



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département des Sciences Agronomiques

Mémoire de fin d'étude

En vue d'obtention du Diplôme de Master II en Sciences
Agronomiques

Spécialité : Réhabilitation et Restauration des sols

Thème

**Contribution à l'étude de la remise en état et
restauration d'une carrière en roche massive
dans la forêt domaniale de Beni Ghobri
(Wilaya de Tizi Ouzou)**

Présentée par :

Soutenu le 13/07/ 2017

Mme. BOURNINE KAHINA

Devant le jury :

Président: MEDDOUR R.,

Professeur UMMTO

Promotrice : SAHAR O.,

Maitre de conférences A UMMTO

Co promotrice : Mme GHEMOURI G.,

Chef de bureau à l'ANAM

Examinatrice : BOUDIAF M.,

Maitre de conférences A UMMTO

Examineur : ABIDI M.,

Maitre assistant A UMMTO



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département des Sciences Agronomiques

Mémoire de fin d'étude

En vue d'obtention du Diplôme de Master II en Sciences
Agronomiques

Spécialité : Réhabilitation et Restauration des sols

Thème

**Contribution à l'étude de la remise en état et
restauration d'une carrière en roche massive
dans la forêt domaniale de Beni Ghobri
(Wilaya de Tizi Ouzou)**

Présentée par :

Soutenu le 13/07/ 2017

Mme. BOURNINE KAHHINA

Devant le jury :

Président: MEDDOUR R.,

Professeur UMMTO

Promotrice : SAHAR O.,

Maitre de conférences A UMMTO

Co promotrice : Mme GHEMOURI G.,

Chef de bureau à l'ANAM

Examinatrice : BOUDIAF M.,

Maitre de conférences A UMMTO

Examineur : ABIDI M.,

Maitre assistant A UMMTO

Remerciements

Remerciements

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ وَ الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ

*Je voudrais exprimer m'a profonde estime et mes remerciements les plus respectueux à **Dr.Sahar Ouahiba** Maitre de conférences A à Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, à qui je dois du respect pour avoir bien voulu diriger ce travail. Je souhaite aussi la remercier pour ses conseils judicieux, sa disponibilité durant toutes les étapes de ce travail, ses remarques pertinentes, et pour le temps qu'elle a consacré à ce travail. Et surtout pour ses qualités humaines et son soutien indéfectible tout au long de mon parcours.*

*Mes remerciements vont également à tous les membres de jury, pour avoir accepté d'en faire partie et pour l'intérêt qu'ils ont porté à ce mémoire. Je remercie Monsieur **Meddour Rachid**, Professeur à l'UMMTO, de nous avoir fait l'honneur de présider le jury de soutenance. Mes vives gratitudes vont aussi à Madame **BOUDIAF MALIKA**, Maitre de conférences A à l'UMMTO et Monsieur **ABIDI MALIK**, maitre assistant A à l'UMMTO, d'avoir accepté de juger et d'examiner ce travail.*

*Je remercie également Monsieur **LARBI AMIN** pour sa disponibilité et gentillesse.*

*Je remercie également Monsieur **BELLIROUNE** directeur de la division de contrôle de l'ANMA d'Alger ainsi que Madame **GHEMOURI GHENIMA** pour leur disponibilité et gentillesse.*

*Mes remerciements vont aussi à Madame **IDRIS FATIMA** ingénieur géologue de l'DIM de Tizi ouzou pour son aide.*

Enfin ce travail n'aurait pas abouti sans l'apport, combien inestimable, de mon cher père et de mon cher mari dont l'encouragement et l'aide ont facilité le dit travail.

Liste des abréviations

ANAM : Agence National des Activités Minières.

ANPM : Agence National du Patrimoine Minier.

ASGA : Agence du Service Géologique de l'Algérie.

ANGCM: Agence National de la Géologie et Contrôle Minier.

SONERM: Société National des Recherches et Etudes Miniers.

EIE: Evaluation d'Impact Environnemental.

PGE: Plan de Gestion Environnemental.

PREE: Plan de Restauration et de Remise en Etat.

Liste des figures

Figure 1. Synthèse des différentes subdivisions des carrières (aspect économique et technique) (réadapté à notre cas d'étude).....	4
Figure 2 . Classification des carrières selon le type de zone géographique	6
Figure 3. Photos représentant une carrière en fosse (dent creuse) (Voeltzel et Février, 2010)..	7
Figure 4. Carrière à flanc de coteau (Voeltzel et Février ,2010).....	7
Figure 5. Écosystème industriel de types 1, 2 et 3 (tiré d'Orée 2009 <i>in</i> Leclre, 2012).....	10
Figure 6. La contribution et fonctionnement du sol pour un écosystème (source : https://lamaisondalzaz.wordpress.com/).	7
Figure 7. Evolution du sol le long du cycle de vie d'une carrière à granulats(synthèse personnelle)	14
Figure 8. Exploitations minières en activités les 10 produits miniers en 2009.....	17
Figure 9. Pourcentage des 10 produits miniers en 2009.	17
Figure 10. Cartographie des intervenants pour la dérivation d'un permis d'exploitation wilayale (synthèse personnelle)	18
Figure 11. Identification de l'ANAM et ces tâches (proposé par Mr Belliroune , Directeur de la division de contrôle minier, 2017).	19
Figure 12. Situation géographique du site d'étude (Anonyme, 2012 <i>in</i> Google earth)	20
Figure 13. Plan de la situation du site d'étude avant exploitation (Anonyme, 2012 <i>in</i> Google Earth).....	23
Figure 14. Site d'étude après exploitation (Bournine K, 2017).	23
Figure 15. Situation géologique du site d'étude (Anonyme, 2012)	24
Figure 16. Découpage en bassins et sous bassins versant de la Kabylie du Djurdjura	25

Figure 17. Photo du cours d'eau au contrebas du site d'étude (Bournine K., 2017)	26
Figure 18. Principales espèces végétales recensées par Messaoudene et Mezani (2000) dans la forêt de Beni Ghobri.....	28
Figure 19. Principales espèces faunistiques recensées dans la forêt de Beni Ghobri	29
Figure 20. Schéma représentant les étapes de l'observation indirecte.....	31
Figure 21. Schéma représentant les étapes de l'observation directe.	32
Figure 22. Schématisation de la structure de la procédure de fermeture d'un cite minier élaboré par l'ANAM.	33
Figure 23 . Schématisation de la composition du dossier de fermeture d'une mine élaboré par l'ANAM.	39
Figure 24. Absence de bornage et de signalisation.	43
Figure 25. Présence d'ébouillie (purge de gradin non finalisée).....	43
Figure 26. Risque sur la route de chute de bloc (distance réduite)	44
Figure 27. Vue de l'écaille horizontale désolidarisée	45
Figure 28. Présence d'éléments fins aux niveaux de l'horizon de surface.....	45
Figure 29. Présence de croûte de battance et de signe d'érosion en griffe.	46
Figure 30. Présence d'hydromorphie à la base de la roche (petite mare).	46
Figure 31. Installation de décharge sauvage.	47
Figure 32. Installation de commerces illicites (coté Est).	47
Figure 33. Installation de commerces illicites (coté Ouest).	47
Figure 34. Etat originel du site avant l'exploitation (Bay, 2012).....	49

Figure 35. Vue de face de la partie non impactée par les travaux de l'exploitation (Maquis arboré de <i>Quercus suber</i>).	50
Figure 36. Vue de coté de la partie non impactée par les travaux d'exploitation.	51
Figure 37. La rupture topographique du site (vue panoramique du front de taille).	52
Figure 38. Photo représentant une rupture topographique (gradin résiduelle et décharge sur le sol)	52
Figure 39. Rupture édaphique (représentée par des merlons réduit) et climatique (représentée par le carreau sec).	53
Figure 40. Photo comparatives des ruptures biotique et physique du site d'étude avant (a) et après (b) exploitation (Google earth 2012-2017).	53
Figure 41. Modèle général des processus intégrant notre plan de remise en état.	54
Figure 42. Représentation schématique des différentes trajectoires pour la remise en état du site d'étude à travers le temps.	57

Liste des tableaux

Tableau 1. Contraintes et potentiels d'une carrière du point de vue scientifique.....	8
Tableau 2. Caractéristiques physique et chimique des quelques sols de la forêt de Beni Ghobri (sol sous chênaie et sur gré numidien)	27
Tableau 3. Comparaison du document ANAM et celui remis par l'exploitant.....	40
Tableau 4. Détermination d'indicateurs potentiels (selon les critères de ROSELT/OSS, 2004)	55
Tableau 5. Planning des interventions.....	60
Tableau6. Identification des indicateurs de suivi et de d'évaluation.....	63

Sommaire

Introduction	1
Chapitre I Synthèse bibliographique	3
I. Généralités sur l'exploitation minière	4
I.1 Définition	4
I.2. Classification des carrières dans le domaine industriel.....	4
I.2.1. Notion de granulats.....	5
I.2.2. Les types de carrières de granulats.....	5
I.3. Classification des carrières dans le domaine scientifique	8
I.3.1. Notion d'espace à contrainte environnementale	8
I.3.2. Les carrières entre contrainte et potentiel environnementaux.....	8
I.3.3. Les impacts environnementaux et sociaux des carrières.....	8
I.4. Le principe du développement durable dans une carrière	9
I.5. L'écosystème sol au sein d'une carrière	10
I.5.1. Définition du sol.....	10
I.5.2. Fonctions du sol dans la société industrielle	10
I.5.3. L'évolution du sol tout au long d'un cycle de vie d'une carrière.....	13
II. L'exploitation minière en Algérie.....	15
II.1. Généralités sur la production minière en Algérie	15
II.2. Les intervenants	18
II.2.1. Identification de l'ANAM et ces tâches	19
II.3. Obligation des opérateurs en matière environnemental.....	19
Chapitre II : Matériel et méthode	20
A. Zone d'étude.....	21
1. contexte géographique.....	21
1.1. Situation générale	21
1.2. Situation locale	21
2. contexte géologique.....	21
3. Contexte hydrogéologique	25
4. Contexte pédologique.....	26
5. Contexte climatique.....	27
6. Contexte biologique	27
6.1. La végétation	27
6.2. La faune	29
B. Méthodologie.....	30

1. Méthode de recherche	30
2. Limite du travail	30
3. Technique d'investigation	30
3.1. Observation indirecte	31
3.2. Observation directe.....	32
Chapitre III Résultats et discussion	33
1. Analyse de la procédure de fermeture faite par l'ANAM et proposition d'amélioration.....	34
1.1. Conclusion.....	38
2. Comparaison du plan de remise en état établi par l'exploitant et celui proposé par l'ANAM.....	39
2.1.Conclusion.....	39
3. Constat de sortie sur le terrain	41
4. Démarche entrepris pour le choix du domaine de remise en état.....	48
4.1. Description de l'état avant l'exploitation	48
4.2. Description de l'état du site après exploitation	51
4.3. Établissement de l'état de référence	54
4.4. Etablissement d'indicateurs potentiels	55
4.5. Proposition et choix du domaine de la remise en état	56
4.5.1. Le but de la remise en état à vocation écologique pour le site d'étude	58
4.5.2. Les objectifs de la remise en état à vocation écologique pour le site d'étude	59
4.5.3. Justificatif du choix du domaine de restauration	59
4.5.4. Les opérations d'intervention et de gestion.....	60
4.5.5. Suivi et évaluation	62
Conclusion générale	66
Références bibliographiques	68

Introduction

L'Algérie a hérité d'un passé minier qui ne s'est malheureusement pas occupé professionnellement de la fermeture des anciens sites d'exploitation. Après l'indépendance, l'évolution démographique qu'a connue le pays a été marquée par l'utilisation accentuée des produits extraits de carrières pour satisfaire le développement rapide des projets de l'urbanisation et des infrastructures routières ainsi que les nouvelles technologies industrielles sous-jacentes. Ce fait implique différents impacts de sécurité, de stabilité environnementale durant l'exploitation et des problèmes majeurs de réutilisation et de restauration des lieux.

Il est reconnu que les mines à ciel ouvert offrent l'avantage de rendre accessible et de rentabiliser l'exploitation de gisements à plus faible teneur en minerai. Cependant, par leur ampleur et par la grande quantité de rejets miniers qu'elles génèrent, elles occasionnent des conséquences négatives souvent plus importantes que les mines souterraines (Boulangier *et al.*, 2009). Les conséquences de cette importante activité sont tangibles et posent des problèmes non seulement sur le plan environnemental et esthétique, mais aussi sur le plan de la sécurité et des coûts (Capuano, 2012). L'activité extractive est irréversible, le territoire se voit à tout jamais modifié (Sinécalet *al.*, 2000). Cette réalité ne doit pas être reniée mais plutôt considérée comme base pour un nouveau départ favorisant la valorisation du paysage (Capuano, 2012). Partant de cette perspective, et partout à travers le monde, le développement de l'industrie minière se fait actuellement dans un contexte environnementale auquel l'Algérie souscrit (Anonyme1, 2003).

L'Algérie dispose d'un cadre institutionnel et réglementaire pour l'environnement et pour le développement durable qui est récent et donc fragile. Il a du mal à être appliqué sur le terrain. La décision d'exploiter une carrière est souvent prise au regard de contraintes techniques et foncières. Or, la dimension environnementale et les préjudices dus à cette activité sont souvent négligés et le coût de ces préjudices n'est pas internalisé.

La remise en état et restauration présente des difficultés de jonction entre les intérêts socio-économiques et écologiques, en plus d'une complexité technique de la gestion durable et de la conservation du sol. En Algérie les exploitants ne se préoccupent pas du devenir des surfaces de sol ni lors de la phase de reconstitution et encore moins lors de la phase de l'extraction et de stockage. Alors qu'en Europe les gestionnaires des espaces d'exploitations minières et sous l'effet de réglementations successives, ont pris conscience de l'importance patrimoniale du sol et de l'intérêt de sa gestion durable (Vanpeen-Bruhier et Delory, 2000). Certes la problématique de la remise en état et de restauration dans le contexte du développement

durable parait complexe, mais reste faisable si la gestion du sol est respectée tout au long du cycle de vie d'une carrière, et cela dans le but d'une meilleure conservation du sol.

Notre travail rentre dans le cadre des activités de la faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques de l'Université de Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou (travaux de recherche dirigés par le Dr. SAHAR Ouahiba sur les facteurs de perturbation des écosystèmes forestiers et de la réhabilitation et restauration de ces milieux) en collaboration avec l'Agence Nationale des Activités Minières (ANAM) d'Alger qui est l'institution régulatrice nationale responsable de l'activité, de la promotion, du contrôle minier et chargé de la remise en état et la restauration des lieux exploités.

L'objectif de notre recherche est :

- d'analyser la procédure de fermeture en vue d'enrichissement ;
- de comparer le document de la remise en état établi par l'exploitant et celui exigé par l'ANAM ;
- de proposer un plan de remise en état.

Ce travail est scindé en trois chapitres. Le premier chapitre est une synthèse bibliographique portant sur les généralités des sites miniers. Dans le deuxième chapitre nous présenterons la zone d'étude et la méthode adoptée pour le cas d'étude. Dans le troisième chapitre nous présenterons les résultats suivis d'une discussion. Nous terminerons par une conclusion générale et des perspectives.

Synthèse bibliographique

I. Généralités sur l'exploitation minière

I.1 Définition

L'exploitation est l'ensemble des opérations qui permettent l'abattage, l'enlèvement, l'extraction du minerai et assurer tous les services annexes d'une mine dans sa phase de production normale (Kumwimba Musao, 2010).

Les exploitations minières ont pour but de récupérer les matières minérales présentes à la surface du globe et qui ont une valeur économique qu'elles soient des exploitations souterraines ou à ciel ouvert (GTZ, 2001). Parmi les matériaux extraits figurent les minerais métallurgiques (fer cuivre, plomb, zinc), les minéraux industriels (calcaire, sel gemme, potasse, gypse), les métaux natifs (principalement l'or et l'argent), le charbon, les sables bitumineux, le minerai d'uranium et les pierres précieuses. Par ailleurs, l'extraction de sable et gravier fait partie des activités minières, tout comme l'extraction dans les carrières de la pierre de taille ou de la pierre à monuments (Anonyme 1).

I.2. Classification des carrières dans le domaine industriel

La lecture du document Kumwimba Musao(2010) nous a permis faire schématiser la classification des carrières selon les thématiques professionnelles, représentées dans la figure suivante :

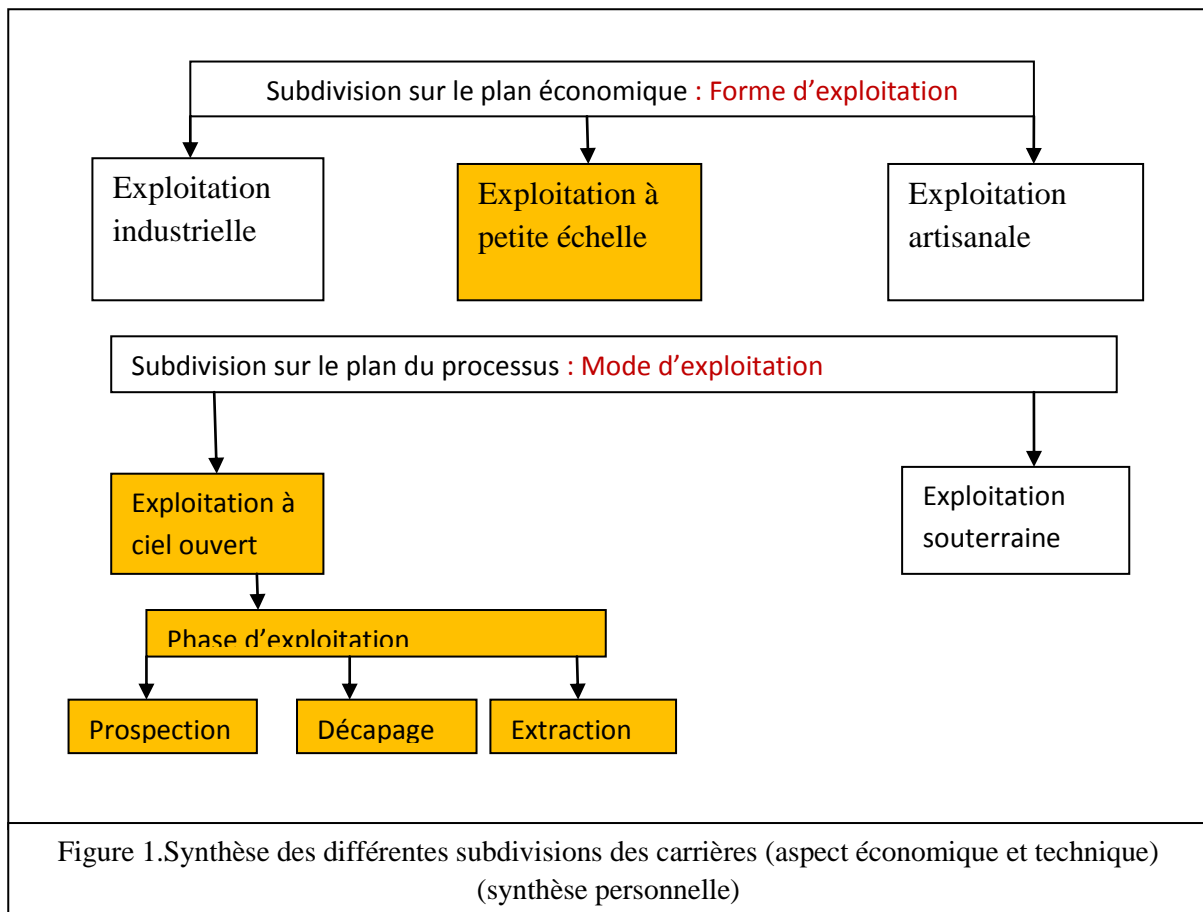


Figure 1.Synthèse des différentes subdivisions des carrières (aspect économique et technique)
(synthèse personnelle)

Dans le domaine industriel les carrières sont subdivisées sur plusieurs plans, que nous avons essayé de schématiser dans la figure 1. Cette schématisation a été possible grâce à la lecture du document de Kumwimba Musao(2010) (seul l'aspect économique et le processus d'extraction sont pris en considération dans notre schématisation). Dans la figure 1, nous nous sommes intéressés à notre cas d'étude (mentionné en couleur jaune, faisant référence à la couleur de notre roche).

I.2.1. Notion de granulat

Les granulats sont des fragments de roches de taille comprise entre 0 et 125 mm (Pannet et *al.*, 2012). Ils sont destinés à réaliser différents types d'ouvrages dans le bâtiment, les travaux publics, le génie civil et des produits usuels (Pannet et *al.*, 2012). Leur consommation se partage en deux utilisations principales, le bâtiment et les travaux publics et les infrastructures de transport (construction et l'entretien des routes, des pistes d'aérodromes et des voies ferrées).

I.2.2. Les types de carrières de granulats

D'après Pannet et *al.* (2012), les granulats sont extraits du sol dans des carrières à ciel ouvert, soit à partir de gisements meubles de sables et graviers déposés dans les lits des rivières ou sur la frange littorale, soit à partir de roches massives de diverses natures concassées en fonction des besoins. La lecture de l'étude des réaménagements des carrières en région Picardie (Pannet et *al.*, 2012) et Voeltzel et Février (2010) nous a permis d'établir la figure 2, et ceci dans un but de typer notre site d'étude par rapport à la nature de sa genèse ainsi qu'à son évolution :

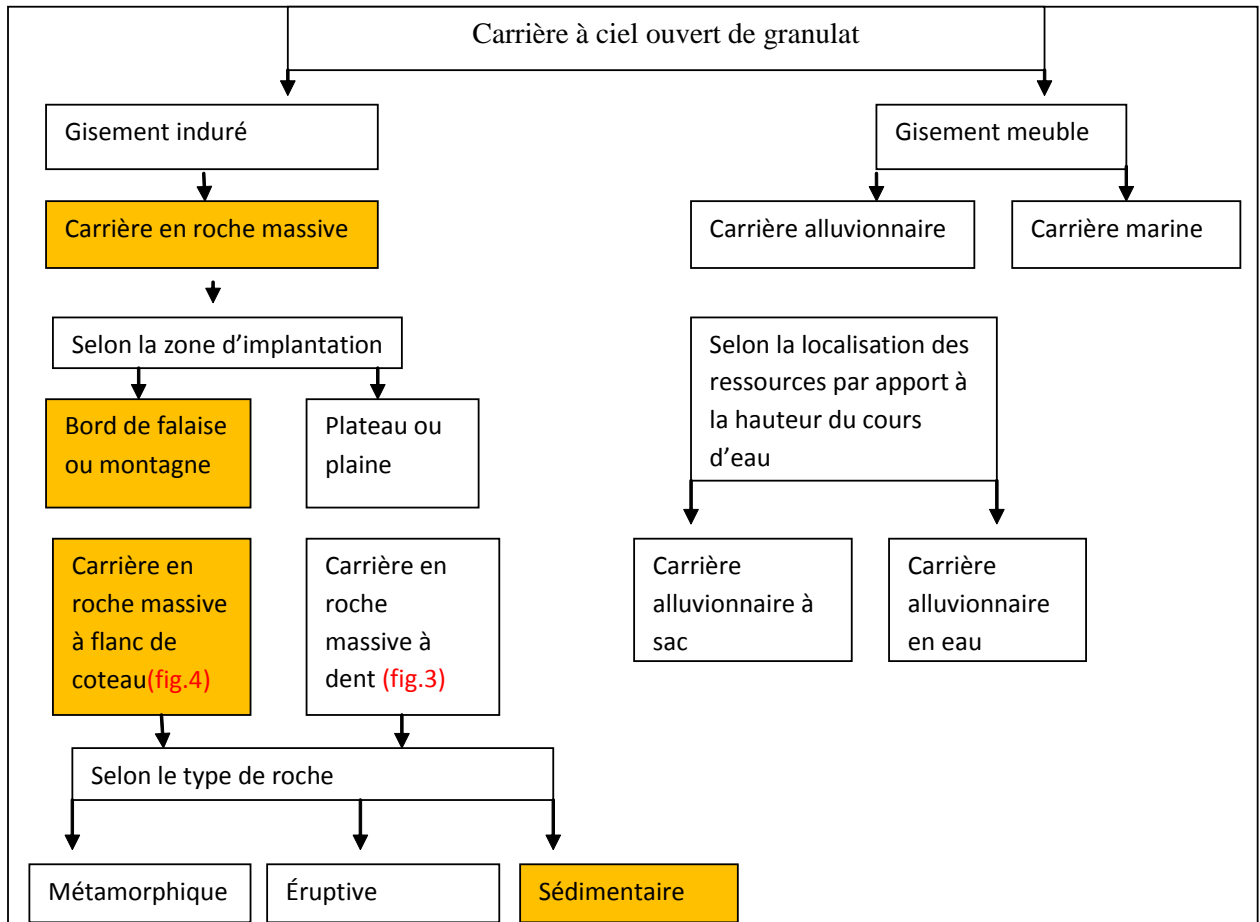


Figure 2 : classification des carrières selon le type de zone géographique (synthèse personnelle).

Type de carrière du cas d'étude.



Figure 3. Photos représentant une carrière en fosse (dent creuse) (Voeltzel et Février ,2010).



Figure 4. Carrière à flanc de coteau (Voeltzel et Février ,2010).

I.3. Classification des carrières dans le domaine scientifique

I.3.1. Notion d'espace à contrainte environnementale

La notion d'espace à contrainte environnementale désigne les aspects d'une étendue qui limitent les possibilités de l'espaces par et pour l'homme selon sa propre perception (Sinécal et al., 2000).

D'après Sinécal et al (2000) les carrières sont classées dans le type d'espace dégradé en attente d'un usage approprié.

I.3.2. Les carrières entre contrainte et potentiel environnemental

La contrainte est normalement la contre partie d'un potentiel et les deux notions sont en fait indissociables (Tricat, 1978 in Sinécal et al., 2000). Les carrières qui sont des espaces à forte contrainte environnementale ne peuvent prétendre échapper à cette règle. Après la lecture des travaux de Sinécal et al., (2000) ; Bazin et Barnaud (2002) et Poullaouec-Gonidec (2012) nous avons dressé le tableau ci-dessous à cet effet :

Tableau 1 : Contraintes et potentiels d'une carrière du point de vue scientifique

Contrainte	Potentiel
-dégradation des sols -dégradation de la végétation -risque de pollution avec diffusion -appauvrissement faunique -érosion de la biodiversité	-présences de variable génératrice de plus value écologique, paysagère et monumentalisation des lieux (cas de la carrière de Mahdia en Tunisie) -interventions scientifiques pertinentes (par le biais de la remise en état et la restauration qui permettent un retour de données qui aide la compréhension des processus naturel important pour le maintient des écosystèmes)

I.3.3. Les impacts environnementaux et sociaux des carrières

L'activité industrielle engendre inévitablement des effets sur l'environnement naturel (anonyme2). Les impacts environnementaux et sociaux peuvent traiter de plusieurs manières (impact direct et indirect, la durée et la superficie de l'exploitation, type et matériaux extraient). L'essentiel de ces effets a été synthétisé après les lectures du document de Talb-Narcis (2012), Anonyme 3 (2010) Anonyme 4(1997). Ils sont cités ci-dessous :

-impact sur la ressource en eau : pour les carrières à granulats plus importants étant l'érosion des sols et déchets miniers dans les eaux de surface,

-impact sur la qualité de l'air : les éléments polluants prouvaient de sources mobiles (engins mécaniques et autres), source fixes (les installations de traitement des matériaux extraits), source fugitif (poussière lors de l'abattage des roches, décapage du sol..).

-impact sur la faune : le plus important étant la perte et le morcellement de l'habitat.

-impact sur le sol : dégradation qualitative du sol (physique, chimique et biologique), et perte quantitative du sol.

-impact sur les valeurs sociales : déplacement humain, impact sur les moyens d'existence, perte d'accès à l'eau potable, impact sur la santé public, impact sur les ressources culturels et esthétiques.

-considération sur le changement climatique : perte de CO₂, CO₂ émis par les machines.

I.4. Le principe du développement durable dans une carrière

Selon le principe d'un développement durable, l'ouverture d'une carrière nécessite de concilier à la fois les impératifs économiques et la prise en compte de l'environnement humain, biologique et paysager (Martaud, 2009). Cette conciliation des différents impératifs est possible grâce à l'étude d'impacts environnementaux qui est l'outil de base pour l'application du développement durable au sein de l'industrie minière. Galin et Sionneau (1990 *in* Martaud, 2009) citent que, elle (l'étude d'impact) permet notamment de mesurer l'importance des impacts, les possibilités réalistes de remise en état et d'apprécier, alors, en toute connaissance de cause, l'opportunité et le bien-fondé ou non du projet.

Dans les pays développés les principes développés par l'écologie industrielle sont de plus en plus intégrés dans le domaine d'exploitation minière. En effet Orée (2009 *in* Leclerc, 2012) souligne qu'une industrie est alors perçue comme un écosystème en soi, dans lequel les activités humaines reliées à la production et à la consommation peuvent être analysées. Ce principe regroupe plusieurs autres disciplines, comme la pensée du cycle de vie, et visent plusieurs objectifs, notamment l'atteinte du zéro rejet (Côté et Vendette, 2008 *in* Leclerc, 2012). C'est dans cette vision de cycle de vie et d'une diminution de rejets que les notions de remise en état et de réhabilitations d'une carrière s'intègrent, en effet nombreuse les techniques utilisées pour la remise en état ou réhabilitation d'une carrière qui utilise des déchets considérés comme matière secondaire dans le but d'une meilleure résilience écologique mais surtout afin de diminuer l'utilisation de matières premières vierges (Leclerc, 2012) (figure 3).

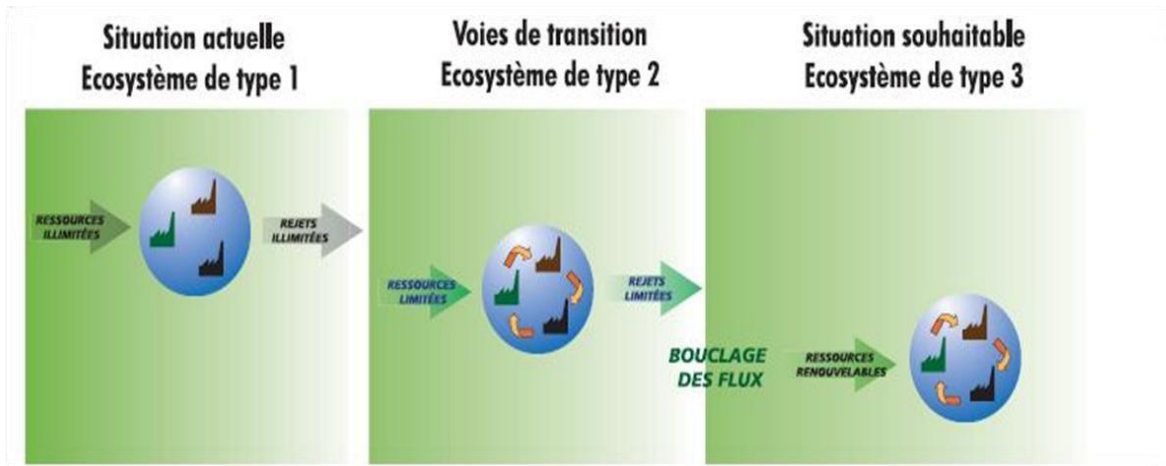


Figure 5. Écosystème industriel de types 1, 2 et 3 (tiré d'Orée 2009 in Leclre ,2012)

I.5. L'écosystème sol au sein d'une carrière

I.5.1. Définition du sol

Le sol est un des compartiments essentiels de l'écosystème. Multifonctionnel, il est au carrefour de la lithosphère (roche mère), de l'hydrosphère et de l'atmosphère, sans oublier le monde du vivant, la biosphère. Dans tous les cas le sol est un système écologique et dynamique, qui présente une organisation interne (différents niveaux d'organisation spatiale) et externe (multiples fonctions) complexe (Gobat *et al.* 2003).

I.5.2. Fonctions du sol dans la société industrielle

Il faut noter que tous les points développés dans ce titre ont été tirés et restructurés de la communication écrite (Spaltenstein, 2017).

Le sol possède des propriétés que l'homme met à profit pour son propre intérêt, ce qui permet de définir des fonctions du sol. Exemples de fonctions du sol :

- production de nourriture, de biens divers et d'énergie,
- espace pour l'habitat, les infrastructures industrielles et urbaines : zones urbaines et périurbaines, zones industrielles,
- espace pour la détente et les loisirs,
- espace créant des « zones tampon » pour la protection des sources et de l'aquifère, protection de bassins versant alimentant des réservoirs, protection de zones habitées et industrielles contre des crues...

– par le fait que le sol occupe la surface du territoire, il est la surface d'accès à des ressources souterraines, De même que cette aire peut être utilisée en tant que surface de stockage de biens divers.

– absorption de polluants (fumées, particules fines, substances toxiques gazeuses, sulfures, oxydes d'azote...) libérés dans l'atmosphère par l'homme.

– absorption de polluants répandus directement à même le sol : boues d'épuration, épandages de déchets d'industries diverses, mines, usines de traitement de minerais, usines métallurgiques, tanneries, usines textiles, etc. (métaux lourds, colorants, toxiques organiques, etc.)

– par ses propriétés d'absorption et d'accumulation de substances toxiques, le sol peut assumer dans une certaine mesure la fonction de protection des eaux souterraines et des rivières.

Mais en assurant les fonctions d'absorption de polluants et de toxiques, le sol perd peu à peu sa capacité à produire et à nourrir saine la faune, les animaux et l'homme ; de même, le sol perd sa capacité à protéger les eaux souterraines et de surface. Cette perte est irréversible à l'échelle d'une vie humaine.

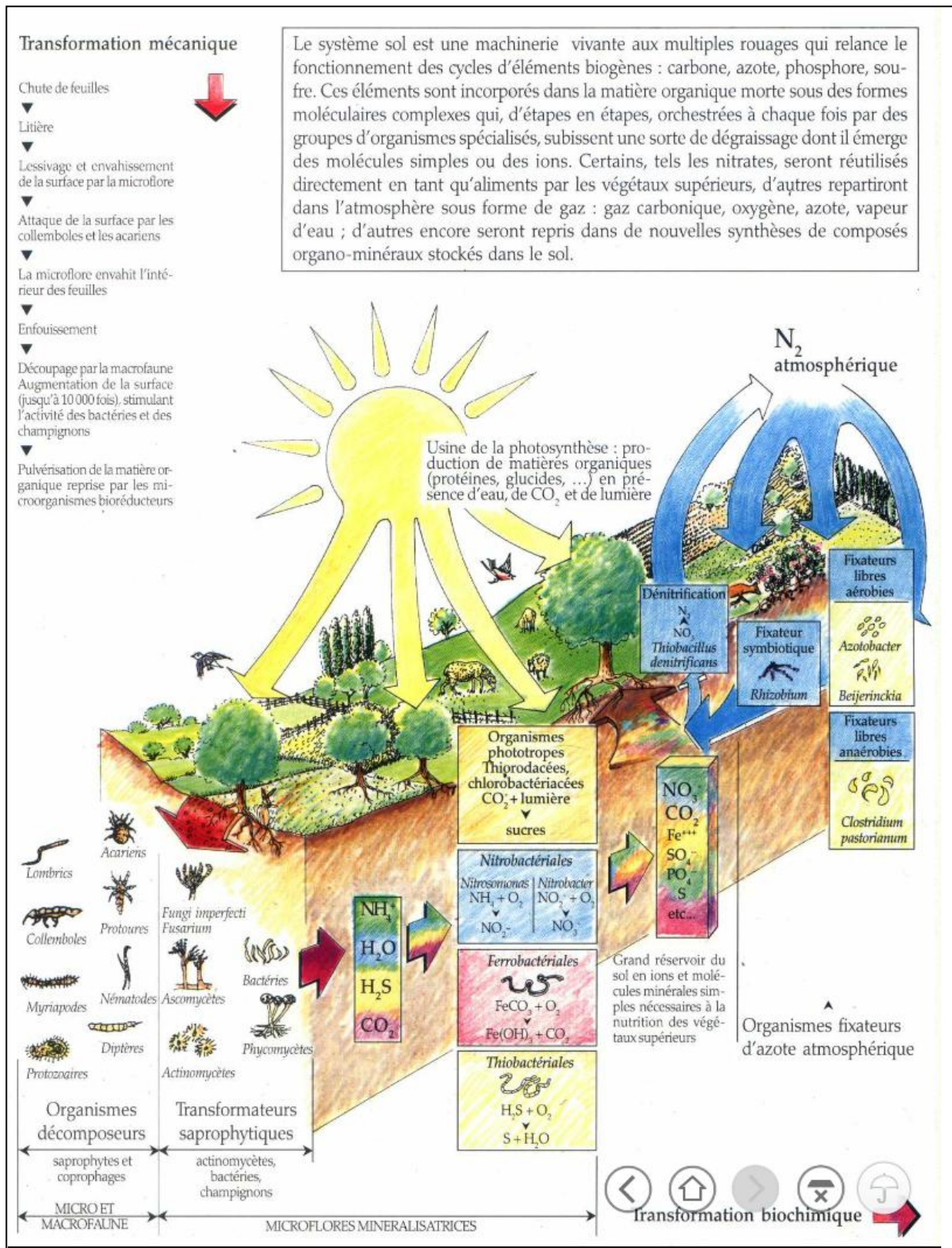


Figure 6. La contribution et fonctionnement du sol pour un écosystème (source : <https://lamaisondalzaz.wordpress.com/>).

I.5.3. L'évolution du sol tout au long d'un cycle de vie d'une carrière

L'écosystème sol n'est pas statique, il peut se transformer au cours du temps par, l'influence de processus écologiques nommés successions écologiques, entraînant son évolution lente vers un autre type de sol, ou l'influence de perturbations sporadiques e/out brusques.

Le sol tout au long du cycle de vie d'une carrière subit une multitude de modifications. La lecture des documents Kientz (2014) et Vanpeen-Bruhier (2000) nous a permis de comprendre toute l'étendue de ces modifications, celle-ci étant nombreuses nous avons essayé de faire une synthèse dans le schéma qui suit :

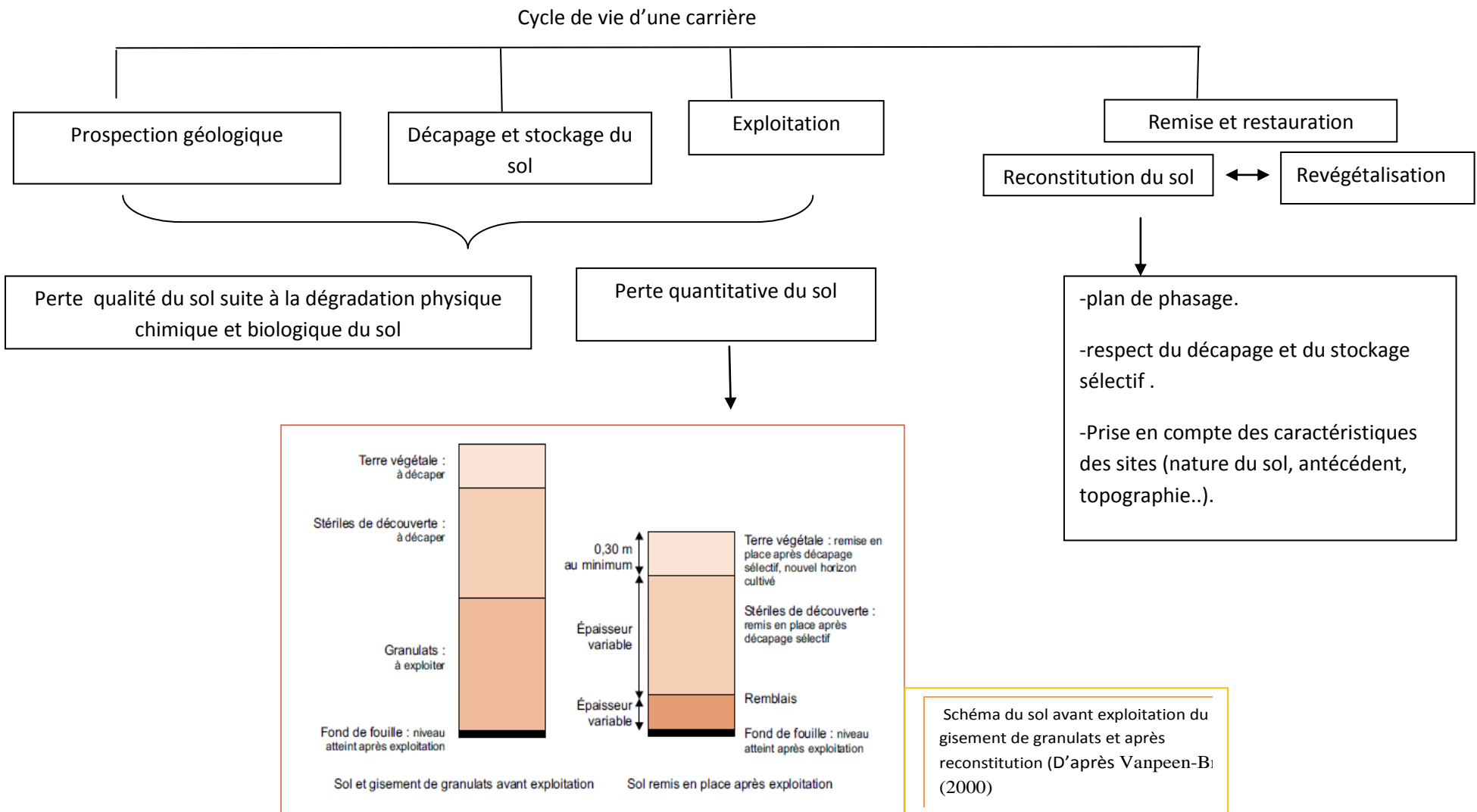


Figure 7. Evolution du sol le long du cycle de vie d'une carrière à granulats (synthèse personnelle) .

II. L'exploitation minière en Algérie

II.1. Généralités sur la production minière en Algérie

Disposant d'un vaste territoire d'environ 2,4 millions de km², l'Algérie qui est située dans la partie nord de l'Afrique compte des potentialités importantes dans le domaine minier.

Avant l'indépendance (1962), l'activité minière en Algérie était orientée principalement vers l'exploitation des gisements de fer et de plomb – zinc (Taleb, 2012).

Entre les deux guerres mondiales, l'Algérie était un producteur important de minerai de fer dans le monde, sa production a contribué à la prospérité des industries de transformation de plusieurs pays européens, en particulier la France, la Grande-Bretagne et l'Allemagne (Taleb, 2012). Durant les années 1950, notamment pendant la guerre de libération nationale, les sociétés minières étrangères ont accéléré le processus d'écrémage des gisements et limité, voire stoppé tout investissement dans ce secteur. Au lendemain de l'indépendance, les exploitants étrangers ont abandonné plusieurs mines après en avoir tiré le meilleur profit; ne sont restées en activité que les mines encore " viables ", telles celles de phosphate, de zinc, de fer, de baryte, de charbon et les salins.

Un effort de prospection durant ces 30 dernières années a permis de développer l'infrastructure géologique de base et d'inventorier un grand nombre de gîtes et indices dont certains offrent de réelles perspectives d'investissement pour leur exploitation et que l'État algérien a décidé de promouvoir et de mettre en valeur (Anonyme 2 *in* Taleb, 2012).

Depuis la création la société minière d'État et de la prospection, (SONAREM) en 1967. Certains minerais ayant une haute teneur en minéraux de fer , de phosphate, de mercure , et de zinc , ont été exportés depuis le début des années 1970. En conséquence de la politique de décentralisation du gouvernement, l'entreprise a été restructurée en 1983 avec une entité de production séparée et une entités de distribution dont plus importante d'entre eux était le minerai de fer et la compagnie de phosphate connu comme Ferphos, qui avait trois unités de production et un complexe portuaire à Annaba, et une autre société appelée Erem qui se spécialise dans la recherche minérale à Boumerdes , sur la mer Méditerranée, et Tamanrasset (sud Algérien) (Anonyme 3 *in* Taleb,2012).

En 2000, le gouvernement a proposé de permettre aux investisseurs étrangers pour développer les gisements minéraux détenus par les sociétés minières nationales. Le bureau géologiques national et le bureau de recherche minérale a identifié de nombreux gisements minéraux (Anonyme 4, *in* Taleb,2012).

Des dispositions ont été prises pour encourager l'exploitation dans le domaine minier et ce pour assurer la disponibilité des matériaux de l'agrégat, du sable et également du ciment pour satisfaire les différents programmes lancés par le gouvernement dans le schéma national d'aménagement du territoire (le lancement de la réalisation d'un programme d'un million de logement sur une période de 5 ans et la réalisation des projets structurant dans le domaine de transport et en particulier la réalisation de l'autoroute est-ouest et celle des hauts plateaux, l'extension du réseau routier national et la réalisation de nouvelles lignes ferroviaires.)

Durant la période 2005-2009, le secteur minier a pris de nombreuses mesures pour s'adapter au rythme imposé par ces programmes de développement et garantir le besoin en matériaux. En revanche des exploitations d'agrégats et de sable ainsi que d'autres ont eu quelques difficultés à cause de leur situation par rapport à la population (Madani, 2015). Le territoire Algérien compte 1146 exploitations minières en activité dans les 48 wilayas dont 906 (79%) exploitations privées et 240 exploitations publiques (21%) ; 782 exploitations minières des granulats ont été recensées dans 46 wilayas dont 603 exploitations minières des agrégats et sable concassé dans 41 wilayas ; et 145 exploitations minières produisant que des agrégats dans 33 wilayas ainsi que 34 exploitations minières qui ne produisent que du sable concassé dans 4 wilayas (DGM, 2010 in Madani, 2015). La production des granulats a atteint 68,2% de l'ensemble de la production minière. L'argile et le sable naturel représentent respectivement 11,2% et 6,8% de la totalité de la production au niveau national et se classent ainsi en deuxième et troisième position après les granulats (voir figure 8 et 9) (Madani, 2015).

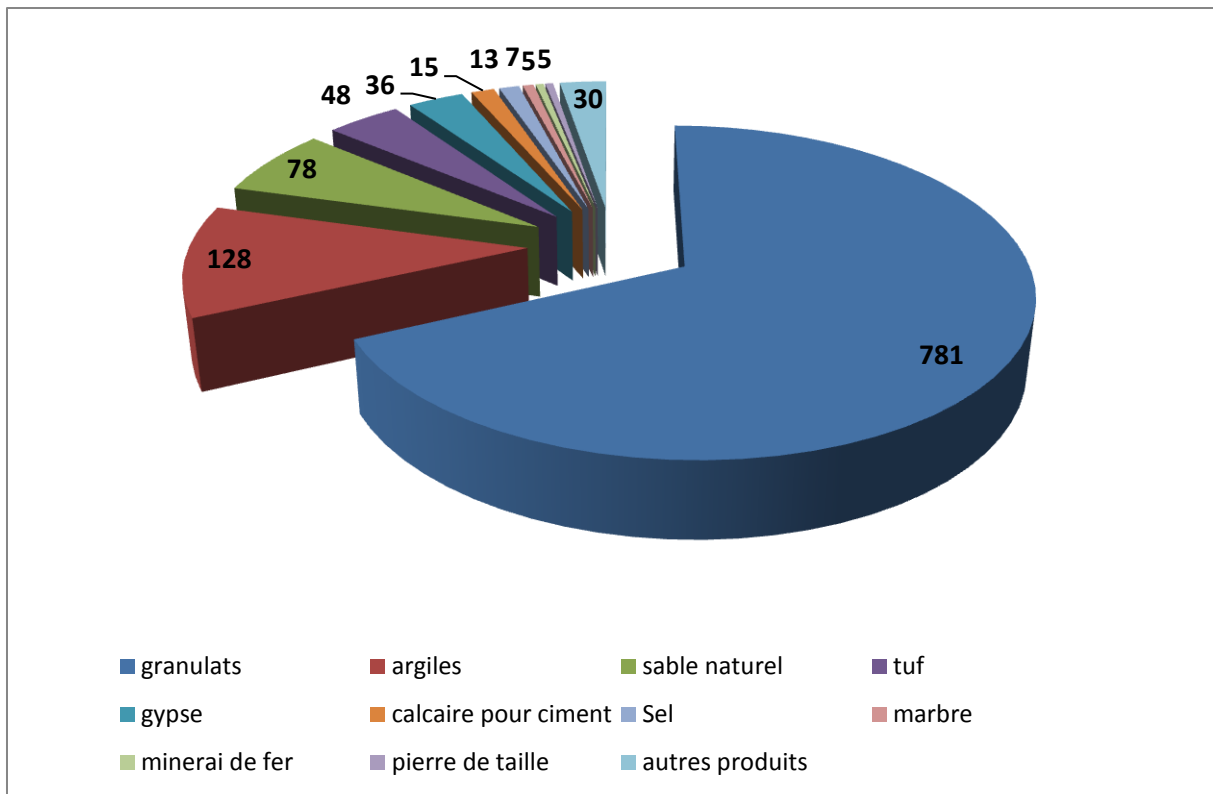


Figure 8. Exploitations minières en activités les 10 produits miniers en 2009.

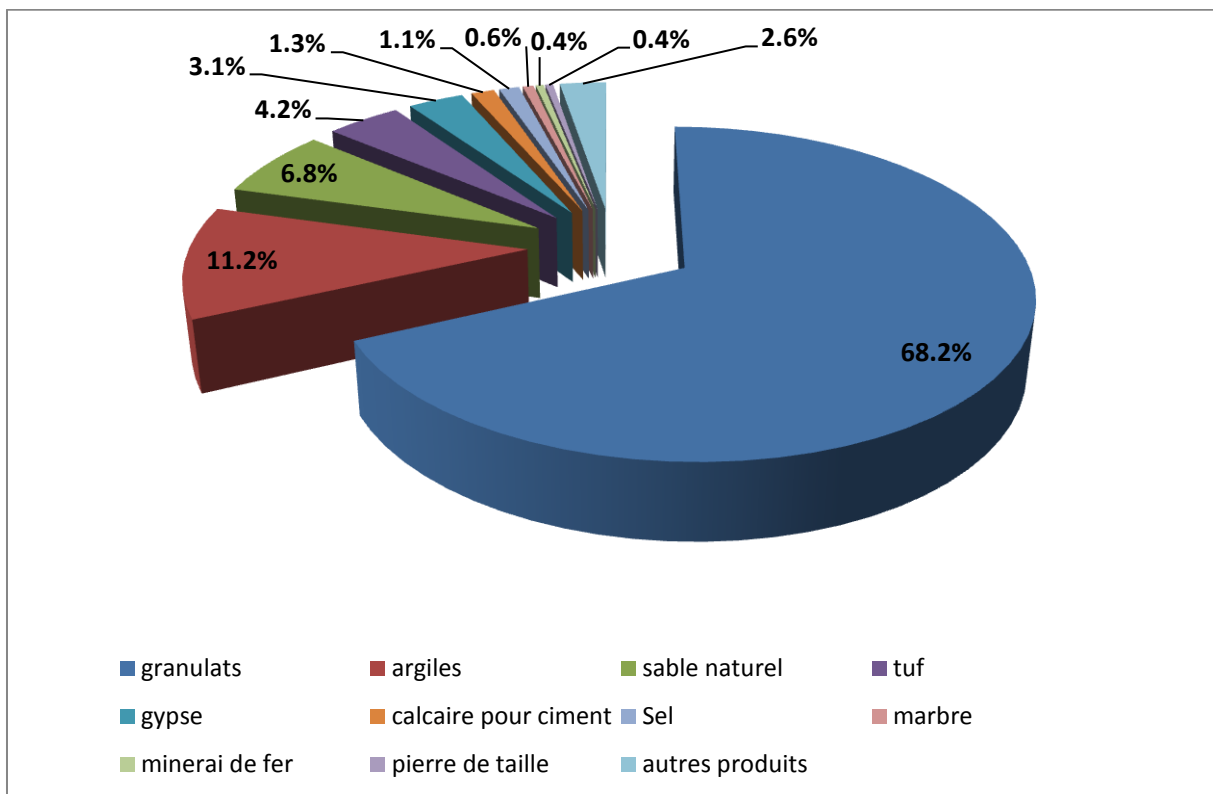


Figure 9. Pourcentage des 10 produits miniers en 2009.

II.2. Les intervenants

Les intervenants dans le domaine minier sont :

- le président de la république ;
- le ministre de l'industrie et des mines ;
- l'ANAM ;
- l'ASGA ;
- le wali ;
- l'administration chargée du domaine de l'environnement. ;
- l'administration chargée du domaine public hydraulique ;
- l'administration chargée du domaine public national forestier ;
- l'administration chargée du domaine d'agriculture ;
- les collectivités locales.

Pour le cas de notre étude (cas de délivrance de permis wilayale), les intervenants on été représentés dans la figure ci-dessous :

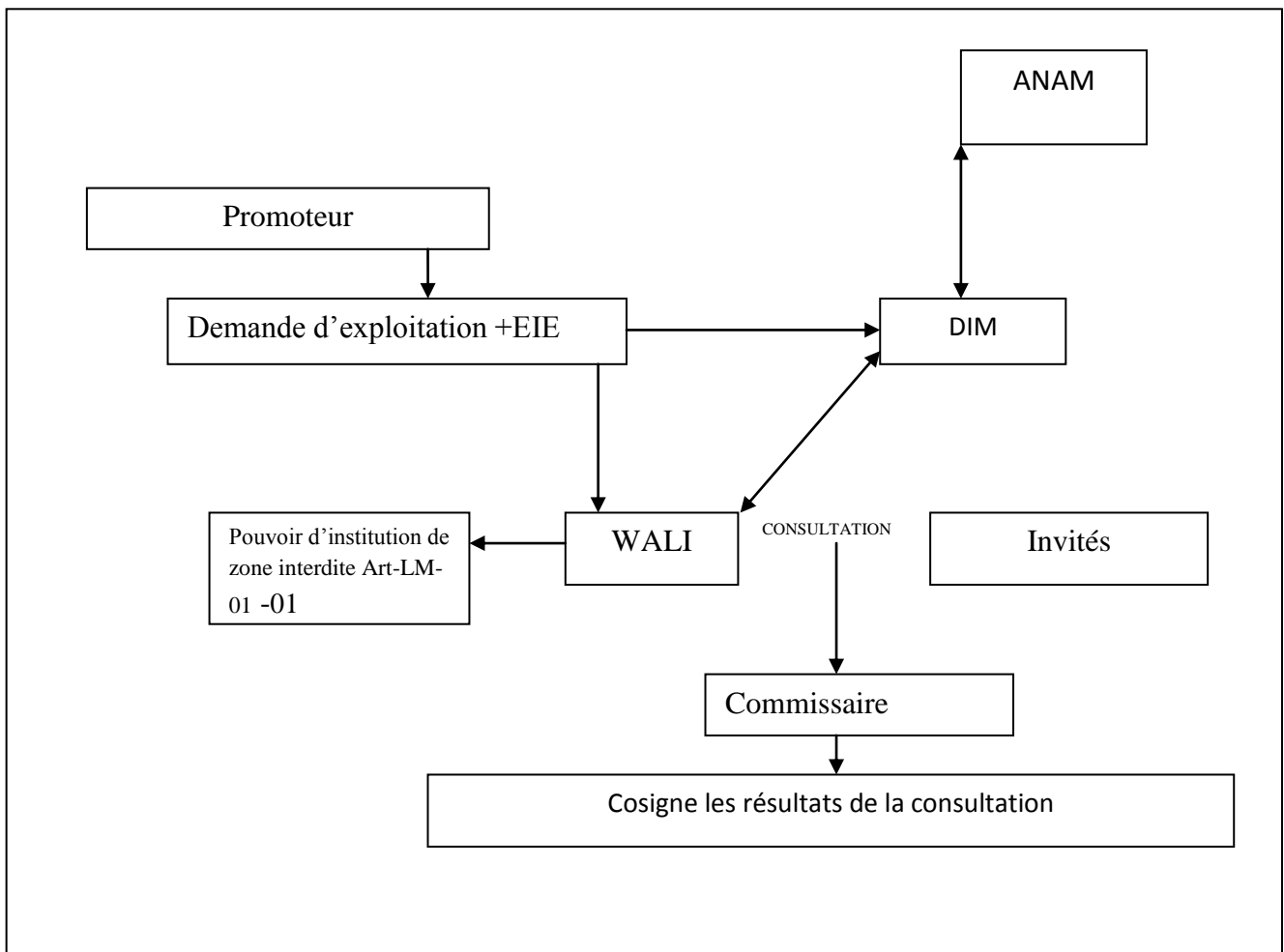


Figure 10. Cartographie des intervenants pour la délivrance d'un permis d'exploitation wilayale (synthèse personnelle).

II.2.1. Identification de l'ANAM et ces tâches

L'identification de l'ANAM est ces tâches ont été représenté dans la figure ci-dessous :

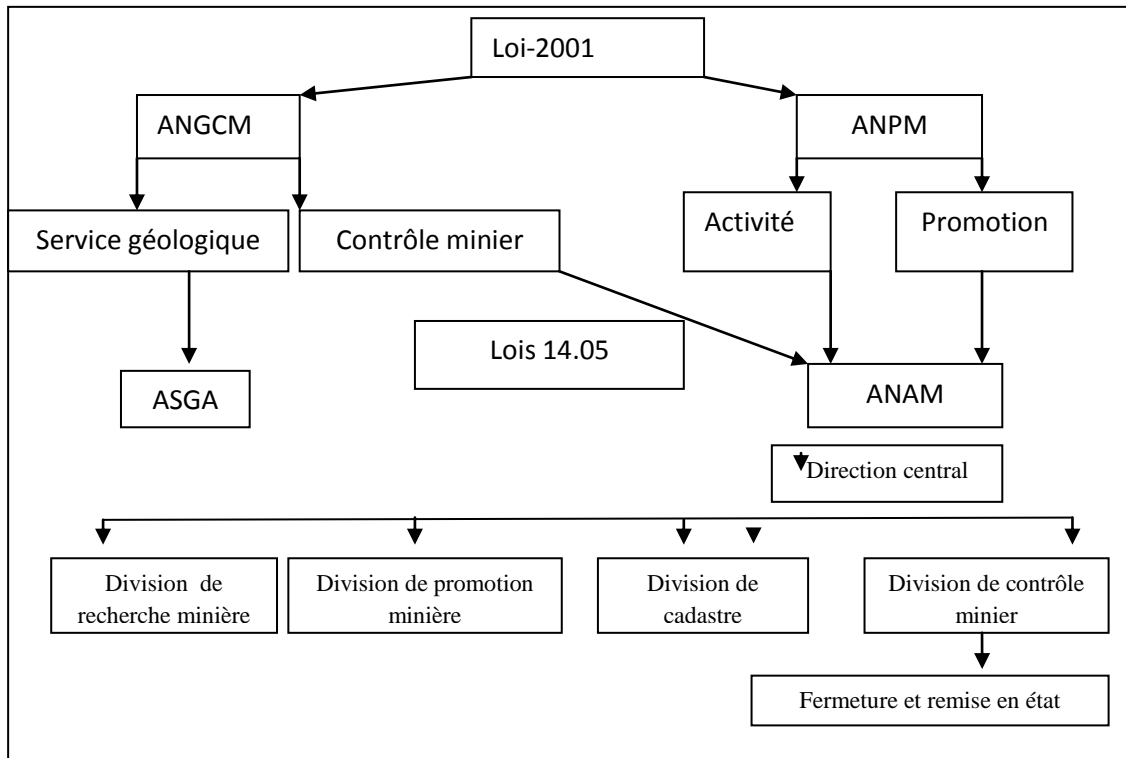


Figure 11. Identification de l'ANAM et ces tâches (proposé par Mr Belliroune, Directeur de la division de contrôle minier, 2017).

II.3. Obligation des opérateurs en matière environnemental

La loi minière Algérienne 14/02 prévoit que tout postulant à l'obtention d'un titre minier doit présenter à l'appui de sa demande des documents relatifs à la protection de l'environnement.

Le cahier des charge est doté d'articles exigeant au future exploitant de: s'engager sur le respect de l'environnement (Art 124).

Une notice d'impact de l'activité minière sur l'environnement doit accompagner la demande d'un permis: d'exploration, d'exploitation artisanale, ou d'un ramassage, de collecte et/ou de récolte de substances minérales(Art.128).

Des documents environnementaux sont à la charge de l'exploitant, réalisés par bureau d'études, bureaux d'expertises ou bureaux de consultations agréés: art 126. : étude d'impact et de danger de l'activité sur l'environnement (EIE), plan de gestion de l'environnement (PGE) et plan de restauration et de remise en état des lieux (PREE) (annuellement) durant l'activité minière .

L'étude d'impact sur l'environnement est soumise au ministre chargé de l'environnement pour approbation (Art. 127).

Le taux prévisionnel de compte séquestre est de 2%, que doit l'exploitant approvisionné pour les futures fais de remise en état des lieux.

Matériels et méthodes

A. Zone d'étude

1. Contexte géographique

1.1. Situation générale

Le gîte exploité se situe au niveau de la forêt domaniale de BeniGhobri, elle est la plus vaste des forêts domaniales de la wilaya de TiziOuzou, totalisant une superficie de 5710 ha. Elle est située au niveau du haut Sebaou dans l'Atlas tellien, entre les parallèles 36°42' et 36°47' latitude nord et entre les méridiennes 4°22' et 4°47' longitude Est. Elle est limitée au Nord par une ligne de crêtes qui la sépare de la forêt Tamgout et par l'oued d'Acif El Hammam, au Sud par les villages Cheurfa n'Bhloul, AssiakhBouada et Chebel. à l'Est par la forêt d'Akfadou à l'Ouest par de vastes plantations d'oliviers (Mimoun,2006).

Cette forêt est gérée par la circonscription des forêts d'Azazga qui est rattachée à la conservation des forêts de la wilaya de TiziOuzou. La forêt de BeniGhobri est soumise, comme toute les forêts algériennes à la loi 84-12 qui leurs confère la caractéristique de protection et production.

1.2. Situation locale

Le gîte exploiter est situé sur le canton Ain el Anceur (280 ha). Il constitue un bras mort de l'ancienne RN12 à trois kilomètre au Nord Ouest de la localité de Yakouren et à cinq kilomètres du chef-lieu de Daïra d'Azazga, le village de Ait Aissi se trouve à un kilomètre et demi au Nord (Anonyme,2012)(figure 12).

Le gîte occupe une surface d'un hectare et huit ares (1,8 ha), il s'agit d'une petite colline dont la base est losange avec le plus grand axe orienté Sud Est –Nord Ouest, le dénivelée entre la base et le point le plus élevé atteint vingt mètre, avec une moyenne de huit à dix mètres (figure 12 et 13, 14). La limite Ouest est constituée par la RN 12 et la limite Est par le tracé de l'ancienne route (Anonyme, 2012).

2. Contexte géologique

Le Numidien (Ficheur, 1890, *in* Meddour, 2010) constitue une épaisse formation argilo-gréseuse d'âge Oligocène-Miocène inférieur (Burdigalien) de l'Algérie littorale (Durand-

Delga, 1980, in Meddour, 2010). C'est une formation détritico terrigène de type flysch de nature silico-clastique (Talbiet *al.*, 2008, in Meddour, 2010).

Dans la Kabylie djurdjuréenne, où un immense banc gréseux s'étend d'ouest en est, sur une cinquantaine de kilomètres, d'Azazga jusqu'aux environs d'El Kseur, le flysch numidien couvre environ 1/3 du NE du territoire (Meddour, 2010).

Le flysch numidien est le terrain forestier par excellence et constitue un ensemble homogène couvert de forêts. Dans les massifs forestiers de Beni Ghobri. Les grès du Numidien sont essentiellement quartzeux, souvent ferrugineux, très uniformes. Généralement friables, ils donnent un terrain sableux, jaunâtre, parsemé de blocs rocheux.

La formation géologique locale constituant le massif à exploiter appartient à l'Oligocène gréseux qui affleure sur tout le massif de Yakouren (feuille d'Azazga et de Azzefoun) (Anonyme, 2012) (figure 15).

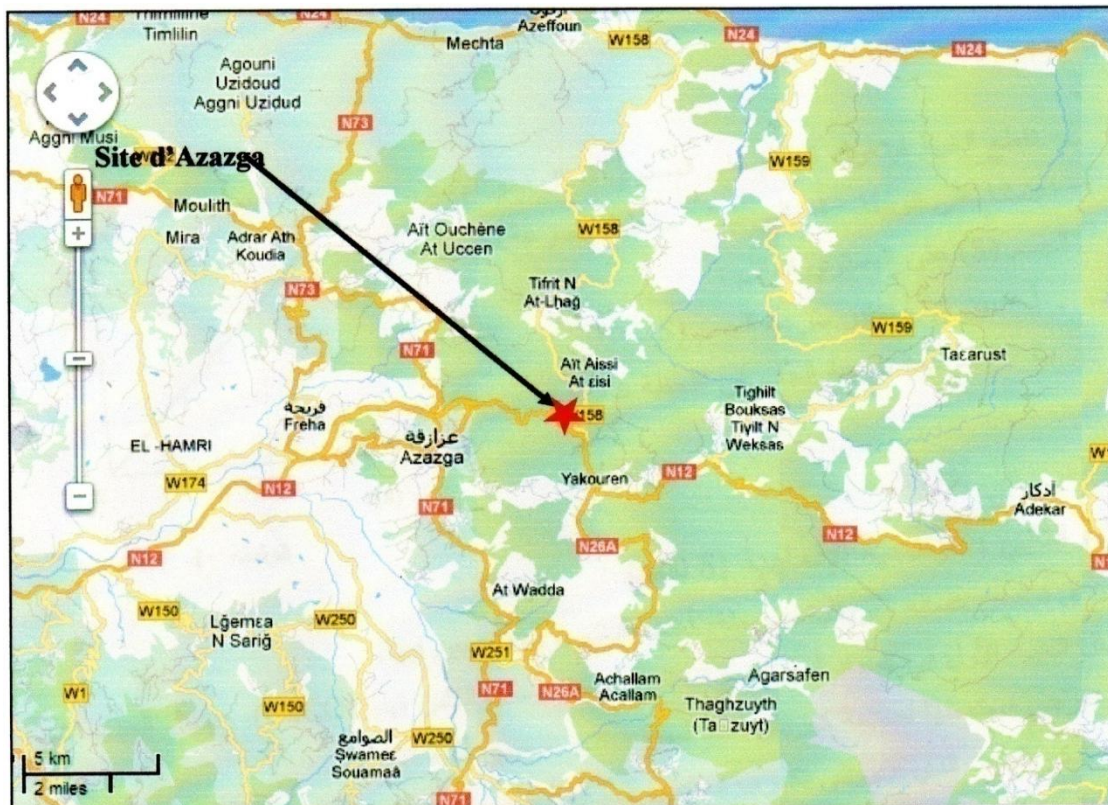


Figure 12. Situation géographique du site d'étude (Anonyme, 2012 in Google earth).



Figure 13. Plan de la situation du site d'étude avant exploitation (Anonyme, 2012 in Google Earth).



Figure 14. Le site d'étude après exploitation (Bournine K, 2017).

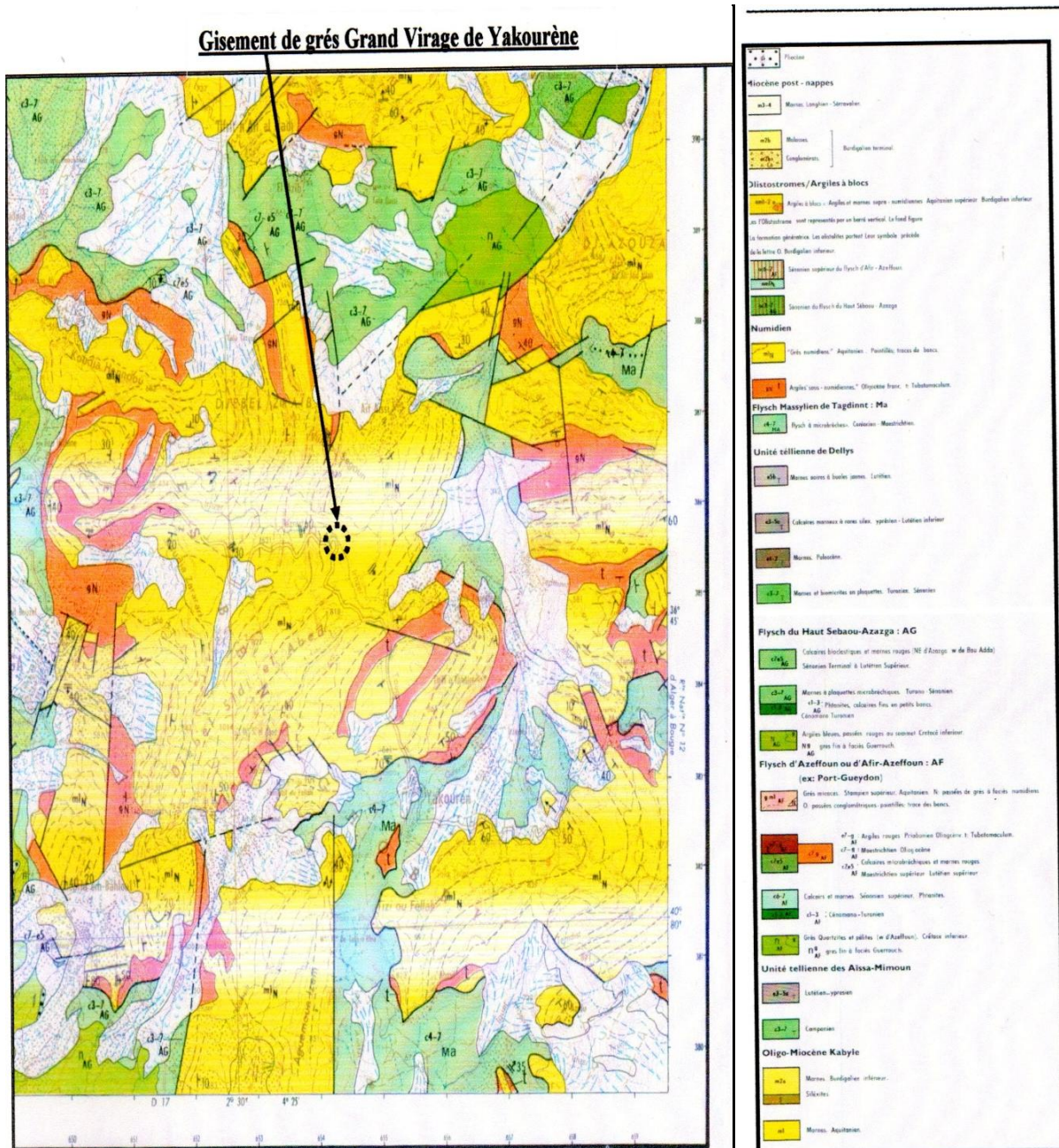


Figure 15. Situation géologique du site d'étude (Anonyme, 2012)

3. Contexte hydrogéologique

Le réseau hydrographique de la Kabylie djurdjuréenne est très dense. Il est composé de trois oueds majeurs, ces oueds, qui drainent les eaux pluviales vers la mer, sont alimentés par un important chevelu hydrographique composé de petits oueds (oueds côtiers et oueds de l'arrière-pays montagneux) et de quelques affluents importants (Figure 5).

La zone d'étude s'inscrit dans le bassin versant des oueds côtiers algérois (Est) (de l'oued Sébaou). Le bassin versant des oueds côtiers algérois (Est) occupe la partie centrale et le nord-est des zones montagneuses de la Kabylie du Djurdjura, qui couvre la presque totalité de la wilaya de Tizi Ouzou (Meddour,2010).

Dans la zone d'étude, il a été noté la présence d'un cour d'eau en contre bas, présentant une pollution aux eaux usées, quelque bloque dont la provenance est le site d'exploitation ont été remarqué au abord du cour d'eau (Figure 16 ,17).

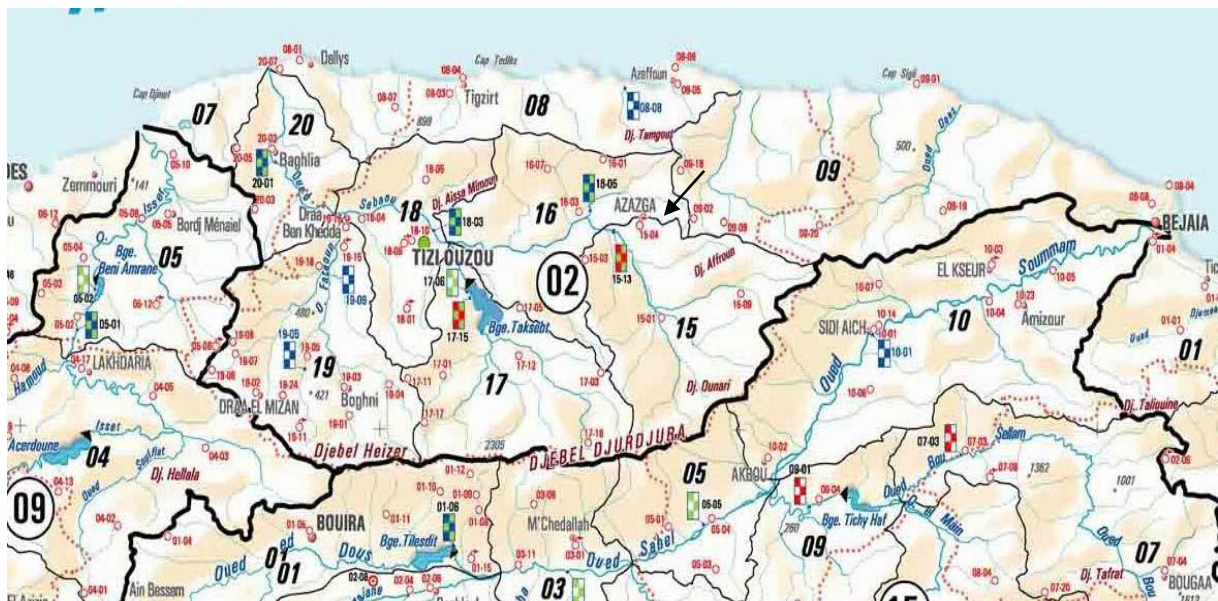


Figure 16. Découpage en bassins et sous bassins versant de la Kabylie du Djurdjura (ANRH, 2005 *in* Meddour, 2010).



Figure 17. Etat de la for au contrebas du site d'étude (Bournine K., 2017)

4. Contexte pédologique

Dans la région orientale gréseuse des forêts de chênes, à savoir la forêt Beni Ghobri, les sols podzoliques sont relativement circonscrits, dans certains secteurs bien arrosés, sous ces forêts de chênes, les sols bruns forestiers évolués se rencontrent souvent (Meddour,2010).

En effet, la plupart des sols forestiers sont évolués, de profondeur supérieure en général à 50 cm, de type brun lessivé, présentant un profil de type ABC. L'humus est un mull forestier, à pH acide, caractérisé par un rapport C/N satisfaisant donnant une bonne minéralisation (Durand, 1951 ; Quézel, 1956in Meddour, 2010).

Des travaux plus récents de caractérisation de quelques sols de Beni Ghobri ont été effectués par Nait Kaci *et al.*, 1997 et Merrouki *et al.*, 2014, un tableau résumant les résultats obtenues a été dresser ci-dessous

Tableau 2. Caractéristiques physique et chimique des quelques sols de la forêt de Beni Ghobri (sol sous chênaie et sur gré numidien)

Caractéristique Granulométrique	Texture	Structure	pH	V	C/N	Mull	Type de profil
La présence d'un taux de fraction fine considérable en profondeur	Limoneux sableuse	*surface particulaire *profondeur polyhydrique	Entre 5 et 6.80	Entre 29.50 et 46.20 Sol insaturé	<15	Mull acide	A0 A1 A2 B _t C.

5. Contexte climatique

La forêt de Beni Ghobri, est une région écologique assez homogène du point de vue climatique, mais offrant divers variantes liées aux conditions stationnelles (Merrouki *et al.*, 2016).

Le massif forestier de Béni Ghobri-Akfadou(Yakouren, Tegma) correspond à la zone la plus arrosée, qui de ce point de vue apparaissent comme les plus humides (1100-1200 mm annuellement)(Meddour,2010).

Le bioclimat humide est bien représenté dans tout l'orosystème kabyle (chaîne littorale, massif de Beni Ghobri-Akfadou)(Medour,2010).

6. Contexte biologique

6.1. La végétation

Selon Boudy (1955, in Yefesah, 2016) la zone orientale de la Kabylie Djurdjuriènnne est riche car c'est à ce niveau qu'on rencontre les plus belles forêts de chêne d'Algérie. On rencontre deux types de chênaies, l'une sclérophylle représentée par le chêne liège, l'autre caducifoliée représentée par le chêne zeen et le chêne afars (Quezel et Bonin 1980 ; Laribi, 2000, in Yefesah, 2016) affirment qu'il existe une très grande variabilité au sein de chaque espèce vue le phénomène d'hybridation et d'introgession, et il est difficile de définir les autres taxons.

Dans une forêt la couverture végétale est disposée en cinq strates, hypogée, muscinale, herbacée, arbustive, et arborescente. Pour la forêt de Beni Ghobri il a été plus aisé de recueillir les informations pour les trois dernières strates, que nous avons résumé dans le schéma ci-dessous (figure 18).

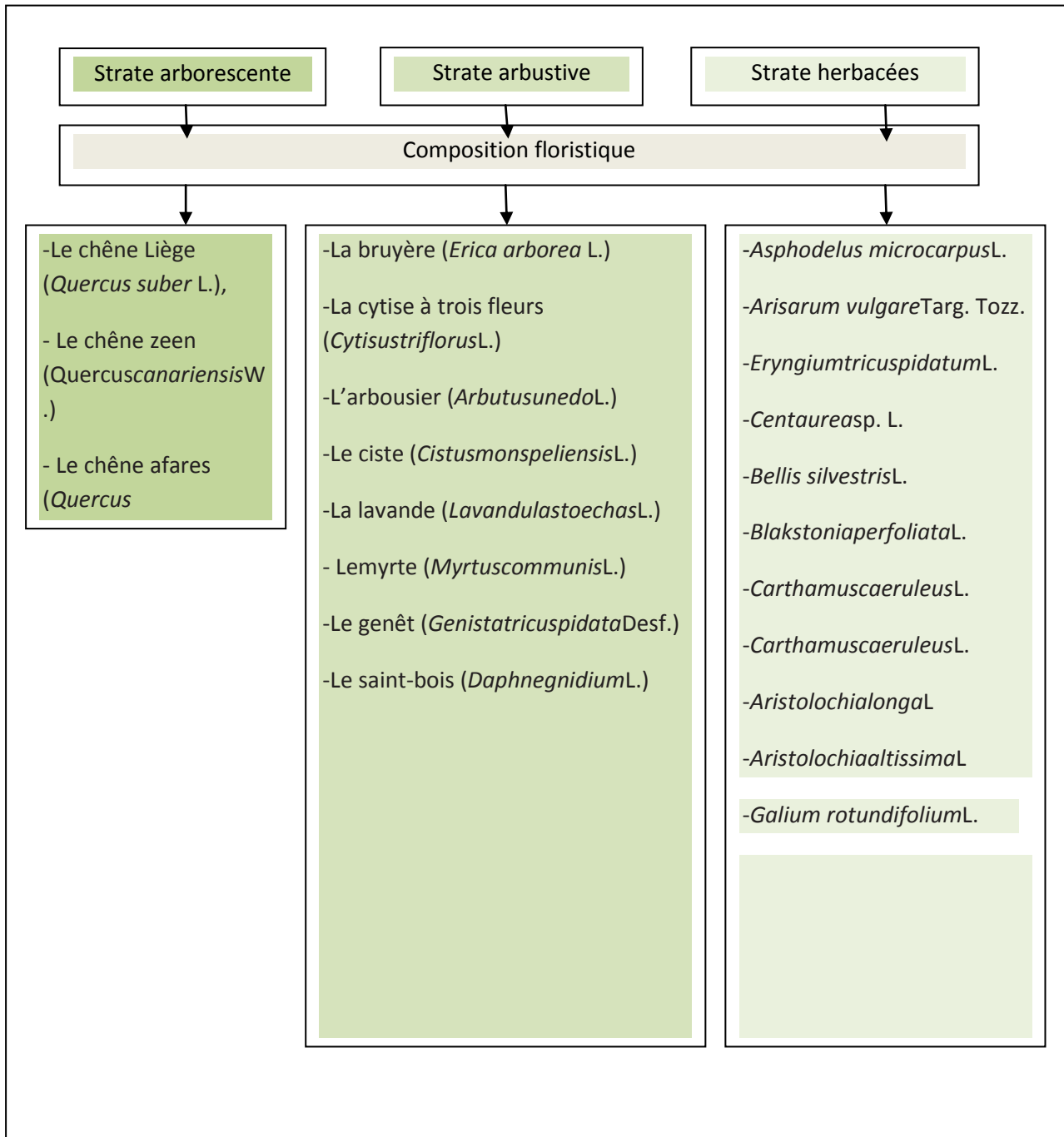


Figure 18. Les principales espèces végétales recensées par Messaoudene et Mezani (2000) dans la forêt de Beni Ghobri

6.2. La faune

D'après Dajoz, (1996) la faune de la région de la méditerranéenne est originale. Les mammifères sont moins nombreux. Cependant les insectes très abondants.

L'essentiel de la composition faunique de la forêt de Beni Ghobri est représenté dans le schéma ci-dessous (figure19) qui a été inspirée par le travail de Mimoune(2006).

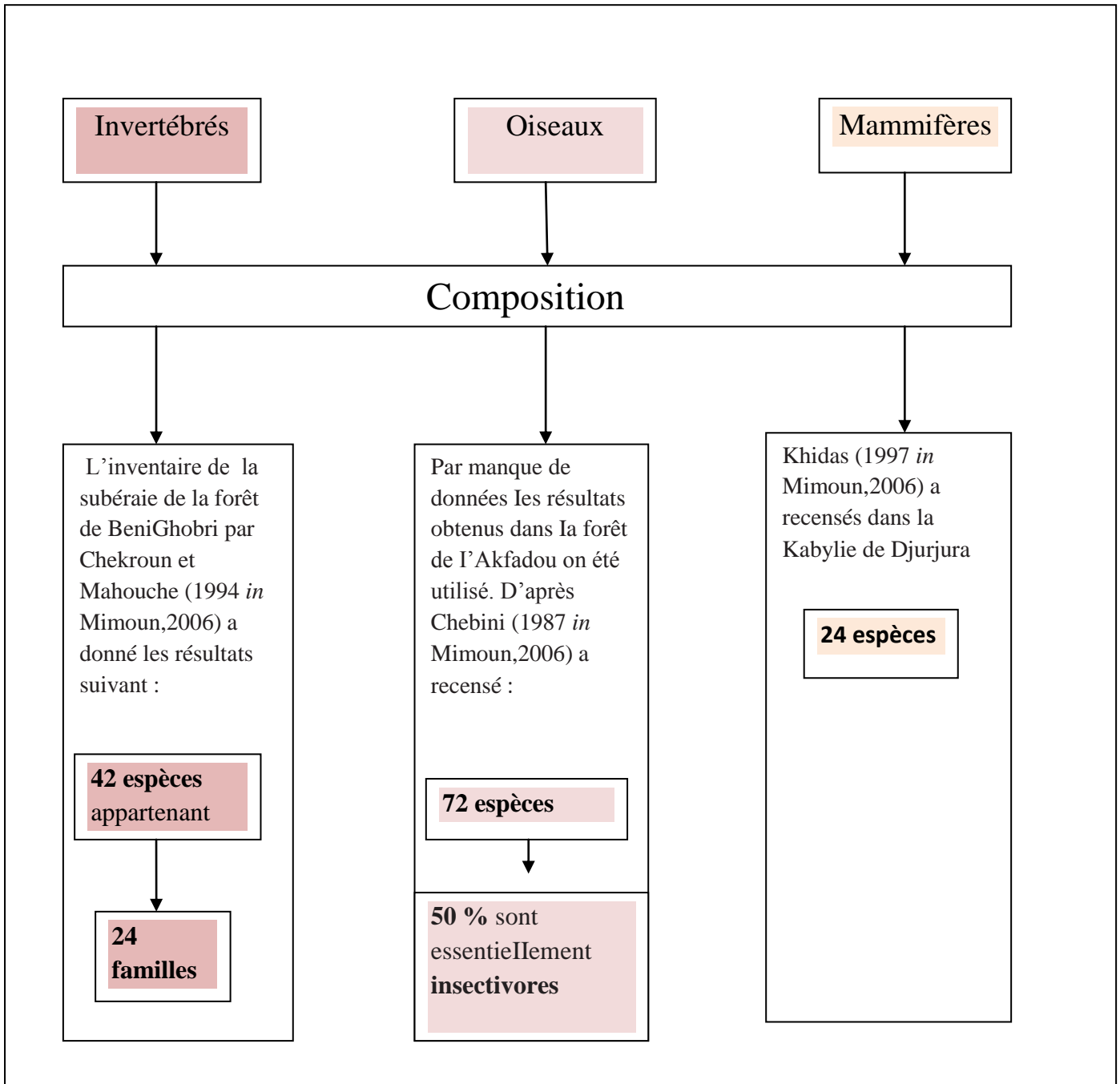


Figure 19. Les principales espèces faunistiques recensées dans la forêt de Beni Ghobri.

B. Méthodologie

1. Méthode de recherche

Etant donné que l'usage d'une méthode est tributaire de la nature de l'objet d'étude et des objectifs poursuivis par le chercheur, le recours à la méthode dialectique a été préconisé. Larousse la définit comme étant « *une Méthode de raisonnement qui consiste à analyser la réalité en mettant en évidence les contradictions de celle-ci et à chercher à les dépasser* ».

Cette méthode permettra de diagnostiquer la problématique de la remise en état et la réhabilitation des exploitations minières dans notre pays d'un point de vue scientifique, précisément sur le plan édaphologique.

2. Limite du travail

Les techniques généralement employées (entretien et analyse des documents et de trace) permettent surtout de recueillir des informations sur le travail prescrit, pas sur le travail réel ni sur les caractéristiques des utilisateurs. Or, l'écart entre le prescrit et le réel peut être important.

3. Technique d'investigation

Delruelle-Vosswinkel(1987) *in* Kumwimba Musao(2010) définit la technique comme l'ensemble de procédés mis en œuvre pour arriver à un résultat. Pour recueillir les informations recherchées, nous avons fait recours à deux types d'observation à savoir directe et indirecte.

3. 1. Observation indirecte

Cette observation s'est scindée en trois parties, représentées dans la figure qui suit:

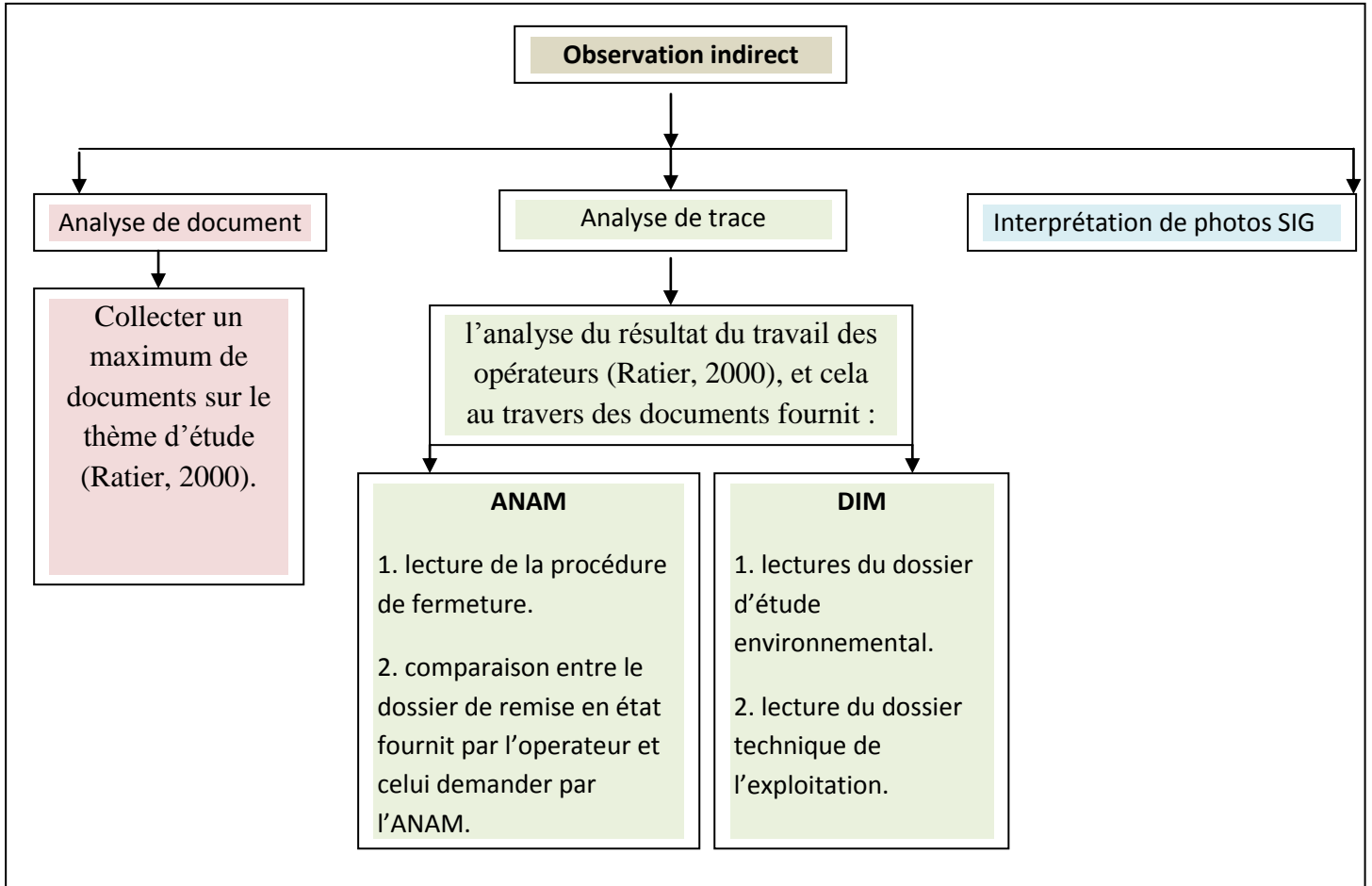


Figure 20. Schéma représentant les étapes de l'observation indirecte.

3.2. Observation directe

L'observation directe a été d'une grande importance dans la mesure où elle a permis d'interpréter la réalité du terrain. Nous l'avons résumé dans la figure 21.

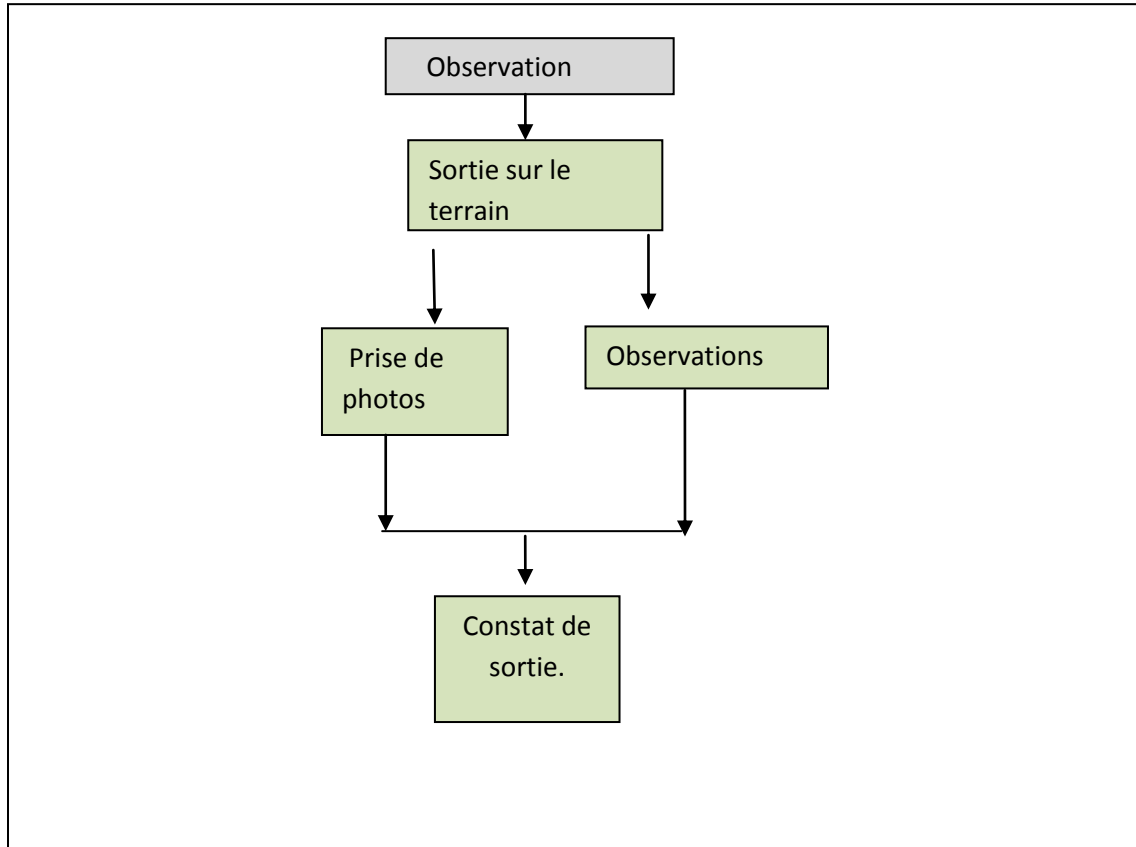


Figure 21. Schéma représentant les étapes de l'observation directe.

Résultats et discussion

1. Analyse de la procédure de fermeture faite par l'ANAM et proposition d'amélioration

Etant conscient de la lourdeur de la tâche qui nous incombe et ayant le recul pour percevoir tous les efforts et le travail qui ont été fait par l'ANAM pour élaborer cette procédure, cette présente lecture ne peut prétendre à son enrichissement. Néanmoins nous espérons qu'elle apportera une optique sous un angle différent.

Tenue par la confidentialité des documents remis par l'ANAM, nous avons essayé de présenter la structure générale de la procédure, afin de faciliter la compréhension de la lecture

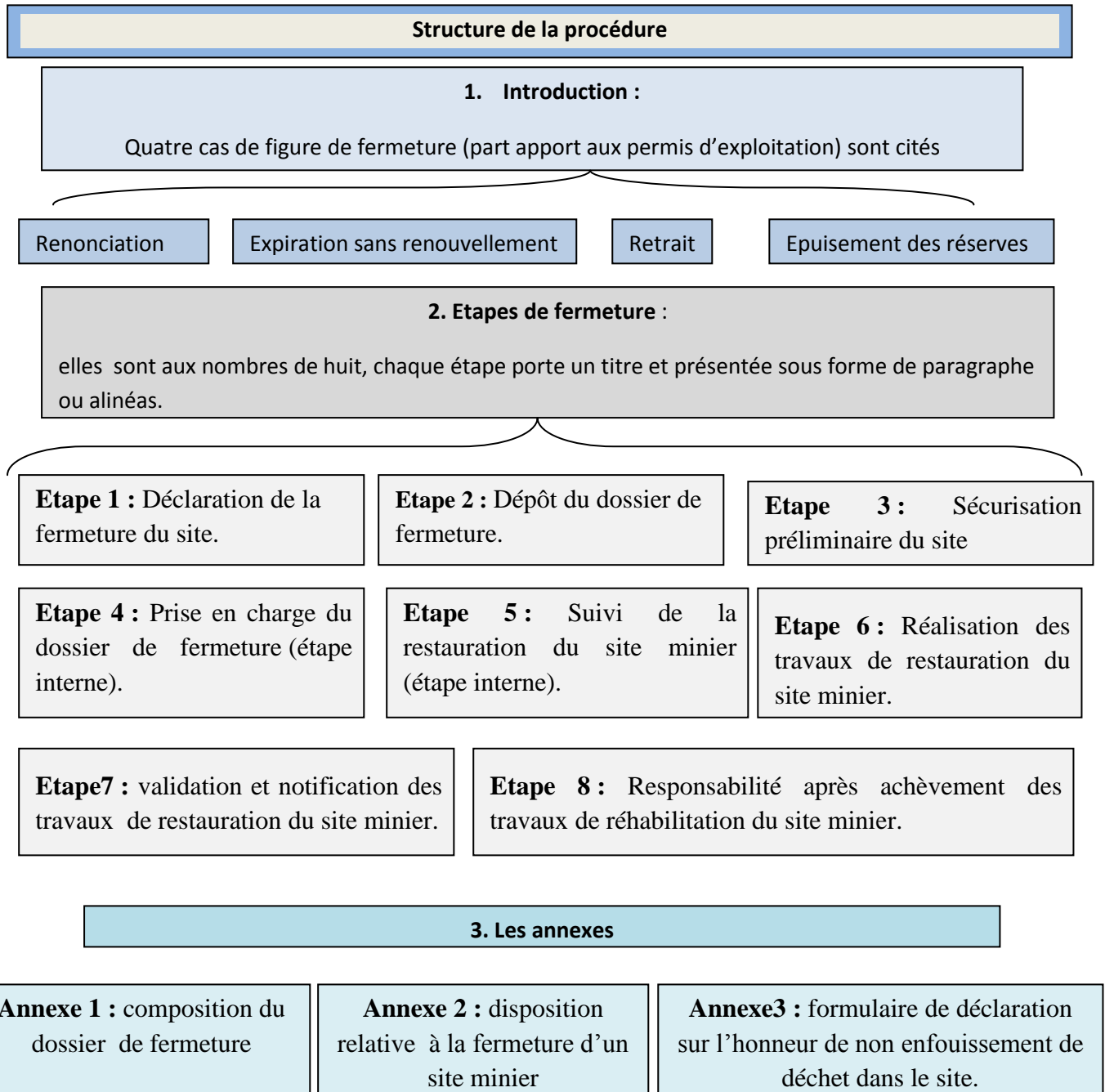


Figure 22. Schématisation de la structure de la procédure de fermeture d'un site minier élaboré par l'ANAM.

- **Pour 1'introduction** Absence du cas d'arrêt temporaire des sites.

Nous proposons d'insérer le cas cité ci- dessus, qui est souvent rencontré dans notre pays, et qui est dans la majorité des cas lourd de conséquence pour la collectivité et l'environnement. ERR,(2007) affirme qu' il faut également veiller à ce que le site qui est en arrêt temporaire demeure conforme aux lois et règlements fédéraux et territoriaux applicables, ainsi qu'aux permis d'utilisation du sol, baux fonciers et permis d'utilisation de l'eau que possède l'exploitant.

- **Etape 1. Déclaration de la fermeture du site** : aucune observation.

- **Etape 2 .Dépôt du dossier de fermeture** : le dossier étant élaboré par un bureau d'étude minier agréé environnement, le traitement des dossiers aura une optique uni-disciplinaire avec une prédominance de l'aspect géologique, il en découlera des défauts de jugements, qui souvent seront lourds de conséquences pour l'exploitant et la collectivité.

Nous proposons l'association à cette étude des tiers parties fiables et performantes à titre officiel telles que des instances universitaires, chercheurs et laboratoires de recherches (le laboratoire des sciences du sol pour la maîtrise de la phase ultime de la remise en état à savoir la reconstitution du sol et ces phasages, laboratoire de foresterie pour la compétence en technique de reboisement et réhabilitation des espaces naturels, aussi d'autres laboratoires tels que le laboratoire d'écologie, d'entomologie, microbiologie des sols etc..).

Les associations écologiques de proximité reconnues et agréées par l'état souvent intègrent des personnes expérimentées qui ont de très bonnes connaissances du milieu, de son évolution et potentialité. Petit, (2007) signale qu'une telle démarche est courante en Grande Bretagne grâce à une évolution importante de la politique de la *Coal Authority* (organisme public national qui se présentent à la fois comme l' autorité minière et comme organisme technique de remise en état des sites miniers) qui privilégie l'intervention d'organismes extérieurs sélectionnés par appels d'offres, il est vraisemblable que cette internalisation concernera avant tout des tâches « d'exploitation » plutôt que des fonctions d'ingénierie.

-**Etape 3. Sécurisation préliminaire du site** : aucune observation

-**Etape 4. Prise en charge du dossier de fermeture (étape interne)** :

-alinéa2 : le délai (un mois) donné pour les avis et les propositions pour l'éventuel aménagement est trop court pour une planification rigoureuse est une coordination efficiente.

Nous proposons d'intégrer au dossier de remise en état exigé par le règlement une étude prévisionnelle de réaménagement avec plusieurs trajectoires, ce qui permettrait une meilleure

gestion de la fermeture. ERR (2007) déclare qu'un plan de fermeture et de remise en état contient également une liste des diverses options de remise en état et explique pourquoi telle ou telle option a été retenue. En outre, il prend notamment en considération les valeurs à long terme des collectivités locales. Ricks et *al.*, 1999 souligne que dans certaines législations, le dépôt d'un projet de fermeture en bonne et due forme est requis avant que toute concession de développement ou d'exploitation d'une nouvelle mine ne soit accordée.

-alinéa3 : il a été indiqué que la fermeture est orientée en fonction de la situation de chaque site.

En proposition l'orientation de la fermeture doit être selon la typologie de la carrière (selon le type de carrière (carrière en roche massive, carrière alluvionnaire etc..) et codifier selon les cas de figure (la matière extraite et le mode d'extraction ainsi que le type d'occupation du sol initial).

Nous avons remarqué aussi que différentes terminologies ont été utilisées ce qui peut prêter à confusion (plan de réaménagement, remise en état, espace ouvert).

Nous proposons de définir la terminologie de chaque terme technique et de l'introduire dans l'introduction de la procédure, à cet effet ERR, (2007) rappelle qu'il est important de bien définir les mots clés employés dans le plan de fermeture et de remise en état. Une définition imprécise des termes peut mener à des malentendus involontaires si les diverses parties interprètent le sens différemment. Il est recommandé, dans la mesure du possible, de rédiger le plan de fermeture et de réaménagement dans des termes non techniques. Lorsque des termes techniques sont inévitables, il faut les définir.

Nous avons noté également l'absence de critères de remise en état.

Riks *et al.*, (1999) cite les critères permettant d'évaluer le degré de succès des opérations de fermeture. Nous proposons l'intégration de critères de remise en état en annexe dans la procédure de fermeture.

-Etape 5. Suivi de la restauration du site minier (étape interne) : il a été noté que la notion de suivi dans la procédure traite des infractions réglementaires (lié à des aspects administratifs, techniques, et financiers). L'absence de suivi écologique est préjudiciable pour la capitalisation d'expériences en matière de remise en état. Welti, 2010 précise que le suivi efficace des conditions forestières et fauniques dans les zones d'extraction et les alentours est nécessaire pour évaluer correctement les impacts des opérations d'extraction sur la biodiversité et pour évaluer si les mesures de mitigation réussissent. Le suivi sert de base

solide pour modifier la gestion et les mesures de sauvegarde (Welti, 2010). (Zedler et Weller, 1990 ; Henry *et al.*, 2002 in Barnaud et Bazin, 2002) indiquent que le suivi doit permettre, grâce à des indicateurs environnementaux pertinents, de comprendre et d'expliquer les dynamiques et mécanismes, mais également d'estimer si le système s'autorégule (pas ou très peu d'entretien nécessaire) et si les buts sont atteints.

-Etape 6. Réalisation des travaux de restauration du site minier

Nous avons remarqué l'absence de calendrier pour le suivi de la réalisation des travaux de restauration du site minier, le suivi a un rôle essentiel dans la démarche de la remise en état, sa planification doit être minutieuse car elle permettra d'une part la maîtrise de celle-ci, et d'autre part il offrira un retour d'expérience concluant nécessaire pour la pérennité du site restauré et sa reproductibilité. Nous proposons l'établissement d'un calendrier d'exécution de suivi.

-Etape 7. Validation des travaux de restauration du site minier et notification de la fermeture :

-alinéa4 pour éviter toute déformation involontaire lors de la validation des travaux de restauration du site minier et notification de la fermeture (qui peut être du au changement de représentants de la commission chargée du dossier), nous proposons la création d'une fiche navette qui doit comporter un rapport détaillé sur les objectifs et les critères de la fermeture, afin d'éviter certaines difficultés, retards et frustrations qui en résultent de part et d'autre.

-Etape 8. Responsabilité après achèvement des travaux réhabilitation du site minier :
aucune observation

-Dans l'annexe1 : aucune observation.

- Dans l'annexe 2

Nous avons noté l'absence d'un titre qui traite de la gestion et protection du sol, en effet le sol n'est cité que sous le volet de sécurisation du site (remblayage des excavations et stabilisation du terrain), l'abstraction du volet qui traitera du statu du sol et de la qualité du sol et préjudiciable pour la remise en état.

Nous proposons l'intégration d'un titre qui traitera de la gestion du sol avec un volet méthodologique pour la manipulation des sols (décapage sélectif des horizons, méthode de stockage et méthode de reconstitution des sols et ces phasages). L'établissement de ce titre (avec ces différents volets) permettra d'optimiser la qualité des sols des carrières.

D'une manière générale nous avons noté que certains points non pas été abordés dans la procédure tel que :

- l'objectif général et les critères de la remise en état, ces derniers étant des concepts clés pour l'élaboration d'un bon plan de restauration ;
- un déséquilibre dans le contenu de la procédure, l'aspect administratif prédomine sur l'aspect technique. Ce déséquilibre impactera l'aspect écologique et socioéconomique de la remise en état ;
- l'absence de l'aspect financier du plan de fermeture (pas de calendrier budgétaire, aucune étude d'évaluation financière des travaux de la remise en état n'est demandée à l'exploitant, pas d'estimation des coûts ni garanties financières associées aux travaux de remise en état) ;
- l'absence de certaines notions du développement durable (cycle de vie d'une exploitation, gestion adaptative, remise en état intégré..) et réajustement de certaines terminologies, qui faciliteront la compréhension des droits et des devoirs de chaque partie prenante, aussi qui mènera à une efficacité tant dans l'action que dans le coût et le temps.

1.1.Conclusion

L'institution régulatrice responsable de projet de fermeture et de remise en état (l'ANAM) doit établir des conditions réglementaires, planifier des interventions et examiner des rapports et d'autres documents concernant la fermeture et la remise en état des sites miniers en concertation avec les autorités locales (wali, direction de l'environnement et APC). Cette démarche qui est présentée sous forme d'une procédure doit présenter une structure souple, une formulation simple, et un équilibre dans le contenu. Pour l'établissement d'une procédure efficace il faut prendre en considération :

- le savoir faire des institutions régulatrices et l'information scientifique.
- l'insertion d'un titre qui traitera de la gestion du sol tout au long du cycle de vie d'une carrière dans la partie technique.
- appliquer les principes de gestion adaptative (chaque carrière étant un cas unique) en s'appuyant sur l'information la plus pertinente et la meilleure technologie existante (d'où l'impérativité de joindre le dépôt du dossier de remise en état à celui de la demande d'autorisation d'exploitation) ;
- favoriser la protection de l'environnement lors de la remise en état, et appliquer le principe de précaution en l'absence d'informations probantes.

- et enfin prendre en compte l'absence ou l'insuffisance de remise en état d'une carrière par un exploitant dans toute décision ultérieure sur une prolongation de l'autorisation ou sur toute nouvelle demande. Cette absence ou insuffisance pourra motiver un refus.

2. Comparaison du plan de remise en état établi par l'exploitant et celui proposé par l'ANAM

Avant de procéder à la présente comparaison, une schématisation de la composition du dossier de fermeture d'une mine a été faite (figure 23), les points sur lesquels nous avons intervenu sont marqués par la couleur bleu.

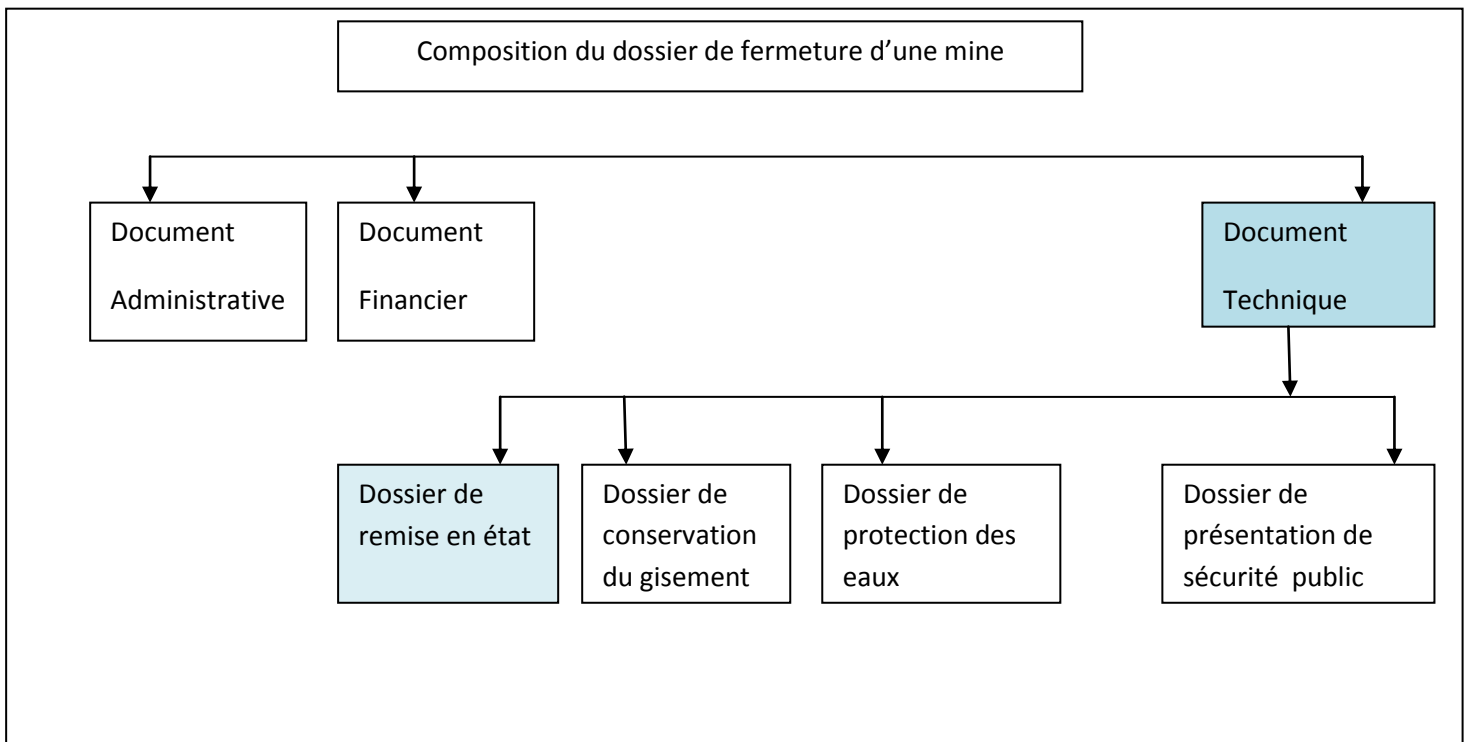


Figure 23 .Schématisation de la composition du dossier de fermeture d'une mine élaboré par l'ANAM.

Cette comparaison a été précédée d'une recherche au niveau de la DIM, de document clés pour la remise en état à savoir de l'évaluation d'impact environnemental(EIE) et le plan de gestion environnemental. Seule l'étude de l'évaluation environnementale a été faite. Celle-ci ne répond pas aux exigences du guide d'étude d'impact. En effet, il a été noté l'absence d'informations sur l'état initial du site et de ses alentours, absence d'indication sur les modifications que le projet peut engendrer sur l'environnement naturel, absence de mesure d'atténuation (les mesures prises pour minimiser les modifications délétères pour l'environnement, mais aussi les mesures mises en place pour vérifier les prévisions de l'étude d'impact des effets), absence d'information sur le niveau d'effort, les impacts existants et

potentiels ne sont cités que dans la grille d'interrelation sans aucune analyse. La comparaison est présentée dans le tableau ci-dessous

Tableau 3. Comparaison du document ANAM et celui remis par l'exploitant.

Ce que doit comporter le dossier de remise en état	Ce que l'opérateur a effectué	Remarque
<p>Un mémoire indiquant :</p> <ul style="list-style-type: none"> -la destination finale de l'assiette de terrain libérée de l'exploitation. -les raisons du choix de celle-ci. -les travaux envisagés 	<ul style="list-style-type: none"> -proposition de reboisement (sommaire). -justification : milieu forestier. proposition de maillage (sommaire) pour le reboisement. -aucune proposition n'a été rédigée pour l'aspect pédologique, et sécurisation proposé. 	<ul style="list-style-type: none"> -Proposition inapproprié avec le type de carrière (carrière en roche massive) et la superficie du carreau (superficie réduite). -non maitrise des critères de remise en état, sous-estimation de certains aspects (aspect hydrogéologique, écologique).
<ul style="list-style-type: none"> -le plan topographique et une coupe, à l'échelle appropriée des travaux de remise en état envisagés. 	<ul style="list-style-type: none"> -Plan topographique daté du 14-08-2012 et à l'échelle 1/500. -Aucune coupe n'a été présentée 	<ul style="list-style-type: none"> -aucun plan topographique poste exploitation. -non respect des obligations.
<ul style="list-style-type: none"> -le bilan estimatif des coûts des différentes étapes de la remise en état (planning de financement). 	<ul style="list-style-type: none"> -absence de bilan et de planning concernant le coût de la remise en état n'a été présenté. 	<ul style="list-style-type: none"> -non respect des obligations.
<ul style="list-style-type: none"> -le calendrier d'exécution des travaux prévus dans le cadre de la remise en état des lieux. 	<ul style="list-style-type: none"> -aucun planning concernant les travaux de la remise en état n'a été présenté. 	<ul style="list-style-type: none"> -non respect des obligations
<ul style="list-style-type: none"> -un engagement de l'opérateur relatif à la clôture des travaux dans les délais spécifiés. 	<ul style="list-style-type: none"> -aucun engagement n'a été présenté dans le dossier de remise en état. 	<ul style="list-style-type: none"> -non respect des obligations.

2.1. Conclusion

Malgré les exigences réglementaires citées dans la procédure de fermeture prévue par l'ANAM, et la volonté affichée de l'exploitant de se soumettre au règlement, un décalage est noté dans les pièces fournies et celles demandées. Ce qui a pour conséquence une lenteur administrative et un non aboutissement de la remise en état et la réhabilitation du site en question. Ceci peut être dû :

- aux documents établis par le bureau d'étude qui sont sur-synthétisés. Leur contenu n'est pas vraiment respectueux des prescriptions du guide de l'environnement et l'étude est globalement médiocre ce qui en pénalisent la crédibilité.
- à un manque de maîtrise technique de la remise en état et la restauration et une sous-estimation des aspects environnementaux par le bureau d'étude qui établit les documents.
- à un désengagement mais aussi un manque d'acquisition de compétence de l'exploitant qui délègue systématiquement ses responsabilités et qui ne pourra jamais capitaliser ni la connaissance, ni le retour d'expérience nécessaire à l'amélioration qualitative de ses dossiers.
- à une différence de degré de familiarité entre les exploitants et les institutions régulatrices (ANAM, DIM, DE) pour l'aspect réglementaire et technique (défaillance de communication et manque de rigueur pour l'application des règlements en vigueur).

3. Constat de sortie sur le terrain

La sortie s'est effectuée le 25 mars 2017, 48 heures après une averse notre accès a été possible grâce à l'aide du responsable de la circonscription des forêts d'Azazga qui nous a délégué un agent pour nous accompagner sur le site. Nous avons noté les observations suivantes :

- absence de signalisation adéquate à la situation du site (pancarte d'identification du site signalisations des dangers potentiels (figure 24).
- absences de bornages (espaces complètement ouvert, accès facile au front de taille) (figure24).
- présence d'éboullis in situ et au contre bas du site (figure 25).
- présence de risque potentiel de chute de bloc du côté plein Sud sur la voie automobile (figure 26 et figure 27).

- présence d'éléments fins au niveau de l'horizon de surface, ces éléments fins (de texture proche du sable) ont la même couleur jaune de la roche (le tuf qui présente ces caractéristiques) ces éléments fins augmentent le risque de présence de sédiment dans les eaux de surface (figure 28).
- présence de croute de battance au niveau de l'horizon de surface qui peut être dû à l'augmentation du taux d'éléments fins (notamment les limons qui sont responsables de ce type de phénomène). Cette augmentation est due aux différentes perturbations infligées par les travaux d'exploitation (figure 29).
- présence de signe d'érosion en griffes, qui représente un stade avancé d'érosion (figure 29).
- présences d'hydromorphie au niveau de la base de la roche (figure 30).
- installation de décharge sauvage au niveau du site, ce qui augmente le risque d'une pression anthropique (figure 31).
- installation de commerces illicites ce qui augmente le risque d'une pression anthropique, (figure 32 et 33).



Figure 24. Absence de bornage et de signalisation.

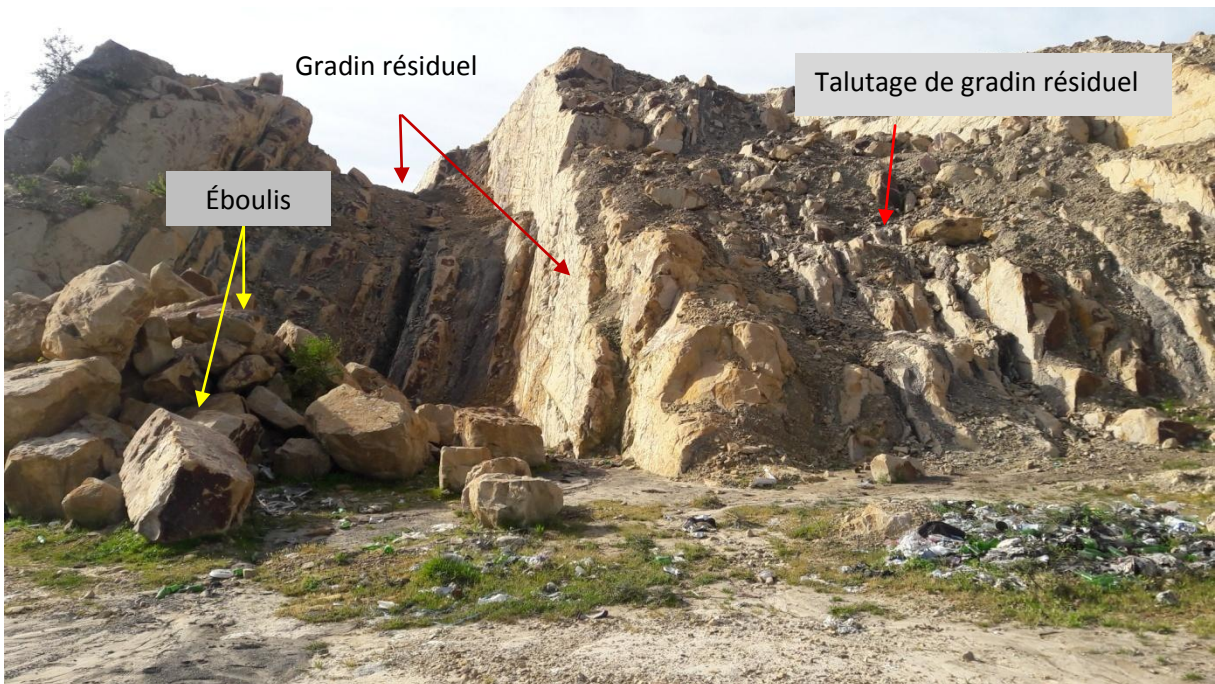


Figure 25. Présence d'éboulis (purgé de gradin non finalisée).

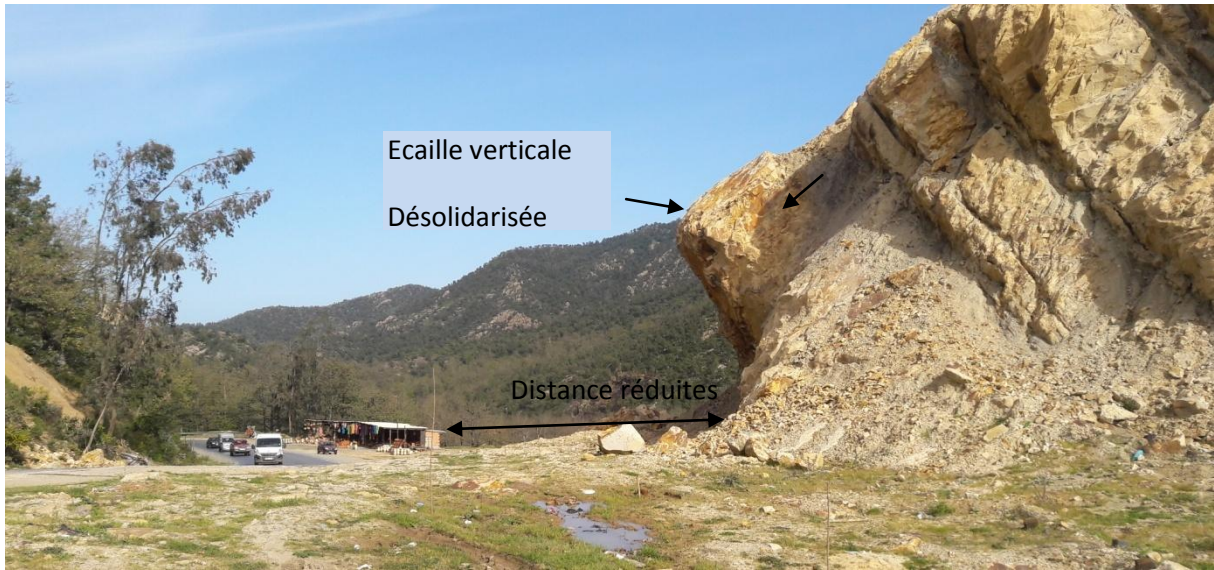


Figure 26. Risque sur la route de chute de bloc (distance réduite).



Figure 27. Vue de l'écaille horizontale désolidarisée.

→ Fissures (désolidarisation de la roche).



Figure 28. Présence d'éléments fins aux niveaux de l'horizon de surface.

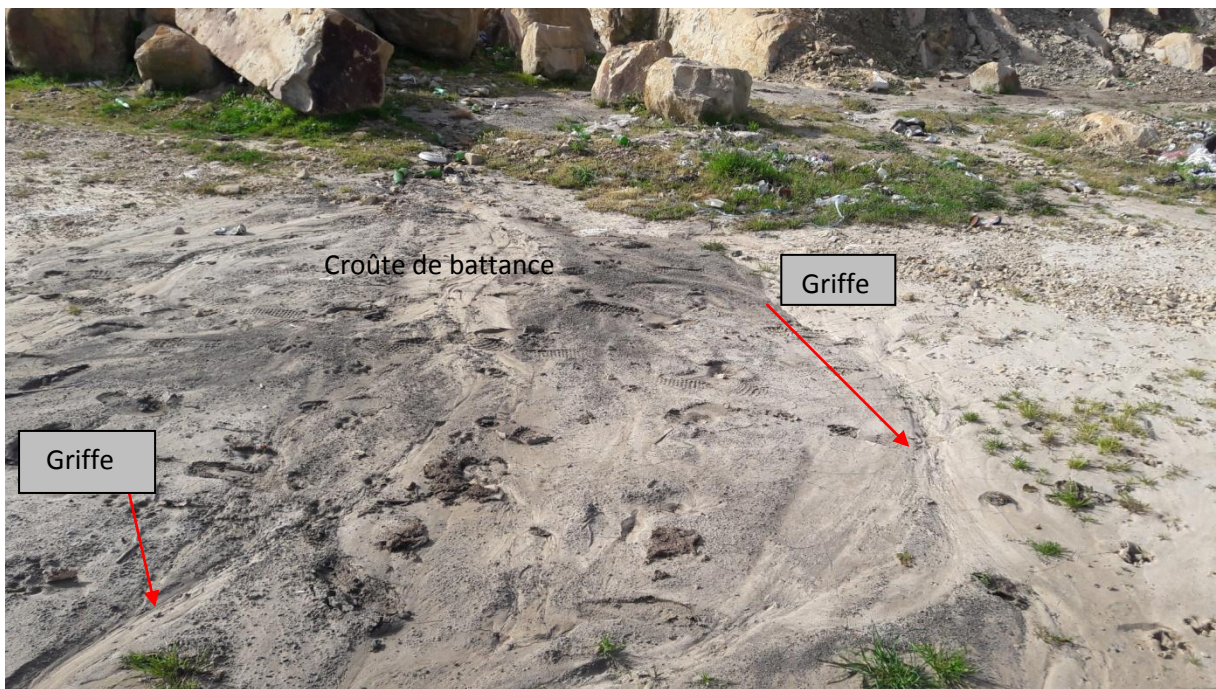


Figure 29. Présence de croûte de battance et de signe d'érosion en griffe.



Figure 30. Présence d'hydromorphie à la base de la roche (petite mare).



Figure 31. Installation d'une décharge sauvage



Figure 32. Installation de commerces illicites (coté Est).



Figure 33. Installation de commerces illicites (coté Ouest).

4. Démarche entreprise pour le choix du domaine de remise en état

La démarche entreprise pour le choix du domaine de la remise en état est la même que celle entreprise pour une restauration (écologique ou non). Bangirinama *et al.*, (2012) précisent que la restauration a une démarche en plusieurs étapes (i) analyse de l'état de départ avant perturbation, (ii) les caractéristiques de l'état final (ou actuel) et (iii) définition du système de référence. Le suivi-évaluation de la restauration nécessite un certain nombre de descripteurs (indicateurs).

4.1. Description de l'état avant l'exploitation

La prise en charge du cas de notre site a été effectuée cinq années après le début de l'exploitation, deux années après l'arrêt des travaux, et une année après une reconduction de la remise en état par la direction des forêts. De ce fait, il a été impossible d'inventorier le site. Les documents susceptibles de nous procurer des informations précises sur le site ont été consultés sans grand succès.

Le service des forêts nous a affirmé que le site avait une formation végétale type maquis méditerranéen. Le site en question a subi une installation de décharges sauvage pendant une décennie, et c'est grâce au service forestier qui a entrepris une bataille acharnée sur plusieurs fronts que le site a retrouvé une quiétude malheureusement de courte durée. La seule prise de photo du lieu avant l'exploitation (état originel) a été trouvée dans le dossier technique établi par le bureau d'études (fig34).



Figure 34. Etat originel du site avant d'exploitation (Bay, 2012)

Au vu de l'image, il paraît clair que le site est très accidenté et qu'il présente une formation boisée éparse à l'aval de la colline. Les images satellitaires, quant à elle, montrent une présence végétale dense au sommet de la colline (fig 40 a).

La prospection du site nous a permis de trouver une portion du site (quelques mètres de long) du côté plein Nord, qui n'a pas été touché par les travaux d'exploitation (figure 35,36). La photo montre que le site présentait une diversité de strate végétale, ce qui implique une diversité d'habitats. Le cours d'eau situé au contrebas apporte certainement une diversité hygrométrique aux milieux naturels voisins). L'état originel dans lequel se trouvait notre site d'étude est difficile à déterminer par manque de données historiques fiables et quantitatives sur la composition, la structure et la dynamique de son écosystème immédiat.

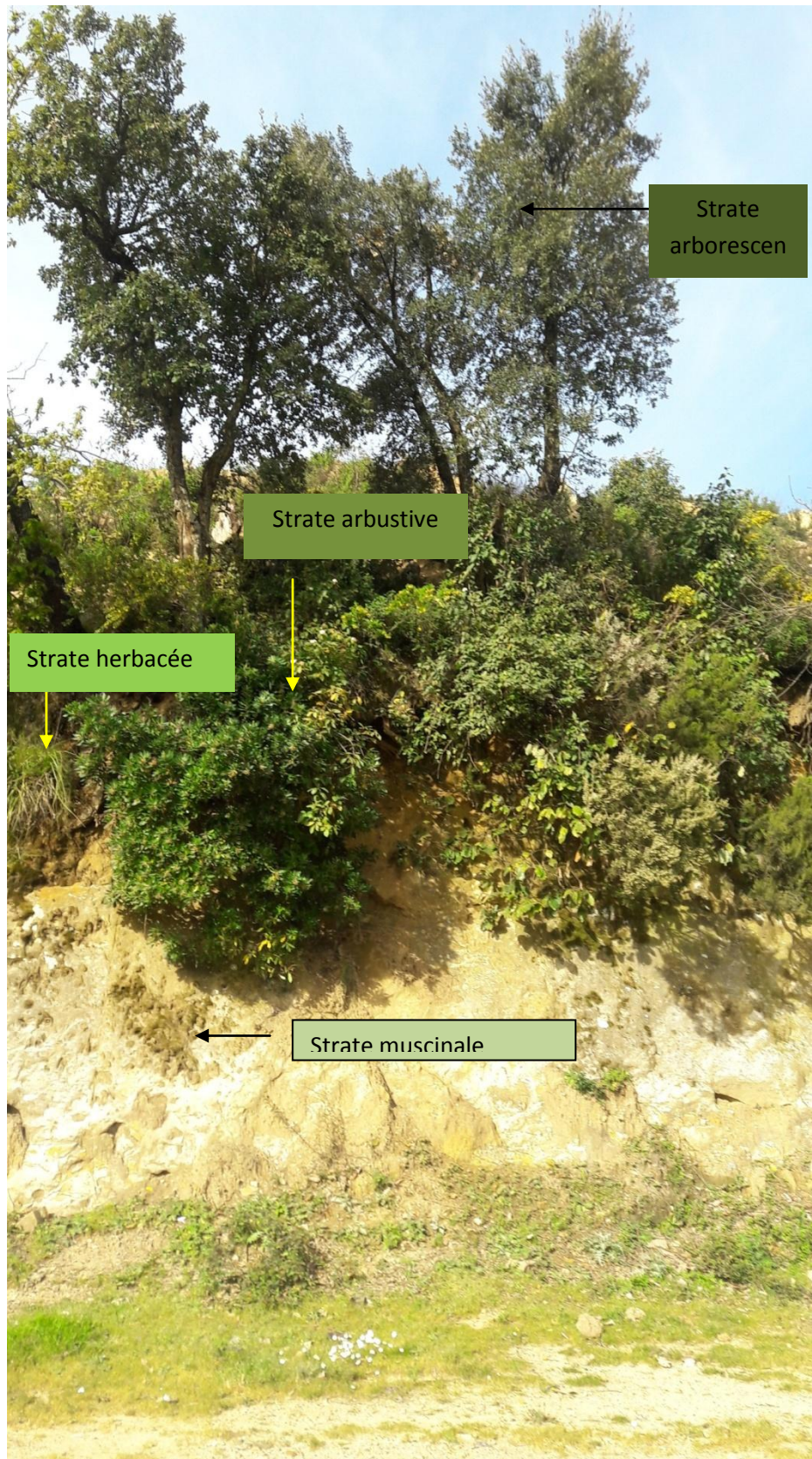


Figure 35. Vue de face de la partie non impactée par les travaux de l'exploitation (Maquis arboré de *Quercus suber*).



Figure 36. Vue de coté de la partie non impactée par les travaux d'exploitation.

4.2. Description de l'état du site après exploitation

En carrière de roche massive, on distingue essentiellement quatre types de ruptures physiques qui conditionnent la présence des habitats et des biocénoses (Voeltzel et Février, 2010). Ces ruptures physiques correspondent aux facteurs dits abiotiques, ceux qui sont liés au biotope (environnement physique) et que l'on divise en deux principales catégories : les facteurs édaphiques (liés au sol : structure physique, composition chimique...) et les facteurs climatiques (Voeltzel et Février, 2010).

Notre site d'étude présente trois types de ruptures:

- une rupture topographique liée à la présence de fronts de taille et de gradins résiduels (figure 37 et 38),
- une rupture édaphique liée au rajeunissement du profil pédologique (décapage et exportation des horizons de surface et intermédiaire) (figure 39),
- une rupture climatique liée à la rupture topographique et au caractère minéral du substrat (carreau sec et non colonisé par la végétation) (figure 39).



Figure 37. La rupture topographique du site (vue panoramique du front de taille)



Figure 38. Photo représentant une rupture topographique (gradins résiduels et décharge sur le sol).

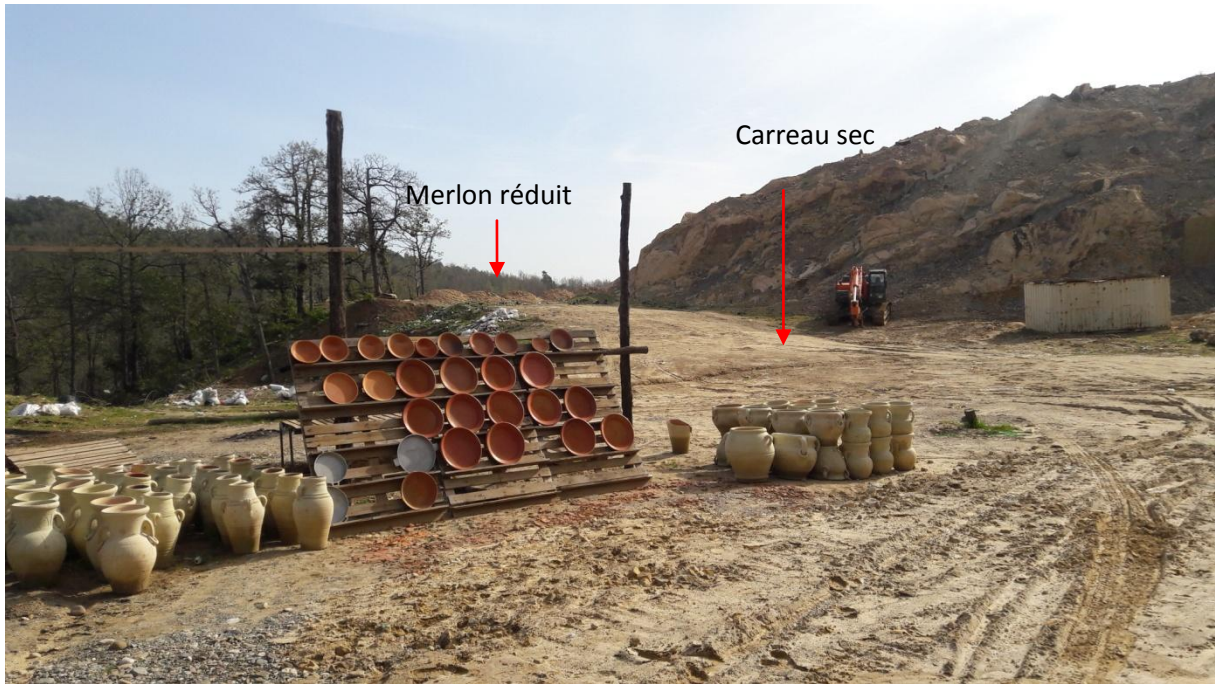


Figure 39. Rupture édaphique (représentée par des merlons réduits) et climatique (représentée par le carreau sec).

Les ruptures biologiques correspondent aux facteurs dits biotiques, ceux qui sont liés à la biocénose (l'ensemble d'être vivant dans un même milieu). Pour le cas de notre site, il y a eu une accentuation de la rupture de la limite spatiale de la biocénose (une fragmentation de son milieu d'origine qui a été favorisée par l'installation des voies automobiles) (figure 40). La rupture temporelle quant à elle a été favorisée par le rajeunissement de la biocénose (perte d'habitat → changement de population → changement de biocénose).



Figure 40. Photo comparatives des ruptures biotique et physique du site d'étude avant (a) et après (b) exploitation (Google earth 2012-2017).

4. 3. Établissement de l'état de référence

La définition de l'état de référence permet d'orienter les travaux et les pratiques, mais également de déterminer des indicateurs qui serviront à évaluer les résultats de la trajectoire adoptée (Aronson *et al.*, 2002 in Bangirinama *et al.*, 2012).

Le choix d'un système de référence est fonction de l'état des ressources de l'écosystème et des usages qu'on aimerait adopter (Donadieu, 2002 in Bangirinama *et al.*, 2012). Notre site qui fait partie intégrante de la forêt de Beni Ghobri, voit son usage futur inscrit dans le domaine forestier, d'où le choix des abords avoisinants du site comme état de référence. L'état des ressources a été établi dans l'étude de la zone d'étude (chapitre II). Néanmoins le schéma présenté ci-dessous (inspiré par le modèle général du processus de dégradation des écosystèmes et les réponses possibles pour leurs restaurations d'Aronson *et al.*, 2002 in Bangirinama *et al.*, 2012) expliquera notre choix du système de référence et l'optique dans la quelle s'inscrit la remise en état.

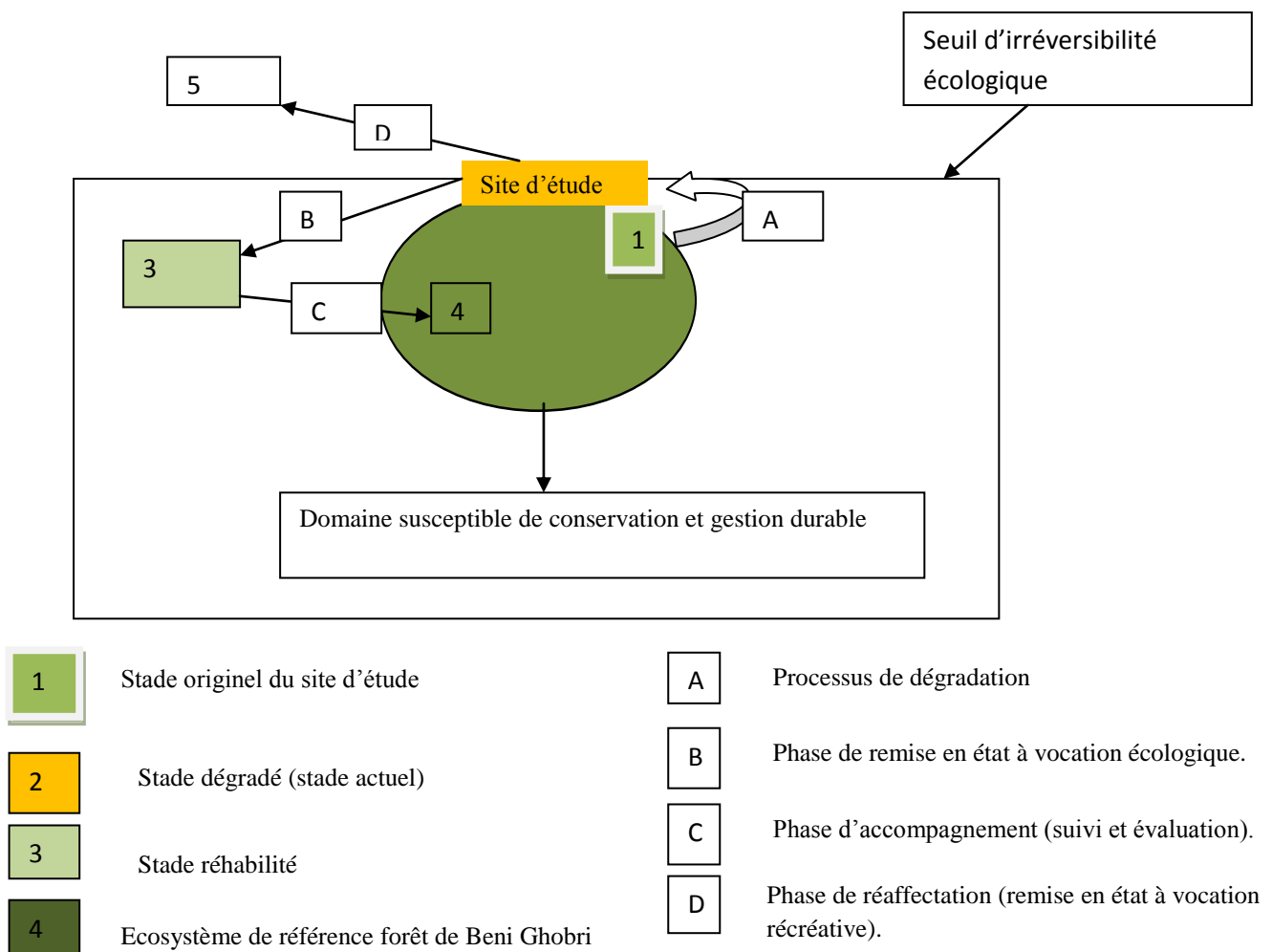


Figure 41. Modèle général des processus intégrant notre plan de remise en état.

4. 4. Etablissement d'indicateurs potentiels

Bangirinama *et al.*, (2012) signale qu'un écosystème restauré contient un ensemble caractéristique d'espèces de l'écosystème de référence qui procure une structure communautaire appropriée. Bouzillé, 2007 *in* Bangirinama *et al.*, (2012) citent que pour une action restauratrice, il convient d'établir un certain nombre d'indicateurs, ces derniers doivent être pertinents et relativement simples pour être efficaces et facilement mesurables. L'établissement d'indicateurs pour notre cas d'étude a été possible grâce aux lectures de plusieurs documents notamment les bulletins scientifiques de l'Institut National pour l'Environnement et ceux de la collection et ROSELT/ OSS- document scientifique.


Nous notant l'absence de valeurs seuil de passage d'un état à l'autre pour notre site d'étude ainsi que le seuil d'irréversibilité, par manque de formation et d'information.


Les indicateurs choisis permettent une description qualitative, d'où le nom de descripteur (indicateurs potentiels). En effet Bangirinama *et al.*, (2012) souligne qu'en pratique, il faut élaborer des descripteurs (indicateurs potentiels).

Nous avons tenté de déterminer ces indicateurs potentiels, ainsi que les différents paliers repérables pour l'évolution de la situation et la gravité des phénomènes, afin de valider par la suite les indicateurs de mesure et de résultat pour le suivi et l'évaluation. Cette détermination d'indicateurs potentiels est de leurs types est dans le tableau ci-dessous :

Tableau 4. Détermination d'indicateurs potentiels (selon les critères de ROSELT/OSS, 2004)

Thèmes	Indicateurs potentiels	Différent paliers repérable/gravité du phénomène de notre site	Type
Dégradation du sol	Erosion	Érosion en nappe → érosion en griffe → Erosion en ravin	Indicateur D'alerte Remise en état actif
Biodiversité/paysage	Richesse spécifique	Diversité d'habitat → perte d'habitat → Erosion de la biodiversité	Indicateur d'alerte Remise en état Actif
Indicateur généraux	Sécurisation routière (chut de bloc)	Solidarisation de la roche désolidarisation de la roche → chut de la roche	Indicateur d'alarme.

 Le palier atteint pour notre site d'étude

 Indicateur d'alerte, signalant l'avancée du phénomène et la nécessité de le freiner.

 Indicateur d'alarme, qui sous-tend que la remise en état sera coûteuse à mettre en œuvre

4.5. 4. Proposition du plan de remise en état et de restauration

Nous admettons que la restauration écologique est un procédé qui permet d'assister le rétablissement d'un écosystème qui a été dégradé, endommagé ou détruit (Aronson *et al.*, 1993 ; WWF, 2004 *in* Bangirinama *et al.*, 2012). Notre site d'étude est sévèrement impacté. Le choix de sa remise en état et de sa restauration doit être en fonction de l'état des ressources de l'écosystème de référence, mais aussi en tenant compte aussi des avantages qu'on veut rétablir (but générale et objectifs). La représentation schématique de trajectoire d'un écosystème à travers le temps de Clewll et Aronso (2010) *in* Bangirinama *et al.*, (2012) nous a inspiré pour l'établissement du schéma qui représente les différentes trajectoires possible pour le plan de la remise en état du site d'étude (figure 42).

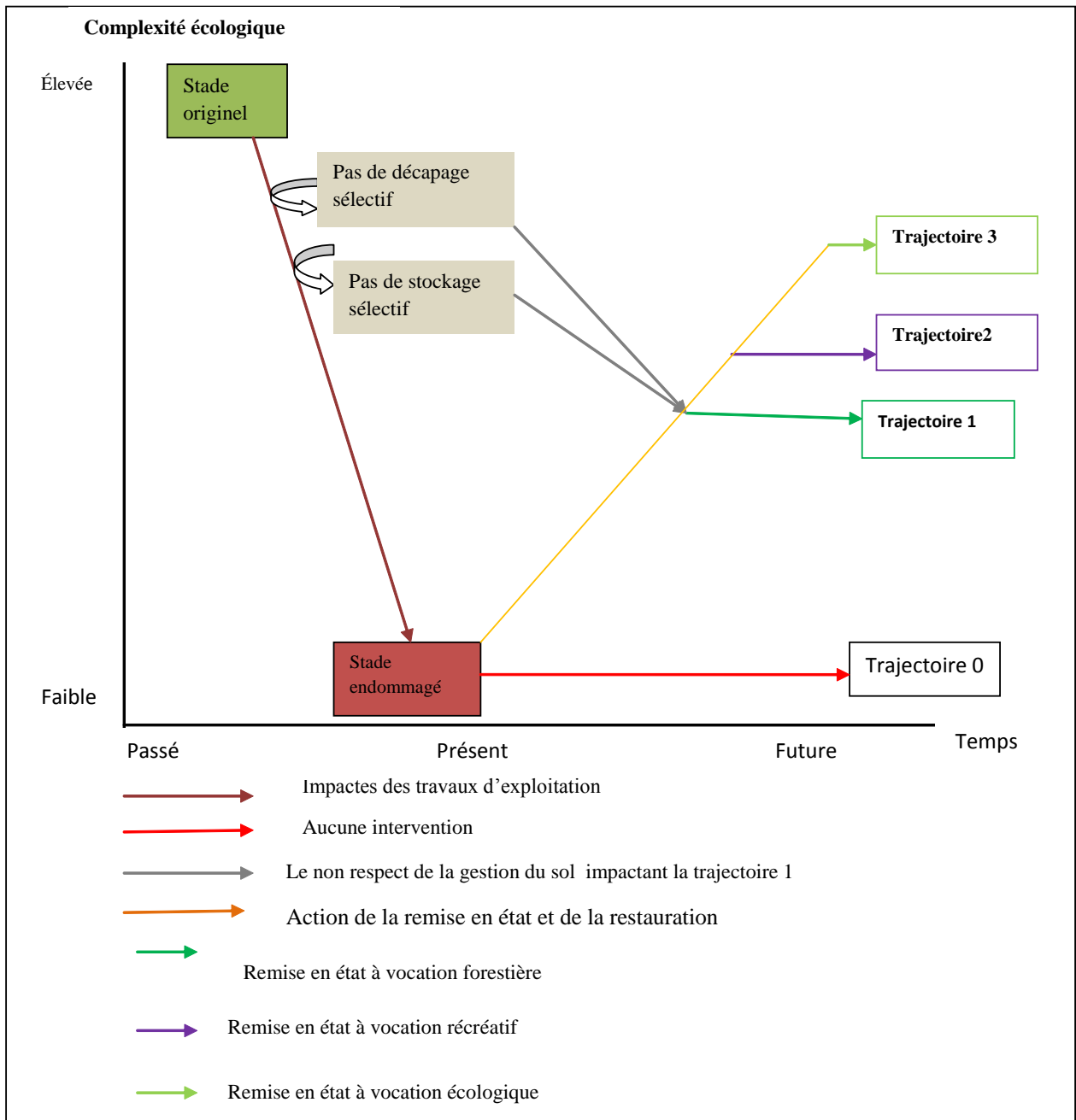


Figure 42. Représentation schématique des différentes trajectoires pour la remise en état du site d'étude à travers le temps.

La trajectoire 0 : représente l'absence de restauration, la trajectoire du stade endommagé ne mènera à aucun changement.

La trajectoire 1 : représente le choix d'une remise en état forestier. Malheureusement ce choix ne peut être retenu puisque la gestion du sol n'a pas été effectuée (absence de décapage et stockage sélectif), mais aussi l'absence de données sur le volume des matériaux non

exploitables (sol végétal et minéral) et leur destination n'ont pas été établis. Cette absence d'informations handicape techniquement et financièrement la création de conditions édaphiques favorables pour un reboisement durable, en effet Vanpeene Bruhier(2012) rappelle qu'un sol moins profond permet l'installation des plants et le début de leur croissance, mais leur mortalité surviendra 5, 10 ans plus tard, selon la profondeur de sol que les racines auront pu exploiter. Une remise en état forestier, présente des similitudes avec les aménagements écologiques, notamment parce qu'elle repose sur l'utilisation de végétaux, mais les objectifs et les aménagements sont différents.

La trajectoire 2 : représente le choix d'une remise en état pour une restauration à fin récréative. Cette trajectoire sera écartée pour toutes les difficultés administratives, techniques et financières lourdes (dynamitage de la roche, transport des trilles, terrassement, aménagement de plate-forme, sécurisation du site pour le public, gestion du site....).

La trajectoire 3 : représente le choix d'une remise en état à vocation écologique. Notre site qui est une carrière en roche massive peut prétendre à ce type de remise en état, d'où notre appui pour ce choix. Le bénéfice écologique mais aussi financier qui en résulteront seront appréciés par tous un chacun. En effet Voeltzel et Février (2010) signalent que le « retour à la nature » est la vocation la plus courante des carrières de roches massives après arrêt de l'activité, et que la remise en état à vocation écologique ne demande parfois que des aménagements minimes.

Pour notre site la mise en valeur de son potentiel d'accueil pour la faune et la flore, ainsi qu'une mise en défend permettra son appropriation par la nature. En effet Voeltzel et Février (2010) constatent que l'exploitation en roche massive avait façonné des paysages originaux et qu'une recolonisation spontanée par la flore et la faune était réelle, et qu'après quelques aménagements légers, ils pouvaient aider ce processus de reconstitution d'un écosystème spécifique au sein du quel les diverses espèces animales ou végétales voient leur population s'accroître.

4.5.1. Le but de la remise en état à vocation écologique pour le site d'étude

Le but recherché est d'accélérer la cicatrisation du site et favoriser la reconquête du milieu par la nature afin de minimiser le morcellement du milieu forestier et de maximiser la diversité des habitats en mettant à profit le front de taille, l'exposition, la pente, granulométrie, l'épaisseur du sol, la rétention en eau du carreau.

La mise en défend (non-intervention) amènera à l'installation d'une végétation qui tendra vers le climax, c'est à dire un milieu fermé de type boisement.

4.5.2. Les objectifs de la remise en état à vocation écologique pour le site d'étude

- réduire le risque d'érosion induite par les contraintes installées par l'exploitation (rupture topographique, rupture édaphique, rupture climatique) par un reboisement du remblai situé au contrebas site (coté Nord Est, pente abrupte).
- réduire la menace de pollution induite par l'installation de décharges sauvages et la pression anthropique (commerces illicites) par une mise en défens du site.
- réduire la vulnérabilité du sol du carreau par la technique du sous-solage qui a pour but d'ameublir le sol compact afin de réduire le phénomène d'érosion, et améliorer l'infiltration naturelle du sol et sa structure.
- augmenter la résilience du site par l'installation d'espèces avifaune favorable au milieu par la création de vires et de cavités sur le front de taille, mais aussi l'installation d'une flore rupicole (mousse, fougère..) et d'une faune qui peut profiter des cavités (lézard, insecte).

4.5.3. Justificatif du choix du domaine de restauration

La géologie de la carrière d'après Adam *et al.*, (2015) influe sur le type d'habitat et des espèces capables de la coloniser, ainsi que le réaménagement et l'après-mine. Notre site qui présente une roche sédimentaire de nature gréseuse, imperméable et riche en silice donne un substrat acide et oligotrophe. En plus des caractéristiques du substrat la nature accidentée du terrain et l'étroitesse du carreau rendent le revégétalisation du site risqué du point de vue financier (viabilité des plant), n'est pas intéressante scientifiquement (banalisation du site).

Le type de carrière :

Voeltzel *et* Février (2010) observent que la carrière en roche massive joue un rôle important dans le développement des milieux semi-naturels, c'est-à-dire ceux recolonisés de façon spontanée par la flore et la faune, et que le caractère oligotrophe des milieux naturels de carrières constitue une de leurs principales spécificités en termes d'habitats et d'espèces remarquables. Cette double potentialité a aidé quant à l'orientation du choix du domaine de restauration.

L'âge de la carrière :

Une carrière récente crée des habitats favorables aux espèces pionnières, pouvant se développer dans des milieux minéraux, incompatibles avec la présence de beaucoup d'espèces (Adam *et al* ,2015).

L'emplacement de la carrière :

Notre site présente une connectivité avec ces abords immédiats, en inscrivant le site dans le domaine d'une remise en état à vocation écologique, on installe des équilibres biologiques favorisés par l'épanouissement des souches locales adaptées aux milieux en place. Notre site est présent in situ et à proximité des espèces semencières ce qui conforte notre orientation.

La situation administrative de la carrière :

La carrière étudiée est en arrêt et sous une demande de reconduction de remise en état. Le site est sans aucune surveillance ce qui a pour conséquence l'impossibilité de gestion d'un aménagement coordonné quel qu'il soit. En plus des éventuels problèmes de lenteurs d'instructions administratives qui peuvent survenir.

Aspect financier :

Le domaine de remise en état permettra une économie des ressources énergétiques : on a privilégié les techniques peu coûteuses en énergie en limitant les interventions mécaniques. D'une manière générale, nous avons recherché une réduction des travaux d'entretien.

4.5.4. Les opérations d'intervention et de gestion

La gestion de notre site d'étude consistera au maintien de sa mise en défend, ainsi qu'a l'entretien du reboisement mis en place. Voeltzel et Février(2010) remarquent que la gestion écologique d'une partie de la carrière consiste simplement, comme dans le cadre des milieux naturels, à la mettre à l'abri des activités les plus perturbantes, au moins pendant une partie de l'année, et/ou à l'entretenir si besoin (végétation, niveau d'eau...).

Les aménagements nécessitent des interventions plus lourdes, destinées à créer des habitats nécessaires à l'accueil d'une flore et/ou d'une faune particulières (niche dans un front, enrochement d'un merlon...) (Voeltzel et Février, 2010). A cet effet nous avons dressé un tableau ci-dessous qui va tracer les interventions dans un ordre chronologique.

Tableau 5. Planning des interventions.

Type d'aménagement	Travaux à effectuer	Moyen requis	Calendrier d'intervention	Responsabilité de l'aménagement
--------------------	---------------------	--------------	---------------------------	---------------------------------

Stabilisation du front de taille (face plein sud)	-abattage de la roche menaçante -évacuation des trilles	-bulldozer à pelleuse -camion à benne	-très tôt le matin au en fin de journée	-l'exploitant
Traitement du carreau.	- technique du sous-solage (ameublissement du sol).	- ripage d'un robuste soc tiré par un bulldozer	- en temps sec et de préférence en automne	- l'exploitant
Installation de cavités sur le front de taille (Nord Est)	-manque d'information sur les normes de notre pays	-briseuse de roche	- de préférence en début d'automne.	l'exploitant
Reboisement	-préparation des trous de réception des plants -irrigation	-plants vigoureux de chêne liège -pelle -véhicule réservoir -agents	- de préférence en début d'automne.	- Les plants sont à la charge de l'exploitant -le matériel ainsi que les agents est à la charge de la circonscription des forêts d'Azazga
Installation de bornage	-Préparation des trous de réception de poutres -cimentage des poutres en place.	-poutres issues des coupe de nettoyage de la forêt -pelle -ciment -agents	-à la fin de tout les travaux.	- l'exploitant.

4.5.5. Suivi et évaluation

Le suivi permet de réaliser une évaluation de l'action restauratrice et d'adopter les mesures correctives nécessaires pour atteindre l'objectif fixé (Bangirinama *et al.*, 2012).

L'évaluation d'une action de restauration peut conduire à deux grands types de constats : confirmation de la réussite de la restauration ou blocage du processus (Guénaud et Beaudoux, 1996 *in* Bangirinama et *al.*, 2012).

Lafarge (2007) précise que des indicateurs sont nécessaires pour tous les principaux objectifs du réaménagement nécessaire pour une remise en état. Il suggère d'établir de 5 à 8 indicateurs. Ils doivent à la fois mesurer les actions menées (indicateurs de moyens) et si ses actions sont couronnées de succès par rapport aux objectifs de réaménagement (indicateurs de résultats).

La mesure des indicateurs de moyenne doit être effectuée lors de la phase active de l'exploitation, chose qui n'a pas été possible.

La mesure des indicateurs de résultats quant à elle est délicate, elle doit se faire après l'arrêt de l'activité donc après la fin de la remise en état. Une attention particulière doit être accordée quant au choix de la personne qui doit effectuer les mesures (formation et intégrité professionnelle). Les indicateurs qui nous ont semblé importants à être retenus ont été présentés dans le tableau ci-dessous

Tableau6. Identification des indicateurs de suivi et de d'évaluation.

Objectif de la remise en état	But recherché	Indicateur	Responsabilité du suivi et de l'évaluation
Sécurité	Sécurisée le front de taille pour les utilisateurs de la RN12.	Distance du front par rapport à RN12 non sécurisé.	Exploitant (pendant l'exploitation).absence d'exécution
Contrôle de l'érosion	Eviter l'érosion des pentes	Longueur horizontale des pentes.	Service des forêts (par SIG)
Encourager le développement d'un milieu naturel fermé	l'accélération de l'intégration paysagère.	Installation d'espèces pionnière.	Service des forêts (prise de photos)
Reboisement du remblai	l'installation de couvert végétal protecteur.	Nombre d'arbres plantés Nombre d'arbres viables.	Exploitant (cahier de charge du suivi) absence d'exécution
Protection d'espèces d'oiseaux	Encourager la nidification de certains oiseaux	Nombre de couples nicheurs.	Services des forêts (quantification des nids à laide de photos)



Indicateur de moyen



Indicateur de résultat

Conclusion générale

La problématique posée dans notre étude est de montrer l'importance de la gestion du sol dans le contexte de la remise en état et la restauration d'une carrière afin i) d'avoir une meilleure efficacité dans l'action d'intégration paysagère ii) mais aussi l'importance d'une démarche pluridisciplinaire.

Notre travail qui est une démarche descriptive a montré :

- un décalage entre les objectifs tracés par les lois pour la gestion des sols, et les outils de sa mise en application ;
- incompatibilité entre les exigences législatives en matière de protection environnementale et la réalité techniques des exploitations.
- un désengagement de l'exploitant mais aussi de bureau d'étude quant à l'amélioration qualitative des dossiers de remise en état ;
- discontinuité administrative en matière d'accessibilité à l'information ;
- absence de concertation et de complémentarité entre l'activité minière et la recherche scientifique ;
- l'absence de capitalisation et de mutualisation des données sur la remise en état qui auraient pu être exploitées ultérieurement, soit par l'exploitant lui-même, soit dans le cadre d'une autre étude ;
- le manque de retour d'expériences généralisées et formalisées qui pénalise la mise en place d'un cadre technique national (doctrine) ;
- la nécessité pour l'ANAM de l'instauration d'un programme de renforcement des capacités qui lui permettrait de veiller au développement et à la pérennité du cadre institutionnel existant (mise à jour des connaissances, formation de cadres spécialisés, formation de nouveaux cadres, promotion des cadres, information et sensibilisation des acteurs locaux, élaboration de textes juridiques, amélioration des outils existants, développement d'outils, base de données, etc...)
- et enfin, la nécessité d'entreprendre dans le domaine minier des actions dont la dynamique doit être unitaire, pas de primauté pour un aspect sur l'autre (aspect économique sur l'aspect écologique, et vis versa), toute les actions doivent être pensée de la même façon et sur le même degré d'intérêt.

Notre proposition de plan de restauration qui s'est appuyée sur des lectures d'expériences étrangères concluantes, sur des données biotiques et abiotiques du site, et sur les faits administratifs et réglementaires qui lui sont spécifiques, est conçue de telle façon à offrir aux entreprises un cadre de mise en œuvre d'actions précises, planifiées, et qui nous l'espérons permettra de vérifier sa performance environnementale. Le domaine de restauration choisie est la remise en état à vocation écologique qui a pour but de valoriser le potentiel écologique de ce type de carrière (carrière en roche massive).

Le plan de restauration proposé comporte plusieurs aspects dont une mise en défens du site pour une optimisation de sa résilience par une limitation de l'action anthropique. Cette limitation aura pour effet l'installation d'une succession végétale. En effet l'environnement du site d'étude présente des arbres semenciers, la dynamique naturelle de colonisation poursuivra la cicatrisation du milieu. Cette mise en défens s'accompagnera d'un traitement du sol du carreau par la technique du sous-soulage qui optimisera les conditions édaphiques du site, ainsi qu'un reboisement du remblai qui se situe en contre bas de la carrière afin de limiter l'érosion.

Au terme de ce travail, les résultats aux quels nous sommes parvenus et le plan de remise en état proposé constituent une première approche pour une étude de remise en état en concertation scientifique.

Il serait plus judicieux d'approfondir cette étude par une démarche expérimentale qui doit être entreprise avant, pendant et après l'exploitation. Elle aura pour but de diagnostiquer les caractéristiques physique, chimique, biologique de ce type de milieu pour une meilleure maîtrise et crédibilité lors de la planification d'une remise en état. Aussi une étude sur la gestion du sol et sur les pratiques réelles effectuées in situ toute au long du cycle de vie d'une carrière, permettra de diagnostiquer les problèmes et de proposer des solutions pratiques et efficaces, et enfin une étude sur le statut donné au sol dans une exploitation minière permettra de cerner les défaillances d'application quant au règlement environnemental en vigueur.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. Adam Y. Adam Y., Béranger C., Delzons O., Frochot B., Gourvil J., Lecomte P., Parisot-Laprun M. 2015. Guide des méthodes de diagnostic écologique des milieux naturels - application aux sites de carrière .UNPG.387p.
2. Anonyme 1. www.thecanadianencyclopedia.co.htm
3. Anonyme 2. 2003. Guide pour l'élaboration d'une étude d'impact sur l'environnement pour les exploitations minières.
4. Anonyme 3. 2010. Généralité sur l'exploitation minière et ses impacts. Guide pour l'évaluation des projets EIE du domaine minier. Chapitre 1.18p.
5. Anonyme 4. 1997. Rapport des schémas de carrière. Cas des vallées de l'Yonne et serien.11p.
6. Anonyme 5. 2016. Etude environnemental du gite d'exploitation du Grand virage Yakouren. Bureau d'étude expert minier en étude géologique et minières Bey Aliouat . 30p
7. Anonyme7. 2007. Lignes directrices pour la remise en état des sites miniers dans les territoires du Nord-Ouest, Affaires indiennes et du Nord Canada Yellow knife (T.N.-O.). Version de janvier 56p.
8. Anonyme 8. 2010. Planification dans les zones d'extraction de ressources en Afrique centrale : Guide du Service forestier des Etats-Unis. Version 1.0, 55p.
9. Bangirinama F., Hakizimana P., Bogaert J ., De la conservation à la restauration écologique: Démarche méthodologique Ecole Normale Supérieure, BP 6983 Bujumbura-Burundi et Université Libre de Bruxelles, Service d'Ecologie du Paysage et Systèmes de Production Végétale. Bull. sci. Inst. natl. environ. conserv. nat. ISSN 2220-6981 (En ligne).24p.
10. Bazin P., Barnaud G. (2002). Du suivi à l'évaluation : à la recherche d'indicateurs opérationnels en écologie de la restauration. Rev.Ecol(terre vie),Supplément9,2002.
11. Capuan A., 2012. Collection architecture de paysage Works shop Tunisie, invention paysagère des carrières de Mahdia. Les presses de l'Université de Montréal, page 132.
12. Dajoz R., 1996. Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 551 p.
13. Environnement et Ressources Renouvelables (ERR), 2007. Lignes directrices pour la remise en état des sites miniers dans les territoires du Nord-Ouest, Affaires indiennes

- et du Nord Canada Yellow knife (T.N.-O.), Version de janvier 56 p.
<https://www.aadnc-aandc.gc.ca/fra/1100100024558/1100100024569>.
14. European Scientific Journal January. 2015. Edition vol.11, No.3 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431
 15. <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/dialectique/25177#PGBHYMt9sTx3utAS.99>
 16. Kumwimba Musao G., 2010. La problématique de l'exploitation minière artisanale dans la province du Katanga (cas du district de Kolwezi) ,Institut Supérieur d'Etudes Sociales, mémoire on line.com/12/09/3306/.
 17. Lafarge , 2007.Conduire le réaménagement des carrières . Un système simple de pilotage et d'évaluation, Private WWF 18p.
 18. Leclerc A., 2012. Utilisation de matières résiduelles pour la restauration des carrières et sablières en fin de vie : modèles et applicabilité au Québec selon une approche de développement durable maîtrise en environnement université de Sherbrooke.
 19. Lefèvre N., 2006.Méthodes et techniques d'enquête. L'entretien comme méthode de recherche, cours Master 1, Université de Lille 2.
 20. -Madani A., 2015. *L'acceptabilité sociale des projets miniers en Algérie: cas de Ain Defla et Bejaia*, Faculté des sciences sociales et humaines, Université Djilali BounaamaKhemis Miliana – Algérie p.
 21. -Martaud T., 2009. Evaluation environnementale de la production de granulats en exploitation de carrières - Indicateurs, Modèles et Outils. HAL Id: 00412080
 22. Meddour R., 2010. *Bioclimatologie, phytogéographie et phytosociologie en Algérie. Exemple des groupements forestiers et préforestiers de la Kabylie djurdjuréenne*. Thèse de doctorat, Science Agronomique, Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou 461p.
 23. Messaoudene K., et Mezani A., 2000. Etude de la régénération par rejet de chêne liège (*Quercus suber* L.) dans les forêts de Tamgout et Beni Ghobri : Wilaya de Tizi-Ouzou. MemoireScience Agronomique, UniversitéMouloudMammeriTizi Ouzou,41p.
 24. Mimoun K., 2006. *Insectivorie du Hérisson d'Algérie *Atelerixalgirus* (Lereboulet, 1842) dans la forêt de Beni Ghobri (TiziOuzou)*. Mémoirede Magister en sciences agronomiques. Institut National Agronomique El-Harrach, Alger, 147p.

25. Mirouki K., Lalami R., et Lechani L. ,2016. Etude de la répartition de la matière organique sur quelques types de sols de la forêt de Beni Ghobri.
26. Pannet P., Fourniguet G, Lecerf S.2012. Etude des réaménagements de carrière en Picardie. Rapport BRGM/RP-60388-FR.187 p., 42 ill., 5 annexes.
27. Paul-Hus C., 2011.Méthodes d'étude de l'érosion et gestion des sites dégradés en Nouvelle-Calédonie. Centre Universitaire de Formation en Environnement Université de Sherbrooke ,113p.
28. Petit D, 2007. La gestion de l'après-mine exemples étrangers. Annales des mines 31p.
29. Poullaouec-Gonidec. Collection architecture de paysage Works shop Tunisie, invention paysagère des carrières de Mahdia. Les presses de l'Université de Montréal, page 145.
30. Ratier C., 2000. Sensibilisation a la démarche d'analyse du travail. CNRS/DSI/BQSD/ERGONOMIE/AUTRAVAIL.doc
31. Riks G., Steffen, Robertson K., 1999. Les aspects environnementaux de la programmation de la fermeture des mines. Réhabilitation of Mines... Guidelines for Proponents, ministère du Développement et des Mines du Nord - Ontario, Sudbury, Canada, 1995. Annales des mines 76 p.
32. Roselt/OSS DS4, 2004. Indicateurs écologique Roselt/OOS. Une première approche méthodologique pour la surveillance de la biologie pour la surveillance de la biodiversité et des changements environnementaux, collection Roselt/OOS, document scientifique N°4, Montpellier, 50p+annexes.
33. Sénécal G., Saint- Laurent D., 2000. Les espaces dégradés conquêtes et contraintes. Presse de l'université du Québec, 2875, boul., Sainte-Foy(Québec) G1V2M3 ,339p.
34. staps.univ-lille2.fr/fileadmin/user_upload/.../Masters/SLEC/entre_meth_recher.pdf. consulté le 25/05/2017
35. -Taleb N.S. 2012. Contribution à l'étude d'impact de l'exploitation du gisement ferrifère de la mine de l'Ouenza sur l'environnement, Faculté des sciences , Département de biologie ,Université Badji Mokhtar Annaba-Algérie.
36. Voeltzel D., Février Y. 2010. Gestion et aménagement écologiques des carrières de roches massives. Guide pratique à l'usage des exploitants de carrières. ENCEM et CNC - UNPG, SFIC et UPC.230p.
37. Welti A. 2010. Planification dans les zones d'extraction de ressources en Afrique centrale : Guide du Service forestier des Etats-Unis. Version 1.0, 55 p

38. Yefseh F. 2016. *Contribution à l'étude de la biodiversité floristique de la forêt domaniale de BeniGhobri*. Mémoire de Master Science Agronomique, Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou 59p.

Résumé :

Notre travail est une contribution à l'étude d'une remise en état et restauration d'une carrière en roche massive dans la forêt de Beni Ghobri. Il s'inscrit dans la perspective de la gestion durable des milieux naturels. La forêt de Beni Ghobri qui constitue le plus grand massif de la wilaya est très perturbé (incendie, délit, pâturage), se voit additionnée des effets négatifs causés par l'exploitation de carrière en roche massive. Ces effets négatifs s'expriment par des ruptures physiques (topographique, édaphique, et climatique) et des ruptures biologiques (perte d'habita et fragmentation du milieu) complexifie la problématique des carrières en milieu forestier.

Notre étude est un cas concret de réaménagement qui nous a permis de mettre en évidence la nécessité d'une concertation scientifique pour un aboutissement réussi de la remise en état et restauration du site d'étude.

Les exploitations de roches massives, présentent des conditions d'exposition, de substrat et d'humidité qui sont très difficiles. Il est donc nécessaire de caractériser le potentiel qu'offre notre site d'étude afin d'optimiser la reconstitution du sol, pour un réaménagement durable.

Notre proposition de plan de restauration qui s'est appuyé sur des lectures d'expériences étrangères concluantes, sur les données biotiques et abiotiques du site d'étude, et sur les faits administratifs et réglementaires, s'est orientée vers une restauration écologique. En effet notre site d'étude n'est plus en exploitation, aussi une reconstitution de sol sera en antagonisme avec la topographie du terrain. Ce choix est sans doute le mieux adapté tant du point de vue économique qu'écologique.

Le plan de restauration proposé comporte plusieurs aspects et trajectoires dont une mise en défens du site pour une optimisation de la succession végétal. En effet l'environnement du site d'étude présente des arbres semenciers, la dynamique naturelle de colonisation poursuivra la cicatrisation du milieu. Cette mise en défens s'accompagnera d'un traitement du sol du carreau par la technique du sous-soulage pour une optimisation des conditions édaphiques, ainsi qu'un reboisement du remblai qui se situe en contre bas de la carrière afin de limiter l'érosion.

Mots clés : la gestion durable, perturbation, restauration, carrière, Beni Ghobri.

Abstract:

Our work is a contribution to the study of restoration and restoration of a quarry in massive rock in the forest of Beni Ghobri. It is in line with the sustainable management of the natural environment. The Beni Ghobri forest, which constitutes the largest massif in the wilaya, is highly disturbed (fire, offense, grazing) and is compounded by the negative effects caused by quarrying in massive rock. These negative effects are expressed by physical breaks (topographic, edaphic and climatic) and a biological rupture (loss of habita and fragmentation of the environment) complicates the problem of quarries in forests.

Our study is a concrete case of redevelopment which allowed us to highlight the need for scientific consultation for a successful culmination of the restoration and restoration of the study site.

Massive rock farms have very difficult exposure, substrate and moisture conditions. It is therefore necessary to characterize the potential offered by our site of study in order to optimize the reconstitution of the soil, for a sustainable reorganization.

Our proposal for a restoration plan based on conclusive foreign readings, on the site's biotic and abiotic data, and on administrative and regulatory facts, has turned towards ecological restoration. Indeed our site of study is no longer in exploitation, so a reconstitution of soil will be in antagonism with the topography of the ground. This choice is probably the best suited both economically and ecologically.

The proposed restoration plan includes several aspects and trajectories including a site layout for optimization of plant succession. Indeed the environment of the study site presents seed trees, the natural dynamics of colonization will continue the cicatrization of the environment. This support will be accompanied by a treatment of the tile floor by the technique of underlayment to optimize the edaphic conditions, as well as a reforestation of the embankment which is located at the bottom of the quarry in order to limit the erosion.

Keywords: sustainable management, disruption, restoration, career, Beni Ghobri.