

**DEUXIEME PARTIE : IMPLANTATION ET
ETABLISSEMENT DE PROGRAMME DE FORAGE**

CHAPITRE I : GENERALITES

Dans ce chapitre, nous allons préciser les objectifs à atteindre et les principes sur lesquels seront basés les calculs d'implantation et de forage. Nous allons également faire une évaluation préalable de la réserve possible de charbon de notre zone d'étude, afin de mieux apprécier l'opportunité du programme de prospection proposée.

Les problèmes à résoudre sont la détermination des coordonnées des points de forage ainsi que la ventilation des travaux à effectuer.

Les différents calculs afférents donneront le nombre de forages et le coût de la campagne.

I. OBJECTIFS

De tout ce qui a été discuté dans la première partie, on dégage les trois points essentiels suivants:

- Parmi tous les bassins constituant le grand bassin houiller du Sud- Ouest malgache, celui de la Sakoa est le plus étudié et présente les caractéristiques favorables à une mise en valeur.
- Les études antérieures ont divisé le secteur de la Sakoa en quatre aires de mine, à savoir les Mines I, II et III ainsi que l'Extension Sud.
- La dernière étude effectuée par Norwest visait l'exploitation du secteur, à laquelle seraient intégrées en aval, l'implantation d'une cimenterie régionale à Tuléar, et encore d'autres possibilités d'utilisation du charbon.

Il en résulte qu'un volume important de documents est disponible sur le secteur. Et la présente étude se propose encore d'approfondir sa connaissance, par la prospection de ce qui pourra être son extension vers l'Ouest, au-delà de la rivière Sakoa. L'objectif principal est celui de trouver une quantité adéquate et suffisante de charbon, pour une mine encore plus grande que celle qui est envisagée jusqu'à présent.

Ce qui nous intéresse le plus c'est d'étudier dans la zone considérée :

- la continuité de la minéralisation
- la constance des pendages
- l'existence d'accidents tectoniques
- la qualité du charbon

En effet, d'après les données rappelées dans la partie précédente, la Grande Mine présente des variations concernant ces paramètres. Et l'on se demande ce qu'il en est effectivement au-delà de la rivière Sakoa, dans la zone que nous appellerons désormais « Extension Ouest ».

II. PRINCIPES

Etant donné les données géologiques, tectoniques et stratigraphiques obtenues lors de l'exploration de la « Grande Mine », on s'attend à ce que dans l'Extension Ouest, les premières couches de charbon se trouveraient à des profondeurs de l'ordre de 160 m à 360 m en dessous de la surface. De ce fait, le forage est la seule méthode qui puisse être adéquate

pour sa prospection. Pour ce faire, nous proposons les principes suivants pour l'implantation des points de forage d'une part, et le programme d'exécution d'autre part.

II.1. Implantation

Nous suggérons que les forages soient implantés sur deux lignes parallèles entre elles d'abord, ensuite approximativement avec l'alignement général des forages G, M et B de la Grande Mine.

En fait, cette disposition vise à repérer la position sur la verticale des différentes couches de charbon en des points situés à la même distance sur l'horizontale, à partir des affleurements.

Les lignes et les points seront disposés comme suit :

- Les lignes porteront les numéros 1 et 2, selon qu'elles se trouvent la plus à l'Est, respectivement la plus à l'Ouest
- Du Nord au Sud, chaque ligne devra couvrir au moins la même distance cumulée des quatre aires de la Grande Mine adjacente.
- La première ligne sera fixée à 50 m à l'Ouest de la rive gauche de la rivière Sakoa, afin de pouvoir implanter les sites de forage sur des aires planes, en dehors des pentes de la rive.
- La distance entre les deux lignes sera fixée à 300 m. On pense que cette distance est suffisante pour permettre de calculer les pendages des couches ou de mettre en évidence les éventuels accidents tectoniques
- Sur chaque ligne, les forages seront distants de 1000 m. Cet espacement donne un maillage nettement moins serré que celui des anciens forages de la Grande Mine. Mais puisqu'il s'agit ici encore d'une première phase de prospection, on pense que ce maillage est largement suffisant.

II.2. Programme de forage

Du point de vue du principe, le programme que nous envisageons ci-dessous comprend les lignes générales à suivre pour l'exécution des forages, afin d'atteindre les objectifs que nous nous sommes fixés.

Nous nous intéressons particulièrement aux volets suivants :

- Le forage et le carottage
- Le fluide de forage
- Les surveillances
- La rotation

II.2.1. Forage carottage

a. Profondeur totale

Afin de réduire le coût des forages, donc celui de la campagne entière, nous recommandons que les forages soient arrêtés juste quelques mètres en dessous de la base de la couche IV. En effet, on sait que parmi les cinq couches de charbon présentes, seules les deux couches supérieures V et IV montrent des caractéristiques favorables à une exploitation.

Or, on s'attend à ce que dans cette Extension Ouest, la couche IV se situe déjà assez profondément. Il ne sera plus raisonnable d'aller plus loin.

b. Profil des forages

Chaque forage comportera deux sections : une section de surface et une section technique. Chacune d'elles, comme le forage d'ailleurs, aura une profondeur variable d'un point à l'autre, en fonction de données géologiques du lieu.

Les procédures d'exécution diffèrent également entre les sections.

b.1. Section de surface

Cette première section se rapportera à la couverture stérile. Elle sera forée intégralement en destructif, du début à la fin, c'est-à-dire de la surface du sol jusqu'au toit de la première couche de charbon.

Une fois forée, la section sera tubée, mais le tubage ne sera pas cimenté.

- Le tubage permettra d'exécuter la section technique suivante dans de bonnes conditions, loin des problèmes d'éboulement des parois ou de tout autre souci inhérent à la tenue de trou, au niveau des formations instables de surface.
- Il n'y a pas lieu de cimenter le tubage, du fait que les anciennes campagnes n'ont jamais rencontré des problèmes qui puissent exiger le scellage de l'espace annulaire. Par ailleurs, puisque le tubage ne sera pas cimenté il pourra être facilement récupéré pour être utilisé dans d'autres forages.

b.2. Section technique

Cette seconde et dernière section débutera au toit de la première couche minéralisée et sera menée jusqu'à la profondeur finale. Nous recommandons de procéder au carottage continu de tous les horizons, y compris les intercalations stériles.

L'objectif est celui de récolter le maximum d'informations sur le profil traversé, en vue d'une meilleure interprétation.

Le profil du forage est illustré sur la figure 13 de la page suivante.

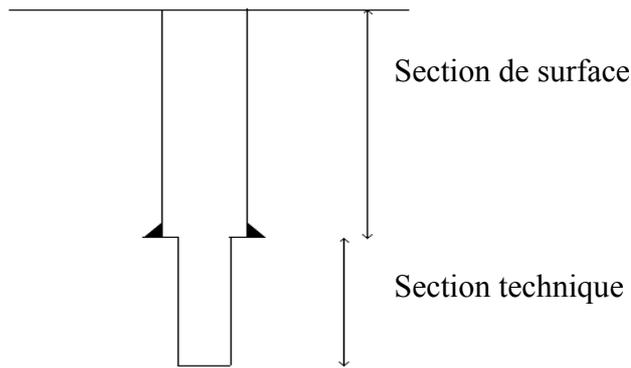


Figure 13 : Profil du forage

II.2.2. Fluide de forage

Les expériences ont montré que les conditions de forage sont généralement peu sévères à Sakoa. En effet, les campagnes antérieures n'ont jamais rencontré des problèmes de tenu de trou, ni des soucis de circulation qui puissent exiger l'emploi de boue bentonitique. Ce qui fait que l'on peut se contenter d'utiliser uniquement de l'eau comme fluide de forage, aussi bien dans les sections de surface que dans les sections techniques.

II.2.3. Surveillances

La seule surveillance indispensable au chantier sera l'analyse de cuttings. Elle procurera les principaux avantages ci-après:

- d'abord de repérer à temps la frontière entre la couverture et le début de minéralisation, donc de décider le changement de section.
- ensuite d'assurer au niveau des sections techniques, la corrélation avec les données de carottage.

La seconde étude importante est l'analyse des carottes. Mais elle sera effectuée à Antananarivo, éventuellement dans des laboratoires spécialisés à l'étranger, et ce, afin d'alléger les tâches des agents affectés au chantier d'une part et de réduire les équipements à installer ainsi que les fournitures à pourvoir d'autre part.

II.2.4. Rotation

Ce que nous entendons ici par rotation, c'est l'ordre d'exécution des forages. Nous recommandons que les forages soient réalisés de façon alternative entre les deux lignes. Après avoir terminé un forage sur une ligne, l'appareil sera transféré au forage situé sur l'autre ligne, mais le plus près du site terminé, c'est-à-dire soit à l'Ouest soit à l'est, selon que l'on termine sur la première ou sur la seconde ligne.

Cette rotation permettra:

- d'une part, d'optimiser les transferts de l'appareil en ce sens que les distances à parcourir entre les deux forages consécutifs sont minimales : 300m (Est-ouest) ou 1000m (Nord-sud). Ce qui fait que si l'on commence la campagne en

entrant par une extrémité de la zone à étudier, on la terminera en sortant par l'autre extrémité.

- d'autre part, en allant d'un point à l'autre, d'obtenir immédiatement les résultats poursuivis sur une partie de la zone d'étude. En effet, les forages consécutifs sont situés, en certains moments, sur une position Est-ouest ou vice-versa. Les coupes géologiques s'établissent alors tout de suite sur une direction perpendiculaire aux lignes d'affleurements.

III. ESTIMATION DE RESERVE

L'estimation de réserve est effectuée d'habitude pour donner une idée de l'importance du gisement.

III.1. Les différentes méthodes

Plusieurs méthodes sont utilisées pour le calcul de réserve. Et le choix dépend des données disponibles.

Dans la suite, nous allons présenter brièvement six méthodes de calcul de réserve qui sont :

- la méthode des blocs géologiques
- la méthode des blocs d'exploitation
- la méthode du polygone
- la méthode du triangle
- la méthode des sections géologiques
- la méthode des isolignes

III .1.1 Méthode des blocs géologiques

La méthode des blocs géologiques consiste à diviser le gisement en des blocs avec la condition qu'un bloc ne doit pas être affecté par un accident tectonique et doit être suffisamment large.

Pour chaque bloc, on détermine l'aire, l'épaisseur moyenne, le volume. Et en se servant de la masse volumique du minerai, on peut calculer la réserve d'un bloc.

La réserve totale sera égale à la somme des réserves calculées dans chacun des blocs.

Cette méthode est universelle, donc la plus utilisée.

III.1.2 Méthode des blocs d'exploitation

Pour cette méthode, l'unité de base du calcul est représentée par un schéma bloc d'exploitation, ceci étant une partie du gisement qui est délimitée par deux sections. Le processus de calcul est analogue à celui des blocs géologiques.

III .1 .3 . Méthodes du polygone

Cette méthode est utilisée dans le cas des gisements de morphologie simple, comme ceux de charbon ou de minerai de manganèse.

Elle consiste à diviser le gisement en des polygones dont on calcule les réserves.

III 1.4 Méthode du triangle

La procédure est la même que la précédente, à la seule différence que le gisement est divisé en des prismes triangulaires.

III .1.5 Méthode des sections géologiques

Pour cette méthode, le calcul peut se faire suivant deux possibilités, soit par sections géologiques parallèles horizontales ou verticales, soit par des sections géologiques non parallèles.

Pour la première variante, on procède comme suit :

- On prend deux sections parallèles verticales ou horizontales passant par le gisement
- On détermine ensuite les surfaces du gisement projeté sur ces coupes
- On multiplie la somme de deux surfaces par la distance entre elles, pour trouver, le volume délimité par les deux sections

Pour la seconde variante, si les deux sections font un angle α entre eux.

- Lorsque cet angle est inférieur à 10° , le volume délimité par les deux sections est calculé avec la formule ci après

$$V_{1,2} = e \times l \times L_{1,2}$$

où $V_{1,2}$: Volume du bloc délimité entre les coupes 1 et 2
 e : épaisseur de la couche
 l : largeur du gisement
 $L_{1,2}$: distance entre les deux coupes 1 et 2

- Dans le cas contraire ($\alpha > 10^\circ$)

$$V_{1,2} = \frac{\alpha}{\sin \alpha} \times \frac{P_1 + P_2}{2} \times \frac{H_1 + H_2}{2}$$

Où

$V_{1,2}$: Volume du bloc délimité par les sections 1 et 2
 P_1 et P_2 : Aires respectives des sections géologiques 1 et 2
 H_1 et H_2 : Longueur du perpendiculaire allant du centre de gravité de la section P_1 (respectivement P_2) vers P_2 (respectivement P_1)
 α : Angle entre les deux sections (en radian)

III.1.6. Méthodes des isolignes

Pour cette méthode, le gisement est transformé en une figure limitée d'une part par des plans horizontaux et d'autre part par la surface topographique de ceux-ci
Le volume est ensuite calculé avec la formule suivante

$$V = hx \left\{ \frac{P_0}{2} + P_1 + \dots + P_{n-1} + \frac{P_n}{2} \right\}$$

Où

P_i : aire du gisement délimité par l'isoligne

$\pm h$: Distance entre deux isolignes (le signe + est adopté si le gisement présente un pic et le signe – si le gisement présente une dépression)

h_x : égal à $\frac{1}{2} h$, au dessus ou au dessous de la dernière isoligne.

III.2. Les paramètres et formules de base du calcul de réserve

En général, les paramètres du calcul de réserve sont les suivants :

- l'épaisseur moyenne
- la teneur moyenne en minerais utiles
- le poids de l'unité de volume
- la surface

III .2.1. Epaisseur

La formule de calcul de l'épaisseur varie selon la forme du gisement.

III.2.2 Teneur moyenne en minerai utile

La teneur en minerai utile est donnée :

- en % de masse des éléments chimiques (ex : P_b , Z_n) ou
- en % de masse des composantes du minerai utile (ex : L_i , O_2 , Cr_2O_3) ou
- en g/ t pour un gisement primaire d'Or, d'argent ou de platine ou pour les gisements d'ilménite, wolframite, cassitérite
- en Kg de minerai utile par m^3 de gisement (exemple mica)
- en mg ou carat / m^3 pour le gisement de diamant
- en % de masse de minerai utile en relation avec la masse du minerai de matière première.

La formule générale est :

$$C_p = \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{n}$$

n : nombre d'échantillons

C_p : teneur en minerai utile de l'échantillon i

III.2.3 Poids de l'unité de volume

C'est le rapport de poids du minerai avec son volume (densité) .

Il est obtenu par une mesure de laboratoire :

- peser un échantillon
- mesurer le volume par l'immersion de l'échantillon dans l'eau
- lire le volume d'eau déplacée dans une vaisselle calibrée.

Lorsque l'échantillon est poreux, il doit être couvert par des couches fines de pétrole avant la mesure du volume d'eau déplacée.

La valeur du poids de l'unité de volume sera :

$$V = \frac{q}{V_{sp} - V_p} \quad \text{Avec} \quad V_p = \frac{q_1 - q}{0,93}$$

Où

- v : poids de l'unité de volume
- q : poids de l'échantillon avant l'utilisation du pétrole
- q₁ : poids de l'échantillon après l'utilisation du pétrole
- V_p : volume du pétrole utilisé
- 0,93 : densité du pétrole
- V_{sp} : volume de l'échantillon avec le pétrole

III.2.4 Surface

La surface peut être calculée avec l'une des méthodes ci-dessous :

- Soit à l'aide d'un planimètre (pointer le planimètre le long du périmètre à mesurer après ajustement de l'appareil)
- Soit en utilisant une grille de papier transparent : la surface est égale au nombre de points sur la surface délimitée plus la moitié du périmètre.
- Soit en projetant la section longitudinale sur l'horizontale.

III.3 Calcul de la réserve de charbon dans l'Extension Ouest

III.3.1 Méthode de calcul

Jusqu'à présent, aucune exploitation à grande échelle n'est effectuée sur le gisement de charbon de la Sakoa. Seules quelques 53.000 tonnes ont été extraites jusqu'à présent, dont 13.000 tonnes en 1945 et 40.000 tonnes entre 1946 et 1972.

En extrapolant les coupes des anciens forages vers l'Extension Ouest, nous pouvons avoir des coupes parallèles. Ces dernières nous permettent de choisir la méthode des sections géologiques parallèles horizontales.

Pour le calcul, nous allons prendre une à une les réserves délimitées par les projections de la Grande Mine vers l'Extension Ouest.

Considérons cinq coupes qui passent chacune par un ancien forage sur la Grande Mine et deux des nouveaux forages à implanter dans l'Extension Ouest.

Coupes	Anciens puits	Nouveaux puits	Distance entre les coupes (m)
1	SA2b	F ₁₁ et F ₂₁	
2	M305	F ₁₃ et F ₂₃	[1,2] → 1990
3	G206	F ₁₅ et F ₂₅	[2,3] → 1980
4	M106	F ₁₇ et F ₂₇	[3,4] → 2160
5	B106	F ₁₉ et F ₂₉	[4,5] → 2080

Tableau 8 : Caractéristiques des coupes

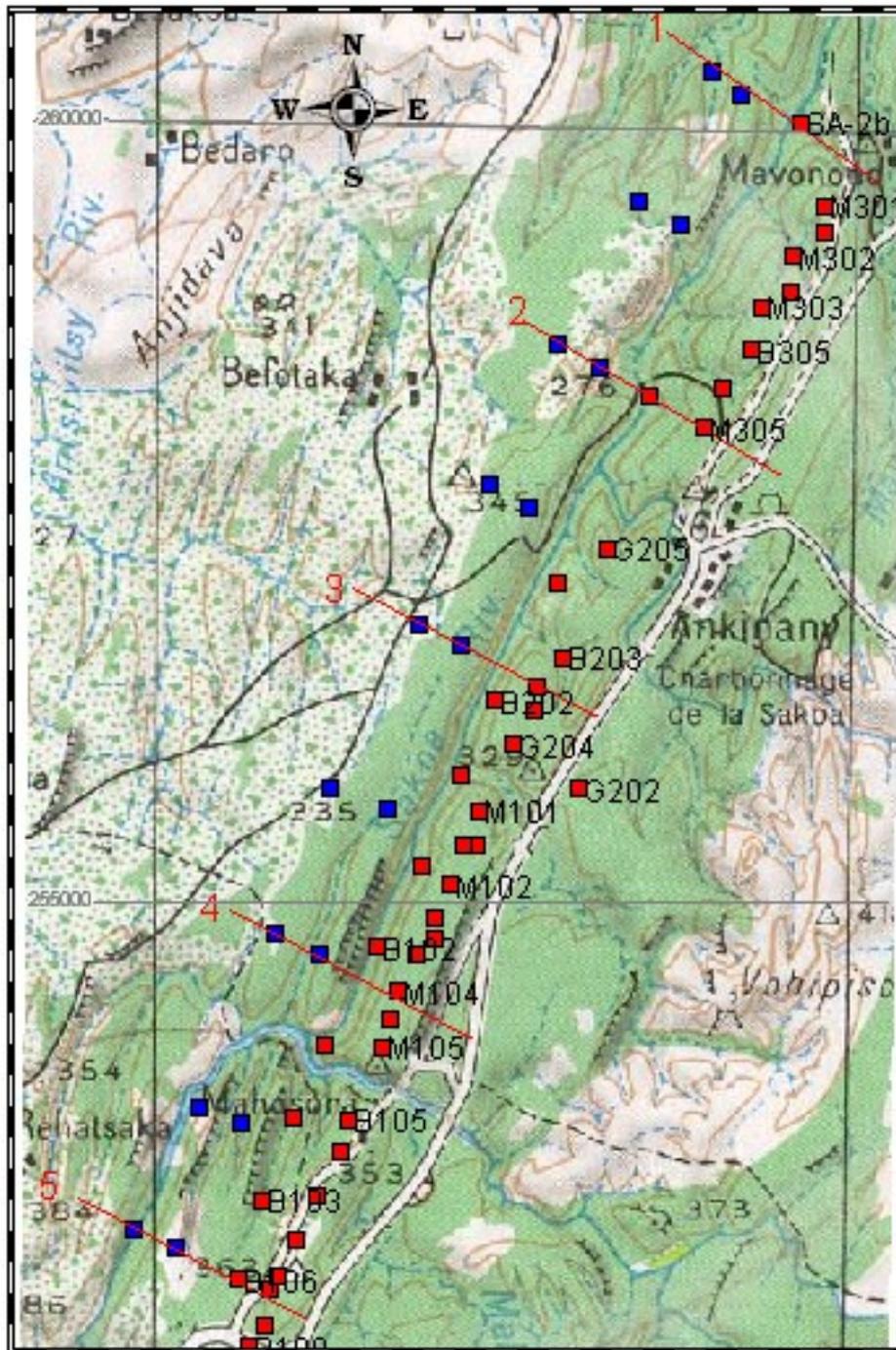


FIGURE 14: CARTE TOPOGRAPHIQUE DE LA ZONE D' ETUDE
(Légende à la page suivante)

LEGENDE

Route de grand parcours -----	
Route carrossable toute l'année -----	
Route praticable une partie de l'année -- -- --	
Piste, chemin d'exploitation -----	
Sentier -----	
Village -----	
Maison, Eglise -----	
Cours d'eau -----	
Passage de rivière -----	
Escarpement rocheux -----	
Bois -----	
Courbes: intercalaire, de cuvette -----	
Points: géodésique, coté -----	
Mine -----	
Points de forage: anciens, nouveaux	
Coupe -----	

Echelle: 1 : 50000

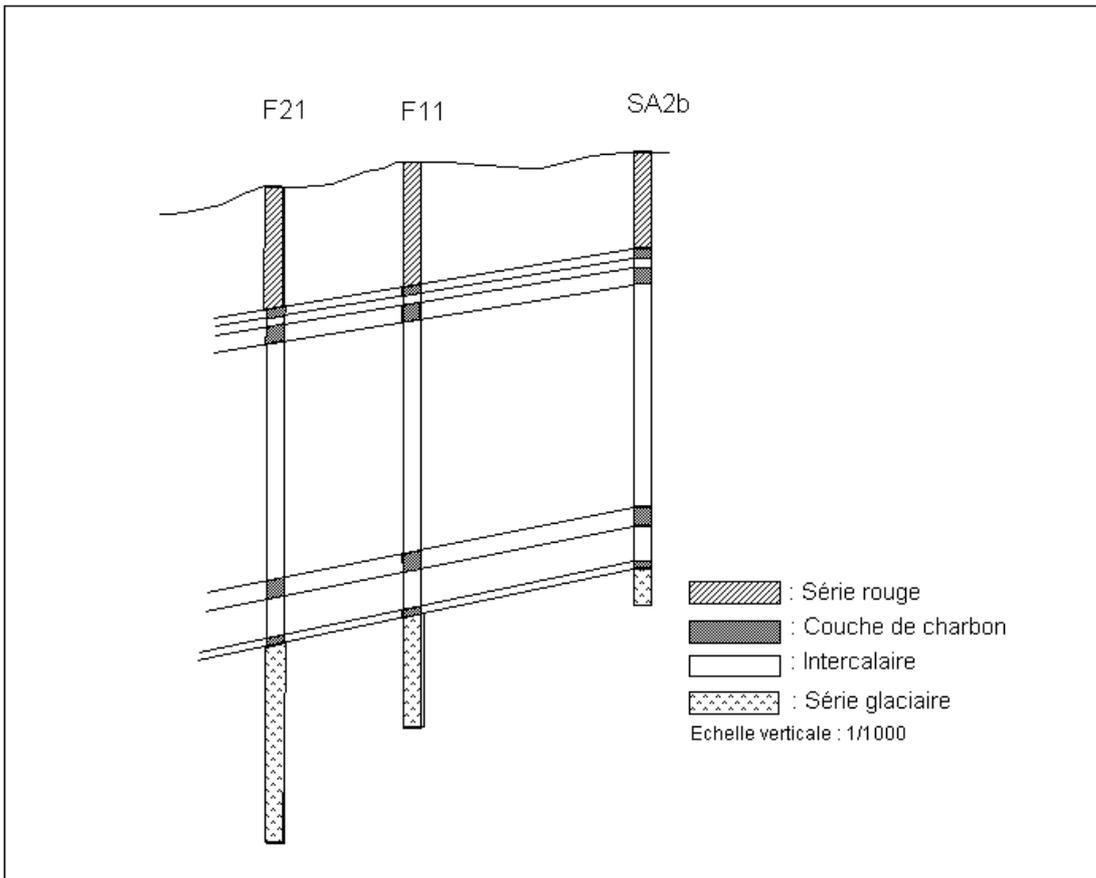


FIGURE 15 : COUPE 1

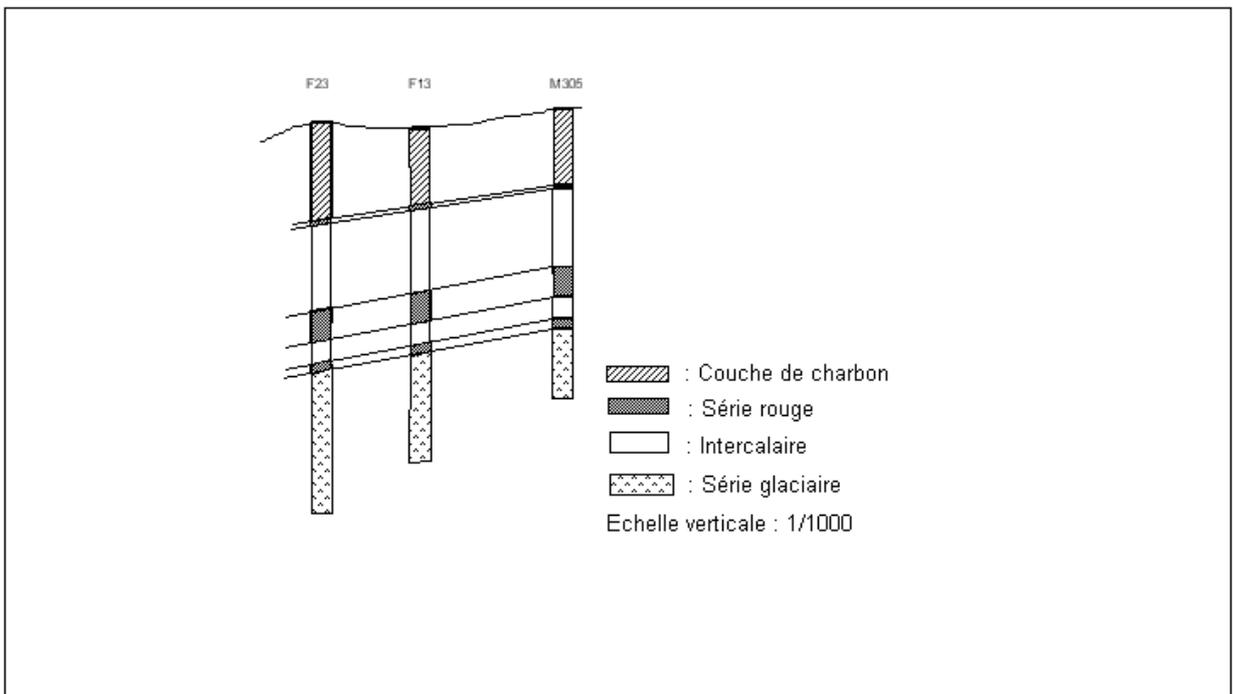


FIGURE 16 : COUPE 2