

Une carrière de géologue minier à la SOMINCOR (Portugal)

Nelson Bruno Monteiro Ferreira Pacheco¹.

Repères historiques de carrière

Après avoir obtenu mon diplôme de géologie à l'université de Porto puis satisfait à mes obligations militaires, j'ai eu une courte période d'enseignant avant d'être embauché à la SOMINCOR (Sociedade Mineira de Neves-Corvo, SAZ) comme géologue junior, d'abord en surface et en souterrain (janvier-décembre 1989), puis comme géologue d'exploration (janvier 1990-juin 1995). Je suis ensuite devenu géologue de projet et d'exploration en surface et en souterrain (juillet 1995-février 2004) et, depuis cette date, chef géologue minier.

Le gisement de Neves-Corvo

Comme le montre la figure 1 qui présente la Ceinture pyriteuse ibérique, le gisement de Neves-Corvo est localisé dans le sud du Portugal (province de Baixo-Alentejo) et la SOMINCOR y emploie environ 1 100 personnes, en incluant les contractants.

La séquence stratigraphique comporte un ensemble autochtone et une série allochtone (Fig. 2). Les sulfures massifs sont localisés au sommet de l'autochtone. Plusieurs évènements tectoniques affectent l'ensemble de la série, y compris le niveau minéralisé.

Le gisement de Neves-Corvo est un des plus importants d'Europe et il représente un ensemble de gîtes de sulfures massifs volcanogéniques de niveau mondial, avec plus de 300 Mt de sulfures à fortes teneurs en cuivre, zinc et étain. L'exploitant, la SOMINCOR, exploite aussi le

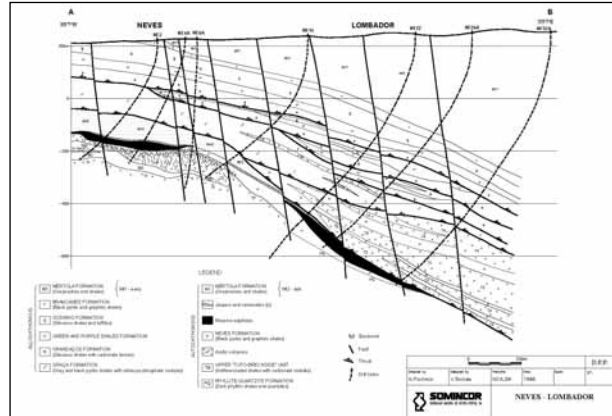


Figure 2. Coupe Neves - Lombador montrant la succession géologique de Neves-Corvo (document SOMINCOR, département Géologie, 2000).

secteur de Lundin Mining Corporation. Neves-Corvo se subdivise en fait en cinq gisements polymétalliques : Neves, Corvo, Graça, Zambujal et Lombador (Fig. 3), qui se présentent sous une forme massive lenticulaire et interstratifiée dans l'encaissant, avec un stockwork dans les formations du mur (Photos 1 et 2).

La minéralisation stannifère a été la première mise en place, suivie par la minéralisation sulfurée. D'une façon générale, les sulfures riches en cuivre sont localisés à la base des gisements (Photo 1). Ils sont surmontés par les sulfures riches en zinc, puis par les sulfures de fer au sommet. L'étain se trouve dans les stockworks et dans les parties les plus riches de la minéralisation cuprifère massive. Le minerai rubané, au toit du gisement de Corvo, correspond

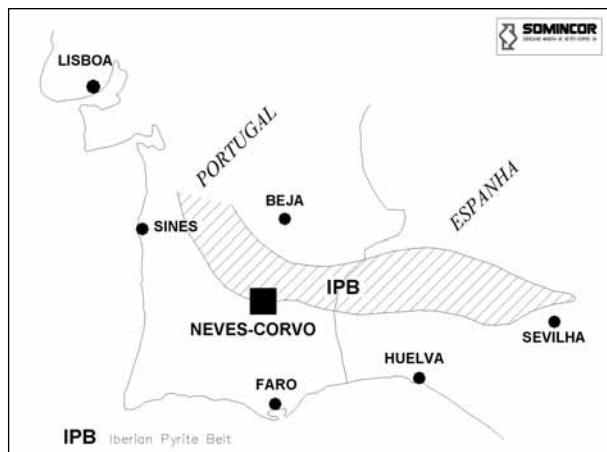


Figure 1. Neves-Corvo dans le contexte de la Ceinture pyriteuse ibérique (document SOMINCOR).



Photo 1. Contact entre le minerai de cuivre massif et les schistes noirs du mur à Graça (cliché SOMINCOR).

1. Chef géologue Mine de SOMINCOR.



Photo 2. Stockwork cuprifère dans les hyaloclastites rhyolitiques à Corvo (cliché SOMINCOR).

à un stockwork minéralisé, mis en place tectoniquement. La paragenèse comprend principalement : pyrite, chalcoppyrite, sphalérite, cassitérite, tetrahédrite/tennantite, galène, bornite, stannite et arsénopyrite.

Au 31 décembre 2005, les ressources étaient estimées à 26 Mt à 5,4% Cu, 0,2 Mt à 2,49% Cu et 2,67% Sn, et 50 Mt à 6% Zn.

L'actualisation des données géologiques est effectuée en utilisant le logiciel de modélisation géologique 3D VULCAN® (Fig. 4).

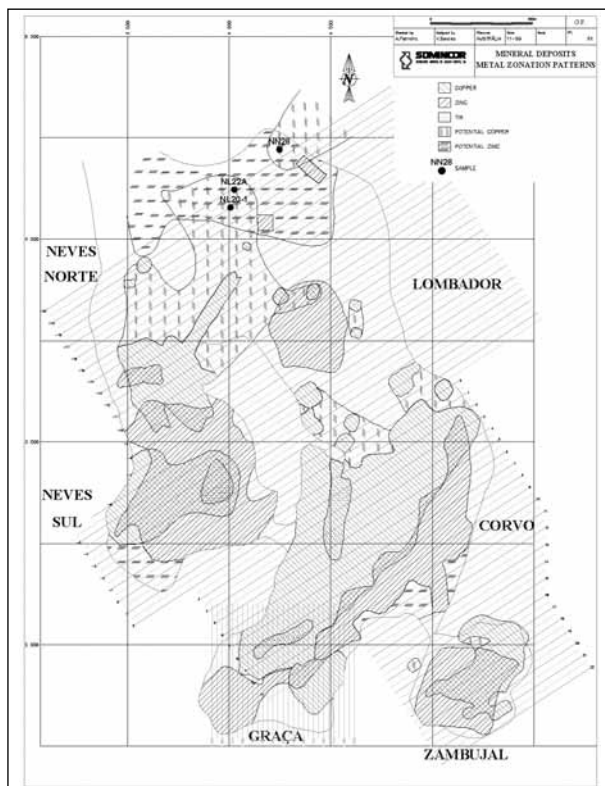


Figure 3. Présentation des gisements de Neves-Corvo montrant la zonation minérale (document SOMINCOR, département Géologie, 1999).

Un important programme d'exploration est en cours :

- à l'intérieur de la concession de Neves-Corvo pour suivre les extensions des gisements par sondages carottés en surface et en souterrain ;
- sur cinq autres concessions (environ 2 600 km²) dans la partie portugaise de la Ceinture pyriteuse ibérique.

Les minerais de cuivre et de zinc sont enrichis dans deux usines de flottation qui, en 2006, ont traité environ 2 Mt de minerai de cuivre donnant un concentré à 24-25% Cu avec une récupération de 88% et 150 000 t de minerai de zinc donnant un concentré à 49-50% avec une récupération de 80%. L'usine de traitement du minerai de zinc, traite également le minerai d'étain qui est aujourd'hui pratiquement épuisé. Les concentrés de cuivre et de zinc sont principalement vendus en Europe et au Brésil.

L'exploitation

La mine fonctionne sur 3 postes, 6 jours par semaine. Actuellement, quatre gisements sont en production (Corvo, Neves, Graça et Zambujal), l'exploitation étant menée selon un découpage en quartiers primaires et secondaires. Les méthodes d'exploitation englobent : tranches remblayées juxtaposées, gradins remblayés, minigradins remblayés, et chambres remblayées (sable, pulpe ou stérile). Le matériel utilisé comprend : jumbo de foration et foreuses long trou, jumbo de boulonnage (boulons et câbles), chargeuses à godet, purgeuses et camions.

Deux stations de concassage sont installées aux niveaux 550 et 700, ainsi que des ateliers aux niveaux 590, 700 et 810. Le minerai est extrait par un puits de 600 m de profondeur, dont la base se situe juste sous le niveau de roulage 700.

Expérience de géologue

Dans une conjoncture de cours des métaux élevés, l'industrie minière est en bonne santé et active, ce qui lui permet de développer l'emploi des professionnels expérimentés mais également des géologues et ingénieurs des mines junior.

Mon expérience en 18 ans de carrière m'a enseigné que pour devenir un géologue de mine et d'exploration, au-delà de la formation géologique classique, il est de plus en plus important de maîtriser les connaissances de base sur les technologies 3D.

Dans un nouveau projet, il est fondamental de rester ouvert et d'appréhender l'ensemble d'une mission, ce qui implique de ne pas travailler que sur la géologie. Dans mon cas personnel, cette ouverture m'a permis d'en-

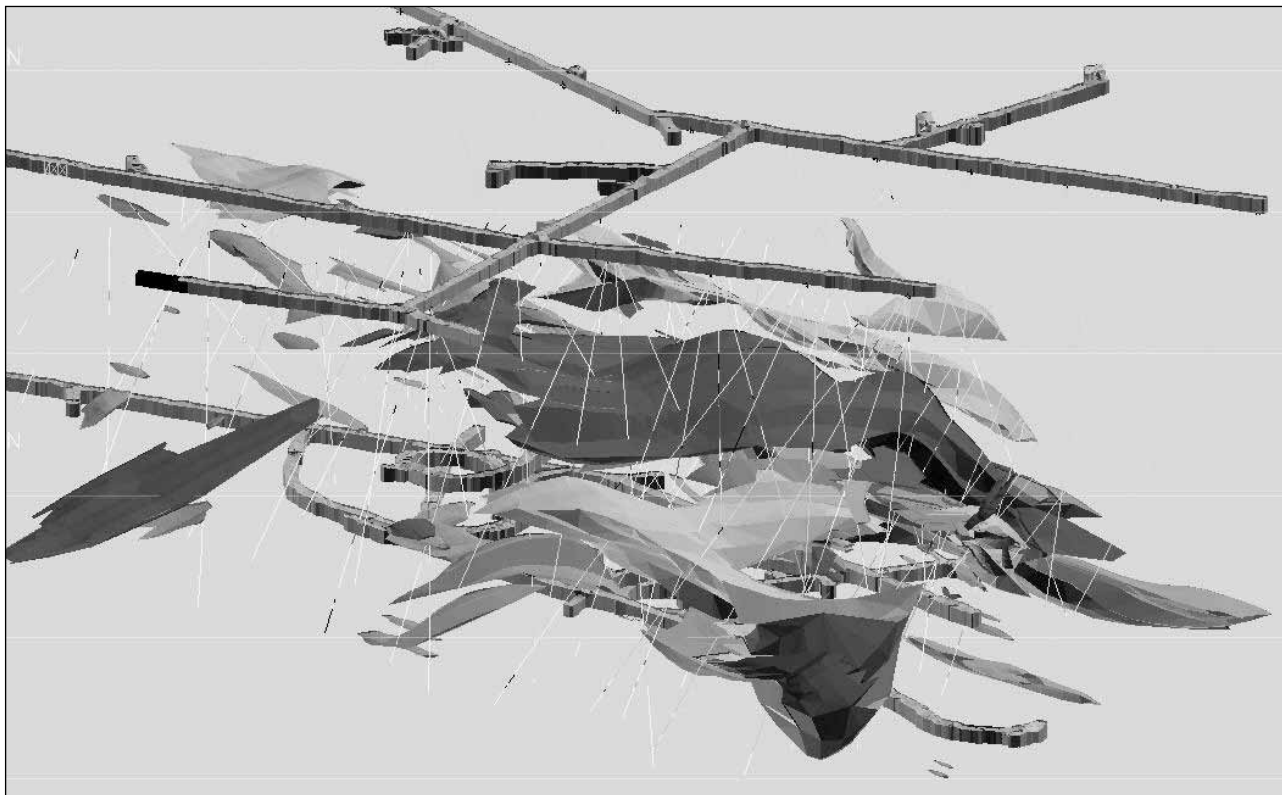


Figure 4. Image 3D du gisement de Zambujal montrant les secteurs d'exploitation et les panneaux minéralisés (SOMINCOR, département Géologie, 2006).

richir mon expérience, de diversifier mes connaissances et d'acquérir une vision complète d'un grand projet minier.

Il est, en effet, essentiel de bénéficier des compétences des techniciens des autres domaines professionnels : mécanique des roches, topographie, production, planification minière, traitement des minerais, laboratoire, environnement et sécurité industrielle, etc. Un grand projet industriel est toujours pluridisciplinaire et la confrontation des idées relève d'un processus normal, et il est toujours important de savoir négocier. Toute ceci m'a permis d'acquérir une compé-

tence effective dans tous les opérations impliquées dans les mines, mais le plus exigeant est sans doute la gestion des équipements et des collaborateurs, dans les limites du budget approuvé, dans les délais fixés et avec tous les imprévus géologiques ; et cela ne s'apprend pas à l'université.

En résumé, je peux dire qu'il est fondamental d'avoir un bon esprit d'équipe et de comprendre l'importance de la pluridisciplinarité afin d'optimiser la productivité et l'efficacité dans l'organisation. Une attitude individualiste ne peut fonctionner.

Travailler en Afrique du Sud, l'exemple de Kumba Iron Ore (KIO)

Vanessa Lickfold¹.

Évolution de carrière

Après avoir terminé mon BSc (*Honors*) à l'université du Witwatersrand à Johannesburg, j'ai commencé ma carrière comme géologue de contrôle de qualité en ciel ouvert dans la plus grande mine de charbon d'Afrique du Sud, Grootegeluk, propriété d'Exxaro Resources, société enregistrée en Bourse en 2006. Durant cette année, je me

suis familiarisée avec le *logging* géophysique et les avantages de ce type de technique.

De là je me suis déplacée dans l'ouest de l'Afrique du Sud pour commencer une carrière de géologue d'exploration. Toujours avec la même compagnie, Isen Ltd, je me suis ensuite retrouvée sur le terrain pour une activité d'exploration pour zinc et plomb (gîtes de type Mississippi Valley) dans les dolomies du Ghaap Group, pendant 3

1. KIO HQP Mineral Asset Management.

ans, avant de me consacrer à l'exploration des minéraux lourds pendant 4 ans, période durant laquelle j'ai suivi, à temps partiel, un MSc en géologie d'exploration avant de prendre congé de l'industrie pour me consacrer à un PhD de géologie économique en Australie.

J'ai ainsi passé quatre ans à Codes, à l'université de Tasmanie (Hobart), me focalisant sur l'étude de quatre porphyres cuprifères près de Parkes (Nouvelles-Galles du Sud). Après avoir terminé ma thèse, je suis retourné en Afrique du Sud travailler avec la même société qui, entre temps avait individualisé sa composante fer et acier pour constituer Kumba Resources. Durant quatre ans, j'ai trouvé un grand intérêt à m'impliquer dans l'évaluation et la valorisation de projets potentiels importants, et dans le développement d'un système pour faire face aux obligations de *reporting* de ressources et réserves pour la société. En novembre 2006, avec la division de Kumba Resources en Kumba Iron Ore et Exxaro, j'ai pris la responsabilité des géosciences et c'est une source de satisfaction que d'avoir à faire face aux nouveaux défis qui sont devant moi.

Environnement professionnel

Suite à l'adoption de la nouvelle loi sur les ressources minérales et pétrolières (*Mineral Resources and Petroleum Development Act*), les sociétés travaillant en Afrique du Sud sont tenues de respecter la contrainte de « pouvoir économique pour les noirs » (« *Black Economic Empowerment* », BEE) pour les années qui viennent. Ceci signifie que le capital des sociétés doit être détenu pour 26% au minimum par des Sud Africains, antérieurement désavantagés. En outre, la direction de ces sociétés doit aussi refléter la démographie du pays et il est de leur responsabilité d'être en accord avec ces contraintes, le processus étant d'ailleurs largement contrôlé par l'octroi des licences d'exploration ou d'exploitation minière qui ne sont attribuées que si ces critères sont satisfaits.

Les sociétés minières et les universités encouragent les géologues à poursuivre leurs études au moins jusqu'au niveau *BSc Honours*, bien que ceci ne soit pas obligatoire selon la loi. Pour travailler comme professionnels en Afrique du Sud, les géologues doivent être enregistrés au Conseil national sud-africain pour les professions scientifiques de la nature (*South African National Council for Natural Scientific Professions*, SACNASP) qui exerce une action de contrôle sur la profession et peut contraindre ses membres à se plier à la discipline collective, au cas où ils ne respecteraient pas le code d'éthique du Conseil.

Au-delà des réglementations concernant la santé et la sécurité auxquelles toutes les compagnies en Afrique du Sud doivent se plier, les sociétés qui sont enregistrées

à la bourse de Johannesburg sont soumises au code sud-africain de *reporting* des ressources et réserves minérales SAMREC (2000), qui s'appuie sur trois principes : transparence, matérialité et compétence. La transparence implique que le lecteur d'un rapport public dispose d'une information suffisante, claire et sans ambiguïté et qu'il ne soit pas induit sur une voie erronée. La matérialité veut qu'un rapport public contienne toute l'information qu'un investisseur et ses conseillers professionnels sont raisonnablement en droit de disposer, afin de pouvoir porter un jugement raisonnable et équilibré concernant la minéralisation dont il est question. La compétence impose que le rapport s'appuie sur le travail d'une personne qualifiée, responsable et expérimentée, soumise à un code d'éthique professionnel obligatoire.

Kumba Iron Ore

La société, qui n'exploite que du minerai de fer, est enregistrée à la bourse de Johannesburg. Elle est le 4^{ème} fournisseur mondial de minerai de fer transporté par voie maritime et exporte 73% de sa production annuelle de 32 Mt. La société exploite actuellement deux mines, Sishen et Thabazimbi, dont les productions respectives en 2005 ont été de 28,5 et 2,5 Mt.

Sishen se trouve dans la province de Cap-Nord, à environ 280 km de Kimberley (Fig. 1). L'exploration, le développement et la production remontent au début du XIX^e siècle, mais l'exploitation à large échelle n'a commencé que dans les années 40. À la suite d'un programme de sondages carottés réalisé en 1947, les opérations minières ont débuté en 1953, fournissant du minerai essentiellement aux aciéries du pays (Photos 1 et 2).

Dans les années 60, un nouveau programme d'exploration a permis d'accroître les ressources de façon significative, tandis que l'achèvement de la voie ferrée

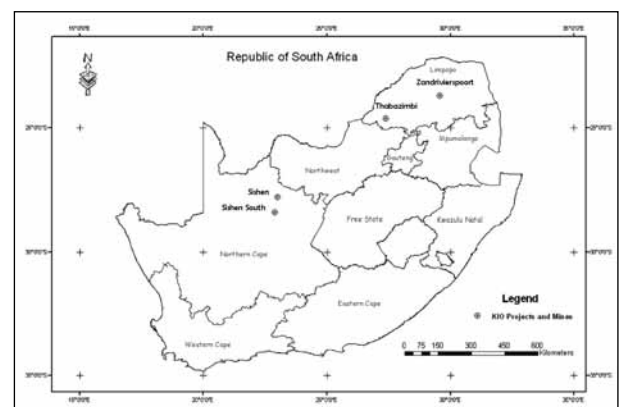


Figure 1. Localisation des mines et projets minières de Kumba Iron Ore (document Kumba Iron Ore).



Photos 1 et 2. Vues du ciel ouvert de Sishen (clichés Kumba Iron Ore).

Sishen-Saldanha, en 1976, permettait de développer la production par une exportation accrue de minerai. Depuis 1953, la mine a produit environ 812 Mt de minerai tout venant fournissant environ 665 Mt de minerai commercialisable.

La mine de **Sishen** est un ciel ouvert classique dont le minerai est traité dans une usine unique de 32,5 Mt/an de capacité de minerai tout-venant. L'usine principale traite du minerai hématitique de haut titre et fournit des produits à 66% Fe : grossier, réduction directe, réduction directe pour four vertical, fines et aggloméré grossier. Ces produits sont fournis aux aciéries domestiques, la majorité (22 Mt/an) étant exportée par Saldanha, sur la côte ouest d'Afrique du Sud. En outre, Kumba Iron Ore fournit à Mittal Steel, en Afrique du Sud, 6,25 Mt/an de produit commercialisable.

Le projet de développement de Sishen (*Sishen expansion project*, SEP) a récemment été mis en place à la mine. Il s'appuie sur l'introduction d'une nouvelle technologie de traitement par *jigging* pour enrichir le minerai de plus bas titre (>50% Fe) afin d'obtenir un produit d'exportation à 64%Fe. Ce projet doit se développer en

deux phases. La faisabilité de la phase 1, qui vise une production de 13 Mt/an a été terminée en janvier 2005. La phase II prévoit une production supplémentaire de 10-20 Mt, mais elle dépend d'une capacité de la voie ferrée supérieure à celle qui est prévue dans le contrat actuel avec Transnet.

La mine de **Thabazimbi** se situe dans la province du Nord (Limpopo), à environ 200 km au nord de Johannesburg (Fig. 1). L'exploration, le développement et la production remontent à 1919, mais l'exploration à large échelle n'a commencé que dans les années 30 quand ISCOR a acquis les droits miniers. L'exploitation à une échelle significative a commencé en 1932, principalement pour approvisionner les aciéries domestiques. Depuis cette date, Thabazimbi a produit environ 154 Mt de minerais, fournissant 118 Mt de produits commercialisables. Toute la production de Thabazimbi est destinée à Mittal Steel.

Kumba Iron Ore dispose d'un large potentiel de territoires déjà exploités ou vierges qui lui permettraient de faire passer sa production de 32 à 42 Mt/an en 2009 et 70 Mt/an en 2015. Cette perspective englobe le SEP présenté ci-dessus, les projets de Sishen Sud et Zandriviervoort en Afrique du Sud et le projet Falémé au Sénégal, comme le montre le tableau 1.

Le projet de **Sishen Sud** se situe dans la province de Cap Nord, à environ 85 km au sud de Sishen. Plusieurs gisements d'hématite à haute teneur se trouvent dans la zone du projet, dont l'objectif de production, une fois le projet finalisé, est de 9 Mt/an.

Le projet de **Zandriviervoort** se trouve dans la province du Limpopo à environ 10 km de Polokwane. Les ressources indiquées s'élèvent à 447 Mt en minerai hématitique et magnétique à basse teneur dans des formations ferrifères rubanées (*banded iron formations*). Un programme d'exploration approfondi et une étude de pré-faisabilité doivent débiter dans un futur proche.

Le projet **Falémé** se situe dans le sud-est du Sénégal à environ 740 km de Dakar. Des réserves

Projet	Avancement	Tonnages prévisionnels (Mt/an)
SEP I	En construction	13
SEP II	Pré-faisabilité	10-20
Sishen Sud	Faisabilité	3-9
Sishen Sud Phase II	Étude de potentiel	3-6
Zandriviervoort	Pré-faisabilité	3
Falémé	Pré-faisabilité	12
TOTAL		44-63

Tableau 1. Potentiel de développement de Kumba Iron Ore (source Kumba Iron Ore).

indiquées importantes de minerai hématitique à haute teneur et magnétitique à basse teneur existent dans la zone du projet. L'exploration se poursuit dans le cadre d'un projet de pré-développement.

Philosophie de l'exploration

L'objectif de la Division technique et des projets, dont les géosciences sont une composante, est de viser l'excellence opérationnelle dans l'application de la technologie. Il s'agit ici d'une démarche de conseil intégré, capable de gérer des équipes de projet pluridisciplinaires, et qui offre un large éventail de compétences et d'expertise. La Division doit proposer une gestion de qualité, des services à coûts optimisés, dans le respect des spécifications agréées.

La mission du Département des géosciences

La mission de ce département, au sein de la Division technique et des projets, est de promouvoir des initiatives et des opérations de développement minier de façon durable, en s'appuyant sur une expertise en sciences de la Terre qui englobe des connaissances et une stratégie de développement avancées en matière d'exploration de minerai de fer, d'ingénierie géotechnique et d'hydrogéologie, de gestion des données spatiales et de connaissance géologique spécialisée dans les gisements de fer.

Un des objectifs majeurs est de s'assurer que les meilleures données possibles sont rassemblées au démarrage d'un projet car tous les travaux futurs dépendent de l'exhaustivité des données. Des mesures d'assurance et de contrôle qualité sont mises en place sur tous les aspects du processus, depuis la collecte initiale des données géologiques jusqu'à l'estimation des tonnages de ressources et des teneurs. Pour le succès de notre géologie, la bonne qualité des données est fondamentale.

Retour d'expérience sur l'emploi des géologues

Dans la recherche d'un emploi dans le domaine actuel des ressources minérales, les avantages de l'éducation supérieure post BSc ou Honors sont très importants, même pour les petites compagnies d'exploration. Un des principaux avantages de ce niveau de formation est que quelle que soit la difficulté de l'emploi ou du problème posé, le fait d'avoir un MSc ou un PhD au cours

desquels ces difficultés ont du être surmontées, montre à l'employeur potentiel que vous êtes en mesure d'apporter des solutions et une valeur ajoutée à la compagnie. Dans le contexte sud-africain, l'industrie locale soutient et encourage ce niveau de diplôme et, parmi les compagnies les plus importantes, elles sont nombreuses à soutenir cette perspective dans le cadre de la formation professionnelle continue individuelle.

Dans une carrière de géologue, un des aspects les plus importants, si l'on compare les responsabilités des géologues dans les compagnies d'exploration et dans les sociétés minières, est la différence d'objectif donc de responsabilités entre un environnement de production comparé à un environnement d'exploration. En production, la priorité est souvent à des décisions rapides qui ont des conséquences immédiates et significatives sur les revenus de la société, tandis que l'exploration met l'accent sur une vision à beaucoup plus long terme.

Il y a des opportunités pour acquérir de l'expérience dans les deux domaines et il est fréquent que les plus grandes sociétés aient des divisions d'exploration et d'exploitation, ce qui peut offrir des synergies au cours de n'importe quel déroulement de carrière. Avoir de l'expérience à la fois en exploration et en exploitation sera considéré comme un avantage sur le long terme.

Pour beaucoup de sociétés qui interviennent globalement, qu'elles soient grandes ou petites, la capacité à parler une langue d'usage courant comme le français en Afrique occidentale ou à Madagascar, l'espagnol au Chili ou le portugais au Brésil, voire le chinois mandarin ou le malais, présente beaucoup d'avantages mais n'est pas essentielle. Il est tout aussi important de prendre le temps d'apprendre les coutumes, les traditions et la culture de la communauté locale, que d'apprendre les bases de la langue, de telle sorte que la vie professionnelle de tous les jours devienne une expérience enrichissante pour toutes les personnes impliquées.

Avec le boom du marché des matières premières, il y a de nombreuses opportunités d'emploi pour les géologues et les spécialistes de géosciences dans un large éventail de domaines. Ceci vaut pour les grandes et les petites sociétés, les compagnies junior qui semblent prendre des options dans le monde entier, de même que dans les institutions gouvernementales ou dans l'enseignement, qui paraissent aussi avoir bénéficié du boom. Profitez pleinement de ce boom sur les ressources minérales et appréciez d'être géologue dans une telle conjoncture excitante.