



ANNEXE 5

PORTÉE DES TRAVAUX

Cartographie géologique et géochimique du bloc Kasai



Sommaire

PORTÉE DES TRAVAUX POUR LA CARTOGRAPHIE GÉOLOGIQUE ET GÉOCHIMIQUE DES BLOCS PRIORITAIRES.3

SECTION 1 – INTRODUCTION	3
1.1 CONTEXTE GÉOLOGIQUE GÉNÉRAL	3
1.1.1 <i>Cadre géographique</i>	3
1.1.2 <i>Travaux géologiques antérieurs</i>	4
1.1.3 <i>Géologie régionale</i>	6
1.1.4 <i>Couche</i>	6
1.1.5 <i>Structure</i>	7
1.2 MINÉRAUX RÉGIONAUX.....	8
1.3 ZONES DE TRAVAIL	10
1.3.1 <i>Principales caractéristiques de la zone de travail</i>	11
SECTION 2 – CARTOGRAPHIE GÉOLOGIQUE	14
2.1 OBJECTIF.....	14
2.2 MISSION	14
2.3 PRINCIPALES MÉTHODES DE TRAVAIL.....	15
2.3.1 <i>Levé géologique au 1/100.000</i>	15
2.3.2 <i>Carte de prospection minérale stratégique au 1/100.000</i>	15
SECTION 3 – LEVÉ GÉOCHIMIQUE RÉGIONAL	16
3.1 INTRODUCTION	16
3.2 OBJECTIFS	18
3.3 PRINCIPALES MÉTHODES DE TRAVAIL.....	20
3.3.1 <i>Collecte et préparation des informations de base</i>	20
3.3.2 <i>Études réalisées avant la conception et le début de la campagne géochimique</i>	20
3.3.3 <i>Conception et planification de la campagne</i>	20
3.3.4 <i>Procédure d'échantillonnage</i>	21
3.3.5 <i>Réalisations. Rapport, cartes et base de données</i>	29



PORTÉE DES TRAVAUX POUR LA CARTOGRAPHIE GÉOLOGIQUE ET GÉOCHIMIQUE DES BLOCS PRIORITAIRES

SECTION 1 – INTRODUCTION

La RDC a pour objectif de procéder à un levé géophysique aérien dans les zones prioritaires et nous suggérons de procéder à un levé géologique et géochimique régional à différentes échelles dans les zones prioritaires pour évaluer les résultats des levés géophysiques aériens. Les levés géologiques et géochimiques régionaux dans les zones prioritaires permettront de découvrir de nouvelles régions minières potentiellement très intéressantes pour le pays.

Dans le cadre de ce projet, XCALIBUR collaborera avec une firme et institution ayant une expérience avérée dans les projets en matière de levés géophysiques et géochimiques régionaux basés sur les technologies les plus avancées de ces domaines.

1.1 CONTEXTE GÉOLOGIQUE GÉNÉRAL

1.1.1 Cadre géographique

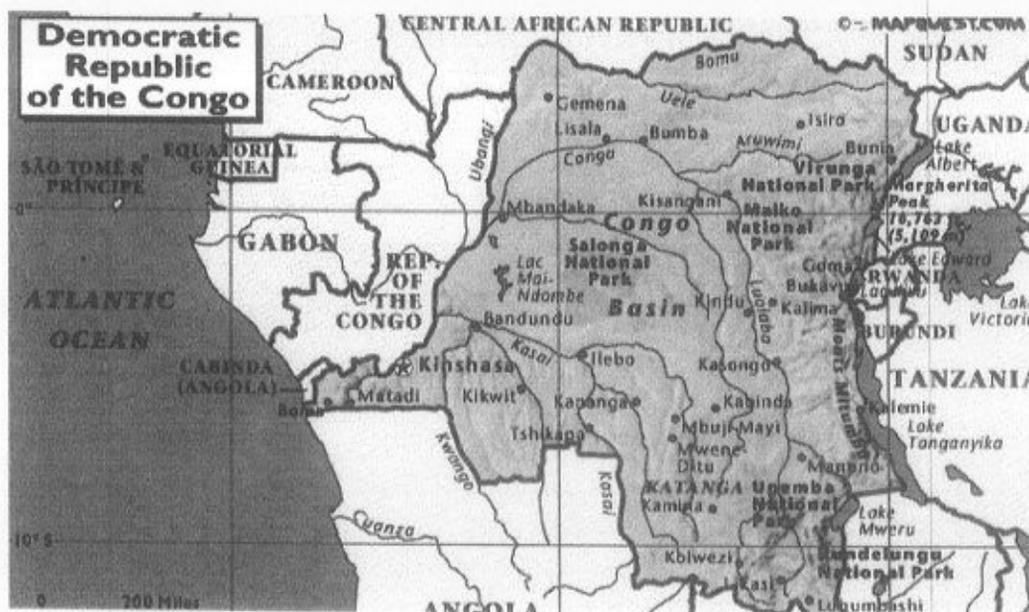


Fig.1. Carte de la RDC.

La RDC est un pays situé en Afrique centrale. La RDC fait frontières avec la République Centrafricaine et le Sud du Soudan au nord ; l'Ouganda, le Rwanda, le Burundi et la Tanzanie à l'est ; la Zambie et l'Angola au sud ; ainsi que la République du Congo et l'océan Atlantique à l'ouest. La superficie totale de la RDC est de 2 345 409 km² et sa capitale est Kinshasa. Kinshasa est non seulement la plus grande ville de RDC mais c'est aussi le centre politique, économique et culturel du pays.

Le bassin du Congo, constitué en grande partie de sédiments d'âges Mésozoïque et Cénozoïques, occupe de vastes superficies à l'ouest et au centre du pays. On trouve des formations métamorphiques



et sédimentaires du Protérozoïque dans la région est du pays. Les formations dolomitiques du supergroupe du Katanga appartenant au Néoprotérozoïque (Cahen et Lepersonne 1974) dans l'ancienne province du Katanga, au le sud-est du pays.

Le long du Rift occidental, dans la partie est du pays, se trouvent de nombreux volcans du Tertiaire et plus récents, ainsi que des carbonatites.

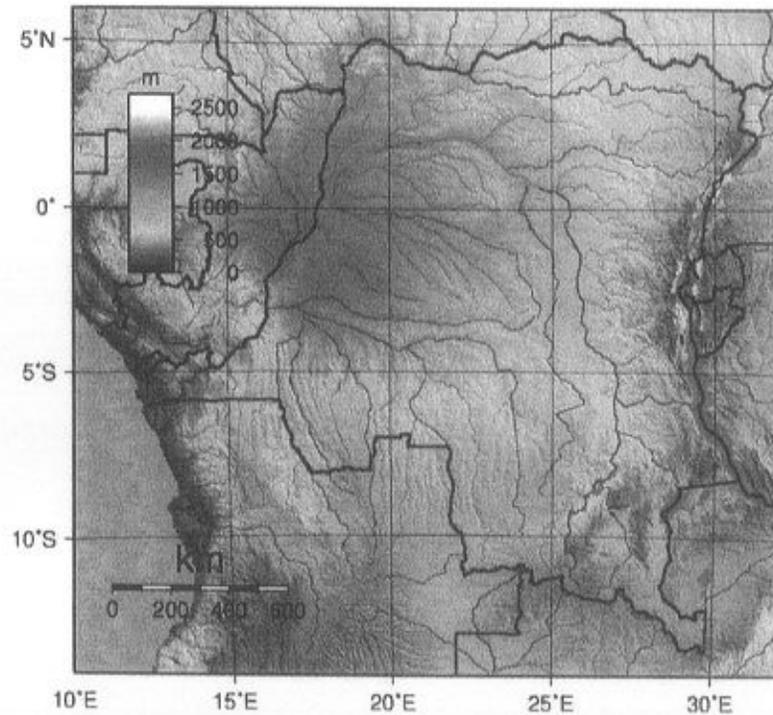


Figure 2. Terrain de la RDC.

1.1.2 Travaux géologiques antérieurs

Les travaux géologiques en RDC dépendent de plusieurs Ministères (Mines, Energie, Recherches scientifiques, Hydrocarbures, etc).

D'après les informations recueillies, les principaux travaux de cartographie géologique incluent plusieurs cartes de synthèse à diverses échelles : 1/2 500 000, 1/2 000 000, 1/1 000 000, 1/ 500 000, qui couvrent tout ou des parties du territoire dont principalement les anciennes provinces du Katanga, de l'Equateur, Orientale ainsi que du Bas-Congo. Il existe également des cartes à grande échelle (1/125 000, 1/100 000 et 1/50 000) établies sur les principales régions minières du pays comme le Bas-Congo, le Katanga, la Province Orientale, le Kasai et le Kivu.

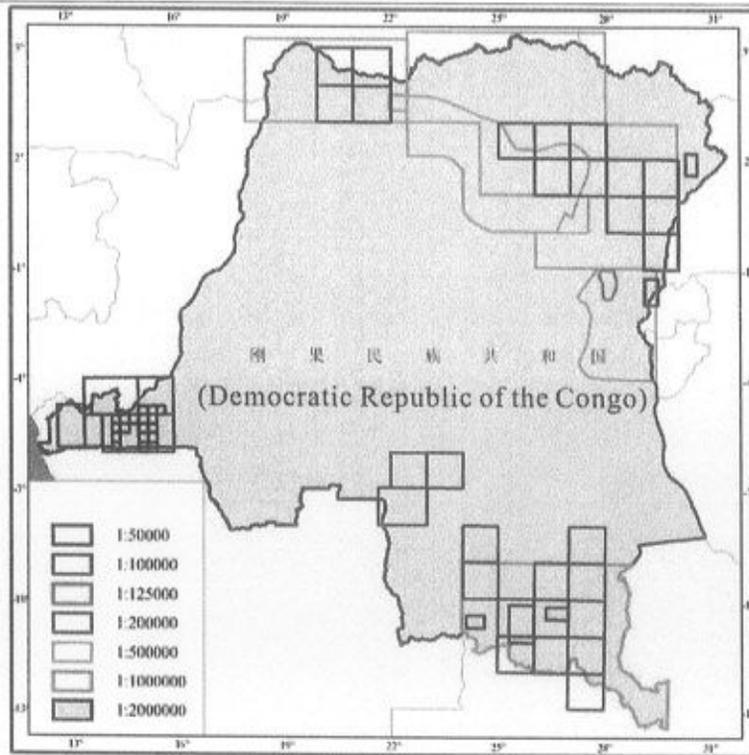


Figure 3. Cartes géologiques de RDC



Figure 4. Cartes géologiques au 1/200 000 de RDC collectées



1.1.3 Géologie régionale

La RDC se situe en Afrique centrale-bassin du Congo et constitue la partie sud-est du Craton du Congo en termes de géologie. Elle fait partie de l'histoire la plus géologique du territoire africain : les anciennes strates sédimentaires sont devenues des plis de l'Archéen tardif, de roches de socle, Kibarien, du Kundelungu ainsi que des mouvements tectoniques plus importants pour provoquer la modification métamorphique et magmatique. Le vieux socle est né du Carbonifère intermédiaire au-dessus du niveau de la mer qui a consisté en un processus d'érosion et d'accumulation sur le continent jusqu'aux mouvements tectoniques de l'orogénèse du Tertiaire. Le bassin a été créé suite au soulèvement de la région entourant le fleuve Congo, l'érosion du plateau environnant et l'accumulation du bassin central séparent clairement les deux couches de la région de la RDC. Le vieux socle se situe sur la limite du plateau et la couche cénozoïque se situe dans le bassin central inférieur. La couche s'étend du vieux socle à la couche de couverture qui est plus vieille que la récente.

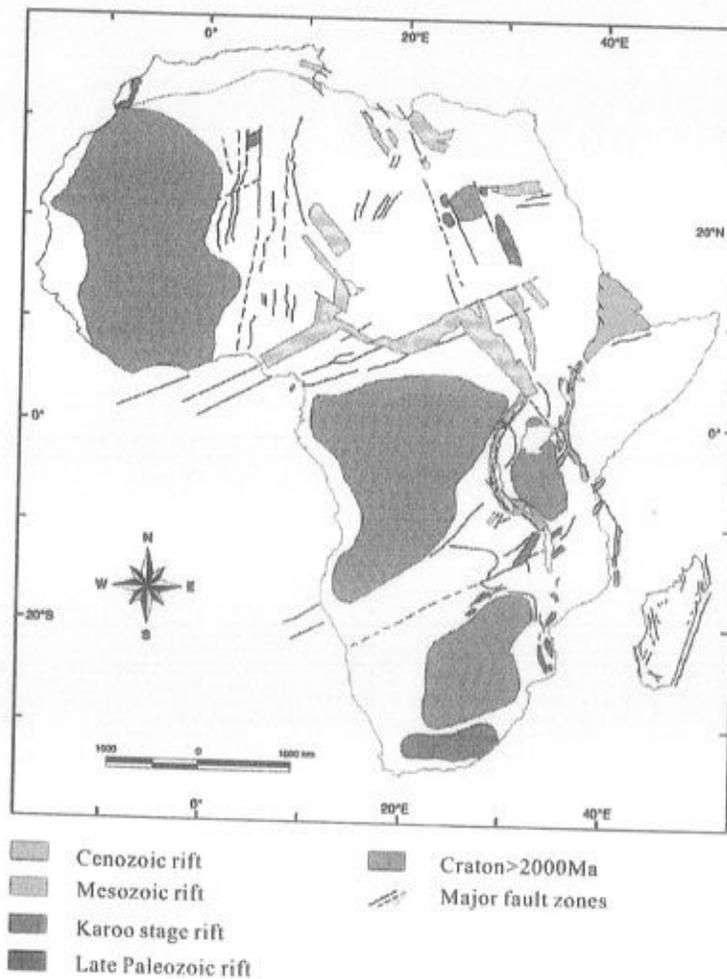


Figure 5. Principaux cratons et rifts en Afrique. (Kampunzu et Popoff, 1991)

1.1.4 Couche



Le centre et la plupart de la région ouest de la RDC sont un bassin composé de sédiments mésozoïques et plus récents. Le bassin du Congo est entouré par une dorsale précambrienne avec différents niveaux d'élévation qui comprend : la partie ouest, qui est le soulèvement de l'océan Atlantique, la partie nord qui est la ceinture mobile depuis l'Ouganda à la République centrafricaine, la partie sud qui est le nord-ouest du bouclier de l'Angola. La partie sud-est de la RDC compte l'Arc Lufilien qui appartient au Pan-africain. La partie est du bassin, située à proximité de la fissure d'angle ouest du système de vallée du rift dans l'est de l'Afrique, indique la présence d'un grand nombre de volcans et de parties composées de roches carbonatées allant du Tertiaire à l'époque moderne.

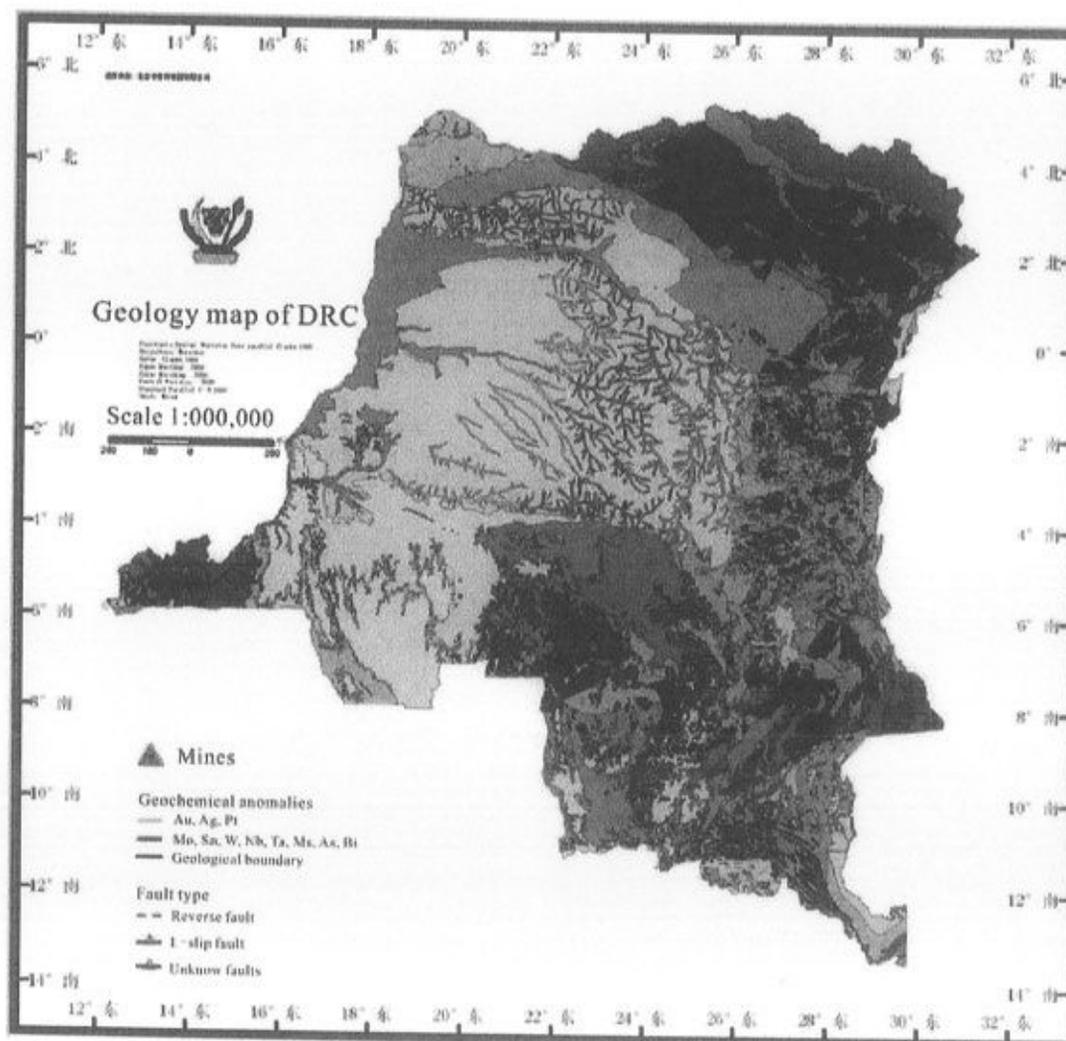


Figure 6. Carte géologique de la RDC

1.1.5 Structure

Conformément aux cartes géologiques à l'échelle 1:200 000 de la RDC de 1976, la technologie géologique de la RDC peut se diviser en quatre zones comprenant, a) la structure du Katanga (Sabah, Est Congo, Ouest Congo), b) la structure Kibarienne (Sabah, Oubangui), c) le bouclier du Congo (Kasaï, Oubangui, Congo), d) le bassin du Congo.

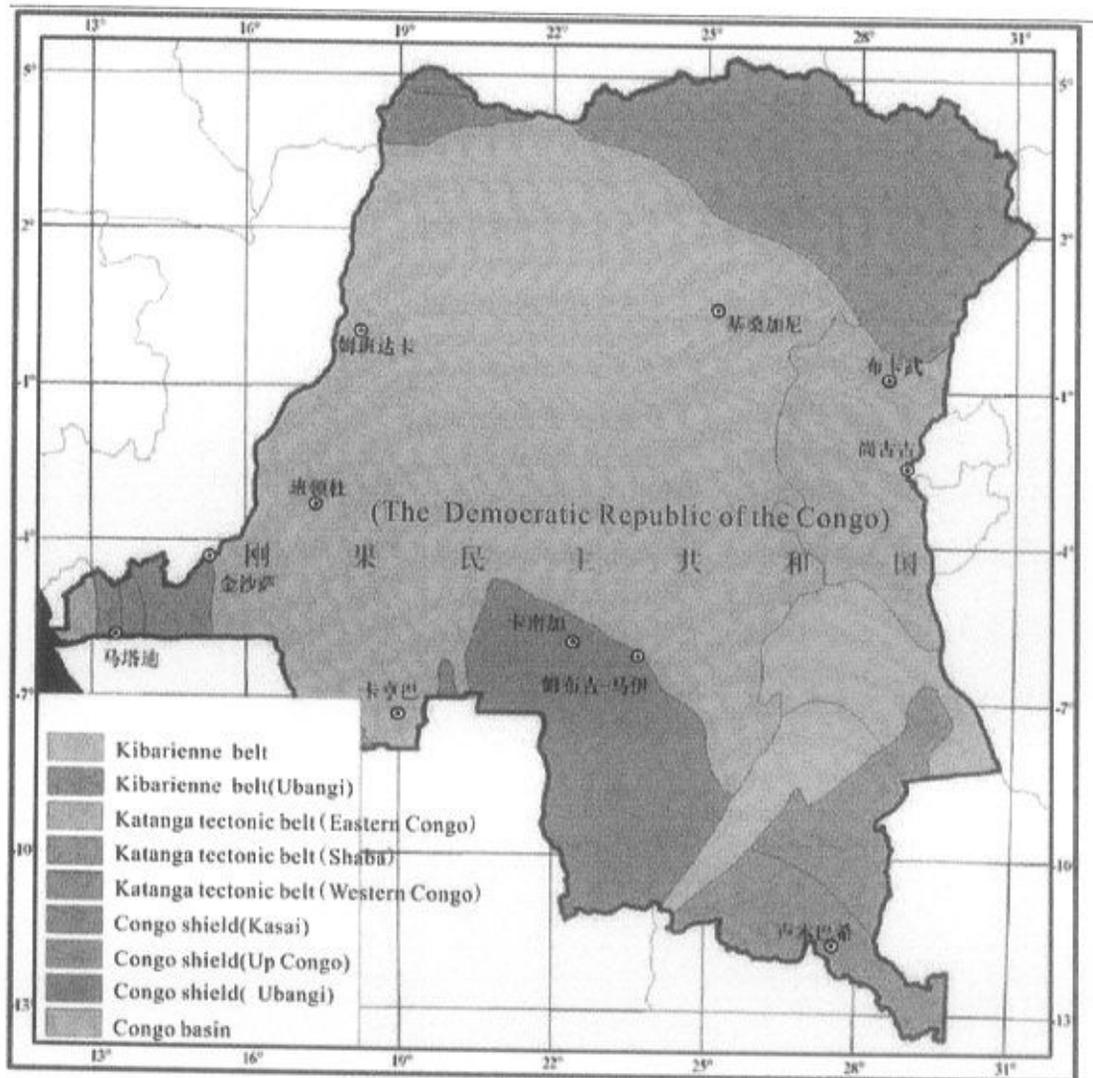


Figure 7. Zone structurale de RDC

1.2 Minéraux régionaux

La RDC est riche en différentes sortes de minéraux. Elle dispose d'une importante quantité de métal non ferreux, de métaux rares et de métaux non-métaux, notamment le cuivre, le cobalt, le diamant, le zinc, le manganèse, l'étain, le niobium, le tantale, le tungstène, le cadmium, le nickel et le chrome, ce qui lui confère une place importante à l'échelle internationale. Par ailleurs, elle compte d'importantes réserves de fer, charbon, or et argent, ainsi que de platine, pétrole, uranium, phosphate, silicate, etc.

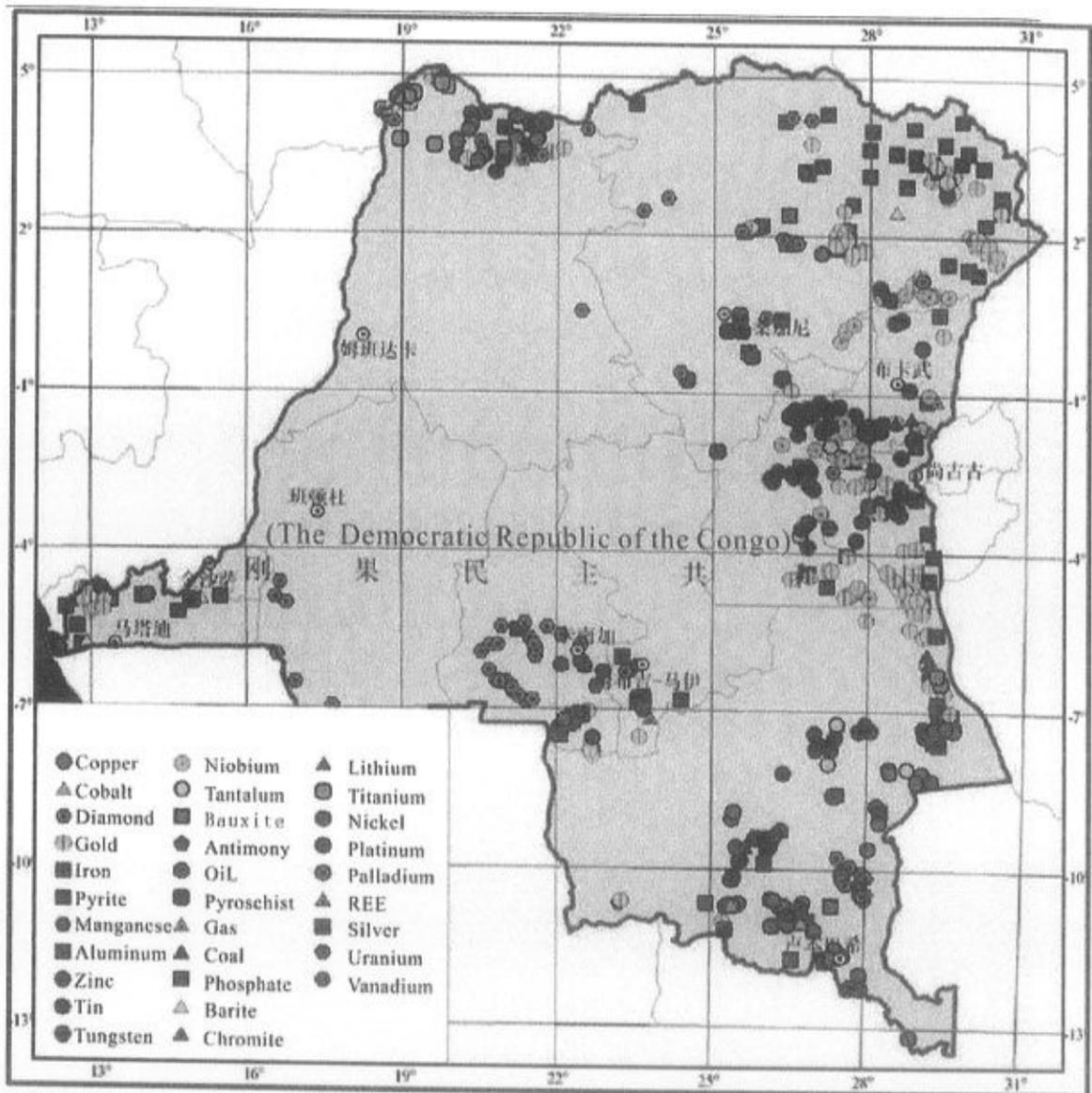


Figure 8. Zones minières de RDC

Sa réserve de cuivre compte environ 75 000 000 tonnes et est l'une des plus importantes réserves de cuivre dans le monde. Sa réserve de cobalt compte environ 4 500 000 tonnes et est l'une des plus importantes dans le monde. De plus, le diamant compte près de 206 000 000 carats et la quantité de zinc est presque égale à 7 000 000 tonnes ; la réserve de manganèse fait partie des plus importantes au monde.

Tableau 1. La principale réserve minière en RDC.

Minéral	Unité	Réserve
Cuivre	104 tonnes	7500



Cobalt	104 tonnes	450
Diamant	104 carats	20600
Or	Tonnes	600
Manganèse	104 tonnes	700
Fer	108 tonnes	10
Minerai d'étain	104 tonnes	45
Zinc	104 tonnes	700
Niobium	104 tonnes	3000
Pétrole	104 sceaux	18700
Gaz naturel	108 m3	10
Charbon	0000' tonnes	8800

Source : « DRC investment Guide » (Guide d'investissement en RDC) publié par le Ministère des Mines et du Pétrole de RDC (Année 2003), Mineral Commodity Summaries 2011

1.3 Zones de travail

L'approche initiale consiste à développer le projet en plusieurs étapes bien qu'il ait déjà été signalé que le projet couvrira l'ensemble du territoire congolais à moyen terme, notamment les zones à caractère prioritaire d'abord et celles à plus faible priorité ou les autres régions d'intérêt au fur et à mesure. Le bloc sélectionné par les autorités congolaises est illustré à la figure 9.

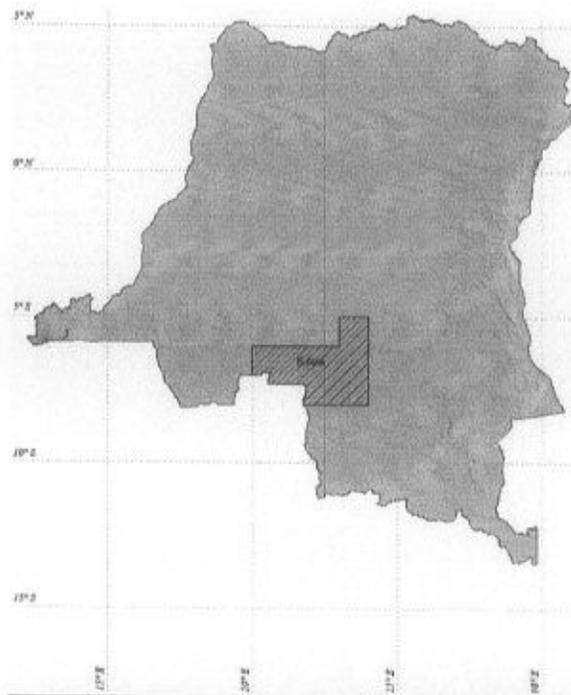


Figure 9. Zone de travail du projet de levé cartographique de la République Démocratique du Congo dans laquelle les levés géologiques et géochimiques seront développés.



Au sein de cette zone, après l'interprétation d'études aérogéophysiques, il sera question de réaliser une étude géologique et géochimique sur environ 20% de la surface totale (92446 km²) de la zone (18 357 Km²)

1.3.1 Principales caractéristiques de la zone de travail

Relief

Du point de vue du relief, la zone est constituée de deux grands ensembles : D'une part, la partie nord, située au Nord du 4ème parallèle où dominent les faibles altitudes inférieures à 500 m faisant partie des collines du Sud de la cuvette centrale ; Et d'autre part, la partie située au Sud du 4ème parallèle sud aux altitudes moyennes de 500 à 1000 m appartenant au plateau du Kasai qui occupe près du 3/4. Ces plateaux sont drainés par la rivière Kasai et ses affluents qui coulent parallèlement du sud vers le nord.

Selon la classification de KOPPEN, le Kasai jouit d'un climat de type équatorial dans le Nord et de type soudanais dans le Sud. Le premier type, qui est le prolongement de l'influence climatique de la province voisine de l'Equateur, se distingue par l'absence de saison sèche qu'on observe dans l'extrême nord de la province. Il se combine avec un climat de transition au sud de Demba et dans tout le centre du territoire de Dekese.

Le second type est caractérisé par un climat chaud et humide caractérisé par une saison sèche de plus en plus longue au fur et à mesure que l'on descend vers le sud. Le Kasai.

Ces types de climat présentent le profil suivant :

- 1) Climat Af équatorial qui s'observe dans l'extrême nord de la Province notamment à Bongita et à Dumba dans le Territoire de Dekese est caractérisé par l'absence de la saison sèche de 2 mois ;
- 2) Climat Am qui se rencontre au Sud de Dumba et au Centre de ce Territoire de Dekese et se définit comme climat de transition entre les climats Af et Aw ;
- 3) Climat Aw, type chaud et humide que l'on rencontre au Sud du Territoire de Dekese ainsi que dans la partie centrale de la Province. Il est caractérisé par une saison sèche de plus en plus longue au fur et à mesure que l'on descend vers le Sud :

Au Sud du Territoire, elle dure 2 mois, de même qu'au Nord des Territoires d'Ilebo, Mweka et au Nord-Est du Territoire de Luebo. Elle est de 3 mois dans la Ville de Kananga, dans les Territoires de Dibaya, Kazumba, Dimbelenge et Demba, au Nord des Territoires de Tshikapa, Luiza et au Sud du Territoire de Luebo. Enfin elle est de 4 mois au Sud des Territoires de Luiza et de Tshikapa

- La longue saison des pluies appelée saison A de 5 mois débute vers mi-août et s'achève vers fin-janvier au fléchissement des précipitations ;
- La seconde, appelée saison B de 4 mois, commence au mi-février et se termine au début de la saison sèche soit vers le 15 mai.

De ces considérations, il ressort que la zone connaît deux saisons sèches : la grande de 3 mois qui va du 15 mai au 15 août et la petite de plus ou moins d'un mois qui se situe du 15 janvier au 15 février de chaque année. La saison B, bien que courte par rapport à la saison A, permet de réaliser le meilleur rendement des cultures si ces dernières sont semées tôt. C'est le cas du maïs dans les Territoires de



Mweka et d'Ilebo ; de l'arachide dans les Territoires de Kazumba et Luiza, du Soja et du Niébé dans les Territoires de Dibaya, de Dimbelenge et de Demba.

La zone présente une amplitude thermique annuelle de 10,74° C en moyenne. La moyenne provinciale se situe autour de 24,18° C avec des pointes de 31,4°C en mai à Kananga et 32,4° C en juin à Tshikapa. Le point le plus bas 15,7° C est atteint en juillet à Tshikapa. Les hauteurs annuelles de pluie exprimées en millimètres varient de plus de 1.900 mm à 1.400 mm. Les hauteurs pluviométriques moyennes annuelles supérieures sont constatées dans le Nord de la Province : 2.000 m (Climat Af). Elles décroissent progressivement jusqu'à 1 400 mm à l'extrême Sud de la Province (Climat Aw). Le nombre de jours de pluie oscille entre 130 et 110 à Luiza.

Hydrographie

La Zone dispose d'un réseau hydrographique qui baigne toute la Province. Le principal cours d'eau est la rivière Kasai qui est alimentée par les affluents suivants : Lulua, Lukenie, Sankuru et Loange. Ses principaux lacs sont Mukamba et Fwa à Dibelenge et Tosambe à Dekese.

La plupart de ces rivières et lacs sont peu riches en poissons mais disposent des potentialités hydroélectriques. Les algues qui y poussent constituent des aliments riches en protéines végétales. Ces rivières forment un réseau navigable, favorable pour le transport des marchandises et des personnes. Ilebo sur la rivière Kasai constitue le principal port de la Province et fait la jonction de la voie ferrée et la voie fluviale, du Katanga à Kinshasa et vice-versa.

Du point de vue de la pédologie ces sols se présentent comme suit :

a) Zone forestière dense au nord du Territoire de Dekese, le long de la rivière Lukenie avec des sols de bonne structure, sablo-argileux, réserve en humus appréciable tandis que réserve minérale faible, valeur agronomique moyenne. Elle constitue la zone de grandes cultures pérennes : caféier, elæis, hévéa ainsi que cacaoyer. Ces terrains présentent une bonne économie en eau. Ceci s'explique par l'absence de ruissellement, la structure favorable du terrain et la présence d'une couverture morte importante. Les cultures annuelles donnent un meilleur rendement.

b) Zone forestière subéquatoriale (de transition) avec des sols sablonneux à faible teneur en éléments fins et faible réserve en humus, avec fertilité moyenne sous-forêt et très faible en savane. Pour cette zone et tant que l'agriculture se pratiquera sans restitution des éléments nutritifs exportés par les cultures, on est enclin à penser que les cultures annuelles sont mieux que les cultures pérennes pour la seule raison que la longue jachère que les premières cultures impliquent permet au sol de se régénérer en vue d'un nouveau cycle d'exploitation.

Cependant, les cultures pérennes présentent leur bon départ des plantes les premières années de culture puis suit une période des biens de production et enfin une chute de productivité qui perdure. Après 5 ans de production, un caféier se met en vieille plantation, par exemple. Les savanes qui entrecoupent ces massifs forestiers répondent mieux aux spéculations d'élevage qu'aux cultures. Cette zone couvre les Territoires de Luebo, d'Ilebo, le nord de Demba, de Dimbelenge, de Mweka et de Tshikapa ainsi que le Sud de Dekese.

c) Zone de savane

1° Sols sablonneux



Ces sols se forment au sud des Territoires d'Ilebo, Dimbelenge, Demba, Luebo, Tshikapa, les Territoires de Dibaya, Kazumba et dans l'arrière-pays de Kananga. Ils sont entrecoupés de galeries forestières. Leur valeur agricole est faible en raison de leur pauvreté en minéraux altérables et en argile (8 à 15 % d'argile).

Après défrichage et exploitation par des cultures, ces sols, s'épuisent très vite en quelques saisons. Pour les améliorer, il faudrait augmenter à la fois la capacité et le degré de saturation du complexe absorbant. Ceci en augmentant la quantité des matières organiques et l'apport de fumure animale. Ce qui améliorerait la productivité de ces sols. Comme on peut le constater, la médiocrité de ces sols pèse de tout son poids sur la mise en valeur agricole. Elle obligera l'agriculteur à aménager et exploiter l'espace agricole de façon à perdre le moins d'énergie qu'il y consacre.

2° Sols argilo-sableux

Ils se trouvent dans le Sud de Territoire de Luiza, Leur structure est souvent bonne et leur économie en eau élevée de leur réserve minérale plus élevée. Ces sols ont une valeur agricole bonne et permettent un cycle des cultures de 4 à 5 années répétées toutes les saisons culturales. De vocation principalement vivrière, ce sont les meilleurs sols du Kasai Occidental.

Géologie

A cause d'une couverture assez bien développée dans la zone, le sous-sol est constitué du groupe de la Lulua (Kibara), et des formations anté-Lulua n'y affleurent que dans les vallées. La formation Kalundue, anté-Lulua, essentiellement magmatique, apparaît dans le confluent Kasai-Lulua, avec une texture principalement chlorito-schiste, amphiboloschiste, gneissique et quartzitique (Figure 10).

Le groupe de la Lulua affleure dans les vallées de Lueta, Lulua et leurs affluents au nord et à l'ouest de Luiza, puis au nord-est jusqu'aux rails Katanga-Ilebo ; et enfin vers la vallée du Kasai dans le Sud-Ouest jusqu'en Angola où on l'appelle Groupe Kibara. Le sud-est du territoire de Luiza (Masuika) reposerait sur un sous-sol lié au système de la Bushimay, postérieur au Groupe de la Lulua, et constitué essentiellement de roches carbonatées, de conglomérats, de schiste, de quartzites et d'arkoses

Du point de vue géologique, le sous-sol de la zone est constitué essentiellement par les roches granitiques dont l'affleurement fait l'objet de deux carrières à Kananga. Il regorge de beaucoup de ressources géologiques notamment le diamant dans les Territoires de Tshikapa, Luebo, Demba, Kazumba, Mweka, Ilebo, Dibaya et Dimbelenge ; l'Or et l'Étain dans les Territoires de Luiza et Kazumba ; le Fer dans les Territoire de Luebo, Tshipapa et Kzumba ; le Nickel, le Chrome et le Cobalt à Kananga et dans le Territoire de Kazumba ainsi que le pétrole dans le Territoire de Dekese.

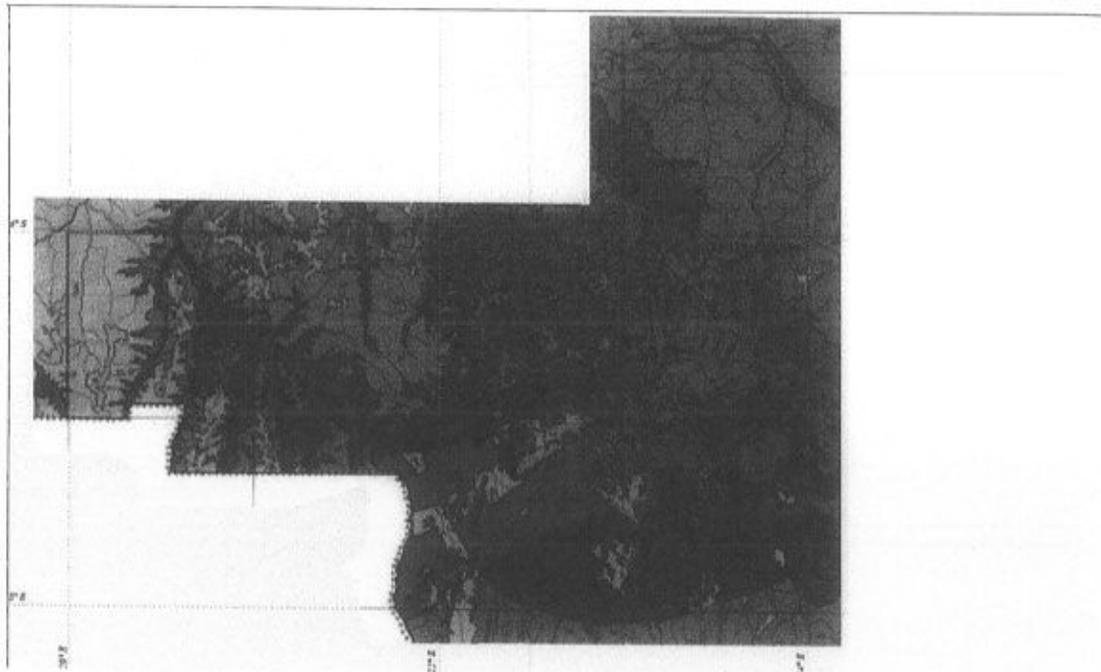


Figure 10. Carte géologique de la région du Kasai

Végétation

La végétation naturelle de la zone correspond aux différents types climatiques rencontrés dans cet espace territorial. Les formations végétales se présentent sous trois types : la forêt dense humide sempervirente (équatoriale), la forêt dense semi-décidue (subéquatoriale) et la zone des savanes entrecoupées des galeries forestières.

SECTION 2 – CARTOGRAPHIE GÉOLOGIQUE

2.1 Objectif

Ce travail consiste à obtenir des informations sur la géologie et les ressources minérales au moyen de campagne de cartographies régionales des zones prioritaires. Cela permettra d'analyser le contexte métallogénique des minéralisations, et d'en évaluer les potentiels.

Pour cela, les travaux de géologie et de géochimie décrits ci-dessous seront réalisés sur 20% de la surface totale de la zone du Kasai.

2.2 Mission

Elle consistera à :

- Collecter et analyser les informations essentielles existant sur la géologie, les ressources minérales, la géophysique aéroportée et au sol, la géochimie régionale et locale, ainsi que la télédétection ;
- Procéder au levé géologique au 1/100 000;



- Réaliser un inventaire des ressources minérales et identifier les zones à fort potentiel minéral (Métalotectes). Des travaux de validation seront menés sur le terrain en fonction de l'origine du métalotecte, Géophysique de la Terre, prélèvement d'échantillons minéralisés, voire des sondes de vérification seront réalisées si le métalotecte présente les conditions adéquates pour cela.

2.3 Principales méthodes de travail

2.3.1 Levé géologique au 1/100.000

Le levé géologique au 1/100 000 représente des travaux géologiques essentiels pour des travaux de prospection minérale avancés. Avec la seule carte en qualité d'unité, par la cartographie au 1/100 000 suite au levé géologique de minéraux, à la télédétection, à la recherche exhaustive et à l'analyse des minéraux, etc. et avec les résultats du levé géophysique aérien, le levé géochimique régional pour découvrir le fond minéral de la zone de travail, les caractéristiques et les règles de minéralisation et donc d'évaluer les ressources minérales potentielles de la région tout en obtenant une zone de prospection et zone cible pour d'autres valeurs potentielles et en trouvant les mines cibles et donc d'autres prospections minérales.

Les principales méthodes utilisées pour ces travaux comprennent la télédétection, la cartographie au 1/100 000, les coupes géologiques, la géochimie des minéraux lourds, l'échantillonnage et les analyses, l'aménagement intérieur et la recherche exhaustive, etc.

Conformément aux principes cartographiques, pétrographiques et structuraux, des échantillons déterministes seront prélevés pour la caractérisation géologique de la zone.

Le géologue cartographe responsable de la fiche s'assurera que les échantillons les plus appropriés sont prélevés aux fins prévues.

Nous distinguons cinq principaux types d'échantillons à prélever :

- Pétrologie et pétrographie structurale :
- Caractérisation pétrophysique
- Analyse géochimique de roches entières au laboratoire pour caractériser toutes les unités lithostratigraphiques.
- Géochronologie : 10 échantillons – échantillons spécifiques à prélever par le géologue expérimenté sur la base des méthodes d'analyse proposées. (Datant U-Pb)
- Études du macrofaune et de la flore et de la microfaune et de la flore (par exemple, pollen et spores)

2.3.2 Carte de prospection minérale stratégique au 1/100.000

Il faut choisir une zone (partie) adaptée aux levés magnétiques aériens, levés aériens au moyen d'un gammamètre, levés géochimiques régionaux et levés géologiques minéraux pour procéder aux levés de prospection minérale stratégique au 1/100 000. Tout le travail sera réalisé en utilisant des méthodes comprenant l'analyse par télédétection, la cartographie géologique, le levé géophysique, le levé géologique régional, la mesure de concentré de minéraux lourds, la recherche exhaustive, la prospection minérale, etc. Après avoir procédé à la recherche exhaustive dans l'ensemble de la zone de levé et avoir compris le fond géologique, les caractéristiques de minéralisations et les règles de minéralisation, nous nous concentrerons sur le gisement minéral, le point minéral, le levé



géophysique, les différences dans le levé géochimique régional et les autres données minérales pour effectuer une analyse minérale. La recherche exhaustive de ce travail permettra de définir la zone de prospection minérale et la zone d'évaluation.

La méthode de travail consistera en la collecte d'informations, des enregistrements sur le terrain, au levé sur le terrain, y compris le levé géologique minéral, le levé géophysique, le levé géochimique régional, la détection de concentré de minéraux lourds et la télédétection, la recherche exhaustive, l'analyse minérale comprenant une enquête préalable et une enquête de priorité, la vérification du terrain, la révision du rapport, la combinaison résultats et rapport etc.

Selon le modèle génétique du métallotecte retrouvé dans la feuille, des travaux seront menés pour le valider, des forages pourront être utilisés si ses caractéristiques géologiques et structurales sont favorables.

PRODUITS À LIVRER (LIVRABLES)

Xcalibur transférera les fichiers suivants vers la base de données numérique :

1. Modèle de données de cartographie géologique dans Word (Version Office 365) et PDF. Le modèle de données utilisé lors de la cartographie géologique à l'échelle 1:100 000 sera également utilisé pour cartographier les zones de ciblage à potentiel minier. A noter que le modèle pourra être édité une fois les anomalies connues et les méthodes à utiliser redéfinies.

2. Cartographie géologique à l'échelle 1/100 000 accompagnée de ses notes explicatives (selon les normes institutionnelles du CRGM) au format numérique Arc Geodatabase.

3. La structure de la Géodatabase est basée sur celle fournie par le CRGM f.

Deux exemplaires papier au format PDF qui seront produits et livrés à la DGSM auront les caractéristiques suivantes :

- Échelle : 1:100 000.
- Dpi (points par pouce) : 600.
- Hauteur et largeur en pixels (dpi x pouces) : 3000x3000.
- Nombre total de pixels demandés : 9 000 000

4. Livraison des informations obtenues à partir d'échantillons, de descriptions pétrographiques, de lames minces, de résultats analytiques et de rapports en format PDF.

5. Notes géologiques/explicatives de toutes les fiches livrées en format PDF.

6. Rapport et données obtenues dans les travaux de validation effectués : Géophysique de la Terre, Analyse d'échantillons minéralisés et de forage.

SECTION 3 – LEVÉ GÉOCHIMIQUE RÉGIONAL

3.1 Introduction

La RDC est un pays situé en Afrique centrale. La RDC fait frontière avec la République du Congo à l'ouest, la République Centrafricaine et le Soudan du Sud au nord ; l'Ouganda, le Rwanda, le Burundi et la Tanzanie à l'est ; la Zambie et l'Angola au sud.



Les renseignements préalablement mis à disposition et leur validité sont le point de départ. La couverture de la cartographie géologique de la région Sud-Katanga a une échelle de 1/500 000 (Laghmouch, 2008). Une telle cartographie n'indique pas les détails nécessaires à la détermination des objectifs d'intérêt géologique-minier et aura besoin d'une révision et de nouvelles explorations sur le terrain, ainsi que de levés sur place, dans le but de normaliser les codes, couleurs et symboles, tel que le recommande la Commission internationale de stratigraphie de l'IUGS.

L'objectif final est la génération de cartes géologique au 1/100 000, qui est l'échelle la plus appropriée pour la détermination des objectifs d'intérêt minier, sur une période de 10 mois, et d'un niveau de qualité défini par les Règlements d'élaboration de cartes géologiques au 1/100 000 et 1/250 000.

Les trois outils techniques utilisés (géophysique, géologique et géochimique) au cours du levé régional des zones prioritaires fourniront des informations de base pour l'interprétation des données collectées à l'aide d'autres techniques et leurs objectifs et paramètres de base (échelle, etc.) doivent donc être cohérents. Par conséquent, les cartes géologiques élaborées avec une base scientifique solide de l'histoire géologique du territoire de la République Démocratique du Congo (RDC) sera utilisée pour la recherche minière et l'évaluation générale des ressources minières géologiques, ainsi qu'à des fins d'aménagement du territoire et de zonage. La création de la carte géologique sera à l'origine de la forte amélioration de la situation sociale et économique du pays. D'autre part, un ensemble de données, lors de la phase de levé géologique, sera requis pour le traitement et l'interprétation des données géologiques, étant donné que ces données sont essentielles pour comprendre la signification des valeurs géochimiques, notamment toutes les données du levé géophysique aérien servant de ligne directrice pour les caractéristiques géologiques et de critère fondamental pour l'analyse du potentiel du territoire afin de permettre le bon choix initial des zones.

Les différentes missions sur place doivent être réalisées avant l'élaboration des différents rapports et cartes pour atteindre l'objectif final. De la même manière, ces derniers doivent être réalisés après la collecte des résultats des études pétrographiques et minéralogiques, de l'analyse géochimique et des processus de datation complets, qui sera primordiale pour la mise en œuvre de caractéristiques géologiques. Il s'agit de la seule façon d'obtenir une interprétation globale et cohérente.

De nos jours, la détermination homogène des caractéristiques géochimiques des matériaux de surface au niveau de la croûte terrestre à l'échelle régionale fait partie des principaux domaines où l'on manque d'informations ou de connaissances dans le cadre global. Actuellement, l'analyse des problèmes environnementaux et géo-scientifiques à l'échelle supranationale est une tâche complexe, voire impossible, tout comme les comparaisons ou intégrations à ces échelles. Le Programme de cartographie de références géochimiques mondiales a été piloté par l'UNESCO pour répondre à ce besoin évident, notamment dans des domaines de connaissances, dans le but de générer une Base de données géochimiques mondiale avec des données cohérentes et standardisées. Jusqu'à présent, l'Europe (Atlas géochimique de l'Europe. FOREGS, 2005 et 2006), la Chine ainsi que d'autres pays en Amérique du Nord et en Afrique participent à la création de cette base de données.

Pour ce faire, l'UNESCO fait la promotion du développement de ces activités à l'échelle régionale et nationale, en déterminant une série de recommandations devant être suivies par les programmes de cartographie géochimique des différents pays. Elles déterminent un ensemble de procédures minimales d'intervention élaborées suite aux activités réalisées dans le cadre des programmes IGCP 259 et IGCP 360 de l'IUGS. Les recommandations portent principalement sur ce qui suit :



- L'utilisation de différentes méthodes d'échantillonnage est recommandée. Dans tous les cas, la méthode d'échantillonnage de sédiments actuelle doit être utilisée étant donné qu'il s'agit actuellement de la méthode d'échantillonnage fidèle et solide parfaite.
- Les méthodes de prélèvement et de préparation des échantillons doivent être normalisées et doivent suivre des procédures qui réduisent le taux d'erreur et de contamination (par exemple, le manuel d'échantillonnage de FOREGS).
- Le groupe d'éléments à déterminer doit être vaste et doit comprendre les éléments chimiques les plus adéquats pour la caractérisation et l'identification des caractéristiques géologiques de la zone tout en étant utile à l'application des informations géochimiques en utilisant les données fournies par des éléments spécifiques déterminés à l'aide de méthodes analytiques éprouvées. La gamme d'éléments à déterminer doit comprendre les éléments "lithologiques" qui fournissent des informations sur la portée géologique du travail et toutes les variations importantes pouvant être détectées dans ce cadre, ainsi que les éléments environnementaux (éléments présentant un risque potentiel, tels que Hg, As, Cd, Pb, Tl, etc.) et les éléments de nature métallogénique, notamment les principaux éléments et les éclaircisseurs des principaux types de minéralisation (Cu, Pb, Zn, Co, Ag, Sn, Bi, Mo, Sb, Hg, B, Ni, Ba, etc.).
- Les méthodes analytiques utilisées doivent être adaptées à différents groupes d'éléments et, surtout, avoir un niveau de sensibilité élevé et des seuils de détection inférieurs très faibles, inférieurs aux sous-gradients de Clarke des différents éléments.
- Toutes les étapes des campagnes géochimiques doivent faire l'objet de procédures de contrôle qualité. Cela revêt une importance particulière pour la qualité du prélèvement et la qualité des analyses. Par conséquent, les protocoles d'échantillonnage et de contrôle qualité des analyses sont essentiels pour l'estimation du taux d'erreur ou du degré d'incertitude de ces étapes. La mise en œuvre de ces procédures dans des conditions adéquates validera (ou, en leur absence, invalidera) ce type d'infrastructures de connaissances.
- Les données géochimiques collectées à partir du levé de cartographie géochimique régional, ainsi que le suivi de qualité et les facteurs déterminant l'exactitude, ont démontré leur utilité au cours de l'analyse et de l'application sur différents types de terrains, de ceux de nature purement géologique au potentiel de ressources minérales, de l'agriculture, du zonage des terres et, une fois de plus, de la santé (géomédecine). Par conséquent, ces programmes doivent être considérés comme ayant plusieurs objectifs.
- Les objectifs spécifiques exigeant des techniques ou des ressources d'échantillonnage supplémentaires ou complémentaires doivent avoir une plus grande priorité, en fonction des pays ou des environnements régionaux dans lesquels ce type de campagnes est réalisé, sans tenir compte des multiples objectifs de leurs applications. Cela est généralement admis à condition qu'il n'y ait aucun impact négatif sur les procédures ou les ressources d'échantillonnage considérées comme fondamentales.

Par conséquent, l'objectif est de collecter des données géochimiques qui ont fait la preuve de leur efficacité à l'aide de méthodes normalisées et pouvant être utilisées pour différentes applications, telles que le zonage des terres, l'agriculture, la santé, la collecte de données géologiques et, notamment, l'exploration de ressources minérales. En d'autres termes, cela doit apporter une valeur ajoutée aux données géochimiques utilisées dans le cadre des procédures d'exploration minière du territoire afin de pouvoir les appliquer dans d'autres domaines.

3.2 Objectifs



Cette étude de cartographie géochimique a deux objectifs généraux, conformément à ce qui a été exprimé au point précédent.

Le premier objectif, à caractère infrastructurel, vise à générer une base de connaissances géochimiques homogènes pour le pays, avec un niveau de résolution élevé et sous réserve de procédures de suivi du contrôle qualité strictes, afin d'avoir un impact positif sur l'accroissement des connaissances géologiques et d'avoir de multiples possibilités d'utilisation, telles que le contrôle et l'évaluation de l'environnement.

Les principaux objectifs consistent en :

- La détection des niveaux de concentration d'une vaste gamme d'éléments chimiques.
- L'estimation des fonds géologiques et de la variabilité géochimique du territoire, ainsi que la répartition géographique des teneurs géochimiques en associant la variabilité aux facteurs géologiques et métallogéniques. La génération de cartes de répartition géographique.
- La détermination des principales associations géochimiques expliquant la variabilité géochimique et leur origine éventuelle, c.-à-d. géogénique (géologique, métallogénique) ou anthropogénique.
- L'obtention d'une couverture géochimique numérique et la génération d'une base de données de données géochimiques haute résolution et de première qualité.

Le deuxième objectif, plus spécifique, à caractère exploratoire, vise à obtenir une représentation plus précise du potentiel des ressources minérales du territoire et, par conséquent, de la promotion des activités d'administration et d'investissement lors de l'exploration par des multinationales minières. La couverture géochimique numérique multi-élémentaire et les résultats du levé à l'échelle régionale sont déterminant dans le développement du secteur minier et la recherche d'investissement de multinationales minières, notamment lorsqu'il est question de données de couverture géologique, aussi au format numérique et de données plus précises. Les stratégies d'exploration des sociétés minières sont généralement basées sur l'intégration de système d'informations géographiques (SIG) pour obtenir des informations sur la couverture régionale numérique, notamment les données géologiques, sur les ressources minérales, géochimiques et géophysiques.

L'exploration est une activité qui complète le premier objectif qui comprend la nécessité de préparer une campagne basée sur l'utilisation de concentrés de minéraux lourds provenant de sédiments alluviaux. Ces activités sont réalisées en parallèle à la campagne de prélèvement de sédiments actuelle. Elles contribuent à l'optimisation de la détection des environnements présentant des anomalies et maximisent la capacité d'évaluation des anomalies déduites des caractéristiques géochimiques des sédiments.

Cette activité exige l'adaptation de la densité d'échantillonnage (pour les deux types d'échantillons) par la présence de densités plus élevées dans les zones de bouclier, qui sont plus favorables en termes de concentration des ressources minérales. Dans des zones plus spécifiques ayant une capacité de prospection éprouvée (à en juger par les travaux précédents ou les activités de levé géophysique et géologique réalisées au cours de ce projet), la densité d'échantillonnage pour les sédiments actuels sera d'1 échantillon/5 km² dans les lieux choisis parmi les zones prioritaires, tandis que la densité de prélèvement des échantillons de sédiments alluviaux nécessaire pour prélever les concentrés de minéraux lourds sera 5 fois inférieure, c.-à-d., 1 échantillon tous les 25 km².

Un point essentiel et basique est l'adaptation des procédures d'exploration géochimique pour la stratégie adoptée dans des zones suivie par la procédure de levé géochimique. Ces activités seront



réalisées dans des zones où les données préalablement collectées et les images fournies suite au levé géophysique aérien indiquent un intérêt exceptionnel du point de vue métallogénique. Par conséquent, les caractéristiques des zones à inclure dans le levé géophysique seront les mêmes que celles du levé géologique.

Les principaux objectifs sont les suivants :

- La différenciation et la délimitation de zones présentant des anomalies (sédiments et concentrés de minéraux lourds) d'intérêt métallogénique.
- L'évaluation et la mise en place de la hiérarchie pour ces zones en termes de critères de géochimie multi-élémentaire et à partir de la sélection géochimique et géologique.
- La détermination de zones de réalisation d'un levé plus approfondi (suivi).

3.3 Principales méthodes de travail

Les différentes activités sont réalisées dans l'ordre chronologique pour atteindre les objectifs figurant ci-dessous. En général, les campagnes d'exploration géochimique ou de levés cartographiques se composent d'une série d'étapes demandant ce qui suit :

- Conception de la campagne.
- Élaboration de la carte d'échantillonnage.
- Prise d'échantillons.
- Préparation des échantillons.
- Analyse chimique des échantillons.
- Contrôle qualité des échantillons et procédures analytiques.
- Traitement et interprétation des données géochimiques. Rapport et cartes.

3.3.1 Collecte et préparation des informations de base

Toutes les informations existantes concernant des procédures d'explorations précédemment réalisées seront collectées et analysées avant le début de l'étude. En particulier, les informations relatives au levé géochimique et aux anomalies, preuves d'exploitation minière ou sites de ressources minérales ayant déjà été étudiées. La recherche sera réalisée sur des sites semblables, ainsi que d'autres éventuelles sources d'informations.

3.3.2 Études réalisées avant la conception et le début de la campagne géochimique

Les aspects logistiques, climatique et hydrographique du territoire doivent être connus étant donné que ces aspects seront utilisés pour analyser les données existantes et celles des routes traversant l'ensemble de la zone pour estimer les opportunités et les problèmes susceptibles de conditionner la réalisation de la campagne.

Aucune campagne d'orientation ne sera intégrée dans le projet, en raison de la diversité de l'environnement morphoclimatique du Congo (allant des zones au climat tropical aux plaines au climat aride et aux conditions semi-désertiques, ainsi que les étendues de savane) et des délais courts disponibles pour la réalisation du projet. Par conséquent, les données et études préalablement publiées concernant les conditions de dispersion géochimiques des éléments dans différentes zones seront utilisées et la granulométrie optimale sera déterminée pour les analyses chimiques.

3.3.3 Conception et planification de la campagne



Les sédiments actuels seront analysés dans le cadre de la campagne d'exploration géochimique, un type d'échantillon incontesté au cours des premières étapes de l'exploration en raison de leur représentativité et de leur solidité. Dans le cas où de bons sédiments ne peuvent être prélevés ou si des problèmes sont rencontrés au cours de leur prélèvement, des échantillons de sol résiduel seront prélevés. De la même manière, des sédiments alluviaux seront utilisés pour prélever des concentrés de minéraux lourds par lavage à la batée, comme échantillon complémentaire au sédiment, en raison de leur utilisation dans le cadre des procédures d'exploration géochimique régionale. La campagne régionale portera principalement sur le prélèvement d'échantillons de sédiments actuels du lit vif et d'échantillons de concentrés de minéraux lourds provenant de sédiments alluviaux.

- Cette étape vise principalement à préparer les plans de prélèvement d'échantillons géochimiques qui serviront de base documentaire aux équipes de prospection pour prélever les échantillons dans la zone déterminée par l'étude. Les bases cartographiques utilisées pour préparer ces plans seront des cartes topographiques au 1/100 000. Initialement, la stratégie d'échantillonnage sera fondée sur un plan d'échantillonnage stratifié aléatoire. Pour ce faire, la carte topographique au 1/100 000 de base sera sous-divisée en des cellules carrées de 5 km x 5 km. Les points d'échantillonnage seront déterminés dans chaque cellule et sur une rivière disposant d'un bassin versant d'environ 5 km² (2-3 km² à 7-8 km²). Le point d'échantillonnage ne sera pas choisi en fonction des caractéristiques du réseau fluvial mais plutôt après l'observation du point sur l'image satellite ou l'orthophoto. Ce processus permettra d'atteindre une uniformité et une homogénéité remarquables pour la situation des échantillons proposés, et fournira aussi une vision réaliste avec les photographies des caractéristiques de l'environnement.
- La carte topographique au 1/100 000 inclura l'emplacement des échantillons de sédiments, des échantillons de sol (éventuellement), des échantillons de concentrés lavés à la batée et des doublons d'échantillons utilisés à des fins de contrôle qualité des analyses et de l'échantillonnage. Les échantillons seront identifiés à l'aide d'un code.

3.3.4 Procédure d'échantillonnage

3.3.4.1 Échantillons de sédiments actuels

Les échantillons de sédiments actuels seront prélevés avec les densités suivantes, conformément aux critères décrits ci-dessous.

Levé de la totalité de la surface : 18.357 km² ; un échantillon tous les 5km² ; **3.671 échantillons de sédiments.**

Levé de la totalité de la surface : 18.357 km² ; un échantillon tous les 25km² ; **734 échantillons sédiments alluviaux pour concentrés de minéraux lourds.**

3.3.4.3 Méthode de prélèvement d'échantillons de sédiments

Les échantillons de sédiments seront prélevés sous **forme composite** et en 10 portions ou des augmentations de sédiments seront prélevées sur une bande de 100 m le long du canal. Ils seront prélevés depuis le lit vif actuel et il faudra éviter les matériaux déposés sur les rives ou l'arrière-plage. Le chercheur analysera chaque point de prélèvement d'échantillon pour savoir s'il remplit les conditions requises pour la procédure de prélèvement d'échantillons ou non. Les lieux ayant des signes évidents de contamination ou situés à proximité des sources de contamination seront à éviter



(villages, canaux d'évacuation, accumulation de déchets ou de poubelle dans les ruisseaux, etc.). Les points de prélèvement d'échantillons doivent au moins se situer à 100 m des routes, des sites d'immersion ou des villages et à au moins 50 m des routes et chemins praticables. L'échantillon doit être prélevé en amont des ponts sur le ruisseau. Étant donné la faible densité de population, notamment dans certaines régions du pays, ces cas sont relativement rares.

Si les conditions susmentionnées ne sont pas remplies ou qu'il est impossible de trouver les matériaux adéquats (sédiments fins), le chercheur devra se rendre à un autre point de prélèvement d'échantillons qui remplit ces conditions (en amont ou en aval) et toujours dans le même bassin. Si aucun point ne convient sur le bassin versant, le point sera déterminé dans un lieu situé à proximité d'une zone dans laquelle aucune procédure de prélèvement d'échantillons n'est en cours. Le nouveau point de prélèvement d'échantillons doit être signalé sur la carte.

L'échantillon de sédiments actuel doit être prélevé du lit vif du ruisseau, en évitant de prélever les matériaux déposés sur les rives. Si possible, il sera prélevé dans la partie centrale du lit, en cherchant des matériaux fins, dans des zones protégées par des massifs rocheux ou des petits bras d'eau. Par conséquent, les échantillons ne doivent pas être prélevés dans des lits sablonneux ou des zones comportant des rochers. De la même manière, les sédiments ne doivent pas être prélevés dans des petits étangs ou des bassins en formation ou des points comportant des grandes quantités de matière organique. Les matériaux libres du ruisseau seront collectés avec une petite pelle à une profondeur de 5 à 10 cm.

L'échantillon de sédiments actuels seront un **échantillon composite** formé par l'agrégation de 10 augmentations d'échantillon prélevé à au moins 100 m du ruisseau et suivant sa direction. Ce type d'échantillon est choisi au lieu d'un échantillon simple car il a tendance à réduire le taux d'erreur inhérent à toutes les procédures d'échantillonnage. L'échantillon obtenu sera tamisé sur place avec de l'eau (si possible) ou sans eau lorsque le ruisseau est sec. Les tamis avec un maillage de 5 mm et avec un maillage en nylon ou en acier inoxydable seront utilisés. Le poids total de l'échantillon sera de 2,5 kg ou plus en cas de sédiments épais et avec une petite quantité de matériaux fins. L'échantillon sera conservé dans un sac en plastique fermé à l'aide d'une bride. Une étiquette en carton sera placée dans le sac dans un petit sachet en plastique fermé avec l'identifiant écrit au stylo avant de fermer le sac. Le code de numérotage de l'échantillon sera écrit au marqueur permanent sur les côtés du sac.

Les outils utilisés au cours du processus de prélèvement d'échantillons seront lavés ou nettoyés avec l'eau du ruisseau et/ou des brosses après chaque prélèvement d'échantillons (houe, tamis, petite pelle, seau, etc.).

Un **dossier d'échantillonnage** sera rempli au point de prélèvement d'échantillons. Celui-ci comprendra les données relatives à l'environnement du point de prélèvement d'échantillons, les incidents au cours du prélèvement d'échantillons et ses coordonnées GPS. De la même manière, deux photographies seront prises à l'aide d'un appareil numérique et seront numérotées ; une mettant en scène le ruisseau et l'autre, l'environnement général et le bassin, en amont du point de prélèvement d'échantillons. Si le point de prélèvement d'échantillons a été modifié ou déplacé, les raisons d'un tel changement doivent être indiquées.

3.3.4.4 Méthode de prélèvement de sédiments alluviaux pour concentrés de minéraux lourds

Les échantillons de concentrés de minéraux lourds provenant de sédiments alluviaux seront prélevés dans les zones susmentionnées, avec la même densité que les sédiments actuels (allant d'1 échantillon



/ 5 km² à 1 échantillon/ 25 km²). Cette technique est recommandée en tant que technique complémentaire dans le cadre de l'exploration géochimique qui est basée sur le prélèvement de sédiments actuels, elle est donc très efficace pour la détection de concentrations géochimiques de minéraux lourds qui résistent aux processus d'altération mécanique et chimique. Ces minéraux se trouvent dans différents types de sites (or, métaux du groupe platine, Sn, W, terres rares, Nb-Ta, etc.).

Les échantillons de sédiments alluviaux utilisés pour le prélèvement d'échantillons de concentrés de minéraux lourds seront prélevés dans le ruisseau dans des zones où la présence et la concentration de minéraux lourds sont élevées (rives de ruisseau, changements de pente, méandres, tourbillons ou nids-de-poule, etc.). L'équipe de prospection doit chercher le point le plus approprié dans l'environnement près de celui proposé sur la carte, qui remplit ces conditions.

Les concentrés seront prélevés par lavage à la batée de 10 litres de sédiments à l'aide d'un pan américain, dans un petit puits creusé dans le banc de gravier. Les 10 litres de matériaux prélevés seront tamisés sur place à l'aide d'un tamis de 5 mm, afin de retirer toute la boue et de procéder au lavage à la batée à l'aide d'un pan américain, jusqu'à l'obtention d'une préconcentration de 200 g. Le lavage à la batée sera réalisé à un emplacement centralisé par un seul panneur afin d'éviter les erreurs associées aux différents styles de batée. Si le ruisseau faisant l'objet de prélèvement est sec et que les échantillons ne peuvent pas être lavés à la batée sur place, 10 litres de matériaux seront prélevés et tous les échantillons collectés dans les ruisseaux secs pendant cette période seront lavés à la batée dans un ruisseau d'eau potable à des intervalles réguliers.

Les données concernant l'environnement du point de prélèvement d'échantillons, les coordonnées et les incidents de prélèvements d'échantillons seront fournies dans le champ de concentrés de lavage à la batée du dossier disponible sur le site correspondant à ce point. De la même manière, tout comme pour la procédure suivie avec les sédiments actuels, deux photographies numériques seront prises, mettant en scène chaque point de prélèvement d'échantillons de concentrés de minéraux lourds, et qui seront référencées comme une photographie contenant les détails du puits de prélèvement et une autre photographie qui donnera un aperçu du ruisseau.

Les concentrés peuvent être analysés selon deux méthodes qui se complètent généralement et qui sont nécessaires :

- Une étude minéralogique semi-quantitative avec une loupe binoculaire (minéralométrie). Pour des raisons évidentes, cette procédure doit être réalisée en premier.
- Analyse chimique multi-élémentaire du concentré.

Étant donné les problèmes associés à la première méthode, notamment en ce qui concerne les délais courts de réalisation des travaux et les problèmes liés à la préparation des concentrés avant leur étude à la loupe binoculaire, la deuxième option sera adoptée, c.-à-d., l'analyse chimique des concentrés.

3.3.4.5 Prélèvement d'échantillons, équipe et logistique du matériel

Des délais très courts sont prévus pour la réalisation des travaux et les terrains sont difficiles d'accès en raison de la présence d'une végétation dense et d'une absence de réseaux de transport et d'accès adéquats (généralement, il s'agit d'une absence de routes et chemins dans la majorité des zones de travail). Selon la méthode adoptée pour la réalisation des travaux en Angola, le modèle de travail suivant sera utilisé.



- Des camps mobiles pour 30-40 personnes non loin du centre indiqué sur des feuilles au 1/250 000 jusqu'à l'élaboration des dites feuilles.
- Les équipes de prospection, composées d'un **chercheur** disposant de la formation et de l'expérience dans les techniques de prélèvement d'échantillons de base pour la prospection géochimique et d'un **assistant de terrain**, qui l'aidera à transporter les matériaux et qui l'assistera pendant le prélèvement d'échantillons.
- Les équipes de prospection se rendront sur le site dans **deux hélicoptères** pouvant transporter deux équipes (4 personnes), basées dans les camps (pilote, navigateur et équipe de maintenance). Chaque hélicoptère peut transporter **6 équipes** (par deux) jusqu'aux points de prélèvement d'échantillons et récupérer les deux premières équipes après que les deux dernières aient été conduites sur le site. L'hélicoptère transportera toutes les équipes **6 fois par jour**. Dans des conditions normales de travail, cela représentera un minimum de 60 échantillons par jour. La période de prélèvement d'échantillons prévue sera d'environ 90 jours.

Chaque équipe de prospection doit être composée d'un chercheur qui sera chargé du prélèvement d'échantillons, et d'un assistant. Un minimum de **12 équipes de prospection** est requis étant donné la quantité d'échantillons devant être prélevée au cours du prélèvement d'échantillons. Ce nombre variera au cours de la performance initiale établissant la visite. Un coordinateur de secteur doit participer dans chacune des trois équipes de prospection (4 coordinateurs de secteur). Leur mission consiste à coordonner les chercheurs, organiser la logistique des travaux, superviser et résoudre les problèmes et incidents observés au cours du prélèvement d'échantillons, maintenir les entrepôts d'échantillons temporaires et contrôler les échantillons en les numérotant conformément aux réglementations relatives à la numérotation et aux documents de travail (cartes, dossiers, liste de vérification des contrôles quotidiens, etc.) En ce qui concerne la présence des équipes, celles-ci ne doivent pas être éparpillées sur des secteurs vastes mais elles doivent couvrir le terrain par petits groupes, pour des motifs de logistique et de sécurité (pas forcément toutes mais la majorité des équipes), ce qui facilitera le regroupement des équipes sur les sites ou les villages ainsi que leur surveillance par les coordinateurs de secteur.

Les coordinateurs de secteur doivent être diplômés (géologie ou mines). Un diplôme technique intermédiaire est recommandé pour les chercheurs, tandis que les assistants n'ont pas besoin d'être diplômés. L'intégralité du personnel sur le terrain sera recrutée au Congo. Le personnel travaillera à plein temps sur une période d'environ 5 ans.

Chaque équipe de prospection (y compris les coordinateurs) utilisera un 4x4.

Autres équipements utilisés par l'équipe : GPS, tuyau, machettes, épées, 2 seaux en plastique d'une capacité de 10 l, sacs plastique, marqueurs permanents, petites cartes et sacs "Ziploc", appareils numériques, fichiers de champ, dossiers, tamis avec fond en nylon ou en acier inoxydable avec un maillage de 5 mm, sacs plastique pour mettre les échantillons quotidiens. De la même façon, des téléphones par satellite doivent être utilisés dans certains cas. Les téléphones portables normaux peuvent être utilisés si la couverture est suffisante dans la région.

Les équipements de camping, les tentes, les matelas pliants, les moustiquaires, les ustensiles de cuisine, le groupe électrogène et une camionnette au diesel ainsi qu'un approvisionnement en eau, nourriture et un moyen de transport pour récupérer le personnel travaillant dans la zone doivent être



mis en place. Une imprimante DIN A3 doit être utilisée pour éditer les plans d'échantillonnage au cas où ils seraient égarés.

3.3.4.6 Préparation des échantillons

La grande quantité d'échantillons prélevée sur le terrain au cours du projet doit être préparée et mise à disposition à des fins d'analyse chimique. De plus, différents sous-échantillons doivent être préparés pour différents types d'analyses, la préparation de répliques pour l'échantillonnage et le contrôle analytique ainsi que l'organisation du stockage des répliques systématiques pour les Archives nationales d'échantillons géochimiques du service de géologie en Angola.

En général, les procédures suivantes seront effectuées au centre ou en laboratoire :

- Réception et classification des échantillons.
- Séchage des échantillons.
- Désagrégation et homogénéisation des échantillons.
- Tamisage au niveau de granulométrie de l'analyse chimique.
- Broyage et pulvérisation des échantillons dans un broyeur à boulets en agate (Thema).
- Homogénéisation par la méthode des cônes et des quarts pour la mise en flacon des sous-échantillons avant leur envoi au laboratoire d'analyse chimique.
- Préparation des échantillons de répliques d'échantillons, dupliqués à des fins de contrôle qualité des analyses.
- Préparation de répliques pour l'archive des échantillons.

Le laboratoire doit travailler à raison de 100 échantillons par jour.

3.3.4.7 Analyse chimique multi-élémentaire des échantillons

Les échantillons seront envoyés dans des conteneurs et correctement identifiés après avoir été préparés à l'étape susmentionnée.

Analyse chimique multi-élémentaire des échantillons de sédiments (et, éventuellement des échantillons de sol)

Les échantillons seront analysés à l'aide de différentes techniques instrumentales qui seront adaptées à différents groupes d'éléments. Les teneurs en substances chimiques seront déterminées aux fins de calculer la concentration totale (ou presque) d'éléments. Les techniques ICP-MS et ICP-AES seront utilisées après la digestion acide des échantillons (0,5 g) et du tétra-acide (H_2NO_3 , $HClO_4$, HF et HCl). L'INAA (analyse instrumentale par activation neutronique) sera aussi utilisée. Les valeurs seront déterminées à l'aide de l'analyse instrumentale par activation neutronique (INAA) par l'irradiation d'1 g d'échantillon, sauf dans le cas d'Au, pour lequel il faudra procéder à l'analyse d'échantillons de 30 g pour garantir une représentativité plus élevée.

Le tableau ci-dessous indique les 64 éléments chimiques à analyser, les techniques instrumentales utilisées et les seuils de détection inférieurs recommandés.



Técnicas instrumentales aplicadas a la determinación de contenidos totales o casi totales.											
Elemento	Unidad	Técnica instrum.	L.I.D.	Elemento	Unidad	Técnica instrum.	L.I.D.	Elemento	Unidad	Técnica instrum.	L.I.D.
Ag	mg/kg	ICP-MS	0.025	Mn	mg/kg	ICP-AES	1	Zr	mg/kg	ICP-AES	2
Al	%	ICP-AES	0.01	Mo	mg/kg	ICP-AES	1	Ce	mg/kg	ICP-MS	0.1
As	mg/kg	INAA	0.5	Na	%	ICP-AES	0.01	Ce	mg/kg	INAA	3
Au	ug/kg	INAA	2	Nb	mg/kg	ICP-MS	0.1	La	mg/kg	ICP-MS	0.1
Ba	mg/kg	ICP-MS	1	Ni	mg/kg	ICP-MS	0.5	La	mg/kg	INAA	0.5
Be	mg/kg	ICP-MS	0.1	P	%	ICP-AES	0.001	Pr	mg/kg	ICP-MS	0.1
Bi	mg/kg	ICP-MS	0.1	Pb	mg/kg	ICP-MS	0.5	Nd	mg/kg	ICP-MS	0.1
Br	mg/kg	INAA	0.5	Rb	mg/kg	ICP-MS	0.2	Nd	mg/kg	INAA	5
Ca	%	ICP-AES	0.01	Re	mg/kg	ICP-MS	0.001	Sm	mg/kg	ICP-MS	0.1
Cd	mg/kg	ICP-MS	0.1	S	%	ICP-AES	0.01	Sm	mg/kg	INAA	0.1
Co	mg/kg	ICP-MS	0.1	Sb	mg/kg	INAA	0.1	Fu	mg/kg	ICP-MS	0.05
Cr	mg/kg	ICP-MS	1	Sc	mg/kg	INAA	0.1	Eu	mg/kg	INAA	0.2
Ce	mg/kg	ICP-MS	0.05	Se	mg/kg	ICP-MS	0.100	Gd	mg/kg	ICP-MS	0.1
Cu	mg/kg	ICP-MS	0.2	Sn	mg/kg	ICP-MS	1.000	Dv	mg/kg	ICP-MS	0.1
Fe	%	INAA	0.01	Sr	mg/kg	ICP-MS	0.2	Tb	mg/kg	ICP-MS	0.1
Ga	mg/kg	ICP-MS	0.1	Ta	mg/kg	ICP-MS	0.1	Tb	mg/kg	INAA	0.5
Ge	mg/kg	ICP-MS	0.1	Te	mg/kg	ICP-MS	0.1	Ho	mg/kg	ICP-MS	0.1
Hf	mg/kg	ICP-MS	0.1	Th	mg/kg	ICP-MS	0.1	Er	mg/kg	ICP-MS	0.1
Hf	mg/kg	INAA	1	Ti	%	ICP-AES	0.01	Tm	mg/kg	ICP-MS	0.1
Hg	ug/kg	ICP-MS	10	Tl	mg/kg	ICP-MS	0.05	Yb	mg/kg	ICP-MS	0.1
In	mg/kg	ICP-MS	0.1	U	mg/kg	ICP-MS	0.1	Yb	mg/kg	INAA	0.2
Ir	ug/kg	ICP-MS	5	V	mg/kg	ICP-AES	2	Lu	mg/kg	ICP-MS	0.1
K	%	ICP-AES	0.01	W	mg/kg	INAA	1	Lu	mg/kg	INAA	0.05
Li	mg/kg	ICP-MS	0.5	Y	mg/kg	ICP-MS	0.1				
Mg	%	ICP-AES	0.01	Zn	mg/kg	ICP-MS	0.5				

Analyse chimique de la concentration de minéraux lourds

Après avoir été lavés à l'eau distillée, les concentrés de minéraux lourds seront envoyés au laboratoire d'analyses pour déterminer la composition des 39 éléments chimiques. Un groupe sera analysé à l'aide de l'analyse instrumentale par activation neutronique et un autre groupe avec l'ICP-AES après la digestion par l'eau régale. Les éléments étant analysés et les seuils de détection inférieurs des techniques utilisées sont exprimés dans le tableau suivant.

Analyse instrumentale par activation neutronique (INAA)							
As	2 ppm	Cs	2 ppm	Na	0,05 %	Ta	1 ppm
Au	5 ppb	Eu	0,2 ppm	Nd	10 ppm	Tb	2 ppm
Ba	200 ppm	Fe	0,2 %	Rb	50 ppm	Th	0,5 ppm
Br	5 ppm	Hf	1 ppm	Sb	0,2 ppm	U	0,5 ppm
Ca	1%	Hg	5 ppm	Sc	0,1 ppm	W	4 ppm
Ce	3 ppm	Ir	50 ppb	Se	20 ppm	Yb	0,2 ppm
Co	5 ppm	La	1 ppm	Sm	0,1 ppm		
Cr	10 ppm	Lu	0,05 ppm	Sr	0,2 %		
ICP-AES. Extraction par eau régale.							



Ag	0,2 ppm	Mn	2 ppm	Pb	2 ppm		
Cd	0,5 ppm	Mo	2 ppm	S	0,01 %		
Cu	1 ppm	Ni	1 ppm	Zn	1 ppm		

Tableau 4. Oligo-éléments et principaux éléments à analyser à l'aide des techniques instrumentales proposées et leurs seuils de détection inférieurs. Concentrés de minéraux lourds.

Traitement et interprétation des données géochimiques

Les données géochimiques collectées seront traitées après avoir obtenu des données précises. Les données seront traitées du point de vue statistique et graphique avec des feuilles au 1/250 000 ou dans des blocs de plusieurs feuilles lorsque celles-ci correspondent aux domaines d'intérêt hautement métallogénique. Les données seront traitées avec des logiciels statistiques spécifiques (Statistica 8.0, ArcGis, Surfer 10.0, Grapher 6.0 et Geosoft). Les cartes présentant les caractéristiques géochimiques seront élaborées avec des calques topographiques, géologiques et de minéralisation numérisée mis au point au cours du projet.

Des traitements statistiques univariés et graphiques seront réalisés dans chaque bloc ou unité de travail, notamment les cartes de répartition géographique et les points de tracé ou de trame pour tous les éléments analysés dans les sédiments ou concentrés de minéraux lourds. Une analyse bivariable des données géochimiques sera réalisée pour vérifier la corrélation entre les variables géochimiques et sélectionner les variables les plus appropriés pour l'étude multivariée.

Ses objectifs sont multiples : la détermination des principales associations géochimiques qui expliquent la variabilité géochimique de la zone et leur répartition géographique. Elle est effectuée pour leur fournir une signification géologique, métallogénique ou anthropique, ainsi que l'intégration des cartes multivariées à la couverture géologique, des données métallogénique et, enfin, des données aéromagnétiques. Cela facilitera la compréhension du modèle géochimique régional. Les traitements de cartes et de graphiques ternaires sont utilisés pour la détermination des discontinuités qui pourraient correspondre à des structures profondes sans surface nette ainsi que la caractérisation d'éventuelles minéralisations sub-affleurantes intrusives. Les techniques d'analyse multivariée permettent la participation de l'échantillon de population totale en groupes ou catégories d'une importance géologique évidente. Les anomalies élémentaires seront déterminées par des groupes lithologiques ou des catégories géochimiques établies par des techniques multiélémentaires de répartition de la population. L'intégration des cartes d'anomalies élémentaires dans les sédiments et les concentrés de minéraux lourds servira à l'élaboration de cartes de synthèse de zones présentant des anomalies ou de zones favorables, sur lesquelles les différentes zones seront évaluées et leur hiérarchie sera déterminée en termes d'intérêt de prospection.

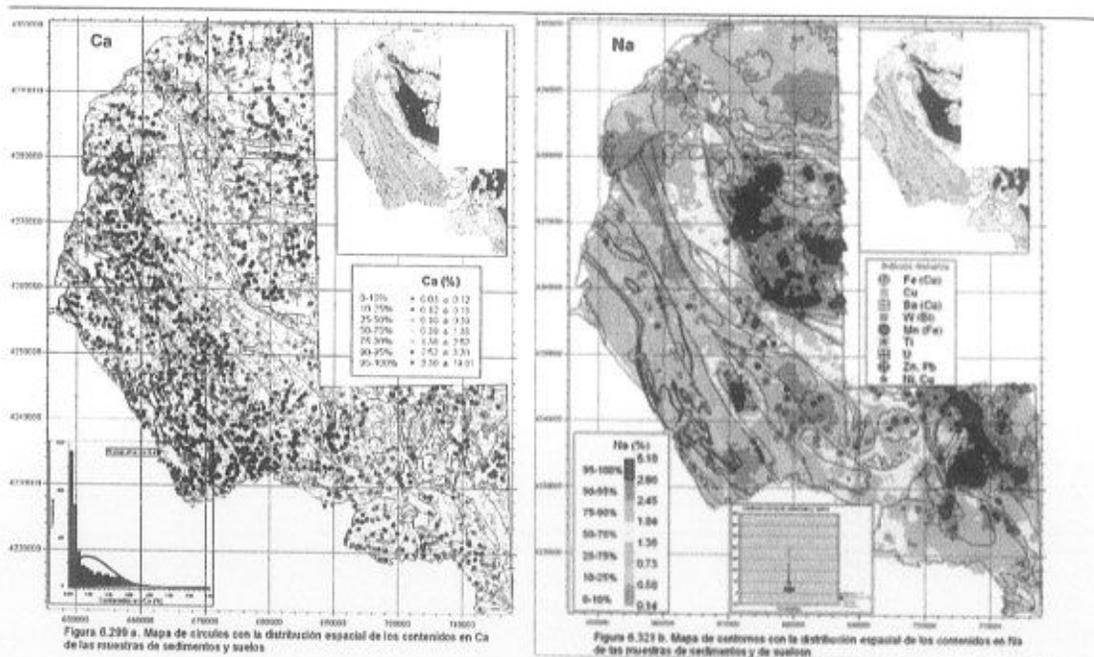


Figure 11. Exemples de cartes géochimiques avec une répartition géographique des éléments chimiques (points et tracés)

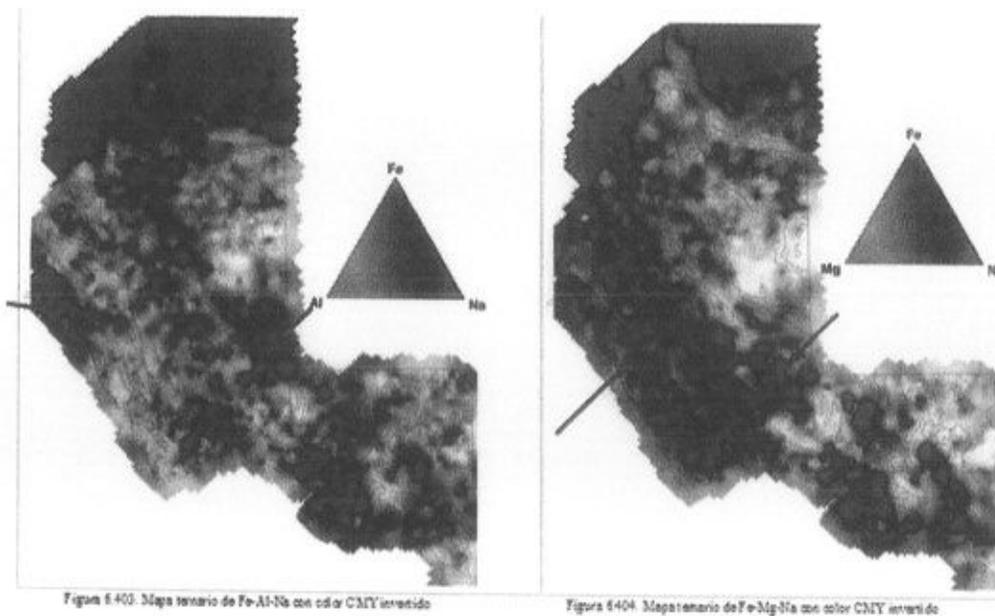


Figure 12. Exemples de cartes ternaires discriminant différents contextes lithostratigraphiques et illustrant les structures des linéaments.

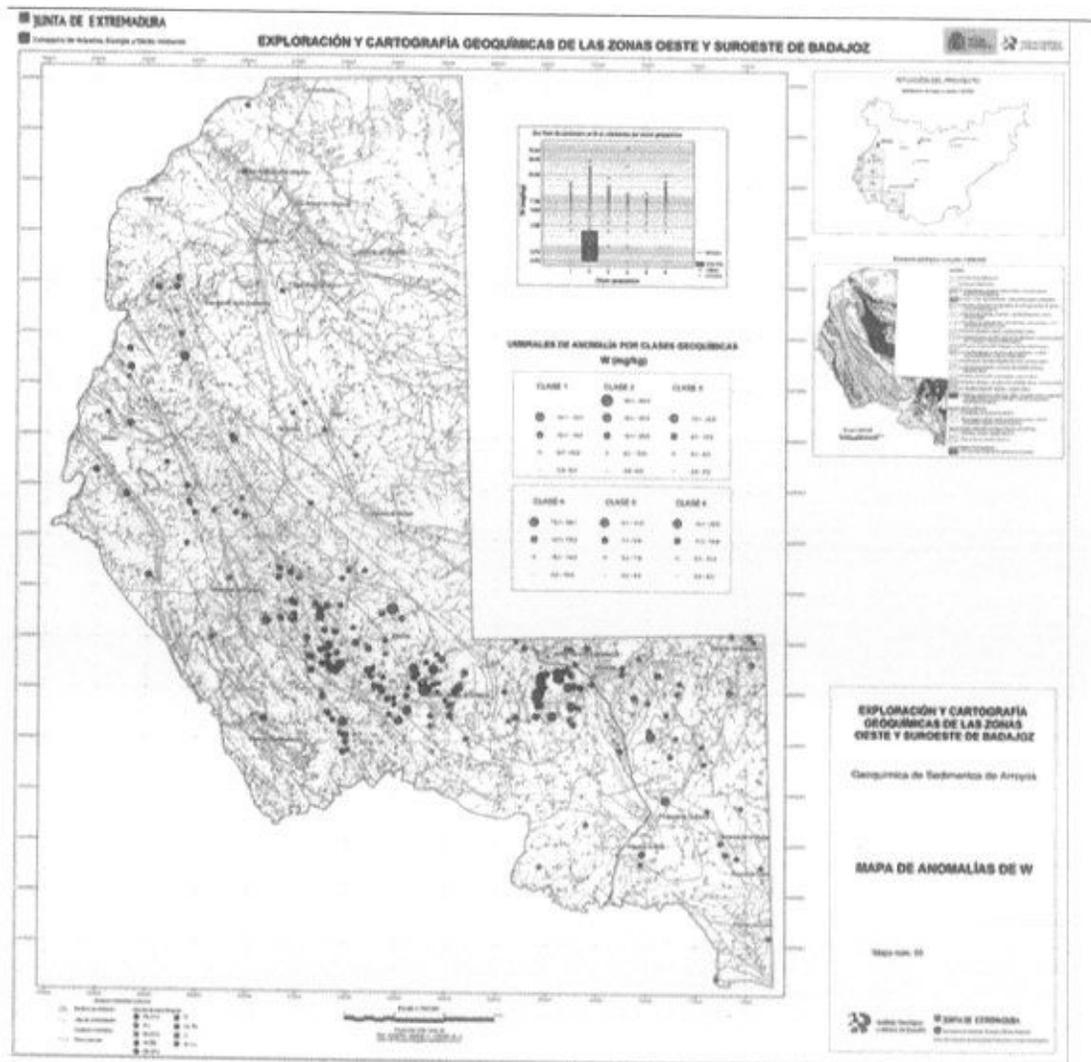


Figure 13. Exemple de carte d'anomalies par catégorie géochimique (Tungstène)

3.3.5 Réalisations. Rapport, cartes et base de données

Une série de rapports et de cartes sera générée grâce aux résultats de la procédure de levé géochimique, après l'envoi aux laboratoires de l'interprétation des données géochimiques et minéralométrique. Ces rapports et cartes sont décrits ci-dessous.

Les livrables, rapports et cartes sont structurés ou organisés en fonction de chaque bloc, avec 5 blocs dans la zone UTE (à l'exception des terrains dans le désert du Kalahari). Les rapports et cartes suivants seront élaborés pour chaque bloc, ce qui représentera l'unité d'interprétation des données.

Le rapport de bloc comprendra toute la documentation écrite ainsi que les schémas et cartes à l'échelle DIN 44 en rapport avec le traitement et l'interprétation des données géochimiques de cette région.

3.3.5.1 Rapport



Le premier chapitre comprendra une introduction de la zone de travail avec les caractéristiques géographiques de la zone, le relief et la morphologie, l'hydrographie, le climat, les zones peuplées et les principaux réseaux de transport et d'activité économique. Cela sera suivi par une description plus détaillée des caractéristiques géologiques de la zone, ainsi que les principales minéralisations de la zone, les opérations actives (le cas échéant) ainsi que les informations générales connues sur les projets d'exploration. Enfin, les résultats seront rédigés. Ce chapitre comprendra des schémas au format DIN 44 ainsi que des thèmes abordés dans le document.

Le deuxième chapitre comprendra une description de l'activité de levé géochimique réalisée, abordera les principaux incidents observés au cours du prélèvement d'échantillons tout en expliquant la méthode d'échantillonnage et en indiquant le nombre et le type d'échantillons prélevés. Les schémas des cartes d'échantillonnage et des photographies des principales zones ou environnements d'échantillonnage sont joints au format DIN A4. De la même manière, la préparation sur place et en laboratoire des échantillons sera brièvement décrite, tout comme les principales caractéristiques des analyses chimiques réalisées sur ces échantillons (méthodes d'analyses, seuils de détection, etc.).

Autres réalisations annexées au rapport :

- La carte des points d'échantillonnage des concentrés de minéraux lourds (batée de sédiments alluviaux) et des bassins hydrographiques liés à ces points (points de base de bassin) ainsi que les cartes des points d'échantillonnage de sédiments (ou sol) actuels.
- Le fichier de base des travaux géochimiques (nettoyage des données) avec les coordonnées des points et les analyses chimiques correspondantes, sans les résultats des échantillons de contrôle.

Le chapitre 3 donnera les résultats de la première phase de traitement des données et, plus précisément, l'analyse univariée. Si l'analyse univariée statistique, des encadrés et des graphiques sont joints pour chaque élément, contenant les paramètres ou caractéristiques des répartitions des différents éléments d'échantillon de population, comme la médiane, la moyenne arithmétique, l'écart-type (par exemple, des histogrammes, des boîtes de synthèse, des diagrammes Q-Q) et autres, tels que les graphiques log-probabilistes pouvant être utilisés pour discerner le caractère log-normal ou normal des répartitions et si celles-ci correspondent à une ou à une somme de populations superposables.

Un tableau contenant les paramètres descriptifs les plus importants de chaque élément est présenté pour résumer l'analyse statistique univariée (moyenne arithmétique, moyenne géométrique, écart-type, erreur d'écart-type, coefficient de variation, maximum, minimum, plage de variation, percentiles P50, P75, P90, P95, P99, etc.).

Le chapitre 4 présentera les résultats du traitement graphique multivarié des données géochimiques. Il comprendra les cartes de répartition géographique des variables géochimiques analysées. Ces représentations géochimiques sont généralement élaborées sur un arrière-plan avec des lignes correspondant aux caractéristiques géologiques du bloc et, éventuellement, avec des symboles des éléments minéraux connus dans la zone selon le degré de couverture atteint. Toutes les valeurs obtenues seront prises en compte lors de l'élaboration de ces préparations, y compris les valeurs de répartition et les valeurs aberrantes. Il existe deux types de représentation : avec des points ou des cercles de différents diamètres ou couleurs, en fonction des lignes de fond (correspondant aux percentiles les plus couramment utilisés, P10, P25, P50, P75, P90, P95, P99, ou avec des cartes tramées ou tracées, obtenues suite à la préparation de maillage et interpolation, à l'aide des méthodes ID2 ou de l'inverse du carré de la distance, ou du krigeage basé sur le variogramme de la variable étudiée.



Ces cartes disposeront des légendes et encadrés correspondants et apparaitront dans le rapport au format DIN A4. Leur contenu sera expliqué et commenté dans la nouvelle version du rapport. Il a pour objectif de fournir une description claire et d'illustrer le rapport le concernant.

Outre ces petites cartes, les cartes de répartition des éléments du bloc seront fournies à l'échelle correspondant au bloc. Ces cartes sont plus grandes et peuvent être présentées comme base et avec des caractéristiques géologiques simplifiées, un réseau hydrographique, des symboles de gisements minéraux, des villes principales et des réseaux de transports importants, ainsi que le degré de précision ou de clarté de la carte finale et les courbes de relief topographique maîtresses en sépia. Sur ces cartes, les données géochimiques apparaitront sur un calque de symbole (cercles par taille et diamètre correspondant aux parties du contenu de l'élément représenté). Le contour de la fenêtre de la carte indiquera les titres et sous-titres liés au projet, les développeurs de projet et les sponsors et, enfin, les titres des descriptions concernant le contenu de la carte spécifique. Les légendes géologiques et métallogéniques figureront de chaque côté de la carte. Il est possible de joindre des graphiques statistiques de l'élément présenté sur la carte, en bas, s'il y a assez de place (par exemple, des boîtes de synthèse), la carte tramée réduite de l'élément décrit dans le rapport ou toute autre donnée graphique des cartes aériennes ou de télédétection pouvant aider à comprendre la carte.

Le chapitre 5 fournira les résultats du traitement des données statistiques et graphiques obtenues à partir des études géochimiques de concentrés de minéraux lourds dans les lits de lavage à la batée.

Ce chapitre du rapport comprendra les données statistiques qui fournissent des informations sur la présence et la teneur en éléments métalliques concernant les minéraux lourds comme pour les variables géochimiques. De la même manière, tout comme pour les variables géochimiques, des cartes aux dimensions ou au format DIN A4 seront élaborées pour donner un aperçu rapide et simple de la répartition de ces éléments dans la zone du bloc étudié. Les cartes de répartition comporteront des points et non pas de trame étant donné la faible densité des échantillons de concentrés de minéraux lourds.

Le chapitre 6 renfermera les données de l'analyse bivariée ainsi que les données géochimiques des sédiments (et sols) actuels. Pour ce faire, une carte avec la corrélation des éléments chimiques (Pearson) avec un degré de variabilité significatif sera jointe. Ce rapport inclura une analyse des corrélations en indiquant les corrélations visées, selon la probabilité de détection et les caractéristiques comportementales des éléments chimiques dans l'environnement de surface et la majorité des éléments remarquables, soit en termes d'intensité ou en raison de la fréquence de détection moindre des paires associées.

Le chapitre 7 comprendra les résultats les plus importants de l'analyse multivariée des fonds géochimiques. L'analyse multivariée vise à mieux comprendre la structure des variables géochimiques et à réduire le caractère multidimensionnel des variables. En d'autres termes, à accéder à des relations internes qui ne se sont pas évidentes à première vue. Des techniques multivariées seront testées et les résultats seront utilisés afin de choisir la technique la plus adaptée et la plus productive en fonction de la clarté des informations (l'analyse typologique et l'analyse factorielle qui seront probablement la technique la plus couramment utilisée). Outre l'explication logique de la méthode suivie, le rapport déterminera et présentera les facteurs en résultant et, en fonction de la nature des éléments dans les différents groupes d'éléments représentant les facteurs, une première approche possible à chacun d'entre eux sera proposée. La représentation graphique des facteurs liée à chaque facteur sera utilisée pour approfondir et comprendre la signification de chaque facteur par l'analyse de leur répartition géographique, ou en d'autres termes, des causes physico-chimiques pouvant être utilisées pour expliquer l'origine et la répartition de ces associations d'éléments (associations géologiques,



métallogéniques, anthropiques, supergènes et autres). Ce chapitre comprendra des cartes au format DIN A4 de la répartition géographique des résultats des facteurs extraits, de la même manière que la répartition des éléments.

Les réalisations seront envoyées électroniquement dans un fichier qui inclura les pondérations factorielles de chaque facteur et, surtout, les facteurs de résultats avec les coordonnées de chaque échantillon ou point d'échantillonnage. De la même manière, elles renfermeront les cartes à l'échelle appliquée aux cartes de répartition géographique susmentionnée des résultats de chaque facteur dans leur fenêtre. (6-8 cartes).

Le chapitre 8 fournira une définition de chaque variable géochimique ou élément chimique d'importance métallogénique, ainsi que les seuils d'anomalie. Pour ce faire, la zone du bloc étudié doit être divisée en plusieurs grands secteurs géologiques-géochimiques de ce bloc. Ce processus peut être réalisé en se basant sur l'aspect géologique comme point de départ et produit généralement de meilleurs résultats lorsqu'une répartition d'échantillons est réalisée dans divers secteurs (groupes ou catégories géochimiques), uniquement en fonction de leur profils ou signatures géochimiques et avec des algorithmes de type k-means. Les seuils d'anomalies (premier, deuxième ou troisième ordre) des éléments de chaque catégorie ou secteur géochimique seront déterminés à l'aide de techniques traditionnelles après s'être assuré que les résultats de la répartition sont cohérents (comparaison des mesures des groupes ou analyse de variance et représentation des points correspondant à chaque base géochimique par rapport à la base géologique) et confirmant leur uniformité et cohérence. Les cartes des anomalies géochimiques des éléments d'un intérêt métallogénique seront de nouveau générées (Au, As, Sb, Sn, W, Ag, Bi, Co, Ni, etc.). Ces cartes seront générées au format DIN A4, jointes au rapport et à une échelle moins importante et plus de détails pour l'ensemble du bloc.

Réalisations : Le dossier de données comprend le code des groupes ou des catégories géochimiques formées. Des cartes illustrant la répartition des anomalies géochimiques des éléments chimiques d'intérêt métallogénique dans la fenêtre ou l'aménagement du bloc.

Le chapitre 9 aborde la comparaison et l'intégration des données géochimique (anomalies géochimiques par groupe ou catégorie géochimique) avec les anomalies liées aux éléments des concentrés de minéraux lourds, en gardant toujours à l'esprit les caractéristiques géologiques et les minéralisations. Cela permettra de déterminer les anomalies ou les bassins comportant des anomalies (bassins, intégration de 5-6 échantillons de sédiments et un échantillon de minéraux lourds en sortant du bassin) et, plus important encore, leur évaluation et la mise en place de leur hiérarchie selon les échantillons et les quantités comportant des anomalies déterminées, mais en tenant compte des modèles de sites des minéralisations à proximité et les caractéristiques géologiques des zones environnantes. Une carte de synthèse sera alors élaborée illustrant des anomalies organisées en bassins auxquelles différents degrés d'intérêts et de hiérarchie seront attribués. Ces degrés figureront sur la carte identifiée à l'aide d'un code couleur pour les bassins versants, allant du rouge (maximum) au vert (faible niveau d'intérêt).

3.3.5.2 Contrôle qualité

La qualité du contrôle et du suivi est primordiale et permet l'amélioration d'activités, telles que l'exploration cartographique et géochimique mentionnée au début du document, dans le but d'intégrer les résultats dans le Programme international de cartographie de références géochimiques mondiales. Ce programme détermine différentes sous-étapes d'activités auxquelles les nombreuses équipes de travail participent et au cours desquelles une quantité importante d'échantillons est manipulée. Des erreurs ou défaillances provoqués au cours d'une de ces étapes de travail peuvent



avoir une incidence défavorable importante sur les résultats finaux. Par conséquent, des protocoles de contrôle doivent être mis en place pour réduire le taux d'erreurs résultant d'un manque d'homogénéité dans les procédures suivies par les différentes équipes de travail. De la même manière, ces protocoles doivent détecter et permettre la résolution des erreurs résultant de la perte d'échantillons, d'une numérotation erronée et de la contamination d'échantillons au cours de la préparation d'échantillons. De plus, ces protocoles visent à contrôler les erreurs aléatoires et/ou systématiques survenues au cours de la phase d'analyse d'échantillons. Enfin, leur but consiste à calculer ou estimer le degré d'incertitude ou d'erreur inévitable lié à l'échantillonnage sur le terrain et en laboratoire et aux analyses chimiques (exactitude et précision).

Pour ce faire, les mesures suivantes doivent être adoptées :

- Des formations préalables du personnel de terrain et la préparation d'échantillons pour assurer un maximum d'uniformité de critères. Cette activité représente une amélioration évidente des résultats du projet et peut contribuer à la formation du personnel technique au cours d'un futur travail sur le terrain d'exploration.
- La formation et la détermination d'un groupe de coordinateurs de secteur ayant pour mission la réalisation d'activités de contrôle et de suivi sur le terrain et de l'activité d'échantillonnage.
- La mise en place d'une série de réglementations relatives au contrôle et au suivi, avec des visites de contrôles et la préparation d'inventaires des différents entrepôts d'échantillons temporaires et pour le flux de matériaux vers leurs diverses destinations.
- Le développement du protocole de contrôle qualité spécifique pour l'échantillonnage et les analyses. Le degré d'incertitude ou d'erreur d'échantillonnage de la campagne géochimique de sédiments actuels sera estimé (en parallèle aux procédures de qualité des analyses) à l'aide d'un prélèvement sur place de doublons d'échantillons pour un pourcentage d'échantillons de campagne actuelle (5%), selon le schéma suivant, ce qui concernera 220 doublons d'échantillons.

En ce qui concerne le contrôle qualité des analyses, les contrôles d'exactitude des résultats seront réalisés et la dérive instrumentale sera évitée avec l'intégration de modèles ou normes internationaux dans les "lots" d'analyse (1 sur 17 échantillons), y compris l'analyse des répliques dans le même laboratoire (3 échantillons sur 100 échantillons analysés).

De plus, 5% des doublons d'échantillons de terrain seront collectés par les superviseurs ou coordinateurs. La procédure qui doit être suivie par des doublons échantillons est résumée sur le graphique ci-dessous. Les points de chaque réplique des sédiments seront rassemblés et reportés sur les cartes de points d'échantillons de contrôle. Les points de contrôle seront déterminés de manière à garantir une prise en compte représentative et homogène, selon la densité d'échantillonnage dans chaque zone. Ces échantillons seront collectés par les coordinateurs de la zone au cours de leurs visites avec les équipes concernées.

