

Nom du forage	Profondeur du toit de la couche V (en mètre)	Profondeur du toit la couche IV (en mètre)	Valeur de D (en mètre)
B108	38,37	26,4	11,97
G107	50,73	39,73	11
B114	28,34	23,2	5,14
B107	40,58	30,66	9,92
G104	39,28	26,73	12,55
B110	25,44	17,6	7,84
B105	43,3	32,64	10,66
B103	168,32	156,44	11,88
B106	154,15	147,95	6,2
SA-4	164,43	152,15	12,28
Moyenne			9,944

Tableau 20 : Distance entre les toits des couches IV et V dans l'Extension Sud

II.3.2. Calcul de la profondeur du forage destructif

Le calcul est analogue à celui de la profondeur finale de forage, c'est-à-dire calculée à partir de la profondeur du toit de la couche IV (tableau 11).

Le tableau de la page suivante nous donne le résultat de ce calcul.

Nom du forage (F _{ij})	C _{ij} (profondeur de la couche IV en mètre)	D _{ij} (distance entre les toits des couches IV et V en mètre)	S _{ij} (profondeur du forage destructif en mètre)
F ₁₁	210	31,9	178,1
F ₁₂	210	31,9	178,1
F ₁₃	210	31,9	178,1
F ₁₄	260	6,319	253,681
F ₁₅	250	6,319	243,681
F ₁₆	250	7,966	242,034
F ₁₇	240	7,966	232,034
F ₁₈	175	9,944	165,056
F ₁₉	260	9,944	250,056
Sous-total 1			1920,842
F ₂₁	270	31,9	238,1
F ₂₂	275	31,9	243,1
F ₂₃	275	31,9	243,1
F ₂₄	365	6,319	358,681
F ₂₅	355	6,319	348,681
F ₂₆	360	7,966	352,034
F ₂₇	355	7,966	347,034
F ₂₈	270	9,944	260,056
F ₂₉	340	9,944	330,056
Sous-total 2			2720,842
Total général			4641,684

Tableau 21 : Profondeur du forage destructif des nouveaux points de forage

II.4. Calcul de la longueur du carottage

La longueur du carottage est la différence entre la profondeur finale du forage et la profondeur du forage destructif.

La formule de calcul est la suivante

$$T_{ij} = P_{ij} - S_{ij}$$

Ligne d'implantation	Nom du forage (F _{ij})	P _{ij} (profondeur finale en mètre)	S _{ij} (profondeur du forage destructif en mètre)	T _{ij} longueur du carottage (en mètre)
1	F ₁₁	222,319	178,100	44,219
	F ₁₂	222,319	178,100	44,219
	F ₁₃	222,319	178,100	44,219
	F ₁₄	268,319	253,681	14,638
	F ₁₅	258,319	243,681	14,638
	F ₁₆	259,966	242,034	17,932
	F ₁₇	249,966	232,034	17,932
	F ₁₈	187,181	165,056	22,125
	F ₁₉	272,181	250,056	22,125
	Sous total 1	2162.889	1920.842	242.047
2	F ₂₁	282,319	238,100	44,219
	F ₂₂	287,319	243,100	44,219
	F ₂₃	287,319	243,100	44,219
	F ₂₄	373,319	358,681	14,638
	F ₂₅	363,319	348,681	14,638
	F ₂₆	369,966	352,034	17,932
	F ₂₇	364,966	347,034	17,932
	F ₂₈	282,181	260,056	22,125
	F ₂₉	352,181	330,056	22,125
	Sous-total 2	2962.889	2720.842	242.047
	Total général	5125.778	4641,684	484,094

Tableau 22 : Longueur du forage et du carottage

Les nouveaux points de forage à exécuter auront donc un métrage total de 5125.778 m dont 4641.684 m foré en destructif et 484.094 m carotté.

CHAPITRE III : VENTILATION DES TRAVAUX ET CHOIX DES EQUIPEMENTS

Après avoir fixé les objectifs de l'étude, nous enchaînons maintenant sur l'examen détaillé des travaux à réaliser et l'inventaire des équipements nécessaires à la campagne de réalisation de la prospection envisagée.

I. VENTILATION DES TRAVAUX

Comme pour toute opération de terrain, il convient ici d'examiner les divers travaux relatifs aux trois phases conventionnelles de mobilisation, de chantier et de repli.

I.1. Mobilisation

Dans cette phase, nous regroupons les travaux préparatoires qui doivent être exécutés au préalable, afin que la prospection puisse se réaliser dans les meilleures conditions. Ils consistent principalement à divers travaux de Génie Civil et à l'amenée du gros matériel.

I.1.1. Génie civil

Dans cette catégorie on distingue notamment la réhabilitation des voies existantes, le réaménagement du campement, l'ouverture des pistes d'accès et l'aménagement des sites de forage.

I.1.1.1. Réhabilitation des voies existantes

Elle concerne la portion de route comprise entre la bifurcation d'Ambatry et le camp d'Ankinany, à laquelle on doit ajouter celles qui mènent vers la Commune de Soamanonga et les villages voisins de Manintsy et Betampy.

Rappelons en effet, que jusqu'à Ambatry, on emprunte la Route Nationale Principale n° 7 et la Route Nationale Secondaire n°10. L'état de ces routes est bon, respectivement acceptable, étant donné que leur entretien est à la charge du Département des Travaux Publics.

Au contraire, la Route d'Intérêt Provincial qui mène vers Soamanonga à partir de la ville de Betioky, ou plus précisément du village d'Ambatry, se trouve presque toujours dans un état lamentable, étant d'un trafic rare et mal entretenu. Elle mesure environ 40 Km.

Il en est de même de la piste qui mène à Ankinany, à partir de la bifurcation de Bevinda, et de celles qui conduisent aux petits villages environnants. Ces dernières totalisent environ 20 km. Ce qui donne un total de 60 Km de réhabilitation.

Les travaux sur ces routes consistent principalement au surfacage de la chaussée, au débroussaillage des accotements et au remblayage des raccordements des ponts et radiers.

I.1.1.2. Réaménagement du camp d'Ankinany

Ankinany se trouve sur la rive droite de la rivière Manintsy à l'est de la Mine II. Ce lieu a constitué à plusieurs reprises, le siège du camp de base pour les campagnes antérieures d'étude et d'essai d'exploitation du gisement de charbon de la Sakoa. On y retrouve encore les ruines d'anciennes constructions. Le dernier séjour durable date des années 1986 à 1989, au cours des campagnes de sondage sur la Grande Mine, et d'exploitation pilote de 10.000

tonnes par an sur la Mine III. A l'heure actuelle, la Direction de l'Energie Atomique de l'O.M.N.I.S y effectue des fréquents passages, en des missions de prospection.

Nous pensons alors qu'il est raisonnable d'installer le camp principal pour cette campagne de prospection de l'Extension Ouest, sur le même lieu. La raison principale est l'existence d'infrastructures routières relativement faciles à réaménager. Ce qui facilitera énormément l'approvisionnement en eau, l'accès au marché de Soamanonga et le recrutement des ouvriers.

Avant l'installation proprement dite, le réaménagement du camp consiste essentiellement au débroussaillage du site et au nivellement des diverses aires de stockage, de parking et d'habitation.

I.1.1.3. Ouverture des voies d'accès

Les voies d'accès dont nous parlons ici sont les nouvelles pistes qui permettront d'accéder à la zone d'étude d'une part et aux points de forages d'autre part.

- Accès à la zone d'étude

Il peut se faire :

- Soit directement à partir du camp d'Ankinany en passant par la Grande Mine. Ce qui suppose la traversée de la rivière Sakoa
- Soit par une piste que l'on ouvrira à partir d'une bifurcation située sur la route de Betioky, un peu à l'Ouest du pont de la Sakoa. Cette piste longera les crêtes qui mènent vers le Nord.

La première variante présente l'avantage que l'on peut utiliser les pistes existantes sur la grande Mine, qui ne demandent qu'une réhabilitation relativement facile. L'inconvénient majeur est la nécessité de traverser le lit de la Sakoa à gué. D'une part, il va falloir choisir le point le plus facile à descendre ou à remonter sur les deux rives.

Cette variante présente également le risque d'isolement de la zone d'étude par rapport au camp, dans le cas où les travaux de prospection se prolongent au-delà de la saison sèche. En effet, en période de pluie, la rivière Sakoa est pratiquement infranchissable à gué à cause de ses crues réputées très dangereuses.

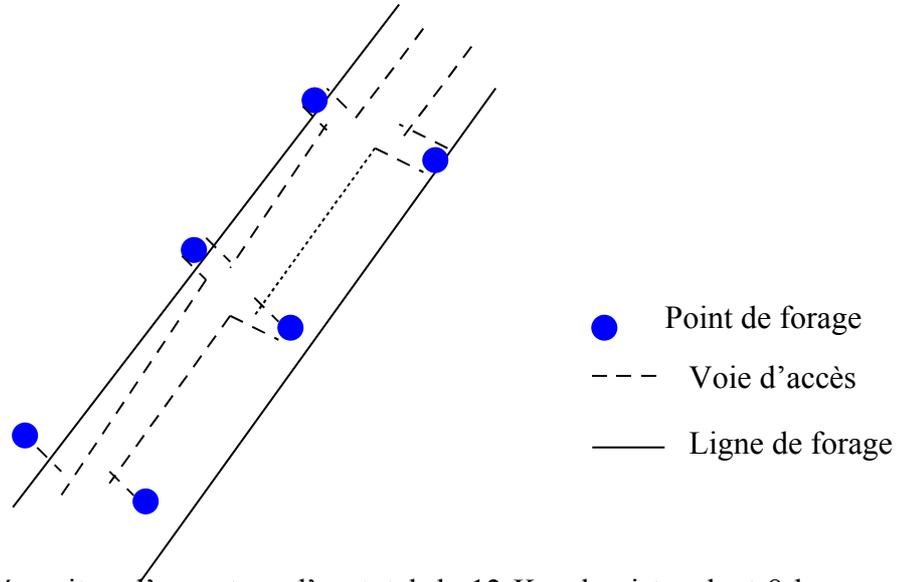
La seconde variante présente l'avantage d'enrayer les soucis inhérents à la traversée de la rivière Sakoa. Ce qui revêt une très grande importance dans le cas où la prospection s'avère positive, ou en vue de l'exploitation future de cette partie du gisement. Son seul inconvénient est que, d'abord elle rallonge la distance entre le camp et la zone d'étude. Ensuite l'ouverture de la nouvelle piste engendrera à la campagne des coûts, et à l'environnement des dégâts supplémentaires par rapport à ceux qui seront indispensables aux travaux relatifs à la prospection proprement dite.

Au vu de ces discussions, nous optons pour la seconde alternative qui paraît plus avantageuse, en égard à la perspective de l'étude. Nous estimons à 4 Km, la nouvelle piste à aménager à partir de la bifurcation jusqu'à la zone d'étude.

- Accès aux points de forage

A la lumière des discussions précédentes quant à la rotation du forage-carottage et à l'accès à la zone d'étude, il nous paraît judicieux de procéder comme suit pour accéder aux points de forage :

- la voie principale d'accès sera prolongée d'une piste centrale sur l'aire à étudier, entre les deux lignes de forages.
- à partir de cette piste centrale Nord-sud, on ouvrira des voies secondaires qui lui sont perpendiculaires et qui mènent vers les sites à forer.



Ce scénario nécessitera l'ouverture d'un total de 12 Km de pistes dont 8 km pour la voie centrale et 4 Km pour les voies secondaires.

I.1.1.4. Aménagement des sites de forage

Les aménagements des sites de forage visent à faciliter l'installation des équipements de forage et des camps mobiles secondaires.

D'abord, l'installation de l'appareil de forage, le stockage des matériels tubulaires et le montage des équipements de circulation du fluide de forage nécessitent une aire bien plane.

Ensuite, étant donné l'éloignement de la zone de travail vis-à-vis du camp de base, il s'avère nécessaire que chaque point de forage soit doté du minimum de structure d'hébergement secondaire, également sur une aire bien aménagée.

Le besoin total porte environ sur 1a50ca d'aménagement sur chaque site de forage.

I.1.2. Transport du gros matériel

Cette rubrique constitue un volet non négligeable des travaux de mobilisation. Il s'agit d'acheminer au chantier, l'appareil et les équipements de forage d'une part, les engins, véhicules et outillages d'autre part.

Ce transport se fait par voie terrestre, sur les voies publiques jusqu'au chantier proprement dit.

I.2. Chantier

Cette phase de la campagne englobe la totalité des travaux à effectuer sur les 18 forages programmés. C'est la phase la plus importante de la campagne, du fait que c'est par ces travaux que se réalise la prospection considérée. On doit encore leur ajouter les travaux d'entretien routier. Et auparavant, et bien même avant la construction des voies d'accès, il faut avoir implanté les points de forage.

Concernant les travaux de forage-carottage, ils présentent une certaine similitude sur tous les points à forer, à la différence près que les profondeurs finales et les longueurs des sections diffèrent d'un point à l'autre. Ces travaux débutent par le montage de l'appareil au site et se terminent par son démontage et transfert au site suivant, en passant par les opérations d'investigation qui s'imposent.

I.2.1. Implantation des forages

Elle vise à matérialiser sur terrain, les 18 points de forage dont les coordonnées ont été établies lors du calcul d'implantation. Elle est réalisée par une équipe d'ouvriers dirigée par un topographe. Mais l'intervention d'un sondeur est également nécessaire pour décider de la position exacte des points, sur une aire facile à aménager en vue du montage de l'appareil de forage. Le topographe détermine ensuite les coordonnées réelles et définitives des points, ainsi que le décalage par rapport aux coordonnées théoriques prévisionnelles.

I.2.2. Montage de l'appareil de forage

L'appareil de forage est monté sur la verticale du point de forage en respectant scrupuleusement les données d'implantation, notamment en ce qui concerne les coordonnées définitives.

On procède ensuite aux vérifications de rigueur quant au positionnement et au fonctionnement des divers équipements.

I.2.3. Forage-carottage

I.2.3.1. Section de surface

Selon les recommandations précisées au chapitre précédent, la section de surface est entièrement forée en destructif. Durant le forage, il convient de procéder à des analyses continues des cuttings, afin de pouvoir décider de la profondeur d'arrêt de la section. Celle-ci est marquée par l'apparition des premiers indices de charbon au tamis vibrant.

En fait, le programme donne des indications sur la longueur des sections de surface. Mais on sait que ces valeurs prévisionnelles ne sont qu'approximatives, étant déduites par extrapolation à partir des données disponibles sur la Grande Mine.

Toujours selon les recommandations, au terme de l'opération de forage, la section est tubée, sans que le tubage soit cimenté.

I.2.3.2. Section technique

Nos recommandations préconisent le carottage continu de toutes les formations minéralisées, avec les intercalations stériles. Durant cette opération, les cuttings sont toujours analysés, afin que l'on puisse disposer de corrélation avec les résultats des études des carottes. Les précautions appropriées doivent être prises afin de réaliser le maximum de récupération dont dépendent les résultats des études. L'essentiel est la réduction des vibrations du train de carottage, en maintenant à des valeurs raisonnables, les deux paramètres mécaniques les plus influents, à savoir le poids sur l'outil et la vitesse de rotation.

Au terme de chaque passe de carottage, la carotte doit être emballée dans des caisses de bois, et accompagnée d'une étiquette qui porte mention des principales informations indispensables à une bonne interprétation ultérieure telles que le nom du puits, le numéro de la carotte, la profondeur de provenance, la position normale, la description sommaire...etc.

La section technique est arrêtée lorsque le mur de la couche IV est atteint. Ceci marque d'ailleurs la profondeur finale du forage considéré.

I.2.3.3. Démontage et transfert de l'appareil

A la fin du forage-carottage, toutes les précautions sont prises en vue de l'abandon du forage. Les principales opérations sont la récupération du tubage de surface, le démontage de l'appareil et des équipements ainsi que la confection d'une borne indicatrice sur le lieu. Ensuite, on procède au chargement et transfert des équipements au site suivant.

I.2.4. Entretien routier

Dans cette catégorie, on inclut tous les travaux d'entretien courant des diverses routes et pistes qui s'imposent, alors que les opérations de forage-carottage suivent leur cours normal. Ce sont donc des travaux de génie civil destinés à maintenir les voies en bon état, à faciliter le trafic et à atténuer l'usure des matériels roulants.

I.3. Repli

Cette dernière phase de la campagne consiste essentiellement à la ramené de tous les matériels et équipements de forage. En principe, il débute au terme de la réalisation de la campagne, à partir du démontage au dernier point de forage. Le transfert est confondu, dans ce cas, au repli en soi.

Dans la pratique et en vue d'accélérer le processus, on peut entamer le repli bien avant la fin du dernier forage. En effet, quelques jours avant que la campagne ne touche à sa fin, on est en mesure de prévoir les matériaux et matériels nécessaires au reste des travaux, si bien que les reliquats peuvent déjà être évacués au préalable.

Il en est de même du personnel. Les agents peuvent quitter le chantier au fur et à mesure qu'ils auraient accompli leur mission. Le dernier convoi ne doit comporter que les matériels et les agents utiles aux travaux ultimes.

II. CHOIX DES EQUIPEMENTS

Dans ce paragraphe, nous allons passer en revue les divers équipements que l'on envisage d'utiliser pour la réalisation des travaux discutés précédemment. Nous les regroupons en trois catégories : les engins de génie civil et les matériels roulants, l'appareil et les équipements de forage, les matériels et outillages de campement.

II.1. Engins de génie civil et matériels roulants

II.1.1. Engins de génie civil

Ils sont indispensables pour la réalisation des cinq catégories de travaux ci-dessous :

- la réhabilitation des voies existantes
- le réaménagement du camp principal
- l'ouverture des voies d'accès
- l'aménagement des sites de forage
- l'entretien routier

Les besoins portent sur les principaux engins suivants :

- 01 engin de terrassement de type BULDOZER D7. Il est particulièrement indispensable pour l'ouverture des voies d'accès, étant donné que la zone concernée est couverte d'une forêt primaire très dense et que le sol est parsemé de blocs de grès. Mais il peut également servir pour la réhabilitation initiale des routes du fait également que ces routes sont très pierreuses par endroits.
- 01 engin de nivellement de type GRADER G12, nécessaire pour le surfacage des chaussées, des camps et des sites de forage.
- 01 engin multi-usage de type TRAX 950 qui peut servir aux travaux de remblayage, excavation peu profonde et de chargement de matériels lourds.

II.1.2. Matériels roulants

Ce sont les véhicules montés sur pneumatiques pouvant rouler sur grande distance et à des vitesses acceptables. Ils sont nécessaires pour le transport du matériel et du personnel. Les besoins portent sur les suivants :

- des camions de charge utile supérieure à 10 tonnes pour l'acheminement et la ramené de l'appareil et des équipements de forage, ainsi que le transport des divers outillages de campement. On estime leur nombre à 05 pour la mobilisation, 03 pour le repli et 01 permanent pour le chantier. Ce dernier sert pour le ravitaillement régulier en carburant et en d'autres produits, à partir de Tuléar.
- 01 camion-citerne pour l'approvisionnement en eau du campement et du chantier de forage.
- 03 camionnettes pick-up tout terrain qui serviront de véhicules de liaison rapide entre le camp principal d'une part et le chantier d'autre part.

II.2. Appareil et équipements de forage

Dans ce sous-paragraphe, nous nous intéressons particulièrement aux outillages nécessaires à la réalisation des travaux de forage carottage, objet principal de notre étude. Les outillages se divisent en deux catégories, à savoir l'appareil de forage d'une part, et les équipements d'autre part. Leur choix est déterminé par la nature et la spécificité du programme à réaliser.

II.2.1. Appareil de forage

Théoriquement, le choix doit porter, parmi toute la gamme d'appareils existants, sur celui qui répond le mieux au programme et permet de réaliser le moindre coût, tout en étant facile à trouver à Madagascar.

Concernant les deux premiers critères, puis que notre objectif consiste en une prospection minière peut profonde, nous devons faire appel aux appareils légers de type sondeuse.

Le troisième critère semble le plus déterminant dans notre cas, du fait que l'on ne dispose pas d'un choix suffisamment large dans notre pays. En effet, nous avons procédé à une prospection dans la capitale, auprès des sociétés impliquées dans les travaux de forage. Mais nos efforts se sont avérés presque infructueux, étant donné que la plupart des sociétés consultées ne s'occupent que des études géotechniques, si bien qu'elles ne possèdent que des appareils de portée largement inférieure à la profondeur de nos objectifs.

Le seul type d'appareil envisageable est la sondeuse Longyear SH III, disponible auprès de l'OMNIS. Cet appareil a déjà fait ses preuves lors des campagnes antérieures de

prospection de la Grande Mine. Mais d'après les confidences du détenteur, et la visite du parc de sondage de l'OMNIS que nous avons effectuée, il paraît que l'engin nécessite une sérieuse remise en état pour regagner ses performances nominales.

C'est un appareil auto porté, muni des principaux organes suivants :

- Une pompe d'injection 535 RQD III
- Une pompe d'adduction Hatz KSB
- Un groupe de soudage électrique
- Un générateur électrique
- Un kit de soudage autogène

La fiche technique, ainsi que le schéma de cet appareil sont donnés en annexe 9.

II.2.2. Equipements de forage

Ce sont les outils et les matériels tubulaires qui sont associés à la sondeuse choisie précédemment. Leur composition est déterminée par le type d'opération à effectuer.

On distingue le train de sonde pour le forage destructif et le train de carottage pour le carottage.

II.2.2.1 Train de sonde

Ceci intéresse l'exécution des sections de surface pour lesquelles les formations stériles doivent être traversées le plus rapidement possible, avant d'accéder aux couches minéralisées sous-jacentes. Ses principaux éléments sont les suivants :

- **Trépans**

Les grès à traverser étant des formations moyennement dures, on peut choisir des tricônes de fabrication Hughes, types J 44, dents de carbure de tungstène serties. Le guide pour ce choix est illustré en annexe 8.

On estime le besoin total à 30 outils, à raison d'une moyenne d'un outil pour 150m d'intervalle de forage.

Nous donnons dans le même annexe 8 les caractéristiques de ces trépans

- **Tiges de forage**

Au contraire du forage pétrolier profond, le forage avec sondeuse réclame dans le train de tiges, uniquement des tiges de forage, pour les raisons ci-après :

- le rôle de fournir le poids sur l'outil qui est normalement attribué aux masses- tiges est assuré par la tête de rotation de la sondeuse
- Le rôle d'entraînement habituellement joué par la tige d'entraînement est rempli par la même tête de rotation de l'appareil.

Nous donnons ci-dessous, le tableau des dimensions géométriques des tiges de la série Q de fabrication Longyear.

LONGUEUR DISPONIBLE		TIGES	DIAMETRE EXTERIEUR		DIAMETRE INTERIEUR	
Pied	m		Pouce	mm	Pouce	mm
9.84	3	BQ	2 ^{3/16}	55,6	1 ^{13/16}	46,0
9.84	3	NQ				
9.84	3	HQ	2 ^{1/2}	88,9	3	76,2

Tableau 23 : Dimensions géométriques des tiges

En tenant compte du fait que le train de carottage utilise les mêmes tiges de forage, l'estimation du besoin sera traitée dans le sous-paragraphe afférent au carottage.

II.2.2.2. Tubage

Ce sont les revêtements des sections de surface. Rappelons que nos tubages sont récupérables, étant non cimentés. Nous optons pour des tubes de la série W, toujours de fabrication Longyear.

Le tableau ci-après en donne les principales dimensions.

TUBES	DIAMETRE EXTERIEUR		DIAMETRE INTERIEUR		LONGUEUR DISPONIBLE	
	En pouce	En mm	En Pouce	En mm	En pied	En m
BQ	2 ^{7/8}	73,0	2 ^{3/8}	60,3	9.84-4.92	3 - 1,5
NQ	3 ½	88,9	3	76,2	9.84-4.92-3.94-1.97	3-1,5-1,2-0,6
HQ	4 ½	114,3	4	101,6	14.76-11.81-9.84-8.20-4.92-3.28	4,5 -3,6-3-2,5-1,5-1

Tableau 24 : Dimensions des tubes

Nous faisons notre calcul de la longueur des tubes, sur la base de la profondeur maximale des sections de surface qui est égale à 358,681 m pour le forage F₂₄. Cette longueur est doublée pour tenir compte des éventuels accidents des tubes (fissuration, rupture) d'une part, et de la possibilité que certaines sections de surface puissent être plus profondes que prévues d'autre part.

Ce qui porte le besoin de tubes à 717,36 m environ.