispensable dans la mine d'aujourd'hui. Elle permet de réduire les impacts potentiels sur l'environnement et d'amorcer la préparation du plan de réhabilitation final (Figure 32).

En plus de la nécessité environnementale, les stratégies de restauration progressive permettent à l'opérateur de maîtriser les coûts de la restauration de plusieurs manières. L'adoption par exemple de la désulfuration (partielle ou totale) des rejets réactifs permettrait de réduire significativement la quantité des rejets problématiques. Les résidus désulfurés (inertes) peuvent être utilisés pour le recouvrement et la stabilisation de la fraction réactive. Aussi, le mort-terrain non contaminé retiré lors de la préparation du site minier, quand il est conservé en bonne état et protégé contre l'érosion peut être utilisé pour les travaux de restauration ce qui réduirait le coût de cette dernière.

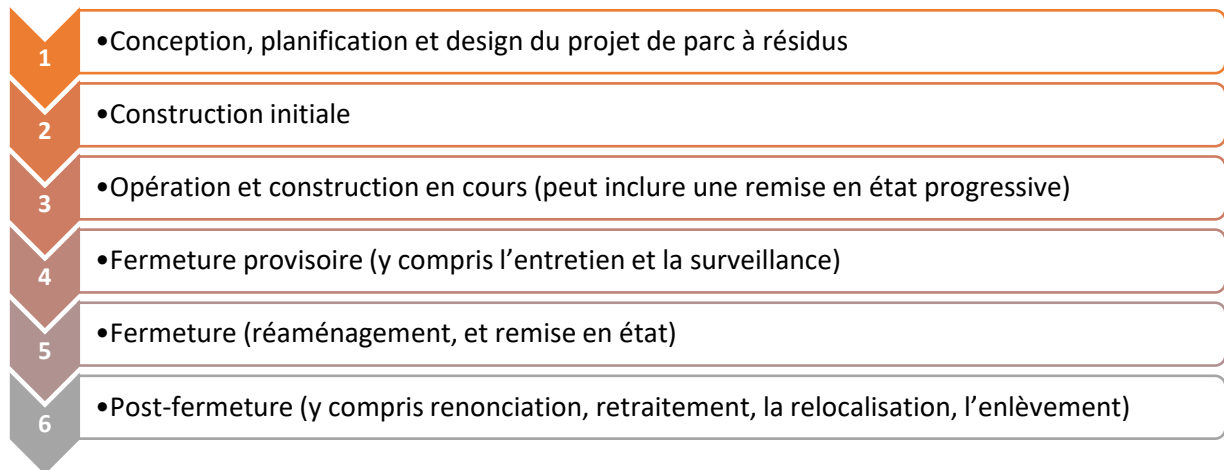


Figure 32: Cycle de vie d'un parc à résidus miniers (adapté de GTR 2020)

2.2 Stabilisation chimique des rejets réactifs

Les rejets réactifs (générateurs de DMA et/ou du DNC) et dont le pouvoir de contamination a été confirmé par les analyses et essais appropriés doivent être stabilisés afin d'empêcher les écoulements contaminés vers le milieu récepteur. La conception des aires de stockage de ces rejets doit se faire par des professionnels experts et selon les meilleures techniques de restauration disponibles qui sont techniquement et économiquement réalisables. Le modèle de restauration conçu doit être validé par des essais en laboratoire et sur le terrain. La restauration doit être associée à un programme de suivi qui doit être adapté aux emplacements à restaurer, aux techniques de restauration en place ainsi qu'aux contaminants présents.

Dans la majorité des cas, le recouvrement des rejets miniers constitue la principale technique permettant la stabilisation chimique des rejets. La couverture doit constituer une barrière qui va isoler les rejets réactifs des conditions météorologiques ce qui va limiter l'oxydation des sulfures et la production des drainages contaminés. Les couvertures de type stockage et relargage (SR) représentent un système alternatif pertinent est très adapté au contexte des sites miniers marocains.

Le concept développé pour la restauration du site de Kettara en utilisant les stériles de phosphates comme matériaux de recouvrement (couverture de phosphate + plantes végétales pertinentes) paraît prometteur et pourrait être extrapolé pour la restauration de plusieurs sites miniers générateurs de DMA/DNC au Maroc (cf. partie III.3.2). Il pourrait être utilisé sans grand besoin d'adaptation sur les sites miniers présentant des caractéristiques climatiques voisines de celles de Kettara et situés à une distance encourageante des exploitations de phosphate (mines de Hajjar et de Draa Sfar par exemple). Pour d'autres sites, certains paramètres nécessiteraient éventuellement un ajustement, notamment l'épaisseur de la

couverture qui dépend de la pluviométrie locale ainsi que l'adéquation des essences végétales.

L'utilisation des stériles de phosphate pour solutionner un problème environnementale majeur des industries extractives permettrait en même temps à l'OCP-SA de valoriser une partie de ces sous-produits. Ce modèle de restauration-valorisation des rejets miniers constituerait un bon exemple de concrétisation à la fois des concepts d'économie circulaire et de développement minier durable.

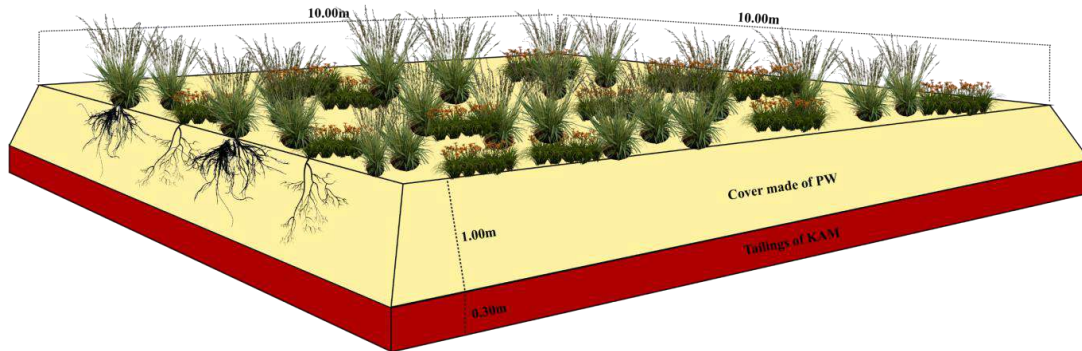


Figure 33 : Schéma du concept de couverture à base de stériles de phosphate développé pour la restauration du site de Kettara

2.3 Collecte et traitement des effluents issus des aires de stockage des rejets

Les rejets stockés sur les sites miniers sont assujettis au lessivage et génèrent des effluents potentiellement contaminés qui finissent dans les milieux récepteurs avoisinant les sites. La mise en place d'une couverture n'arrête pas immédiatement la libération des drainages contaminés formés avant le recouvrement. **Il est donc nécessaire de capter, canaliser et traiter les eaux de drainage contaminées avant leur évacuation.** Plusieurs variantes de traitements passifs (drain calcaire, biofiltres, etc.) et actifs (ajout d'agents neutralisants) sont disponibles. Le choix du mode approprié doit tenir compte de plusieurs paramètres notamment la charge polluante de l'effluent, la performance visée et les particularités du site minier (disponibilité des matériaux pour le traitement, etc.). Dans le cas de l'adoption d'un traitement actif, il serait nécessaire de prévoir des mesures pour le stockage et la gestion des boues en respect de l'environnement (filières de valorisation ou d'enfouissement).

3. Actions pour la préparation du plan de fermeture et des nouveaux usages

3.1 Préparation de plan de fermeture

Les opérateurs miniers sont amenés à préparer un plan de réhabilitation qui doit permettre d'éliminer ou au moins atténuer les stress physiques, chimiques et biologiques que subit le site minier lors des phases d'activité. Les actions de réhabilitation ne peuvent se limiter au reboisement du site ou à un simple enfouissement des rejets. Elles doivent assurer une restauration appropriée des

aires de stockage des rejets fondées sur des études techniques et tenir compte du reste des composantes du site nécessitant le réaménagement (vides, bâtiments, matières résiduelles, équipements, etc.).

Les actions de réhabilitation doivent permettre le retour du site à un état satisfaisant d'un point de vue environnemental et de sécurité pour les personnes. Cela inclut l'élimination des risques pour la santé et la maîtrise des dangers, la réduction de la production et de la propagation des contaminants vers les milieux récepteurs, la remise du site dans un état visuellement acceptable et compatible avec l'usage future.

Les principales opérations de restauration et d'assainissement que doit contenir un plan de fermeture sont synthétisées dans le tableau ci-après. Plus de détails sur les actions de réhabilitation est donné dans la partie « réhabilitation des sites » pour les mines fermées prioritaires de ce rapport.

L'élaboration d'un guide pour la réhabilitation de sites miniers est fortement recommandée afin d'orienter les opérateurs dans l'élaboration de leur plans et également afin d'encadrer et d'uniformiser les pratiques.

Tableau 16 : Actions et recommandations pour les principales opérations du plan de réhabilitation

Actions	Recommandations
Sécurisation des excavations	Toutes les ouvertures des mines souterraines, les fosses des mines à ciel et les piliers de surface doivent être sécurisés par remblayage ou tout autres technique permettant la stabilité des terrains et l'élimination des risques
Démantèlement des bâtiments, infrastructures et équipements de surface et souterrains	L'ensemble de ces éléments doit être éliminé du site à moins que leur présence ne soit nécessaire pour un usage future du site (valorisation patrimoine, conversion industrielle ou autres)
Stabilisation physique et chimiques des rejets non valorisés	Les rejets doivent être couverts par un matériau imperméable et la stabilité des ouvrages (rejets+recouvrement) doit être assurée et contrôlée par les méthodes requises
Gestion des bassins d'eaux d'exhaure et de décantation	Les bassins doivent être vidangés et restaurés
Gestion des matières résiduelles (déchets autres que miniers) et produits pétroliers	Les déchets autres que miniers doivent être gérés selon la classe de chaque type de rejets (déchets, dangereux, ferrailles, etc.) conformément aux exigences réglementaires
Décontamination des terrains et sols contaminés	Une technique de traitement (phytooremédiation ou autres) doit être adoptée jusqu'à ce que les teneurs des polluants dans les sols atteignent un niveau inférieur aux seuils de décontamination
Mise en place d'ouvrages de captage des eaux	Ces ouvrages doivent permettre le captage des eaux de percolation contaminées et le détournement des eaux de ruissellement non contaminées
Traitement des effluents	Les effluents doivent être conformes aux seuils réglementaires. Les traitements passifs sont plus adaptés à la phase de fermeture s'ils permettent le respect des seuils.

Actions	Recommandations
Végétalisation de la totalité du site	Un couvert végétal approprié doit être mis en place sur l'ensemble des terrains sur le site minier. Le choix des plantes doit tenir compte de l'objectif et du rôle de ces dernières en fonction de l'emplacement (haldes, parcs à résidus, sols contaminés, terrains non contaminés, etc.)
Suivi et entretien post-restauration	Un programme d'entretien et de suivi doit être élaboré afin d'évaluer la performance environnementale (efficacité de la couverture, qualité des eaux et sols, etc.), de s'assurer de la stabilité et la sécurité des ouvrages (digues de retenue, recouvrement, etc.) et du maintien du couvert végétal

3.2 Préparation des nouveaux usages des sites miniers

Lorsqu'une exploitation minière s'achève, le site doit être préparé en vue de son utilisation ultérieure. Les plans de réhabilitation des sites miniers doivent être pensés dans la perspective de répondre à des prérogatives écologiques de retour vers l'écosystème naturel et de développement économiques en permettant des utilisations alternatives à plus forte valeur ajoutée.

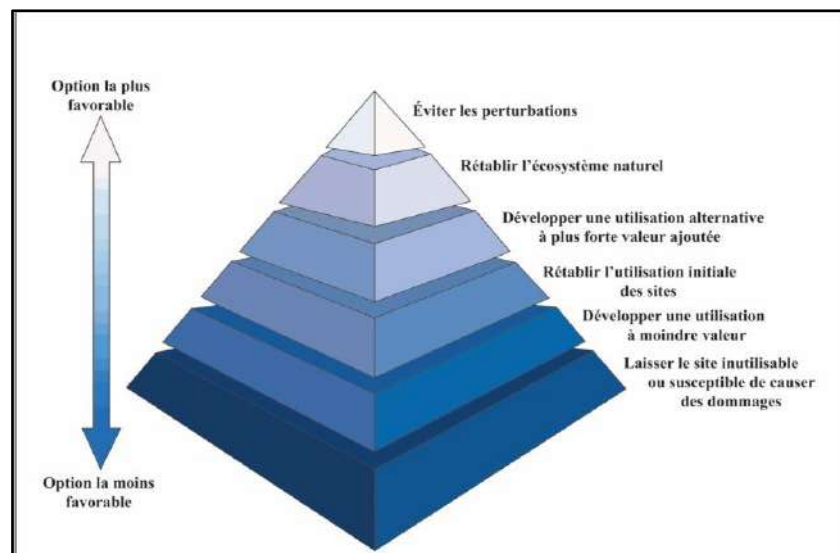


Figure 34 : Importance de la préparation des usages alternatifs dans la hiérarchie des modes de réhabilitation des sites miniers (Adapté d'après EPA 2008)

Les nouveaux usages d'un site doivent être considérés bien en amont de la phase de fermeture afin de pouvoir orienter correctement toutes les opérations de réhabilitations et préparer la conversion de l'espace et du personnel. Ainsi pour un site qui présente un potentiel de valorisation comme patrimoine minier, il serait nécessaire de conserver un certain nombre de témoins de l'activité sur le site au moment de la préparation de la fermeture (chevalement, équipements et machines, terrils stabilisés, archives et des outils utilisés lors de l'activité, etc.). Malheureusement, pour plusieurs sites fermés au Maroc, ce patrimoine n'a pas été correctement conservés. Des projets de développement autour du patrimoine

miniers peuvent être avortés ou difficilement atteignables en cause du pillage et de la dégradation de l'héritage des sites et cités miniers. Il est extrêmement important d'éviter ces erreurs pour le future.

Autre la valorisation patrimoine, les sites miniers peuvent s'avérer propices et utiles à d'autres utilisations notamment récréatives, agricoles, pastorales ou industrielles. Dans ce cas, ce sont d'autres éléments de la réhabilitation qui doivent être ajustés en fonction de ces activités principalement en terme de seuil de décontamination des sols, de la nécessité ou non de garder des infrastructures telles que les infrastructures éclectiques ou routières, etc.

Cette aspect de la préparation des usages alternatifs des sites miniers est d'une grande importance pour la préparation des développements économiques de substitution, de la préparation de la conversion de la main d'œuvre et pour la stabilité sociale future de la zone minière en général. Dans ce sens, l'élaboration d'un plan de réhabilitation et la planification des activités de relance économique doivent être inclusives et doivent être menées en étroite concertation avec l'ensemble des parties intéressés notamment les opérateurs miniers, les collectivités territoriales et les associations civiles (représentant les populations locales).



Mines en développement

La phase de l'étude de faisabilité d'un projet minier est propice à l'évaluation des opportunités et des contraintes qui seront posées par les rejets et à la prise des décisions permettant une exploitation minière rentable et responsable.

Durant cette phase le potentiel minier et la rentabilité de son exploitation sont confirmés. **Les projets miniers doivent tenir compte lors de l'évaluation des coûts impartis à la gestion des rejets et la réhabilitation des sites du potentiel porté par la valorisation des rejets.** L'évaluation de la rentabilité ne doit plus considérer uniquement les réserves primaires. Les gisements secondaires peuvent compenser (au moins partiellement) les coûts relatifs à la gestion environnementale des rejets et par conséquent, bonifier la rentabilité.

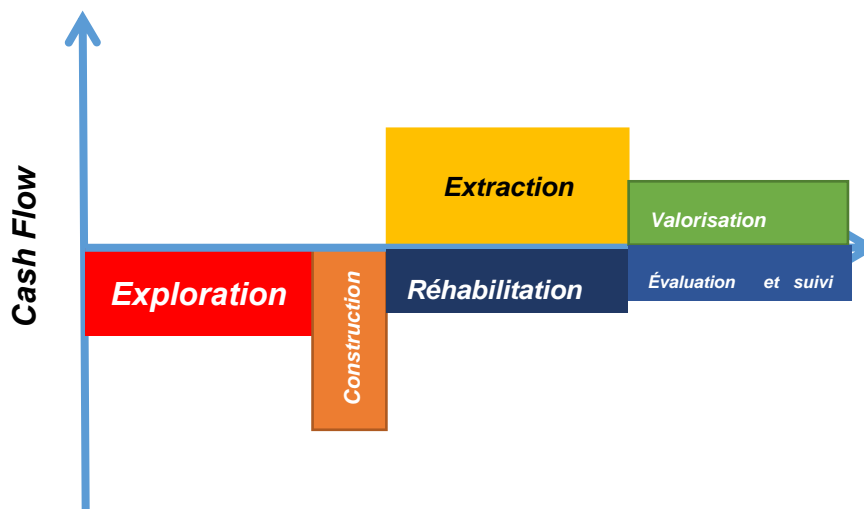


Figure 35 : Évaluation économique d'une mine durable

Il est important de rappeler que la manière dont les rejets miniers seront gérés constitue un point central et déterminant de l'acceptabilité environnementale d'un projet minier. Ce dernier doit démontrer sa durabilité. **Par conséquent, les stratégies prévues pour la gestion des rejets doivent privilégier la réduction de la production des rejets et la réutilisation et le recyclage des sous-produits miniers autant que possible. Seuls les rejets dont la valorisation et la réduction ne sont pas faisables sur le plan technico-économique et/ou environnemental, doivent être prévus pour le stockage.** Ce dernier doit être accompagné par des mesures de maîtrises permettant de limiter les impacts potentiels sur les écosystèmes et les populations. Le choix du schéma de gestion approprié (contenant généralement plusieurs actions complémentaires) doit être fondé sur des données précises et représentatives des rejets et de leur comportement environnemental.

1. Évaluation des potentiels valorisable et contaminant

Il est impératif d'effectuer, le plus tôt possible dans le processus de développement minier, une caractérisation fine et approfondie des sous-produits miniers afin d'opérer les choix de gestion des rejets les plus appropriés.

La caractérisation pourrait être réalisée sur un échantillon des rejets récupéré suite aux essais de traitement du minerai dans l'usine pilote (ou sur le terrain lors des travaux de mise en valeur ou d'exploration avancée). Les analyses et essais doivent inclure :

- Des essais de prédiction de la production d'acidité et le potentiel polluant des futures rejets. Cette information est nécessaire à plusieurs niveaux.
 - Les rejets acidogènes sont classés dangereux et ne peuvent donc être recyclés dans l'état comme granulats alternatifs.
 - L'identification des rejets problématiques à cette phase du développement minier permet d'anticiper sur la conception et la mise en place des mesures nécessaires à leur maîtrise. Une gestion tardive peut engendrer des pertes financières et des problèmes techniques qui peuvent mettre en cause la survie de l'exploitation. Il est généralement plus rentable pour une compagnie minière d'investir dans la prévention du drainage miniers acide (DMA) que de subir les dépenses de son traitement et de la correction de ses répercussions.
 - Les actions à prévoir dans le plan de fermeture exigé par la loi sur les mines dépendent du potentiel du site à générer ou non un DMA.

Des essais statiques et cinétiques de prédiction de DMA ont été développés et offrent un véritable outil d'aide à la décision.

- Des analyses fines et des essais pour identifier d'éventuels éléments à valeur économique autres que ceux à la base du projet minier et confirmer la faisabilité de leur récupération.
- Des caractérisations et essais pour évaluer le potentiel du future rejet à une utilisation comme substituant d'un granulats naturel (acceptabilité environnementale et faisabilité technique).

Un schéma de gestion intégrée devra être élaboré tenant compte des données et informations factuelles déterminées (valorisation et/ou restauration, type de valorisation, etc.). Les actions appropriées doivent être planifiées et les équipements et infrastructures doivent être prévus et préparés afin que l'ensemble puisse être mis en œuvre à partir du moment de démarrage de l'activité (Figure 36).

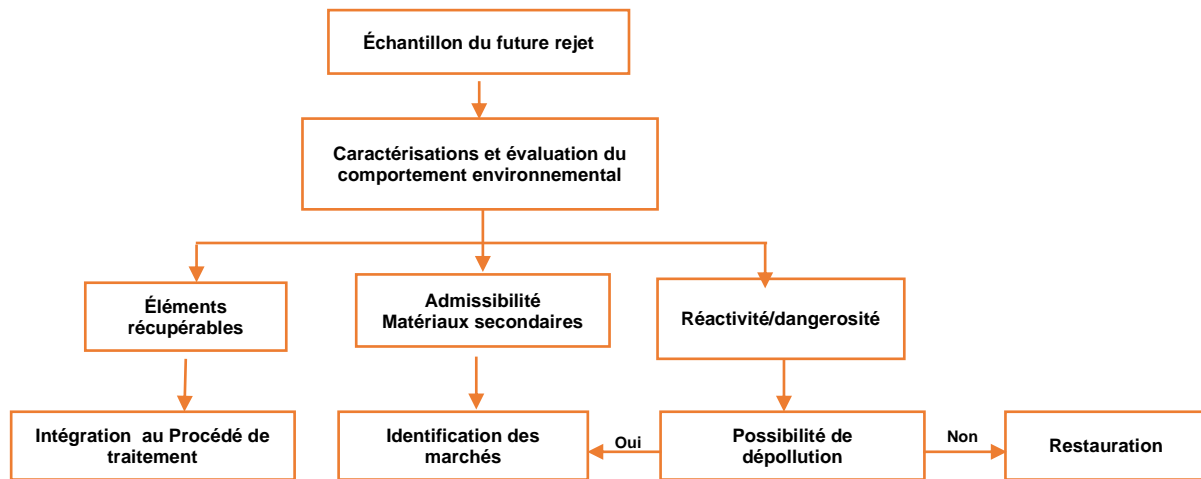


Figure 36 : Schéma proposé pour la gestion des rejets pour le cas d'un projet minier en développement

Dans les parties suivantes, seront présentées les actions proposées pour la réduction des rejets, pour la valorisation de ces derniers et pour la gestion des rejets n'ayant pas de potentiel de valorisation.

2. Réduction de la production des rejets

Pour les nouveaux projets miniers, les méthodes permettant de réduire les quantités de stériles générés et déposés en surface (réduction en amont) telles que la dilution du minerai, l'exploitation sélective, la pré-concentration des minéraux doivent être évaluées et privilégiées comme mode de gestion.

L'élimination des résidus à sec (densifiés ou en pâte) par épaissement et/ou filtration devrait être sérieusement explorée. Cette technique au multiple avantage représente aujourd'hui l'un des systèmes de gestion des rejets les plus économes en eau (% solide supérieur à 60%) (Figure 37). L'élimination des résidus à sec permet également de gagner en superficies nécessaires au stockage des rejets, en réduction des risques liés à la stabilité géotechnique des rejets et de leurs ouvrages de retenues ainsi qu'en réduction des coûts de la construction de ces ouvrages (digues). Dans un pays comme le Maroc caractérisé par la rareté de l'eau, la densification devrait s'ancrer dans les pratiques minières afin de sauvegarder les ressources aquatiques et réduire l'empreinte écologique du site minier.

La filtration permet de retirer encore plus d'eau et de limiter les espaces de stockage. Elle présente par ailleurs certaines limites relatives aux coûts élevés de l'entretien de l'équipement, du transport et de la mise en place. Mais il est principalement proscrite pour le cas du Maroc en raison du risque de contamination élevé par envols de poussières suite au séchage rapide en milieu aride ou semi-aride.

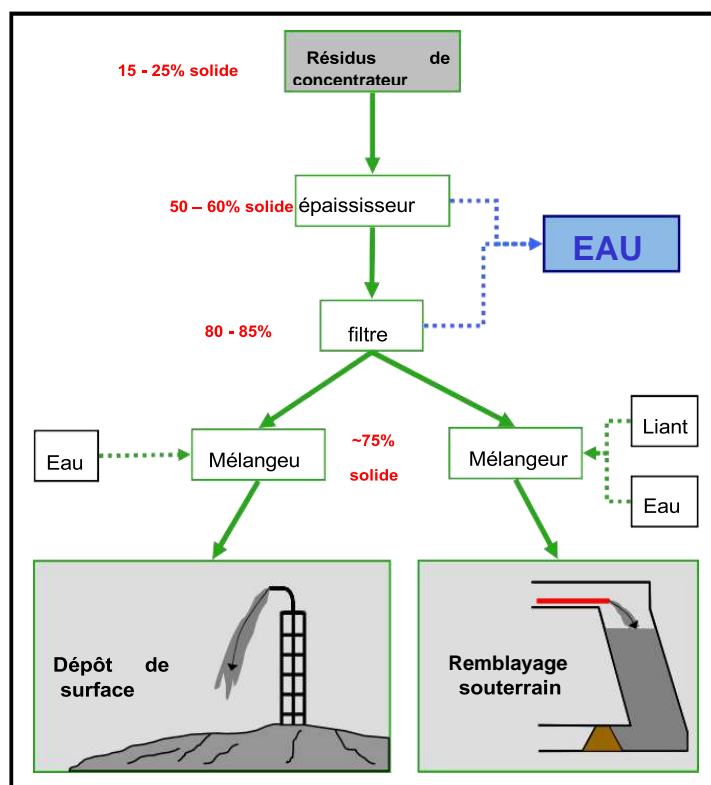


Figure 37 : Schéma de fabrication des résidus en pâte pour un dépôt en surface et un remblai en pâte cimenté (Deschamps et al. 2009)

3. Valorisation des rejets miniers

En cas d'identification de substances utiles autres que les principaux éléments concernés pour l'exploitation (e.g. platine, palladium, terres rares, etc.), **les techniques d'enrichissement du minerai devraient être adaptées afin de récupérer l'ensemble des substances d'intérêt et exploiter de manière plus efficiente le gisement.**

Quand les propriétés des rejets qui seront produits s'avèrent compatibles à une utilisation comme matériaux alternatifs (absence de nocivité et conformité des propriétés techniques), **leur utilisation sur site devrait être planifiée et maximisée** (recouvrement, aménagement, remblai, etc.) et les marchés de leur utilisation hors site devraient être identifiés (travaux de construction, travaux routiers, fabrication de ciments ou de briques, etc.).

L'identification de tel potentiel au cours de la phase du développement du projet minier permettrait d'anticiper et d'augmenter la recyclabilité des sous-produits miniers en optimisant/corrigant les caractéristiques exigées par les différents marchés de granulats. Il pourrait s'agir par exemple de la planification dans le procédé de traitement d'une opération de récupération d'éléments « nocifs »

(sulfures, plomb, chrome, antimoine, etc.) qui dépassaient les seuils lors des essais de prédiction et classaient les rejets comme dangereux et inadmissibles au recyclage. Contrairement aux projets en cours ou en fin de vie, l'identification du besoin en ces actions en amont d'un projet minier, les rend économiquement faisables et limite significativement les coûts d'opération.

Une implication et coordination des actions et plans futures avec les parties prenantes notamment les industries et secteurs grands consommateurs des matériaux (fédérations des matériaux de construction, de cimenterie, etc.) permettrait une meilleure visibilité, une bonne concrétisation des actions ainsi que le développement de profits communs.

4. Gestion des rejets sans potentiel de valorisation

Il est nécessaire pour tout projet en développement de prévoir les modes de stockage des rejets et ceux relatifs à la restauration de ces derniers en utilisant les meilleures pratiques disponibles. Le choix doit être opéré sur la base des données factuelles issues des différentes caractérisations réalisées initialement. Les modes de gestion et la complexité de la technique de restauration vont dépendre principalement du potentiel polluant du rejet et de sa capacité à générer ou non le DMA ou le DNC.

- **Conception environnementale des ouvrages de stockage des rejets**

La conception des ouvrages de stockage des rejets (halde à stériles et parc à résidus) peut avoir une incidence sur le choix et le coût de la technique de restauration ce qui nécessite sa considération bien en amont du projet minier. Une bonne estimation des tonnages prévus en résidus et stériles est nécessaire afin d'assurer une conception adéquate des infrastructures de stockage des rejets. Cela permettrait d'éviter un sous-dimensionnement des ouvrages et la construction de plusieurs parcs à résidus occupant de grandes superficies sur un site donné. Une telle gestion engendre des répercussions économiques (construction des digues, géomembranes, etc.) en plus d'augmenter l'empreinte écologique de l'exploitation.

Certains modes de gestion des rejets peuvent par ailleurs réduire le risque géotechnique relié à la présence des rejets, et dans certains cas, le coût des travaux de restauration. C'est le cas par exemple de l'utilisation des rejets comme matériau de remblai souterrain ou pour combler les fosses ainsi que la codisposition de résidus et de stériles miniers lorsqu'applicable, en plus du dépôt des résidus à secs présenté précédemment.

La co-disposition des résidus avec les stériles présente une méthode de gestion qui permet dans certains cas la mitigation de la réactivité des rejets et aussi la réduction des superficies de stockage de ces derniers. Elle peut être réalisée selon trois approches *i)* mélange préalable des résidus de traitement et des stériles miniers avant leur dépôt *ii)* dépôt des résidus et des stériles en couches intercalées

(construction de la halde à stériles par bancs avec insertion de couches compactées de résidus) *iii*) Dépôt des stériles miniers dans les parcs à résidus.

La séparation des stériles miniers selon leur potentiel de génération acide ou leur potentiel de lixiviation des métaux (oïdes) constitue également un mode de gestion qui permet de séparer les matériaux problématiques et de les placer selon une configuration optimale qui peut minimiser la génération des contaminants.

- **Conception du mode de restauration**

Quand les rejets sont identifiés réactifs et générateurs de contaminants, une technique de restauration appropriée doit être prévue afin de prévenir les impacts sur les écosystèmes voisins. La conception doit se faire selon les techniques de restauration les plus performantes et faisables sur le plan technico-économique. Il serait nécessaire de tenir compte des paramètres pouvant affecter l'efficacité des modes proposés à court et à long terme tels que les changements climatiques, le comportement géochimique ou les conditions de stabilité géotechnique. Des systèmes de modélisation peuvent être utiles à cette fin.

Il est nécessaire de prévoir un système permettant d'assurer l'étanchéité des parcs à résidus et des haldes à stériles quand le substratum n'est pas imperméable naturellement. Dans un tel contexte de gisement réactif, il serait nécessaire de prévoir également l'étanchéité du plancher pour les aires de dépôts de minerai et du concentré qui doivent être stockés à l'abri des précipitations. ***Des collecteurs doivent être prévus pour assurer la collecte des eaux de drainage qui doivent être évacuées vers un lieu de traitement ou de rejet, en conformité avec les règlements en vigueur.***

La restauration progressive des aires de stockage des rejets réactifs est impératif. Les rejets doivent être confinés et leur contact avec l'eau et l'oxygène empêché. Pour la majorité des régions marocaines, le recouvrement doit viser la limitation du contact avec l'eau (au lieu de l'oxygène) étant donné les faibles précipitations annuelles et les forts potentiels d'évaporation. Une ingénierie sera nécessaire pour la conception de la couverture et le paramétrage de ses composantes (épaisseur, pentes, etc.). Le choix du matériau ayant les caractéristiques hydrogéologiques nécessaires devrait faire partie de la conception du recouvrement et du choix de l'emplacement des aires de dépôts de rejets (réduire la distance du transport des matériaux de recouvrement).

La faisabilité d'une restauration intégrée incluant désulfuration partielle et recouvrement devrait être évaluée. Cette solution permet de réduire le volume de rejets problématiques et d'utiliser les rejets désulfurés pour le recouvrement.

Le plan de restauration des aires d'entreposage des rejets d'un projet minier doit être intégré à un plan plus global de réhabilitation du site (plan de fermeture). Ce dernier devra viser la préparation du retour du site à un état naturel ou

économiquement utilisable au moment de l'arrêt de l'exploitation. Il doit faire ensuite l'objet d'une surveillance et d'une actualisation continue tout au long du cycle de vie de la mine.

D'une manière générale, quel que soit la catégorie de la mine (fermée, en activité ou en développement), la caractérisation fine des rejets (ou des rejets futures) constitue une étape clé incontournable pour la prise de décision. A partir de cette connaissance, les possibilités de valorisation et les risques liés aux rejets peuvent être dégagés. Les actions informées peuvent être décidés. Leurs confirmations par les essais et les modélisations quand c'est nécessaire doivent être envisagées. Ces points réunis constituent la seule garantie de la réussite d'un plan de valorisation des rejets et de restauration des sites à court et à long terme rentable et durable.

La mine d'aujourd'hui devraient se détacher des pratiques conventionnelles en matière de gestion des rejets miniers et adhérer aux nouvelles qui consistent en :

- La réduction des volumes de rejets à déposer en surface (densification/épaississement) ;
- La maximisation de la réutilisation des rejets sur site (remblayage, recouvrement, etc.) ;
- La valorisation des rejets hors site dans des secteurs à fort potentiel de consommation des matériaux ;
- La réduction des aires de stockage des rejets (parcs à résidus et haldes à stériles) ;
- La maîtrise des rejets problématiques et de leurs effluents;

3. Actions réglementaires

Le cadre réglementaire relatif aux industries extractives a connu une grande évolution ces dernières années marquées principalement par la publication en 2015 du nouveau code minier (loi 33-13) et en 2019 de son décret d'application relatif à la procédure d'octroi des autorisations d'exploitation des haldes et terrils. Cette réglementation a introduit des dispositifs pour la préservation de l'environnement et la promotion de la durabilité du secteur minier et la circularité de l'économie nationale en général. Toutefois certaines lacunes demeurent, soit en termes de textes d'application de certains dispositifs ou en terme de mesures complémentaires nécessaires.

La gestion responsable et la valorisation sécuritaire des rejets miniers nécessitent un cadre réglementaire adéquat et inclusif appuyé par des mesures incitatives et financières garantissant son application effective et son efficacité. ***Il est donc important de consolider les dispositifs existants par la mise en place de mesures réglementaires et institutionnelles qui permettront d'atteindre ces objectifs et de doter les parties prenantes par les moyens nécessaires à la mise en œuvre des actions.***

Dans ce sens, des mesures et actions sont proposées dans ce qui suit afin d'améliorer le cadre réglementaire et institutionnel et préparer le cadre pour la mise en œuvre optimale des actions du présent Plan National pour la valorisation des rejets miniers.

✓ **Sur le plan valorisation des rejets**

L'exploitation des rejets miniers pour des fins de valorisation représente un des principaux apports du nouveau code minier. La loi 33-13 a en effet introduit les dispositions liées à l'autorisation de l'exploitation des haldes et terrils (articles 75 à 83) dont le texte d'application a été fixées en septembre 2019 par le décret n° 2-18-548 relatif à **la procédure d'octroi des autorisations d'exploitation des haldes et terrils**. Le nouveau décret ouvre les gisements de rejet miniers marocains à l'exploitation, ce qui constitue un grand pas vers un développement minier durable. Il arrive à point nommé pour assurer la mise en œuvre des actions du présent Plan National pour la valorisation des rejets miniers.

Sur le plan environnemental, le décret a conditionné l'obtention de l'autorisation par l'obligation de l'acceptabilité environnementale suite à la réalisation de l'étude d'impact sur l'environnement (EIE). ***Il serait toutefois important de consolider les réformes et d'apporter les compléments nécessaires à la bonne application de ce cadre règlementaire.***

Il est d'abord important de clarifier par un texte juridique les responsabilités sociales, environnementales et juridiques au niveau des sites fermés concernant

le passif des anciennes exploitations afin de fournir plus de visibilité aux nouveaux promoteurs quant à leurs responsabilités.

Il est également nécessaire d'assortir les autorisations d'exploitation des dépôts miniers, prévues par ce règlement, d'un certain nombre de mesures permettant d'encadrer l'utilisation de ces nouveaux matériaux et d'en garantir un usage sécuritaire pour l'environnement et pour les personnes exposées. Ces mesures peuvent inclure :

- L'autorisation de la réexploitation des rejets en tant que matériaux alternatifs doit être assortie par la spécification des usages (certificat pour un ou plusieurs usages spécifiques). L'exploitant doit justifier sur la base des caractérisations et essais appropriés l'absence de nocivité des rejets et des produits qui seront issus de leur valorisation pour l'environnement et pour la santé publique.
- Les autorisations doivent être assorties, quand c'est requis, d'un certain nombre d'exigences supplémentaires à respecter telles que l'interdiction de mélanger les rejets au sol sous-jacent afin d'être distinctement séparables lors de travaux d'entretien ou lorsque l'infrastructure aura atteint la fin de sa vie utile (cas de valorisation dans les techniques routières) ou la nécessité de la fourniture de l'emplacement de l'utilisation des rejets, ou l'interdiction d'utilisation des rejets dans des zones résidentielles ou à une certaine distance de celles-ci, etc.
- Le recyclage des rejets dangereux doit être interdit à moins de démontrer par les caractérisations et essais appropriés qu'un traitement préalable permet d'éliminer le caractère à la base de la dangerosité du rejet. Les caractéristiques de dangerosité doivent être clairement redéfinies pour le cas précis des rejets miniers.

Il est suggéré l'élaboration d'un arrêté complétant le décret sur la procédure d'octroi des autorisations d'exploitation des haldes et terrils fixant les critères de l'admissibilité des rejets miniers au recyclage et les modalités de leur fixation ainsi que les secteurs autorisés. Il est nécessaire de tenir compte du caractère urgent en lien avec l'octroi imminent des autorisations pour l'exploitation des rejets miniers .

Afin de favoriser la valorisation des rejets miniers dans le respect de l'environnement et d'harmoniser les procédures lors de l'évaluation de l'innocuité environnementale des rejets en fonction des différentes utilisations, l'élaboration d'un guide s'avère nécessaire. Le guide doit fournir les lignes directrices permettant la classification des rejets et la détermination de leur admissibilité au recyclage ainsi que les utilisations autorisées pour chaque catégorie de rejets. Il doit fixer également les méthodes de caractérisation et d'évaluation et encadrer les approches. Le domaine de la valorisation étant en constante évolution, le guide devra être révisé périodiquement afin d'inclure les

résultats des avancées scientifiques dans le domaine ainsi que le retour d'expérience.

Le guide pourra reprendre l'approche utilisée dans cette étude et la consolider par un benchmarking par rapport à d'autres pratiques internationales, qu'il serait nécessaire d'adapter au contexte national. ***A titre d'exemple un guide a été élaboré par le ministère de l'environnement du Québec en 2002 porte sur la valorisation des matières résiduelles inorganiques non dangereuses de source industrielle comme matériau de construction.*** Le guide explique le processus décisionnel pour le recyclage des sous-produits miniers comme matériaux alternatifs dans les travaux de construction. Il fixe les critères de l'admissibilité pour les rejets non dangereux et présente les méthodes à suivre pour les déterminer. Sur la base de ces critères, les rejets sont classés en catégories et le guide spécifie les sous-secteurs de matériaux de construction autorisés par catégorie (béton, clinker, variantes des ouvrages routiers, etc.)

Il est suggéré également l'élaboration de dispositifs réglementaires pour l'instauration d'un système d'incitations financières et fiscales et des mesures dissuasives pour encourager la valorisation des rejets miniers. Ces dispositifs constitueront le cadre qui va permettre :

- L'application de tarifs préférentiels ou d'exonération d'impôts pour les autorisations relatives au recyclage des rejets des mines fermées sans forte valeur économique (faible tonnage, faibles teneurs, etc.). Cette mesure permettra de solutionner dans les plus brefs délais le problème environnemental et foncier du passif minier national.
- L'instauration de mesures incitatives (réduction d'impôt en fonction de tonnage de matériau secondaire consommé par exemple) pour encourager les secteurs grands consommateurs de matériaux naturels (bâtiment et génie civil, routes, ciments, briques, etc.) de prioriser l'utilisation des sous-produits miniers afin d'écouler de plus grands volumes de rejets.
- La mise en place d'un instrument dédié à l'octroi d'aides et de prêts bonifiés pour encourager les opérateurs à optimiser le recyclage des rejets et à maximiser la recyclabilité de leurs sous-produits (générer un rejets à fort potentiel de recyclage).
- L'instauration d'un système de redevances (taxation) déterminées sur la base de la quantité de rejets stockés sur les sites miniers (opérateurs miniers) et la quantité de matériaux primaires consommés (utilisateurs des granulats naturels). Ces mesures visent à encourager les opérateurs à investir dans la réduction des rejets déposés en surface et dans la valorisation au lieu d'investir dans le stockage, la restauration et la stabilité des ouvrages de retenue des rejets.

✓ **Sur le plan maitrise des pollutions liées aux rejets et restauration des sites miniers**

La gestion des rejets miniers au Maroc est régie par la réglementation spécifique au secteur minier (loi 33-13 relative aux mines et ses textes d'application) ainsi que par celle relative à l'environnement d'une manière générale (loi sur la gestion des déchets, loi sur l'eau, etc.). La loi sur le code minier a instauré l'obligation de l'EIE et la préparation du plan d'abandon. La révision en cours de ce texte réglementaire vise entre autre l'instauration des garanties financières. Ces mesures représentent une avancée inestimable dans les mesures de prévention des impacts de l'activité minière sur l'environnement. Certains aspects demeurent toutefois manquants ou nécessitent les modalités de leurs applications.

Il est nécessaire de combler les lacunes réglementaires relatives à la prévention des impacts associés aux rejets et à la restauration des sites miniers afin d'améliorer le cadre existant et permettre son application effective. Dans ce sens il est indispensable d'introduire des clauses spécifiques à l'activité minière dans l'EIE notamment :

- L'obligation de la prédiction de la génération du DMA et la qualité des drainages pendant la phase de développement du projet minier. De telles mesures sont nécessaires pour mettre en place les mesures préventives appropriées (quand c'est requis) permettant d'empêcher l'apparition du DMA et la lixiviation des contaminants avant le démarrage de l'activité.
- L'obligation de la prévision de mesures d'atténuation relatives aux effluents émanant des aires de stockage des rejets (collecte et traitement) et le contrôle de leur conformité aux normes générales de rejets.
- L'introduction de l'obligation du plan d'abandon dans l'EIE (y compris pour l'exploitation des haldes et terrils) ainsi que l'obligation de sa mise à jour au cours de la période d'activité et son suivi après fermeture. L'intégration du plan de fermeture à l'EIE doit être associée par la fixation des prérogatives le concernant notamment :
 - Le plan de fermeture doit définir le mode de restauration des aires d'entreposage des rejets qui sera mis en place et sa justification sur la base des résultats des caractéristiques du rejets, de la prédiction du DMA et du contexte du site. Il doit également montrer la stratégie prévue pour la réalisation des travaux de restauration progressive en cours d'exploitation (pas uniquement à la fermeture).
 - La sélection et la conception de la technique de restauration doivent se faire avec les professionnels (membres d'un ordre professionnel) qui disposent de l'expertise, la formation et l'expérience requises et pertinentes. Les bases de conception et les hypothèses retenues pour le choix et la conception des techniques de restauration doivent être fournies avec le plan.
 - Le plan de fermeture doit spécifier les mesures prévues pour la réhabilitation global du site permettant d'atteindre un état satisfaisant, notamment la remise en état des travaux de surface et souterrain, la stabilisation des terrains, le

démantèlement des installations et des équipements, la mise en végétation, etc.

- Le plan de fermeture doit tenir compte des usages futures du site et de la nécessité de l'orientation des travaux de réhabilitation en fonction de ces usages.
- Le plan d'abandon doit inclure l'obligation du suivi et du maintien des installations et ouvrages restaurés permettant de vérifier l'intégrité des ouvrages et l'efficacité des mesures correctrices appliquées sur le terrain.

Il est nécessaire d'assortir ces mesures par des textes réglementaires, des directives et des guides qui vont permettre de favoriser l'application des dispositions et l'ancrage et l'unification des bonnes pratiques en plus d'assurer l'équité entre opérateurs.

Ainsi il est pressant d'élaborer :

- Un décret fixant les modalités de préparation de plan d'abandon et les modalités de son évaluation.
- ***Une directive qui permettra d'encadrer d'une manière générale l'industrie minière et la gestion de ses impacts sur l'environnement depuis l'élaboration de l'EIE jusqu'au suivi post-fermeture.*** Cette directive constituera un outil d'aide pour les opérateurs miniers et facilitera l'analyse des projets miniers exigeant la délivrance d'une autorisation. ***A titre d'exemple, faire référence à la Directive européenne 2006/21/CE sur les industries extractives ou la Directive canadienne 019 sur l'industrie minière du Québec.***
- ***Un guide fixant les caractérisations requises et les modalités de prédiction du potentiel polluant des rejets en termes de production du DMA et du relargage des contaminants.*** Lesquels caractérisations et tests doivent être exigés à la phase de réalisation de l'EIE pour les nouveaux projets et le plutôt possible par les mines en activité et ce afin de tenir compte des résultats dans l'élaboration de plan de restauration progressive et de celui de réhabilitation finale.
- ***Un guide fixant les lignes directrices pour l'élaboration du plan de fermeture et les actions pour sa mise en œuvre.*** Ce guide constituera un outil mis à la disposition de l'industrie minière afin de faciliter la préparation du plan de réhabilitation. Il pourra être élaboré par les départements de l'Environnement et de l'Énergie et des Mines en concertation avec la profession minière (Fédération de l'Industrie Minérale (FDIM)). Ce guide qui pourrait reprendre plusieurs parties du présent rapport devrait contenir les activités assujettis à la préparation du plan de réhabilitation, une synthèse de l'ensemble des exigences légales en matière de réhabilitation ainsi que le contenu d'un plan de fermeture. Le guide pourrait s'appuyer sur les expériences réussies de par le monde en les adaptant au contexte marocain.

✓ **Sur le plan de préservation du patrimoine minier**

Les mesures réglementaires visant la préservation du patrimoine minier et l'encadrement de son exploitation sont quasi-absente. Il serait nécessaire de prévoir des dispositifs afin de :

- Inscrire le patrimoine minier dans le patrimoine national. L'héritage minier représente une composante importante du patrimoine matérielle et immatérielle marocain et une composante de l'identité et de la mémoire collective de plusieurs régions. Il est nécessaire de l'ériger à ce statut afin de rétablir sa valeur et rendre la fierté y associée aux populations concernées.
- Élaborer les textes réglementaires visant la préservation de l'héritage minier de toutes sorte de dégradation, de pillage ou de surexploitation (collection de minéraux dans certains cas par exemple). Des textes sont également nécessaires pour encadrer l'utilisation et la valorisation du patrimoine minier. L'absence de ces mesures réglementaires a engendré la lapidation de plusieurs richesses relatives à l'histoire minières des sites fermés et la dégradation du patrimoine restant. Cet aspect constitue une entrave à la mise en valeur adéquate de ce patrimoine et condamne des opportunités de développement culturel, touristiques et économiques des régions minière qu'il serait nécessaire d'anticiper pour le cas des futures sites fermés au Maroc.

✓ **Sur le plan du contrôle de l'application des dispositifs réglementaires**

Il est nécessaire de consolider les dispositifs réglementaires mis en place pour la prévention des impacts potentiels associés à l'industrie minière et à la promotion de la durabilité du secteur par des mesures de contrôle visant à assurer l'application totale et adéquate de l'arsenal juridique mis en place.

- Contrôle du respect des utilisations autorisées en terme de recyclage des rejets.
- Contrôle de la réalisation de la prédiction adéquate du potentiel polluant et valorisable des rejets. Lesquelles évaluations doivent être réalisées par les professionnels et selon les méthodes qui seront fixées dans les guides et les règlements les encadrant.
- Contrôle de de la conformité du mode de restauration mis en place et sa capacité à atteindre les objectifs en termes de maîtrise des polluants et de risque de stabilité.
- Contrôle de la conformité des effluents aux normes de rejets sur la base de la fréquence d'échantillonnage fixée par la réglementation en vigueur.
- Contrôle de la mise en place de l'ensemble des mesures d'atténuations prévues dans l'EIE
- Contrôle de la réalisation du suivi post-fermeture et l'assurance de la maintenance nécessaire. Les inspections doivent porter sur la qualité des eaux à long terme, les contrôles géotechniques des installations de retenue des parcs à résidus et des haldes à stériles, des bassins de décantation et la tenue de la végétation.

✓ **Sur le plan gouvernance**

Les intervenants dans le secteur minier sont nombreux et l'activité est concernée par plusieurs réglementations. Une bonne gouvernance du secteur et l'harmonisation des actions demandent la mise en place de certaines mesures qui inclut entre autres :

- La création d'une plateforme relative à la valorisation des rejets et des sites miniers et à la protection de l'environnement dans le secteur minier en général. Il est proposé que ce cluster soit constitué des départements des Mines et de l'Environnement ainsi que des représentants des grands groupes miniers, de la FDIM, de la communauté scientifique et des représentants des grandes industries utilisatrices des matériaux (fédération des matériaux de construction, de cimenterie, etc.). Ce cluster constituerait une force de proposition et de développement de solutions innovantes en capitalisant d'un côté sur l'expertise développée à l'échelle nationale dans la valorisation des rejets et la réhabilitation des sites miniers et en promouvant une R&D ciblée pour cette fin. La plateforme constituerait également un outil pour l'accompagnement des petites et moyennes entreprises minières dans leurs efforts pour la mise en place des stratégies de valorisation des rejets et de restauration des sites.
- la mise en place d'un cadre de coordination inter-institutions pour la coordination des actions de suivi, de contrôle et de sensibilisation menées par les différents départements intervenants dans la gestion environnementale du secteur minier notamment les départements de l'Environnement, de l'Énergies et des Mines et de l'Eau. Ce cadre permettrait d'améliorer l'attribution des responsabilités, d'augmenter l'efficacité des interventions ainsi que de simplifier et alléger les procédures.
- Le renforcement des capacités du contrôle environnemental et **désignation l'autorité compétente chargée du contrôle des nouveaux dispositifs relatifs à la valorisation des rejets miniers** et mettre à disposition les moyens nécessaires pour assurer la surveillance et le contrôle adéquat.

✓ **Mesures réglementaires générales**

- Unification de la nomenclature relative aux rejets miniers (résidu, stériles, mort terrain, etc.) et aux aires de leurs stockage (halles, terrils, parc à résidus). Les obligations, les autorisations ainsi que les techniques de valorisation, déposition et de restauration peuvent dans certains cas être différentes en fonction du type de rejets. Alors que les appellations sont utilisées et perçues différemment par les différents intervenants (opérateurs, académiciens, administration). Il est donc impératif d'assurer la même compréhension et d'unifier la signification avant l'élaboration des textes réglementaires, des guides et directives .
- Intégration des mesures réglementaires relatives à la nécessité de la détermination et de l'archivage des données et caractéristiques détaillées des rejets en général, aux utilisations faites et aux emplacements de leur stockage pour les besoins futures (connus ou inconnus de notre époque).

4. Mesures d'accompagnement

4.1 Renforcement de la communication

La mise en place effective des actions proposées dans le cadre de ce plan ainsi que l'ancrage des bonnes pratiques relatives à la gestion des rejets miniers et à la préservation de l'environnement dans le secteur minier d'une manière générale nécessite un renforcement de la communication sur les enjeux environnementaux, économiques et sociaux y sont associés. Une stratégie et un plan de communication autour des opportunités et des menaces que représentent la gestion des rejets tout au long du cycle de vie d'une mine et de la nécessité de l'instauration de la durabilité dans l'activité, doivent être élaborés et déployés à différentes échelles (ministères concernés, collectivités territoriales, opérateurs et populations).

Les actions de communication doivent porter particulièrement sur le partage autour des opportunités et des bonnes pratiques disponibles et utilisables à l'échelle nationale. Ils doivent également cibler une communication adaptée visant à restaurer l'image de l'exploitation minière et à rassurer les communautés riveraines des projets miniers.

La communication doit s'ouvrir également sur la promotion de la culture du patrimoine minier. La sensibilisation à sa valeur doit cibler les décideurs (nécessité des dispositifs de préservation et de mise en valeur du patrimoine minier), la population locale (protection de ce bien commun) et le grand public (incitation à la consommation de ce produit culturel national).

La réussite de ces actions de communication et de sensibilisation nécessite l'implication de toutes les parties prenantes et la mise à disposition des moyens humains et financiers.

4.2 Renforcement des capacités

La mise en œuvre adéquate du plan d'action demande un renforcement des capacités sur plusieurs plans notamment :

- Renforcer les capacités en moyens humains capables de prendre en charge la mise en œuvre des actions techniques et réglementaires et la réalisation des suivis et améliorations nécessaires. Cela nécessite le renforcement et l'appui à la formation et la formation continue et la veille à son adéquation aux besoins évolutifs du secteur.
- Renforcer les capacités de la R&D dans le domaine de l'environnement minier. Il est vrai que certains groupes disposent de centre de recherche qui contribuent d'une manière significative aux efforts de valorisation des rejets, de réduction des pollutions et d'optimisation de l'utilisation de l'eau. Toutefois, ce constat n'est pas généralisé pour l'ensemble des opérateurs. Il serait judicieux d'associer d'une manière structurée l'ensemble des structures de recherche public (universités, centre de recherche, etc.)

disposant des compétences dans le domaine de l'environnement minier d'une manière générale et d'améliorer la capitalisation du savoir-faire national.

Il serait judicieux de lancer des programmes de recherche interdisciplinaires visant l'élaboration de solutions pour la gestion des rejets miniers et pour la restauration et la conversion des sites miniers. Ces programmes peuvent être soutenus par des fonds alimentés par les opérateurs miniers en plus de ceux de l'état.

- Renforcer les capacités de contrôle en effectif et en qualification afin de couvrir l'ensemble des aspects concernés par le contrôle et avec la fréquence adéquate pour garantir un déroulement approprié et efficace des opérations de contrôle tenant compte de la spécificité du secteur.

4.3 Mise à jour de la base de données du Système d'Information Géographique

Un SIG environnemental a été élaboré dans le cadre de ce plan d'action. Il a été alimenté par des informations et des données numériques relatives à l'ensemble des mines sur le territoire marocain (en activité, fermées et en développement) ainsi que des informations sur les milieux naturels et humains. Le SIG qui renseigne sur les potentiels des sites miniers et sur la vulnérabilité des écosystèmes voisins, constitue un outil d'aide à la décision pour le suivi environnemental. Le SIG dynamique mis en place doit être complété par les données relatives aux rejets de l'ensemble des mines sur le territoire national (quantités et caractéristiques). Afin d'assurer sa pertinence dans le temps, le SIG nécessite une mise à jour et une alimentation continue en données (nouveaux permis, changement de statut des mines en activité (fermées, en arrêt, etc.), changement des composantes de l'environnement et de leurs statuts, etc.).

5. Planification du plan d'action

L'échéancier prévisionnel a été déterminé pour les principales actions proposées dans le cadre du plan d'action. Les tableaux ci-après donnent séparément, la planification des actions pour les sites fermés prioritaires, pour les sites fermés autres que prioritaires, les mines en activité et en développement ainsi que celui pour les actions réglementaires et de gouvernance.

Tableau 17 : Planification des actions proposées pour les sites miniers fermés prioritaires

Actions	Partenaires	Échéancier									
		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30-40
- Récupération des substances utiles et exploitation des granulats secondaires pour les mines de Sidi Boubker, Sidi Lahcen, Azegour, Sidi Bou Othmane et Tansrift	Opérateurs, MEME, Collectivités territoriales, FDIM										
- Actions pour l'exploitation des rejets en tant que granulats secondaires pour les rejets des mines de Zaida, Mibladen-Aouli et Erdouz											
- Restauration du parc à résidus de la mine de Kettara	Permissionnaire, MEME, OCP, Collectivités territoriales, Établissement de recherche										
- Stabilisation des terrains à Sidi Boubker (étude et mise en œuvre)	Ancien et nouveau exploitants, MEME Collectivités territoriales										
- Sécurisation des excavations pour l'ensemble des sites (étude et mise en œuvre)											
- Remise en état des sites miniers (démantèlement, décontamination des sols, revégétalisation)											
- Actions pour la valorisation du patrimoine minier du district Zaida-Mibladen-Aouli et du site minier de Sidi Boubker	MEME, Collectivités territoriales, Ancien et nouveau exploitants Ministères concernés (Ministère culture, Ministère du tourisme) FDIM										
- Détermination et mise en place des nouveaux usages adaptés à chaque site (étude et mise en œuvre)	MEME, Collectivités territoriales, Ancien et nouveau exploitants MEME, ministères concernés										

Tableau 18: Planification des actions proposées pour les sites fermés autres que prioritaires

Actions	Partenaires	Échéancier									
		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30-40
Caractérisation des rejets pour orienter le schéma de gestion entre valorisation et stabilisation (évaluation des quantités, évaluation des potentiels valorisable et contaminant)	MEME, Collectivités territoriales, ONHYM										
Planification des actions pour la valorisation des rejets pour les sites présentant un potentiel (détermination des actions et lancement des appels d'offre)											
Actions pour la valorisation des rejets	Opérateurs, MEME, Collectivités territoriales, FDIM										
Sécurisation des vides et stabilisation des terrains des sites concernés (étude et mise en œuvre)	Ancien et nouveau exploitants, MEME, Collectivités territoriales, FDIM										
Restauration des aires de stockage des rejets pour les sites générateurs de drainages contaminés (réalisation des études et mise en œuvre des solutions)											
Remise en état de l'ensemble des sites (réalisation des études et mise en œuvre des actions)											
Détermination des nouveaux usages adaptés au contexte de chaque site minier (étude et mise en œuvre)	MEME, Collectivités territoriales, Ministères concernés										

Tableau 20 : Planification des actions proposées sur le plan réglementaire, de gouvernance et d'accompagnement

Actions	Responsables	Partenaires	Échéancier									
			21	22	23	24	25	26	27	28	29	30-40
Mesures réglementaires												
Élaboration et adoption d'un arrêté en application au décret n° 2-18-548 relatif à la procédure d'octroi des autorisations d'exploitation des haldes et terrils portant sur la fixation des critères de l'admissibilité des rejets miniers au recyclage et les modalités de leur détermination ainsi que les secteurs autorisés	MEME	FDIM Opérateurs miniers										
Instauration d'un système de redevances déterminées sur la base de volumes de rejets stockés en surface des sites miniers	MEME	FDIM Opérateurs miniers										
Élaboration de dispositifs réglementaires pour l'instauration d'un système d'incitations financières et fiscales dédié à encourager la valorisation des rejets miniers (producteurs et utilisateurs des rejets)	MEME	D. concernés										
Élaboration et adoption d'un décret d'application de la loi 33-13 sur les mines relatif aux modalités de préparation du plan d'abandon et les modalités d'évaluations desdits plans	MEME	-										
Intégration de dispositifs spécifiques relatifs à la gestion des rejets miniers dans l'EIE												
- Introduction de l'obligation de la prédiction de la qualité des drainages et du potentiel de production du DMA des rejets	MEME	FDIM, opérateurs										
- Introduction de l'obligation du plan d'abandon dans l'EIE ainsi que l'obligation de sa mise à jour au cours de la période d'activité et de son suivi après fermeture												
Élaboration de textes réglementaires encadrant la préservation et la valorisation du patrimoine minier	MEME	Ministère culture										
Mesures de gouvernance												
Création d'une plateforme autour de la valorisation des rejets et la réhabilitation des sites miniers	MEME	FDIM, opérateurs, chercheurs										
Consolidation du contrôle par la clarification des responsabilités et des autorités et par l'octroi des moyens nécessaires pour sa réalisation adéquate	MEME	D. concernés										
Mesures pour l'encadrement des pratiques environnementales relatives à l'activité minière												
Élaboration d'une directive permettant d'encadrer l'industrie minière et la gestion de ses impacts sur l'environnement (depuis l'élaboration de l'EIE jusqu'au suivi post-fermeture)	MEME	FDIM, opérateurs										
Élaboration d'un guide fixant les procédures de classification des rejets, de détermination de l'admissibilité au recyclage et des méthodes pour les évaluations	MEME	FDIM										
Élaboration d'un guide fixant les lignes directrices pour la préparation du plan de fermeture et les actions pour sa mise en œuvre	MEME	FDIM, opérateurs										
Élaboration d'un guide pour l'évaluation de l'EIE de projets miniers	MEME	D. concernés										
Mesures d'accompagnement												
Renforcement de la communication et des capacités	MEME, opérateurs	FDIM										
Mise à jour de la base de données du Système d'Information Géographique	MEME	-										

D. Département MEME : Ministère de l'Énergie, des Mines et de l'Environnement

6. Évaluation budgétaire et montage financier du plan d'action

L'estimation des coûts relatifs à la mise en place des actions proposées a porté sur les neuf sites miniers fermés prioritaires. L'évaluation budgétaire n'a pas tenu compte des mines fermées autres que prioritaires, les mines en activité et celles en développement en raison de :

- La spécificité de chaque site (volume de rejets, ampleur de l'échantillonnage et des caractérisations nécessaires, niveau de dégradation, portée des zones affectées, etc.).
- La grande disparité des opportunités et des contraintes posées par les rejets.
- La disparité des capacités en terme de R&D de chaque opérateur (cas des mines actives et en projets).

Ces évaluations peuvent être réalisées lors des études techniques et économiques spécifiques à chaque projet.

6.1 Estimation du coût des actions relatives aux sites fermés prioritaires

L'évaluation budgétaire a été réalisée dans un premier temps en considérant l'ensemble des actions proposées pour les sites fermés prioritaires. Par la suite, le coût des actions jugées hautement prioritaires a été estimé. ***Il est à noter que ces estimations sont données à titre indicatif et nécessitent d'être affiner par des évaluations spécifiques pour chaque projet.***

6.1.1 Estimation des coûts des actions proposées pour les sites fermés prioritaires

La mise en œuvre des actions prioritaires est estimée à environ 1,85 milliard Dhs répartis en 1,6 Milliard Dhs pour la réalisation des actions de valorisation des rejets, 212 millions Dhs pour la réhabilitation des sites et 56 millions Dhs pour la valorisation du patrimoine minier et la préparation de la conversion des sites miniers. La répartition des coûts est synthétisée dans le tableau ci-après. Le détails des estimations pour chaque site est donné dans la partie suivante.

Tableau 21 : Estimation du coût des actions proposées pour les sites miniers fermés prioritaires

Actions	Coût (MDhs)
Mesures pour la valorisation des rejets	
Mise en œuvre des actions pour la valorisation des rejets des sites miniers fermés prioritaires (Sidi Boubker, Sidi Lahcen, Zaida, Mibladen-Aouli, Azegour, Erdouz, Sidi Bou Othmane et Tansrift)	1 584
- Ingénierie (confirmation des réserves, étude de faisabilité, validation des techniques d'enrichissement par essais laboratoire et pilote, etc.)	
- Construction et mise en service (construction des usines de traitement, achats des équipements, etc.)	
- Équipements pour l'exploitation des granulats, stockage et transport	
Total valorisation rejets	1 584
Mesures pour la stabilisation des rejets et la réhabilitation des sites miniers	
Sécurisation des sites miniers	193
- Réalisation des études géotechniques	
- Mise en œuvre des actions de sécurisation (travaux de soutènement et de remblayage des vides)	
Travaux de restauration du parc à résidu de la mine de Kettara (travaux de chargement, de transport et de compactage des rejets et des stériles de phosphates)	15
Travaux de remise en état des sites miniers	4
Total réhabilitation	212
Mesures pour la valorisation du patrimoine miniers	
Mise en place des actions pour la valorisation du patrimoine minier du district Zaida-Mibladen-Aouli et du site minier de Sidi Boubker	53
- Conception et construction du bâtiment du musée pour le district Zaida-Mibladen-Aouli	
- Coûts relatifs à la muséologie et scénographie pour le district Zaida-Mibladen-Aouli	
- Travaux de mise à niveau des bâtiments	
- Recensement et collecte des archives et objets de la mine	
Détermination des usages de substitution adaptés au contexte des sites miniers de Sidi Lahcen, Kettara, Azegour, Erdouz, Sidi Bou Othmane et Tansrift	3
- Réalisation des études	
- Mise en place des actions	
Total nouveaux usages	56
Total (MDhs)	1 851

6.1.2 Estimation des coûts des actions à court terme

Parmi les actions proposées pour les sites fermés prioritaires, certaines sont davantage plus pressantes et devraient être mises en place à très court terme. Il s'agit notamment de :

- La stabilisation des terrains sur le site de Sidi Boubker et la sécurisation et la fermeture des ouvertures et excavations sur les sites de Zaida, et Mibladen-Aouli : Le site de Sidi Boubker connaît un affaissement des terrains qui pourrait connaître une aggravation imminente et représente par conséquent un risque très élevé pour la population. Cette situation entrave en plus toutes les actions proposées pour la gestion environnementale et la relance économique du site notamment la valorisation des rejets qui renferment un fort potentiel économique et la valorisation du patrimoine proposée en association au projet muséologique de Jerada.

Pour les sites de Zaida, et Mibladen-Aouli, les ouvertures représentent un haut risque pour les mineurs clandestins et causent encore des pertes humaines. Malgré que les ouvertures existantes ne constituent pas une contrainte majeure pour l'exploitation des rejets, la mise en œuvre de la valorisation du patrimoine minier de la zone est par ailleurs tributaire de sa sécurisation.

- La réhabilitation du site de Kettara : les rejets abandonnés sur le site présentent une source de contamination confirmée des eaux souterraines et des sols suite à la production du drainage polluant (site générateur de DMA). La solution permettant la maîtrise des pollutions et la restauration du site est déjà étudiée et validée à l'échelle pilote.
- La mise en œuvre des actions visant la valorisation du patrimoine minier dans le district Zaida-Mibladen-Aouli étant donné que les orientations ont été tracées par ce plan d'action et que le besoin en une relance économique dans la région est très pressent. Les travaux préparatoires, notamment les études de conception du musée, le recensement et la collecte de l'héritage, etc., peuvent être lancés parallèlement aux travaux de sécurisation du site afin d'optimiser les délais.

La mise en œuvre de ces trois actions nécessiterait un montant total estimé à 203 millions Dh tel que détaillé dans le tableau ci-après.

Tableau 22 : Estimation du coût des actions prioritaires pour les sites fermés prioritaires

	Coût (MDhs)
Stabilisation des terrains et sécurisation des ouvertures à Sidi Boubker, Zaida, Mibladen-Aouli	
- Réalisation des études géotechniques	124
- Mise en œuvre des actions de sécurisation (travaux de soutien et de consolidation des cavités, de remblayage des vides, etc.)	
Total sécurisation	124
Réhabilitation du site de Kettara	
Travaux de restauration du parc à résidu	
- Travaux de ramassage et compactage des rejets de Kettara	7
- Travaux de chargement, de transport et de compactage des stériles de phosphates	4
- Ouvrages de collecte et évacuation des eaux	4
- Étude géotechnique	
- Instrumentation pour le suivi	
- Travaux de mise en place et d'entretien initial de la végétalisation du recouvrement phosphaté	
- Suivi des travaux	
Total restauration	15
Travaux de remise en état du site	
- Sécurisation	10
- Démantèlement des bâtiments et infrastructures	0,8
- Décontamination des sols/Mise en place du couvert végétal pour l'ensemble du site	0,15
Total remise en état	11
Total réhabilitation	26
Mise en place des actions pour la valorisation du patrimoine minier du district Zaida-Mibladen-Aouli	
- Conception et construction du bâtiment du musée	50
- Coûts relatifs à la muséologie et scénographie	2,8
- Travaux de mise à niveau des bâtiments	
- Recensement et collectes des archives et objets de la mine	
Total conversion	53
Total (MDhs)	203


6.3 Montage financier du plan d'action

La mise en œuvre du plan d'action nécessiterait la mobilisation de ressources financières importantes et la conjugaison des efforts de la part des organismes de l'État concernés et des opérateurs miniers afin de réussir ce défi. L'établissement de partenariats entre les différents acteurs et intervenants, notamment des partenariats public-privé aiderait à la mobilisation des investissements nécessaires. La contribution des parties prenantes devrait être appuyée par la recherche de fonds auprès des bailleurs de fonds tels que la Banque Africaine de Développement, le Programme des Nations Unies pour l'Environnement, la Banque Mondiale, etc.

Le montage financier pourrait être envisagé selon le modèle suivant :

- l'identification des potentiels de valorisation et le lancement des appels d'offre pour l'exploitation des rejets des sites fermés pourraient être assurés par le Ministère de l'Énergie, des Mines et de l'Environnement et les opérateurs/promoteurs se chargeraient de la mise en œuvre des actions.
- La réhabilitation des sites fermés et leur conversion pourraient être assurée par une contribution multipartite incluant les départements ministériels concernés, opérateurs miniers, les permissionnaires des sites (ceux qui sont encore solvables), les régions, provinces et communes, etc. Il est proposé d'instaurer un fond dans ce sens qui pourrait être alimenté par les différentes contributions en plus des aides qui peuvent être octroyés par l'état à travers ses instruments.
- Les actions relatives à la gestion des rejets pour les mines en exploitation et ceux en développement restent sous la charge des opérateurs. L'État devrait par ailleurs renforcer le cadre législatif permettant la mise en place des dispositifs d'incitations financières et fiscales pour encourager les actions de réduction de la production des rejets, d'optimisation du recyclage ainsi que les actions permettant la maîtrise des pollutions.

Dans la partie suivante sont données des fiches-actions qui synthétisent pour chaque site fermé prioritaire l'ensemble des actions proposées, les coûts estimatifs globaux des actions, les responsabilités et les échéanciers. Les fiches sont assorties du détail des évaluations budgétaires des actions par site.



**Fiches actions des sites miniers
fermés prioritaires**

Mine de Kettara

Période d'exploitation : 1938 - 1982
 Minerai exploité : Pyrrhotine
 Tonnage des résidus : 2 500 000 T
 Élément à forte teneur dans les rejets : aucun
 Éléments dangereux : sulfures (production DMA)



Région : Marrakech-Safi
 Commune : M'Nabha
 Coordonnées : latitude 31°52'5,34"N et longitude 8°11'4,54"W



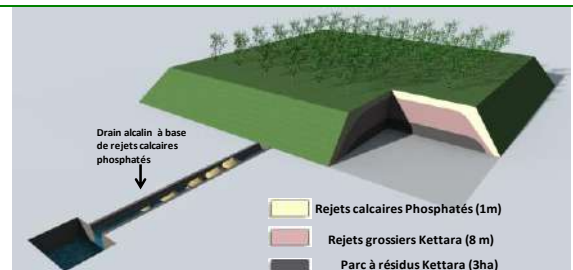
Restauration du parc à résidus

Actions de restauration proposée : stabilisation des rejets par un recouvrement type stockage et relargage

Matériau de recouvrement proposé : stériles de phosphate (1m d'épaisseur)

Coût estimé pour la restauration : 15MDH

Échéancier : court terme



Réhabilitation

Actions proposées : sécurisation, démantèlement, décontamination des sols, végétalisation, suivi et entretien

Coût estimé: 11 MDH

Échéancier : court terme

Partenaires

- MEME
- OCP-SA
- Collectivités territoriales
- Permissionnaire
- Établissements de recherche

Estimation du coût global de l'ensemble des actions (Mdhs) : 26

**Détail estimatif des coûts relatifs aux actions proposées
pour la mine de Kettara**

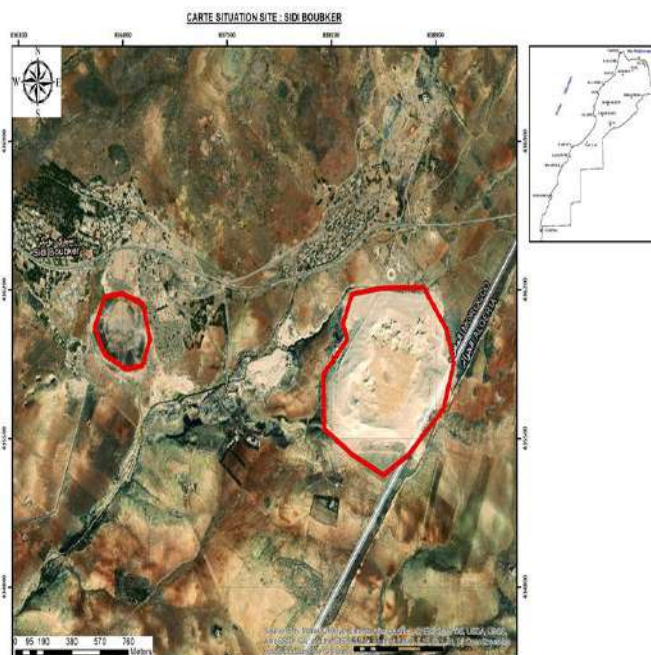
Action	Budget Mdhs
Travaux de restauration du parc à résidu de la mine de Kettara	
- Travaux de ramassage et compactage des rejets de Kettara	7
- Travaux de chargement, de transport et de compactage des stériles de phosphates	4
- Ouvrages de collecte et évacuation des eaux	4
- Étude géotechnique	
- Instrumentation pour le suivi	
- Travaux de mise en place et d'entretien initial de la végétalisation du recouvrement phosphaté	
- Suivi des travaux	
Travaux de remise en état du site de Kettara	
- Sécurisation	10
- Démantèlement des bâtiments et infrastructures	0,8
- Décontamination des sols/Mise en place du couvert végétal pour l'ensemble du site	0,15
Total réhabilitation (dh)	26

Mine de Sidi Boubker

Période d'exploitation : 1929-1987
Minerai exploité : Pb, Zn
Tonnage des résidus : 18 000 000 T
Minerai à forte teneur dans les résidus : Zn
Concentration du minerai dans le résidu : 2.7 % Zn
Éléments dangereux : Pb

Valorisation

	Minerai	Granulats	Patrimoine
	x	x	x
Tonnage (T)*/volume (m ³) récupérés	340 000	11 770 800	-
Potentiel économique (MDH)*	Minerai	Granulats	Total
	1 022 – 2 960	2 383	3 404 – 4 990
Coût d'investissement (MDH)*	Minerai	Granulats	Total
	438 – 532	353	842 – 885
Bénéfice (MDH)*	Minerai	Granulats	Total
	490 – 2 427	2 384	2 520 – 4 458
Échéancier	Court terme	Court terme	Court terme



Région : Oriental

Commune : Sidi Boubker

Coordonnées : latitude 34°28'33,52''N et de longitude 1°43'56,28''W

Procédé de récupération proposé :

- Option 1 : Densimétrie
- Option 2 : Flottation

Réhabilitation

Actions proposées : sécurisation, démantèlement, décontamination des sols, végétalisation, suivi et entretien

Coût estimé : 85 MDH

Échéancier : court terme

Patrimoine

Actions proposées : association au projet muséologique de Jerada, activités culturelles et touristiques au tour de l'héritage minier

Partenaires

- MEME
- Collectivités territoriales
- Ministères concernés (culture, tourisme)
- FDIM
- Établissements de recherche
- Ancien et nouveau exploitants

Estimation du coût global d'investissement de l'ensemble des actions (Mdhs) : de 927 à 970

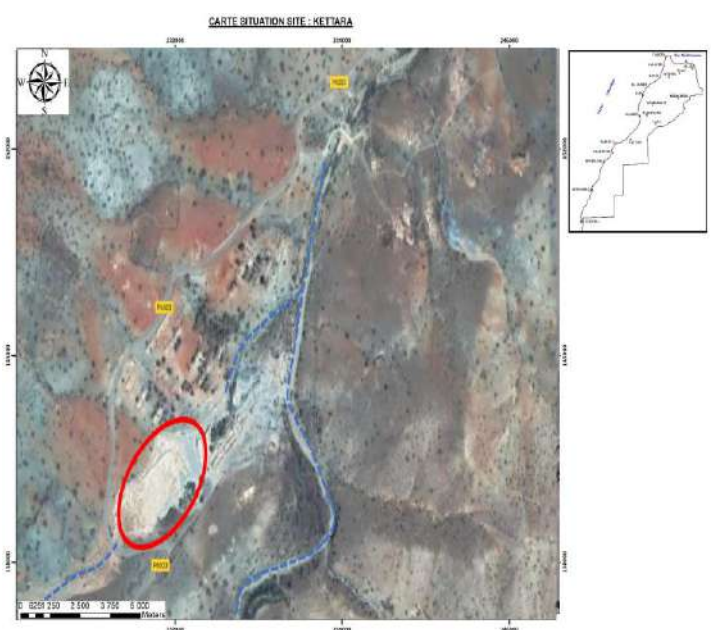
* Estimation sur la base des échantillons considérés

**Détail estimatif des coûts relatifs aux actions proposées
pour la mine de Sidi Boubker**

Valorisation des rejets		
Investissement récupération métal		
	Flottation	Densimétrie
Ingénierie (dh)	1 900 000	1 900 000
Construction & mise en service (dh)	18 300 000	22 000 000
Production (dh)	512 356 000	506 756 000
Total investissement récupération métal (dh)	532 556 000	530 656 000
Potentiel économique métal		
Tonnage du concentré (T)	328 860	340 200
Teneur concentré (%)	70%	28%
Prix du métal (T)	9 000	3 000
Total Potentiel économique métal (dh)	2 959 740 000	1 020 600 000
Investissement granulats		
Tonnage des rejets (T)	18 000 000	
Tonnage (après extraction du minerai) (T)	17 671 140	17 659 800
Coût stockage & transport (dh/T)	20	20
Total Investissement granulats (dh)	353 422 800	353 196 000
Potentiel économique Granulat		
Prix de vente (dh/T)	135	135
Total Potentiel économique granulats (dh)	2 385 603 900	2 384 073 000
Bénéfices total (Dhs)	4 458 879 100	2 520 335 000
Bénéfices total (Dh/T)	248	140
Réhabilitation		
Sécurisation du site		
- Étude géotechnique (dh)	1 300 000	
- Travaux (soutien et consolidation des cavités, remblayage des vides, etc.) (dh)	80 000 000	
Démantèlement Bâtiments et infrastructures (dh)	380 000	
Couverture végétale (dh)	150 000	
Suivi des travaux (dh)	3 273 200	
Total Réhabilitation (dh)	85 103 200	

Mine de Sidi Lahcen

Période d'exploitation : 1918- 1997			
Minerai exploité : Pb			
Tonnage des résidus : 60 000 T			
Minerai à forte teneur dans les résidus : Pb			
Concentration du Minerai dans le résidu : 2.15 % Pb			
Éléments dangereux : Pb			
Valorisation			
	Minerai	Granulats	Patrimoine
	X	X	-
Tonnage (T)*/volume (m ³) récupérés	1 097	39 250	-
Potentiel économique (MDH) *	Minerai	Granulats	Total
	11,3 -13,1	7,9	19 - 21
Coût d'investissement (MDH)*	Minerai	Granulats	Total
	3,8 - 5	1,2	5 - 6,2
Bénéfice (MDH)	Minerai	Granulats	Total
	7,5 - 8,1	6,7	14,2 - 15
Échéancier	Court terme	Court terme	-
Procédé de récupération proposé :			
Option 1 : Gravimétrie			
Option 2 : Flottation			



Région : Oriental
Commune : Sidi Lahcen
Coordonnées : latitude 34°13' 64''N
 longitude 2°62'14''W

Réhabilitation	
Actions proposées : sécurisation, démantèlement, décontamination des sols, végétalisation, suivi et entretien	
Coût estimé : 11,5 MDH	
Échéancier : court à moyen terme	
Partenaires	
<ul style="list-style-type: none"> - MEME - Collectivités territoriales - FDIM - Établissements de recherche - Ancien et nouveau exploitants 	

Estimation du coût global d'investissement de l'ensemble des actions (Mdhs) : 16,5/17,7

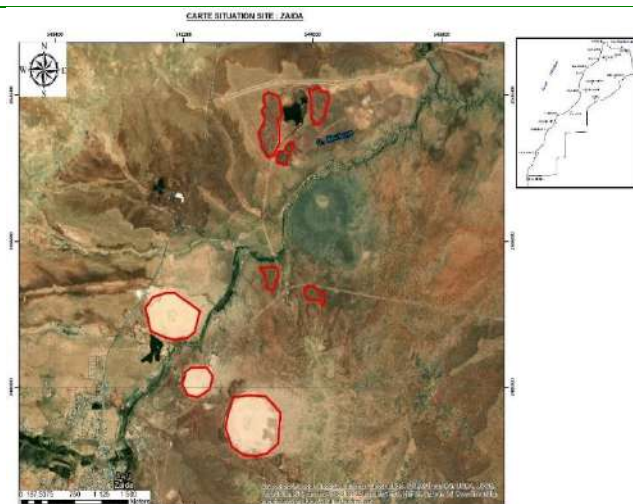
* Estimation sur la base des échantillons considérés

**Détail estimatif des coûts relatifs aux actions proposées
pour la mine de Sidi Lahcen**

Valorisation des rejets		
Investissement Récupération métal		
	Gravimétrie	Flottation
Ingénierie (dh)	200 000	200 000
Construction & mise en service (dh)	1 920 000	2 400 000
Production (dh)	1 664 280	2 420 500
Total investissement récupération métal (dh)	3 784 280	5 020 500
Potentiel économique métal		
Tonnage du concentré (T)	1 125	1 097
Teneur concentré (%)	50%	70%
Prix du métal (T)	10 000	12 000
Total Potentiel économique métal (dh)	11 250 000	13 158 000
Investissement Granulats		
Tonnage des rejets (T)	60 000	
Tonnage (après extraction du minerai)	58 875	58 904
Coût transport (dh/T)	20	20
Total Investissement granulat (dh)	1 177 500	1 178 070
Potentiel économique Granulat		
Prix de vente (dh/T)	135	135
Total Potentiel économique granulat (dh)	7 948 125	7 951 973
Bénéfices total (dh)	14 236 345	14 911 403
Bénéfices total (dh/T)	237	249
Réhabilitation		
Sécurisation du site		
- Étude géotechnique (dh)	550 000	
- Travaux (soutien et consolidation des cavités, remblayage des vides, etc.) (dh)	10 000 000	
Démantèlement bâtiments et infrastructures (dh)	420 000	
Couverture végétale (dh)	150 000	
Suivi des travaux (dh)	444 800	
Total Réhabilitation (dh)	11 564 800	

Mine de Zaida

Période d'exploitation : 1958 -1986			
Minerai exploité : Pb			
Tonnage des résidus : 6 302 500 T			
Minerai à forte teneur dans les résidus : aucun			
Concentration du Minerai dans le résidu :			
Éléments dangereux : Pb			
Valorisation			
	Minerai	Granulats	Patrimoine
	Dépollution	x	x
Tonnage (T)*/volume (m ³) récupérés	18 971	4 189 020	-
Potentiel économique (MDH)*	Minerai	Granulats	Total
	-	848	848
Coût d'investissement (MDH)*	Minerai **	Granulats	Total
	145	126	270
Bénéfice (MDH)*	Minerai	Granulats	Total
	-	722	577
Échéancier	Court terme	Court terme	Court à moyen terme



Région : Drâa Tafilalet

Commune : Zaïda

Coordonnées : latitude 32°50'22,56"N et longitude 4°57'12,96"W

Procédé de récupération proposé : gravimétrie (dépollution)	
Réhabilitation	
Actions proposées : sécurisation, démantèlement, décontamination des sols, végétalisation, suivi et entretien	
Coût estimé : 32 MDH	
Échéancier : court terme	
Patrimoine	
Actions proposées (commune avec les sites de Mibladen-Aouli) : musée de la mine, activités culturelles et touristiques autour de l'héritage minier, valorisation du patrimoine minéralogique et géologique	
Partenaires	
<ul style="list-style-type: none"> - MEME - Collectivités territoriales - Ministères concernés (culture, tourisme) - FDIM - Établissements de recherche - Ancien et nouveau exploitants 	
Estimation du coût global d'investissement de l'ensemble des actions (Mdhs) : 302	

* Estimation sur la base des échantillons considérés

** dépollution

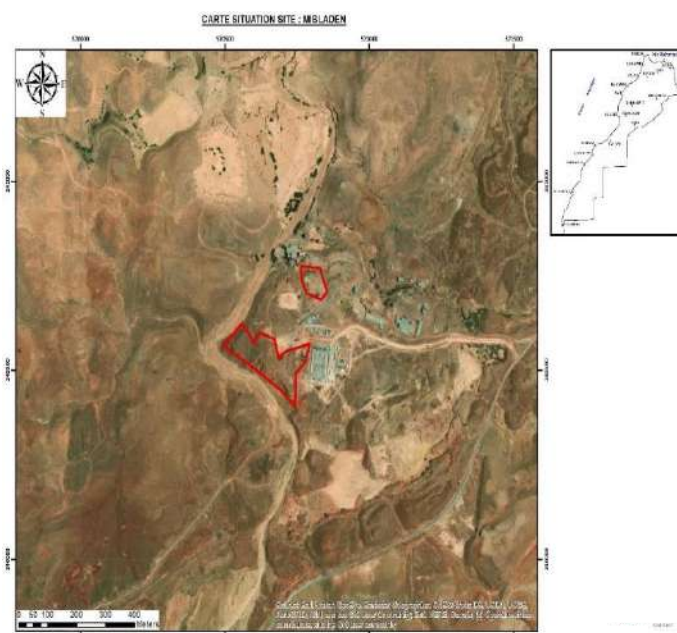
**Détail estimatif des coûts relatifs aux actions proposées
pour la mine de Zaida**

Valorisation des rejets	
Investissement Récupération métal	
Ingénierie (dh)	300 000
Construction & mise en service (dh)	2 240 000
Production (dh)	142 252 803
Total investissement récupération métal (dh)	144 792 803
Potentiel économique métal	
Tonnage du concentré	
Teneur concentré (%)	
Prix du métal (T)	
Total Potentiel économique métal	
Investissement Granulats	
Tonnage des rejets (T)	6 302 500
Tonnage (après extraction du minerai)	6 283 529
Coût transport (dh/T)	20
Total Investissement granulat (dh)	125 670 590
Potentiel économique Granulat	
Prix de vente (dh/T)	135
Total Potentiel économique granulat (dh)	848 276 479
Bénéfices total (dh)	577 813 087
Bénéfices total (dh/T)	92
Réhabilitation	
Sécurisation du site	
- Étude géotechnique (dh)	550 000
- Travaux (soutien et consolidation des cavités, remblayage des vides, etc.) (dh)	30 000 000
Suivi des travaux (dh)	1 228 000
Couverture végétale (dh)	150 000
Total Réhabilitation	31 928 000
Valorisation du patrimoine du district Zaida-Mibladen-Aouli	
Conception et construction du bâtiment du musée (dh)	50 000 000
Coûts relatifs à la muséologie et scénographie (dh)	1 080 000
Travaux de mise à niveau des bâtiments (dh)	1 200 000
Recensement et collectes des archives et objets de la mine (dh)	520 000
Total Valorisation patrimoniale (dh)	52 800 000

Mine de Mibladen-Aouli

Période d'exploitation : 1939-1983
Minerai exploité : Pb
Tonnage des résidus : 6 255 000 T
Minerai à forte teneur dans les résidus : aucun
Concentration du Minerai dans le résidu :
Éléments dangereux : Pb

Valorisation			
	Minerai	Granulats	Patrimoine
	Dépollution	x	x
Tonnage (T)*/volume (m ³) récupérés	26 709	4 152 194	-
Potentiel économique (MDH)*	Minerai	Granulats	Total
	-	841	841
Coût d'investissement (MDH)*	Minerai**	Granulats	Total
	151	124	275
Bénéfice (MDH)*	Minerai	Granulats	Total
		716	566



Région : Drâa Tafilalet
Commune : Mibladen/Aouli
Coordonnées : latitude 32°45'26,52''N et longitude 4°38'22,56''W

Procédé de récupération proposé : densimétrie			
Échéancier	Court terme	Court terme	Court à moyen terme

Réhabilitation
 Actions proposées : sécurisation, démantèlement, décontamination des sols, végétalisation, entretien et suivi
 Coût estimé : 13 MDH
 Échéancier : court terme

Patrimoine
 Actions proposées (commune avec le site de Zaida) : musée de la mine, activités culturelles et touristiques autour de l'héritage minier, valorisation du patrimoine minéralogique et géologique

- Partenaires**
- MEME
 - Collectivités territoriales
 - Ministères concernés (culture, tourisme)
 - FDIM
 - Établissements de recherche
 - Ancien et nouveau exploitants

Estimation du coût global d'investissement de l'ensemble des actions (Mdhs) : 288

* Estimation sur la base des échantillons considérés

** Dépollution

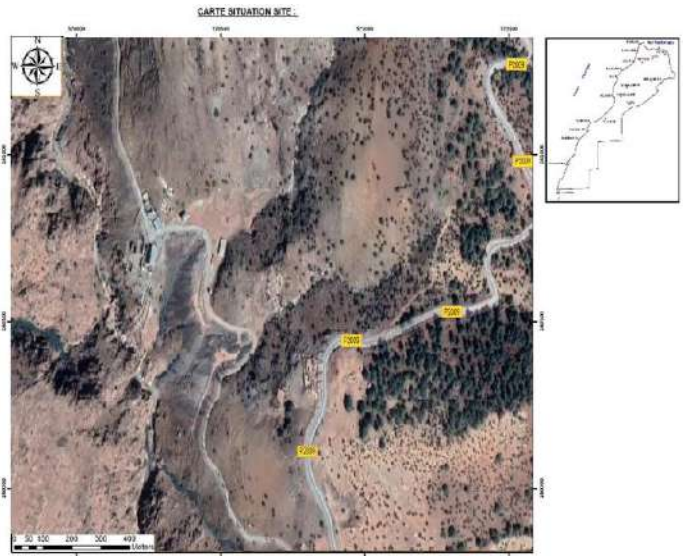
**Détail estimatif des coûts relatifs aux actions proposées
pour la mine de Mibladen-Aouli**

Valorisation des rejets	
Investissement Récupération métal	
Ingénierie (dh)	500 000
Construction & mise en service (dh)	2 240 000
Production (dh)	148 234 280
Total investissement récupération métal (dh)	150 974 280
Potentiel économique métal	
Tonnage du concentré	
Teneur concentré (%)	
Prix du métal (T)	
Total Potentiel économique métal	
Investissement Granulats	
Tonnage des rejets (T)	6 255 000
Tonnage (après extraction du minerai)	6 228 291
Coût transport (dh/T)	20
Total Investissement granulat (dh)	124 565 823
Potentiel économique Granulat	
Prix de vente (dh/T)	135
Total Potentiel économique granulat	840 819 305
Bénéfices total dh	565 279 202
Bénéfices total (dh/T)	90
Réhabilitation	
Sécurisation du site	
Étude géotechnique (dh)	450 000
Travaux (soutien et consolidation des cavités, remblayage des vides, etc.) (dh)	12 000 000
Suivi des travaux (dh)	504 000
Couverture végétale (dh)	150 000
Total Réhabilitation (dh)	13 104 000

Mine d'Azegour

Période d'exploitation : 1918- 1997
Minerai exploité : Mo, Cu, W, U
Tonnage des résidus : 320 000 T
Minerai à forte teneur dans les résidus : Mo
Concentration du minerai dans le résidu : 2.9 % Mo
Éléments dangereux : sulfures (production du DMA)

Valorisation			
	Minerai	Granulats	Patrimoine
	X	X	-
Tonnage (T)*/volume (m ³) récupérés	7 819	208 162	-
Potentiel économique (MDH)*	Minerai	Granulats	Total
	704	42	746
Coût d'investissement (MDH)*	Minerai	Granulats	Total
	75,6	6	82
Bénéfice (MDH)*	Minerai	Granulats	Total
	628	36	664
Échéancier	Court terme	Court terme	-



Région : Marrakech-Safi

Commune : Azegour

Coordonnées : latitude 31°9'6,47''N et longitude 8°18'13,19''W

Procédé de récupération proposé : flottation

Réhabilitation

Actions proposées : sécurisation, démantèlement, stabilisation des rejets résiduels, décontamination des sols, végétalisation, suivi et entretien

Coût estimé : 9,5 MDH

Échéancier : court à moyen terme

Partenaires

- MEME
- Collectivités territoriales
- FDIM
- Ancien et nouveau exploitants
- Établissements de recherche

Estimation du coût global d'investissement de l'ensemble des actions (Mdhs) : 91,50

* Estimation sur la base des échantillons considérés

**Détail estimatif des coûts relatifs aux actions proposées
pour la mine de la mine d'Azegour**

Valorisation des rejets	
Investissement Récupération métal	
Ingénierie (dh)	700 000
Construction & mise en service (dh)	12 350 000
Production (dh)	62 517 280
Total investissement récupération métal (dh)	75 567 280
Potentiel économique métal	
Tonnage du concentré (T)	7 819
Teneur concentré (%)	55
Prix du métal (T)	90 000
Total Potentiel économique métal (dh)	703 678 245
Investissement Granulats	
Tonnage des rejets (T)	320 000
Tonnage (après extraction du minerai)	312 181
Coût transport (dh/T)	20
Total Investissement granulat (dh)	6 243 627
Potentiel économique Granulat	
Prix de vente (dh/T)	135
Total Potentiel économique granulat (dh)	42 144 483
Bénéfices total (dh)	664 011 821
Bénéfices total (dh/T)	2 075
Réhabilitation	
Sécurisation du site	
Etude géotechnique (dh)	450 000
Travaux (soutien et consolidation des cavités, remblayage des vides, etc.) (dh)	8 200 000
Suivi des travaux (dh)	367 200
Couverture végétale (dh)	150 000
Total Réhabilitation (dh)	9 599 200

Mine d'Erdouz

Période d'exploitation : 1949- 1972

Minerai exploité : Pb, Zn

Tonnage des résidus : 325 000 T

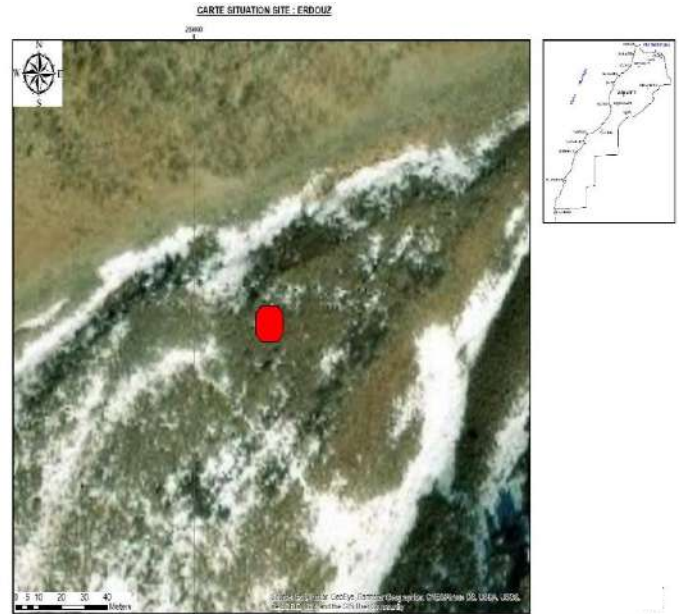
Minerai à forte teneur dans les résidus : aucun

Concentration du Minerai dans le résidu :

Éléments dangereux : aucun

Valorisation

	Minerai	Granulats	Patrimoine
	-	X	-
Tonnage (T)* /volume (m ³) récupérés	-	216 667	-
Potentiel économique (MDH) *	Minerai	Granulats	Total
	-	44	44
Coût d'investissement (MDH)*	Minerai	Granulats	Total
	-	20	20
Bénéfice (MDH)*	Minerai	Granulats	Total
	-	24	24
Échéancier	-	Court terme	-



Région : Marrakech-Safi

Commune : Erdouz

Coordonnées : latitude 31°5'3,26''N et longitude 8°23'20,88''W

Réhabilitation

Actions proposées : sécurisation, démantèlement, décontamination des sols, végétalisation, suivi et entretien

Coût estimé : 13 MDH

Échéancier : court terme

Partenaires

- MEME
- Collectivités territoriales
- FDIM
- Ancien et nouveau exploitants
- Établissements de recherche

Estimation du coût global d'investissement de l'ensemble des actions (Mdhs) : 33

* Estimation sur la base des échantillons considérés

**Détail estimatif des coûts relatifs aux actions proposées
pour la mine d'Erdouz**

Valorisation des rejets	
Investissement Granulats	
Tonnage des rejets (T)	325 000
Tonnage (après extraction du minerai)	325 000
Coût transport (dh/T)	62
Total Investissement granulat (dh)	20 229 728
Potentiel économique Granulat	
Prix de vente (dh/T)	135
Total Potentiel économique granulat (dh)	43 875 000
Bénéfices total dhs	23 645 272
Bénéfices total (dh/T)	73
Réhabilitation	
Sécurisation du site	
- Etude géotechnique (dh)	500 000
- Travaux (soutien et consolidation des cavités, remblayage des vides, etc.) (dh)	12 000 000
Couverture végétale (dh)	150 000
Suivi des travaux (dh)	506 000
Total Réhabilitation (dh)	13 156 000

Mine de Sidi Bou Othmane

Période d'exploitation : 1926 - 1980
Minerai exploité : Zn
Tonnage des résidus : 44 200 T
Minerai à forte teneur dans les résidus : Zn et Pb
Concentration du Minerai dans le résidu : 3.5 % Zn et 1.1% Pb
Éléments dangereux : aucun

Valorisation

	Minerai	Granulats	Patrimoine
	x	x	-
Tonnage (T)*/volume (m ³) récupérés	1 404 Zn 486 Pb	38 197	-
Potentiel économique (MDH)*	Minerai	Granulats	Total
	9,9	5,82	15,7
Coût d'investissement (MDH)*	Minerai	Granulats	Total
	8,1 - 8,3	0,86	8,9-9,2
Bénéfice (MDH)*	Minerai	Granulats	Total
	1,6 - 1,8	5	6,6 – 6,7
Échéancier	Court terme	Court terme	-

Procédé de récupération proposé :
Option 1 : Densimétrie
Option 2 : Flottation

Réhabilitation

Actions proposées : sécurisation, démantèlement, décontamination des sols, végétalisation, suivi et entretien

Coût estimé : 13,5 MDH

Échéancier : court à moyen terme

Partenaires

- MEME
- Collectivités territoriales
- FDIM
- Ancien et nouveau exploitants
- Établissements de recherche

Estimation du coût global d'investissement de l'ensemble des actions (Mdhs) : 22,4/22,7



Région : Marrakech-Safi

Commune : Sidi Bou Othmane

Coordonnées : 31°53'44,88''N ;
7°57'55,8W

* Estimation sur la base des échantillons considérés

**Détail estimatif des coûts relatifs aux actions proposées
pour la mine de Sidi Bou Othmane**

Valorisation des rejets		
Investissement Récupération métal		
	Flottation	Gravimétrie
Ingénierie (dh)	120 000	200 000
Construction & mise en service (dh)	2 120 000	2 020 000
Production (dh)	5 851 104	6 041 184
Total investissement récupération métal (dh)	8 091 104	8 261 184
Potentiel économique métal		
Tonnage du concentré (T)	1 104	1 104
Teneur concentré (%)	50	50
Prix du métal (dh)	9 000	9 000
Total Potentiel économique métal (dh)	9 933 840	9 933 840
Investissement Granulats		
Tonnage des rejets (T)	44 200	
- Tonnage (après extraction du minerai)	43 096	43 096
- Coût transport dh/T	20	20
Total Investissement granulat (dh)	861 925	861 925
Potentiel économique Granulat		
Prix de vente dh/T	135	135
Total Potentiel économique granulat (dh)	5 817 992	5 817 992
Bénéfices total Dh	6 798 804	6 628 724
Bénéfices total (Dh/t)	154	150
Réhabilitation		
Sécurisation du site		
- Étude géotechnique (dh)	500 000	
- Travaux (soutien et consolidation des cavités, remblayage des vides, etc.) (dh)	12 000 000	
Démantèlement Bâtiments et infrastructures (dh)	380 000	
Couverture végétale (dh)	150 000	
Suivi des travaux (dh)	521 200	
Total Réhabilitation	13 551 200	

Mine de Tansrift

Période d'exploitation : 1970 - 1978
Minerai exploité : Cu
Tonnage des résidus : 1 380 970 T
Minerai à forte teneur dans les résidus : Cu
Concentration du Minerai dans le résidu : 0.5 % Cu
Éléments dangereux : aucun

	Minerai	Granulats	Patrimoine
	X	X	-
Tonnage (T)* / volume (m ³) récupérés	5 869	916 733	-
Potentiel économique (MDH)*	Minerai	Granulats	Total
	264	186	450
Coût d'investissement (MDH)*	Minerai	Granulats	Total
	26	28	54
Bénéfice (MDH)*	Minerai	Granulats	Total
	238	158	396
Échéancier	Court terme	Court terme	-

Procédé de récupération proposé :
 option 1 : Gravimétrie
 option 2 : Flottation

Réhabilitation

Actions proposées : sécurisation, démantèlement, végétalisation, décontamination des sols, suivi et entretien

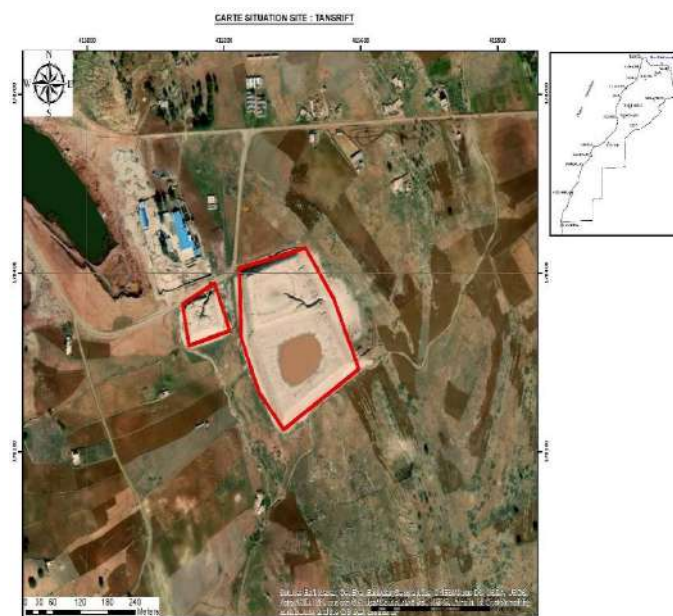
Coût estimé : 8 MDH

Échéancier : court à moyen terme

Partenaires

- MEME
- Collectivités territoriales
- FDIM
- Établissements de recherche
- Ancien et nouveau exploitants

Estimation du coût global d'investissement de l'ensemble des actions (Mdhs) : 62



Région : Béni Mellal-Khénifra

Commune : Isseksi

Coordonnées : N 32°12' 01,7233''; W 006° 17' 59,09''

* Estimation sur la base des échantillons considérés

**Détail estimatif des coûts relatifs aux actions proposées
pour la mine de Tansrift**

Valorisation des rejets	
Investissement Récupération métal	
Ingénierie (dh)	200 000
Construction & mise en service (dh)	2 700 000
Production (dh)	22 973 804
Total investissement récupération métal (dh)	25 873 804
Potentiel économique métal	
Tonnage du concentré (T)	5 869
Teneur concentré (%)	11
Prix du métal (dh)	45 000
Total Potentiel économique métal (dh)	264 110 513
Investissement Granulats	
Tonnage des rejets (T)	1 380 970
Tonnage (après extraction du minerai)	1 375 100
Coût transport (dh/t)	20
Total Investissement granulat (dh)	27 502 018
Potentiel économique Granulat	
Prix de vente dh/t	135
Total Potentiel économique granulat (dh)	185 638 500
Bénéfices total Dh	396 373 191
Bénéfices total Dh/t	287
Réhabilitation	
Sécurisation du site	
- Étude géotechnique (dh)	500 000
- Travaux (soutien et consolidation des cavités, remblayage des vides, etc.) (dh)	7 000 000
Couverture végétale (dh)	150 000
Suivi des travaux (dh)	306 000
Total Réhabilitation dh	7 956 000

Conclusion

Le Plan d'action, de par les mesures réglementaires et les actions techniques proposées, permettra une meilleure maîtrise des répercussions environnementales et sanitaires liées à l'activité minière tout en s'inscrivant dans une démarche de développement durable.

La mise en œuvre des actions du plan va permettre à la fois d'assainir le passif minier national et d'assurer la transition des anciens territoires miniers vers de nouvelles perspectives de développement socio-économiques. Elle permettra également de garantir la non reproduction des schémas du passé par l'ancrage de l'activité minière avec toutes ses composantes dans la durabilité et la responsabilité.

Le plan d'action recommande des actions pour la valorisation des rejets et des sites miniers mais également des actions pour la maîtrise des pollutions liées aux rejets non valorisables et la réhabilitation des territoires exploités.

Les mesures proposées pour le renforcement du cadre réglementaire et institutionnel devraient être mises en œuvre sur le très court terme étant donné qu'elles sont les garantes de l'implémentation correcte et effective des actions du présent plan.

Le plan d'action propose la sécurisation des sites fermés (avec un caractère urgent pour le site de Sidi Boubker) comme action prioritaire à court terme (horizon 2025). Ces travaux de sécurisation doivent être réalisés indépendamment du reste des opérations de réhabilitation, en particulier dans le cas des sites fermés, en raison de la gravité des risques que représentent les excavations pour les populations mais aussi en raison de l'entrave que causent ces dernières au développement de ces régions et à leurs usages alternatifs.

Les actions pour la valorisation des rejets des sites fermés prioritaires (Sidi Boubker, Zaida, Mibladen-Aouli, Sidi Lahcen, Azegour, Erdouz, Sidi Bou Othmane et Tansrift) doivent être mises en œuvre à court terme.

Sur ce volet, l'approche proposée a montré que l'adoption de la valorisation des rejets en tant que mode de gestion environnementale permettrait de dégager des bénéfices et pourrait constituer un outil de relance économique dans ces régions précarisées. Les potentiels identifiés nécessitent par ailleurs d'être confirmés par une évaluation plus étalée, en particulier pour le cas des gisements secondaires.

En revanche, même dans les cas d'une faible marge de rentabilité, le recyclage et la réutilisation des rejets miniers restent avantageux en raison des enjeux environnementaux et fonciers qu'ils permettent de solutionner. La pratique de

valorisation des rejets miniers devrait être généralisée, maximisée et encouragée par la mobilisation des dispositifs incitatifs nécessaires.

Pour la maîtrise des pollutions liées aux rejets, le plan recommande la mise en œuvre à très court terme du plan de restauration du site de Kettara qui devra être initié par l'élaboration d'une convention de partenariat entre les différentes parties prenantes. Pour les sites fermés autres que prioritaires, les mines en exploitation et celles en développement, le plan d'action suggère la réalisation, dans le court à moyen terme, des études spécifiques pour la maîtrise des rejets et souligne la nécessité de l'adoption systématique de la restauration progressive des aires d'entreposage des rejets (mines en activité et futures).

Sur le plan des usages alternatifs des sites miniers, le plan d'action propose la mise en œuvre à court et moyen terme des actions de valorisation du patrimoine des sites de Sidi Boubker, Zaida, Mibladen et Aouli et la réalisation des études avec planification des actions de conversion des sites fermés à l'horizon 2025 pour une mise en œuvre à l'horizon 2030.

La mise en œuvre effective des actions du présent plan d'action nécessite un engagement fort de toutes les parties prenantes et une contribution appropriée de la part des opérateurs du secteur. La réussite de ses actions nécessite également l'établissement de partenariats entre les différents acteurs et intervenants et le renforcement de la communication à tous les niveaux.

La mise en place du cluster proposé dans le cadre de ce plan et qui constituera une plateforme d'échange et de partage entre les principaux intervenants (MEME, opérateurs, FDIM, chercheurs, etc.) autour de la protection de l'environnement et du développement durable dans le secteur minier contribuerait significativement dans l'atteinte de ces objectifs et dans la concrétisation des actions du présent plan.

Glossaire

Aire de stockage : Entassement de roche ou de rejets dans un même lieu.

Concentration : Procédé de séparation d'un minerai d'une roche hôte sans valeur, en préparation pour un traitement ultérieur.

Concentré : Produit qui contient un minéral ou un métal de valeur et dont on a éliminé la plupart des éléments non désirables.

Drainage minier acide : Écoulement d'eau acide contenant des métaux dissous qui provient de l'oxydation des minéraux sulfurés contenus dans les stériles, les minerais et les résidus miniers exposés à l'air et à l'eau.

Drainage neutre contaminé : Écoulement d'eau contenant des métaux dissous dont les concentrations sont supérieures aux normes environnementales lorsque le pH est près de la neutralité.

District : Région géologique regroupant un ensemble de gisements ou de gîtes ayant une origine commune.

Effluents : rejets liquides, traités ou non, provenant dans une structure donnée, par exemple dépôt de rejets, un bassin de décantation ou une usine de traitement, et qui sont rejetés dans l'environnement.

Lixiviat : Eau ou autre liquide qui a traversé un matériau solide (par exemple un dépôt de rejets) et en a été lessivé (ou lixivié); le lixiviat peut contenir des contaminants.

Lixiviation: Processus de déplacement qui se produit lorsqu'un liquide (par exemple, l'eau) traverse une substance et entraîne certains de ses constituants en d'autres endroits. La lixiviation peut avoir lieu dans un milieu souterrain, comme la roche vive, ou en surface, dans le cas d'amas de matériaux.

Mine à ciel ouvert : Toute excavation située en surface et ayant pour objet l'extraction de minéraux ou de minerai à l'aide de méthodes de forage, d'abattage à l'explosif ou de sous-cavage.

Minerai : minéral ou matériau solide, contenant une substance précieuse ou utile, sous une forme et à une teneur qui rendent son extraction rentable.

Minéral : toute classe de substances solides inorganiques, d'origine naturelle, possédant une forme cristalline caractéristique et la même composition chimique.

Rejets miniers : tout produit ou dépôt jugé sans valeur économique qui résulte de la recherche et de l'exploitation minière ou du traitement du minerai.

Résidus : matière rejetée par une usine de traitement après l'extraction de la majeure partie des minéraux exploitables (*issus de l'usine de traitement*).

Recyclage : extraction de nouveaux sous-produits, de ressources précieuses ou une conversion de l'ensemble dans un nouveau produit suite à un traitement (physique, thermique, chimique ou biologique)

Retraitement : opérations visant à produire un produit à valeur économique (minéraux et métaux récupérés par exemple) à partir des rejets considérés comme matière première

Réutilisation : usage du déchet dans sa forme originale et sans retraitement

Restauration : dans le présent rapport le terme est consacré aux opérations visant la stabilisation chimique des rejets miniers sur les aires d'accumulation de rejets.

Réhabilitation : dans le présent rapport, le terme est utilisé pour l'ensemble des opérations permettant le retour d'un site minier à son état naturel ou à un état satisfaisant incluant les opérations de sécurisation, d'assainissement, de restauration et de végétalisation

Stériles : Tous les matériaux rocheux, hormis le minerai et les résidus, produits dans une exploitation minière (*Roches issus de la mine à ciel ouvert ou souterraine*).

Valorisation des rejets : toute opération de recyclage, de réemploi, de récupération, d'utilisation des rejets comme source d'énergie ou toute autre action visant à obtenir des matières premières ou des produits réutilisables provenant de la récupération des rejets, et ce, afin de réduire ou d'éliminer l'impact négatif de ces rejets sur l'environnement.

ABRÉVIATIONS ET ACRONYMES

BRPM : Bureau Des Recherches et Participations Minières
CADETAF : Centrale d'Achat et de Développement de la région du Tafilalt et de Figuig
CDM : Charbonnages du Maroc
DMA : Drainage Minier Acide
DMN : Drainage Minier Neutre
DNC : Drainage Neutre Contaminé
EIE : Étude d'Impact sur L'Environnement
ETM : Éléments Traces Métalliques
FDIM : Fédération de l'Industrie Minérale
ICP : Inductively Coupled Plasma
MEB : Microscope Électronique à Balayage
MDH : Millions de Dirhams
MO : Microscope Optique
MEME : Ministre de l'Énergie des Mines de L'Eau et de L'Environnement
MT : Million de tonnes
OCP-SA : Office Chérifien des Phosphates - SA
ONHYM : Office National des Hydrocarbures et des Mines
PIB : Produit Intérieur Brute
PNVDM : Plan National de Valorisation des Déchets Miniers
SIG : Système d'Information Géographique
SNDD : Stratégie Nationale de Développement Durable

Remerciements

Le Département de l'Environnement remercie chaleureusement les représentants des Départements Ministériels, de la FDIM, des Opérateurs Miniers et des Institutions Nationales de Recherche qui ont contribué à l'élaboration de ce Plan d'Action.

Département du Développement Durable
Adresse : N°9, Avenue Al Araar, Secteur 16, Hay Riad, Rabat
Tél. : (+212) 537 576 641
Fax : (+212) 537 576 642